

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPILARDA GÜN IŞIĞI DENETİMİNDE CAM MALZEME**  
**KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Nurdan SARITAŞ**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Fiziği ve Malzeme Programı**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY**

**MAYIS, 2008**

Nurdan SARITAŞ tarafından hazırlanan **YAPILARDA GÜN İŞİĞİ DENETİMİNDE CAM MALZEME KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ** adlı bu tezin **Yüksek Lisans** tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

24.7.2008

Prof. Dr. HALİT YAŞA ERSOY  
HZE

Bu çalışma, jürimiz tarafından.....**MİMARLIK**.....Anabilim Dalında  
.....**Yüksek Lisans**..... tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY

HZE

Üye : Prof. Dr. Kemal ÇORAPCIOĞLU

KÇ

Üye : Prof. Dr. Leyla TANAÇAN

L.T.

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

# YAPILARDA GÜN IŞIĞI DENETİMİNDE CAM MALZEME KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nurdan SARITAŞ

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2008

## ÖZET

Bu çalışmada, güneş ışığının ve solar ısının, yapılarda kullanılan değişik geçirgenlikteki camlar ile denetiminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma, yapı malzemesi olarak çeşitli camların incelenmesi, gün ışığı'nın yapıdaki önemi ve farklı camlardan ısı ve ışık olarak geçirimsizliği hakkında mimari uygulamalara ve farklı çalışmalara referans olarak kullanılabilir.

İlk bölüm, giriş bölümü olarak hazırlanmış , ülkemizde cam cephe kaplamanın durumu belirtilmiştir.

İkinci bölümde, mekan algısı, çeşitli mekanlardaki cam malzeme kullanımını ve gün ışığı incelenmiştir.

Üçüncü bölümde , cam malzeme'nin üretim yöntemleri ve teknik özellikleri ve çeşitleri hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, yapı malzemesi olarak kullanılan cam malzeme çeşitleri özellikleri tarihi gelişimiyle beraber incelenmiştir.

Beşinci bölümde, cam malzemenin kullanıldığı geliştirilmiş dış duvar kuruluşlarında yüksek performans kriterlerinin incelenmesi, irdelenmesi ve tartışılması yapılmaktadır.

Altıncı Bölümde yapı cephe kabuk elamanı olarak cam kompozitlerin irdelenmesi, değerlendirmeler ve geleneksel dış cephe duvarıyla maliyet karşılaştırılması yapılmaktadır.

Yedinci bölümünde, sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

**Bilim Kodu:**

**Anahtar Kelimeler:** Değişken geçirgenlikli camlar, Cam dış duvar  
Tasarımı, Gün ışığı, Doğal Aydınlatma

**Sayfa Adedi:**

**Tez Yöneticisi:** Halit Yaşa ERSOY

# **THE INTERPRETATION OF UTILIZING VARIABLE TRANSMISSION GLASS MATERIAL IN CONTROLLING DAY LIGHT**

**(M.Sc. Thesis)**

**Nurdan SARITAŞ**

**MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNOLOGY**

**May 2008**

## **SUMMARY**

This study has been designed to focus on the use of variable transmission glass materials in buildings to control solar radiation and thermal affects. This study can be used as a reference to related studies and a guide to architectural applications on solar radiation and heat transfer through different glass materials, the importance of day light in living spaces and the examination of various glass materials as a core building material.

In the first section given introduction, defines the status of glass materials as a surface cover for buildings, in our country.

In the second section, examines the interpretation of living space, deals with daylight and the use of glass materials in various living spaces.

In the third section, talks about the production methods, technical characteristics and various types of glass materials.

In the fourth section, examines the glass material, as a building material, in terms of various types, characteristics and historical development.

In the fifth section, focuses on the discussion and examination of high performance criterians on advanced exterior walls erections where glass is utilized as a building material.

The sixth section is the discussion about variable architectural glass units.

The final section, consists of conclusions and suggestions and leads into subsequent studies.

**Science Code:**

**Key Words: Variable Transmission glasses, Design of Glazing System, Day Light, Natural Lighting**

**Page Number:**

**Supervisor: Halit Yaşa ERSOY**

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESİMLER LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Genel .....	1
1.2. Tezin Amaç ve Kapsamı.....	2
<b>2. MEKAN VE GÜNIŞIĞI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Mekan Algısı .....	4
2.1.1.Mekanın Algılanması.....	5
2.1.2.Birbirini Yaratın İç ve Dış Mekan.....	7
2.1.3.Mekanı Oluşturan Öğelerde Cam Malzeme.....	8
2.1.3.1.Düşey Yüzeyler.....	9
2.1.3.2.Yatay Yüzeyler.....	21
2.1.3.3.Sirkülasyon Elemanları.....	25
2.1.3.4.Kontüksiyon Elemanları Kolonlar ve Kirişler.....	27
2.2 . Gün Işığında Yararlanma ve Denetim Sistemleri.....	30
2.2.1. Işık Rafları .....	32
2.2.2. Işık Tüpleri .....	34
2.2.3. Prizmatik Paneller .....	37
2.2.3.1.Güneş Işığını Yönlendirici Prizmatik Paneller .....	37
2.2.3.2. Güneş Işığını Dışarıda Bırakan Prizmatik Paneller .....	38
2.2.3.3. Güneş Işığını Gölgeleyen Prizmatik Paneller .....	39
2.2.4. Anidolik Tavanlar ve Açıklıklar .....	40
<b>3. CAM MALZEME</b> .....	<b>44</b>
3.1. Tanımlar ve Camı Oluşturan Maddeler.....	44
3.2. Cam Malzemenin Üretimi .....	45
3.3. Cam Malzemenin Genel Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	46
3.4. Cam Türleri .....	47
3.4.1. Sodakalsik Camı .....	47
3.4.2. Kurşun Camı (Kristal Cam) .....	47
3.4.3. Borosilikat Camı .....	48
3.4.4. Alüminosilikat Camı .....	48
3.4.5. Silis Camı .....	48
<b>4. MİMARİDE YAPI KABUĞU OLARAK CAM</b> .....	<b>49</b>
4.1. Mimaride Dış Yüzeylerde Kullanılan Cam Malzemenin Tarihçesi .....	49
4.2. Cam Malzemenin Mimari Cephe Elemanı Olarak Kullanımı ve Değişken Geçirgenlikli Camlar.....	51
4.3. Mimaride Dış Yüzeylerde Kullanılan Camın Özellikleri.....	55
4.3.1. Dış Yüzeylerde Kullanılan Cam Malzemenin Fiziksel Özellikleri .....	55

4.3.1.1. Cam Malzeme Yüzeyinde Güneşin Etkisi .....	56
4.3.1.2. Cam Malzeme Yüzeyinde Güneş Enerjisi Etkisi .....	56
4.3.1.3. Cam Malzeme Yüzeyinde Isı Etkisi.....	56
4.3.2. Cam Malzemenin Kimyasal Özellikleri.....	57
4.3.3. Cam Malzemenin Mekanik Özellikleri .....	57
4.4. Dış Duvar Yüzeylerde Kullanılan Değişken Geçirgenlikli Camların Kullanım Amaçları ve Kapsamı .....	58
4.5. Değişken Geçirgenlikli Camların Sınıflandırılması.....	61
4.5.1. Kontrol Kaplamaları.....	67
4.5.1.1. Seçici Geçirgen Yüzeyler.....	67
4.5.1.2. Donuk Ayna Etkili Yüzeyler.....	67
4.5.1.3. Yansıtmayan (Anti-reflektif) Kaplamalar.....	69
4.5.1.4. Dikorik Yüzeyler.....	69
4.5.1.5. Seramik Kaplamalı Yüzeyler.....	70
4.5.1.6. Açısız Seçici Filmlerle Kurulan Yüzeyler .....	70
4.5.2. Karar Verme Özelliğine Sahip Değişken Geçirgenlikli Camlar (Kromajenikler) .....	70
4.5.2.1. Optik Özelliklerindeki Değişimlerle Oluşan Değişken Geçirgenlikli Camlar.....	71
4.5.2.2. Işığa Bağlı Değişim Gösteren Değişken Geçirgenlikli Camlar .....	72
4.5.3. Malzeme Üzerinde Fonsiyonel Yüzeylerin Birleşmesiyle Oluşan Değişken Geçirgenlikli Camlar .....	73
4.5.4. Elektrik Akımı Etkisiyle Değişim Gösteren Değişken Geçirgenlikli Camlar .....	76
4.5.5. Cam Yüzeyler Arası Gaz Karşılımları Etkisiyle Değişim Gösteren Değişken Geçirgenlikli Camlar .....	78
<b>5. DIŞ DUVAR TASARIMINDA PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN BELİRLENMESİ .....</b>	<b>82</b>
5.1. Dış Duvar Tasarımında Kullanıcı İhtiyaçlarına Bağlı Ölçütler .....	82
5.2. Dış Duvar Tasarımında Doğal ve Yapay Çevre Etkilerine Bağlı Ölçütler.....	83
5.2.1. Sızıntılar (Hava ve Su Etkisi) .....	83
5.2.2. Yoğuşma (Rutubet ve Nem Etkisi) .....	85
5.2.3. Strüktürel Performans .....	88
5.2.4. Isıl Performans .....	91
5.2.5. İşitsel Konfor (Ses Yalıtım) .....	93
5.2.6. Güneş Kontrolü .....	95
5.2.7. Yangın ve Duman Korunumu.. .....	96
5.2.8. Temizlik ve Bakım .....	97
5.2.9. Koruma ve Güvenlik.....	98
5.2.10. Bileşenlerin Dayanıklılığı ve Montaj .....	99
5.3. Dış Duvar Tasarımında Üretim Kaynaklarına Bağlı Ölçütler .....	100
5.4. Dış Duvar Tasarımında Yasa ve Yönetmeliklere Bağlı Ölçütler .....	100
<b>6. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>102</b>
6.1. Hava Tabakalı Cam Ünitelerinin Değerlendirilmesi .....	102
6.2. Güneş Kontrol Camlarının Değerlendirilmesi .....	103
6.3. İklim Kontrol Camlarının Değerlendirilmesi .....	106
6.4. Klasik Dış Duvar İle Cam Cephe Elemanı Maliyetinin Araştırılması .....	109

<b>7. SONUŞ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>120</b>
<b>8. KAYNAKLAR .....</b>	<b>122</b>

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın her aşamasında beni teşvik eden ve kıymetli zamanını esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY hocama teşekkür ederim.çalışmakta olduğum CEDETAŐ Elektromekanik AŐ. yönetimine gösterdikleri anlayıştan dolayı, Dr. Müh. M. Ufuk TURAN'a veri derlenmesindeki katkı ve eleştirilerinden dolayı teşekkür ederim. Ayrıca tüm aile fertlerime ve Merve SARITAŞ'a teşekkür ederim.

**Nurdan SARITAŞ**



## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa No:</u>
<b>Çizelge 4.1.</b> Cam malzemenin üretim şekliyle paralel olarak olarak dış duvar kuruluşundaki tarihsel gelişimi (Alsaç 1991), (Wigginton 1996), (Kennedy 1998) .....	50
<b>Çizelge 4.2.</b> Dış duvar kuruluşunda kullanılacak cam ünitesinden beklenen performanslar .....	59
<b>Çizelge 4.3.</b> Optik değişim ve değişken geçirgenlikli camlar için bir takvim (Wigginton 1996).....	60
<b>Çizelge 4.4.</b> Değişken geçirgenlikli cam ürünlerden beklenen ideal performans özellikleri (Button ve Pye 1993) .....	61
<b>Çizelge 4.5.</b> Değişken geçirgenlikli camların sınıflandırılması .....	63
<b>Çizelge 4.6.</b> Temiz- beyaz camların performans tabloları.....	64
<b>Çizelge 4.7.</b> Zemin renkli camların performans tabloları (Button 1994).....	64
<b>Çizelge 4.8.</b> Seçici geçirgen camların performansları.....	68
<b>Çizelge 4.9.</b> Donuk ayna etkili camların performans tabloları.....	68
<b>Çizelge 4.10.</b> Yansıtmayan kaplamaların kullanıldığı cam kuruluşların performans tabloları.....	69
<b>Çizelge 4.11.</b> Fotokromik camların kronolojik gelişimi (Wigginton 1996).....	72
<b>Çizelge 4.12.</b> Elektrokromik yüzeylerde geçirgenlik özellikleri (Lampert 1995)....	78
<b>Çizelge 5.1.</b> Dış duvar kuruluşunda performansı belirleyen ölçütler.....	81
<b>Çizelge 5.2.</b> Basınç alanına düşen yağmur suyu miktarı (DOE 1971).....	85
<b>Çizelge 5.3.</b> Farklı ısı geçirgenlik (U) değerlerine göre iç mekanda görülen nem yüzdesi.....	87
<b>Çizelge5.4.</b> Bazı mekanlarda eylemlere bağlı olarak oluşan su buharı oranları (g/h) (Tamer 1996).....	87

## ÇİZELGELER LİSTESİ (devamı)

### Sayfa No:

Çizelge 5.5. Çeşitli sıcaklık derecelerine göre farklı doymuş buhar basıncı değerleri (Eriç 1994), (Zürcher ve Frank 1998).....	88
Çizelge 5.6. Farklı cam ünitelerinde iç yüzeyde yoğuşma başlangıcı dış hava sıcaklık dereceleri (Şişecam 1999).....	88
Çizelge 5.7. Değişik rüzgar hızlarının cam üzerinde oluşturdukları yük değerleri (Ekişi 1999).....	90
Çizelge 5.8. Bina yüksekliğine bağlı olarak belirlenen rüzgar hızı ve yükü.....	91
Çizelge 5.9. Binalarda cam cinsi ve mesnet aralıklarına göre izin verilen sehim aralıkları (Yaman 1998).....	91
Çizelge 5.10. Ülkemizde üretilen pencere camı boyutları (Karasu ve Ay 2000).....	91
Çizelge 5.11. Farklı özellikteki camların termal optik ve solar özellikleri.....	93
Çizelge 5.12. Çeşitli camların gürültü yalıtım yaklaşık değerleri .....	94
Çizelge 5.13. Dış duvar tasarımında politika yasa ve kurumlara bağlı performans.....	101
Çizelge 6.1. Çift cam ünitelerinde performans değerleri.....	103
Çizelge 6.2. Güneş kontrolü sağlayan cam ünitelerinde performans değerleri.....	105
Çizelge 6.3. Low-e kaplamalı cam ürünlerinde performans değerleri.....	107
Çizelge 6.4. Low-e kaplamalı çift cam ünitelerinde durgun hava tabakasının değişik gazlarla karşılaştırılması sonucu elde edilen performans değerleri.....	109
Çizelge 6.5. Klasik yapı kabuğu na(dış cephe duvarı) ait değerler.....	110
Çizelge 6.6. XPS köpük ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı yapılması maliyet analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....	111
Çizelge 6.7. Düşey delikli 19x19x13.5 cm fabrika tuğlası ile yarım tuğla duvar yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....	112
Çizelge 6.8. Düşey delikli 19x19x13.5 cm fabrika tuğlası ile yarım tuğla duvar yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....	113

## ÇİZELGELER LİSTESİ (devamı)

### Sayfa No:

- Çizelge 6.9.** Saten perdah alçısı ve perlitli sıva alçısı karışımı ile düzeltme sıvası yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....114
- Çizelge 6.10.** Geleneksel 13,5 luk dış cephe duvarı yapımına ait maliye birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....115
- Çizelge 6.11.** Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan ısı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....115
- Çizelge 6.12.** Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan ısı kontrol kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....116
- Çizelge 6.13.** Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan güneş ısı (Low-E) kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).....116

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No:

Şekil 2.1. Maslow'un İnsan Gereksinimleri Hiyerarşisi.....	6
Şekil 2.2. Pencerelerle plan ve kesitte gün ışığı dağılımları.....	14
Şekil 2.3. Gün ışığından yararlanmada çağdaş teknikler.....	31
Şekil 2.4. Işık rafı sistemleri [3, 4, 5].....	33
Şekil 2.5. Işık raflarının yaz ve kış dönemlerine ilişkin etkileri.....	34
Şekil 2.6a) Işık tüpünün çalışma prensibi.....	35
Şekil 2.6b) Işık tüpünde yansıtıcı kubbe.....	35
Şekil 2.7. Farklı prizmatik panel tipleri.....	38
Şekil 2.8. Prizmatik panellerin yaygın gün ışığında, direkt güneş ışığında, sabit güneş kontrol aracı ve hareketli güneş kontrol aracı olarak kullanımı .....	38
Şekil 2.9. Açısal seçici camların tepe ışıklığında kullanımı.....	40
Şekil 2.10. Tipik bir anidolik tavan sistemi.....	41
Şekil 2.11. Tipik bir anidolik açıklık sistemi ve uygulaması.....	43
Şekil 4.1. Mimaride dış duvar kuruluşunda kullanılan cam malzemenin kurgular ..	53
Şekil 4.2. Cam üretimleri ve performans ölçütleri arasında kıyaslam .....	54
Şekil 4.3. Temiz beyaz camlar ile float camlar arasında geçirgenlik tayfi özelliklerinin karşılaştırılması (Compagno 1999).....	66
Şekil 4.4. Zemin renkli camlar ile float camlar arasında ışık geçirgenlik tayfi özelliklerinin karşılaştırılması (Compagno 1999).....	66
Şekil 4.5. 1 mm kalınlıktaki termotropik yüzeyin ışık geçirgenlik diyagram.....	73
Şekil 4.6. Termokromik yüzeylerin ışık geçiş diyagramları (Lampert 1995).....	74
Şekil 4.7. Sıvı-kristal yüzeylerde ışık geçişleri.....	76
Şekil 4.8. Elektrokromik camların ışık geçiş diyagramları.....	77
Şekil 6.1. Geleneksel yapı dış cephe duvar kesiti (ölçüler mm dir.).....	110

## RESİM LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No:</u></b>
<b>Resim 2.1.</b> Barselona pavyonu (Mies van der Rohe, 1929).....	8
<b>Resim 2.2.</b> Yönetim Binası-Cam Duvarları, Willis Faber&Dumas .....	12
<b>Resim 2.3.</b> Pencereelerde dış görüş.....	13
<b>Resim 2.4.</b> Garden Grove Cominilty Church (Wigginton, 1996).....	17
<b>Resim 2.5.</b> Neo Kübik Tasarıma örnek – Louvre Müzesi – Paris.....	18
<b>Resim 2.6.</b> Jean Nouvell Arap Enstitüsü Binası.....	18
<b>Resim 2.7.</b> Law Courts Complex, Arthur Erickson Architects, 1977-1980 King, 1990.....	24
<b>Resim 2.8.</b> Joseph Ettedgui Mağazası Cam Merdiveni.....	26
<b>Resim 2.9.</b> Cam asansör.....	27
<b>Resim 2.10.</b> Lever House-1951-1952. Park Avenue, New York.....	28
<b>Resim 2.11.</b> Işık tüpleri (Berlin Potsdamer Platz ve İstanbul Rumelihisarı).....	36
<b>Resim 4.1a)</b> The Cupe, Shiroishi,Japan,Architect:H.Horike.....	64
<b>Resim 4. 1b)</b> Bar Rouge, Birmigham, UK, CzWg Architects.....	65
<b>Resim 4.2.</b> Waterloo Tren İstasyonu, Londra, Nicholas Grimshaw.....	65
<b>Resim 4.3.</b> Vasco de Gama Kulesi, Expo 98, Lizbon, 1998.....	68
<b>Resim 4.4.</b> Dikorik Cam Zemin Binası, Newyork,1995, James Carpenter.....	70
<b>Resim 4.5.</b> Shanghai Bankası, Honk Konk, 1986, Normen Foster.....	72
<b>Resim 4.6. a)</b> Fotovoltaik modül ince film yüzey hücre kesiti (Çelik 2002).....	75
<b>Resim 4.6. b)</b> Fotovoltaik modül ince film görünüşleri (Çelik 2002).....	75

# 1. GİRİŞ

## 1.1. GENEL

Yapı kabuğunda dış boşlukları dolduran ve ışık geçişini sağlayan basit işlevlerinin yanında günümüzde, farklı beklentilere de cevap veren cam malzemenin bir cephe bileşeni yada tamamen dış cephe kaplama malzemesi olarak kurgulanması ve kullanımı, yaklaşık 100 yılı aşkın bir süreyi kapsar [1]. Cam malzeme, endüstri devrimi ile birlikte teknolojinin bir parçası olarak cephe kurgusunda yerini almaya başlamış; bu gelişim, mekan tasarımlarında dış kabuğun, mekanın fonksiyonel kullanımına katılarak yeni bir anlayışın oluşmasını beraberinde getirmiştir [2]. Bu yeni anlayışla, modern bir yapı örtüsü ve yapı bileşeni olarak kurgulanan camdan, ışık, görüntü, güneş radyasyon ısısı, dış sıcaklık, rüzgar, fiziksel ve kimyasal yıpranma (korozyon), gürültü, hırsızlık vs. gibi çevre etkilerine karşı bir kontrol ve savunma hattı oluşturması ve diğer yapısal gereksinimlere de cevap verebilmesi beklenmektedir. Bu beklentilerin tamamı bir dış duvar tasarımında yeterli performansı elde edebilmek için karşılanması gereken ölçütlerdir.

“Değişken ışın geçirgenlikli camlar” dış duvarda bu niteliklerin kazanılmasını sağlayabilen yapı bileşenlerindedir. Teknolojik gelişmeler cam malzemenin optik, kimyasal ve mekanik özelliklerinde birçok farklılıklar yaratarak ısı, ışık, görüntü, güneş radyasyon ısısı, dış sıcaklık, ses ve benzerine karşın isteğe göre pozitif ve negatif duyarlılığının artırılmasını sağlamıştır. Duyarlılığı artan cam, elektrikle güçlendirilmiş, termal hareketlerden etkilenen veya kimyasal tepkimelerle davranış değiştirebilen mimari mekan kurguları halini almışlardır [3]. Oluşturulan bu cam kurguların dış duvarlarda kullanılması ile, dış duvar tasarım ölçütleri karşısında camdan beklenen performansın ve verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır.

Ülkemizde değişken geçirgenlikli camlarla oluşturulmuş dış duvar uygulamaları bulunmaktadır. Bu cam ünitelerin büyük bir kısmının üretimleri Türkiye’de

yapılmakta ve mimaride de bir cephe bileşeni olarak kullanılmaktadırlar. Bugün Türkiye'de uygulanmakta olan son dönem cam dış duvar uygulamalarının tamamına yakınının kontrol kaplamalı cam üniteler kullanılarak oluşturulduğu gözlenmektedir. Oluşturulan bu cam dış duvar kurgularında yeterli performansın saptanması ve uygulamanın dış duvar tasarım ölçütlerine yanıt verebilmesi, uygulayıcı ve/veya üretici işletmelerin (şirketlerin) garantisini altında yapılmaktadır.

Gündemde bir konu olmasına rağmen bu alanda akademik olarak yapılmış olan bilimsel çalışmalar ise kısıtlıdır. Söyleki yapılmış olan akademik çalışmalar ve araştırma projeleri cam malzemenin kullanıldığı dış duvarlarda ya strüktür tasarımlarından yola çıkarak yapı kabuğunu (dış duvarı) incelemiş ya da kıyaslama yöntemine dayanarak, dış duvar tasarım ölçütlerinden bir tanesi olan mevcut yapıların performanslarını değerlendirme inceleme irdeleme yoluyla cam ünitelerde performans araştırmasına gitmişlerdir. Tüm bu çalışmalar içerisinde ülkemizde cam dış duvar kuruluşlarınca, dış duvar tasarım ölçütlerine dayanan genel bir gün ışığından faydalanma araştırması yapılmamıştır. [4, 5, 6, 7, 8, 9].

## **1.2. TEZİN AMAÇ VE KAPSAMI**

Bu tezin amacı, Türkiye'de dış cephe kuruluşu olarak kullanılan değişken geçirgenlikli camların gün ışığı performans değerlerinin, gün ışığından maximum yarar sağlama ve buna mukabil gün ışığı ısısından soğuk ve sıcak iklim koşullarına göre minimum ısı ya da soğurma etkisinin (iklimlendirme özelliği kullanılarak) soğuk ve sıcak (mevsimsel) iklim koşullarına bağlı olarak incelenmesidir.

Günümüzde yapılarının dış cephesinde yeralan pencerelerde ya da vitrin gibi dış kabukta yer alan cam kuruluşlarda tek cam sistemi kullanılmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de enerji kullanımının pahalı olması ve dünya enerji kaynaklarının optimum kullanımı, ülkeleri doğal enerji kaynaklarından yararlanmaya yönlendirmiştir. Bunlarda biri de güneş enerjisi ve dolayısıyla gün ışığıdır. Yapı dış kabuğunda kullanılan performansı geliştirilmiş cam sistemleriyle hem gün ışığından daha etkin yararlanmak hem de güneş ısısından kontrollü olarak ısı kazanç sağlamak ve böylece konutlarda aydınlanma ve ısınma enerjisi giderlerini azaltmak mümkün olabilmektedir. Son yıllarda güneş pillerindeki gelişmeye bağlı olarak

gelecekte dış cephede kuruluşlarında kullanılabilcek bu malzemelerle hem cephe kaplaması hem yapı dış duvarı olarak kullanımı yanında hem de enerji üretiminin mümkün olabileceği görölmektedir. Dünyada ki bu gelişmelere paralel olarak bu çalışmada ölkemiz coğrafî koşulları göz önüne alınarak farklı cam çeşit ve uygulama şekillerine (çift camlı, film kaplamalı, vb.) göre ışık ve ısı geçirgenlikleri karşılaştırmalı olarak incelenmekte ve geleneksel dış duvar maliyeti ile karşılaştırması yapılmaktadır.



## 2. MEKAN ve GÜNIŞİĞİ

### 2.1. MEKAN ALGISI

“Mekan hareketle belirlenir. Mekan boşluğunun mimarinin ayırıcı ögesi olması, onun en gerçek yaşam değerlerinin ifadesi olmasındadır. Canlı varlık hareketlidir. Hareket ise ancak boşlukta olabilir. Böylece mekan, içindeki potansiyel hareket olanaklarına göre tanımlanacaktır. Bu hareket yalnızca yapı içerisinde bir yerden bir yere gitmek şeklinde değil, aynı zamanda içerideki insanın bakışıyla yapı sınırlarına doğru uzanan görsel bir harekettir” [10].

Mekanda bütünlüğün kurulması, o mekanı sınırlandırmanın yanında, iç mekanda kullanılacak öğelerin, doğru dizimleri ve kullanıcıların öznel yaşam gereklerini, uygun bir seçme ve sınıflama işlemine tabi tutulmasıyla gerçekleşmektedir.

“Kullanıcıların seçiciliği, iç mekan öğelerinin bazı fiziksel özellikleri (büyüklük, parlaklık, kontrast, hareketlilik, dizilim, yerleşim vb.) ile psikolojik faktörlerden (beklenti, ilgi, dikkat vb.) oluşmaktadır” [11]. Bu noktada kullanıcının amacına ulaşması, mekanı algılamasıyla direk ilişkili olmaktadır. Aydın'a göre algı, “duygu (duyu) organları yoluyla alınan uyarıların, organizmanın beklentisi, gereksinim ve dikkat süreçlerinin kılavuzluğunda yorumlama ve anlamlandırma süreçleri olarak tanımlanmaktadır [11].

“İnsan, duygusal uyarıların birbirinden ayıran bilişsel süreçlere sahip olmakla birlikte onları anlamlı bir bütün olarak kodlayarak yorumlayabilmektedir. Bu duygusal uyarılar; kütle, uzunluk, renk, ısı, koku, tat vb. olarak birbirinden ayrılır [12].

Ancak algı, sadece nesnelere nicelik ve nitelikleriyle sınırlı kalan basit bir görüntüleme olgusu değil, insanların içinde bulunduğu beklenti ve gereksinimlerinde rol oynadığı, zihinsel bir süreç olmaktadır.

### **2.1.1. Mekanın Algılanması**

“İnsan algılarıyla, çevresini amaçlarına özdeşleştirerek ve aynı zamanda çevrenin sağladığı koşullara kendini uydurarak bulunduğu mekana anlam kazandırmaktadır” [13].

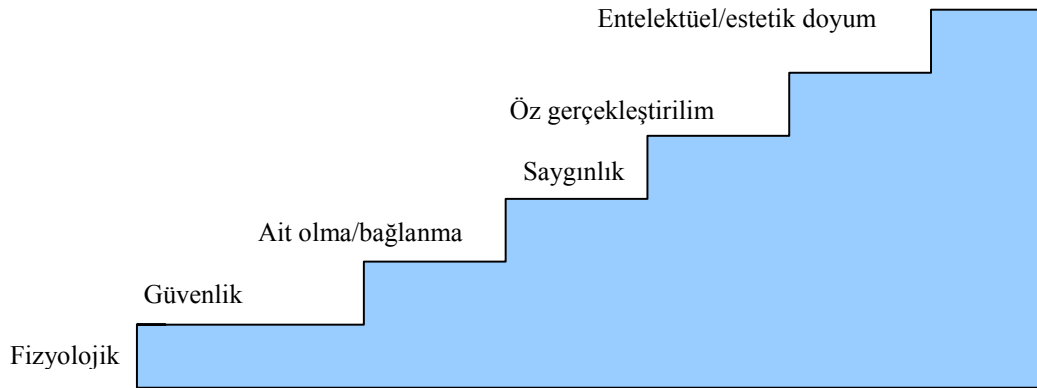
Mekan algısının temel işlevinin, yönelimi yani çevredeki nesnelere göre kendi konumunu belirlemeyi sağlamak olduğu kanıtlanmıştır. Verili bir nesneye göre insanın kendi konumunu algılaması, o nesneye gereksinim duyup duymaması ile ilişkili olmaktadır. “Jeodicke, mimari mekanı; kişinin deneyerek yaşayabileceği yer olarak tanımlarken, mekan algısının deneyimiyle ilişkili olduğunu ve sınırlama söz konusu değilse kişinin mekanı algılayamayacağını söylemektedir” [14]. Mekanı oluşturan sınırlama fiziksel olabileceği gibi görsel de olabilmektedir. Mekanın algılanmasında diğer bir etkende harekettir. Uyarılar, nesnenin algılayana ya da algılayanın nesneye göre hareketlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Kullanıcı için mekan, birçok algı kaynağı barındırmaktadır. Bunlar iç mekanı oluşturan bileşen ve öğeler olmaktadır. “Mekansal örgütlenme açısından algının önemi yatay (yer döşeme vb.) ile düşey algıdaki farkların, yönelme, yön bulma, yer ayırımı yapabilme, tanıma olgularının anlaşılmasına ve tasarlanmasına katkısıdır. Ayrıca Barok dönemden beri süregelen, yüzey devinim ilişkileri ile yapılan düzenlemelerde örtme, kapama, saydamlaştırma, değişken vistalar oluşturma, mekansal zenginlik ve akılcılık, ışık ve gölge oyunları gibi biçimsel ve simgesel estetik özelliklerin anlaşılması ve örgütlenmelerinin pekiştirilmesi de insanın algı düzeyinin iyi anlaşılmasıyla olanaklıdır” [11,12].

İç mekan, kullanıcının hem fizyolojik hem de psikolojik gereksinimlerini karşılar durumda olmalıdır. Çünkü kullanıcının gereksinimlerinin karşılanması, onun davranışını yönlendiren temel etmen olmaktadır. Bu durumda kullanıcı, ihtiyaçları doğrultusunda hareket etmekte ve onu uyaranlara tepki vermektedir. Bu da algıda seçici olmayı karşımıza çıkarmaktadır. Seçici algı, uyaranlar arasında ayırt etme, eleme ve değerlendirme işlemi olarak tanımlanabilir [11].

Mekânı oluşturan ögelerin sahip olduğu, ilginç bir görsel deneyime neden olan koşullara ve ilklere sahip bir biçim kullanıcı tarafından seçilip, daha kolay algılanmasına yol açmaktadır. “Varoluşsal ya da insanlı mekân kavramlarının odağı insan davranışıdır. İnsanın en basit davranışı bile birbirinden farklı yaklaşımlarla açıklanabilir” [15]. İnsan davranışları gereksinimlerden kaynaklanmaktadır. Bu gereksinimler, belli bir sıra ve düzen içerisinde en basitten en karmaşığa doğru sıralanmaktadır.

“İnsanoğlu, inşaa etmesini öğrendiği binlerce yıl içinde iki temel ihtiyacını karşılamak için çalışmıştır. Bir yandan korunma ve koruma amaçlı kapalı bir yer ihtiyacını, diğer yandan aydınlatma ve görüş için ışığın geçişini sağlamak olmuştur” [16]. Maslow'un gereksinimler sıra dizisinde yer alan “fizyolojik, güvenlik gereksinimleri (korkudan kurtulma, güvenlik, rahatlık) ve estetik gereksinimleri (simetri, düzen, güzellik) bu görüşü destekler niteliktedir” [16].



Şekil 2.1. Maslow'un İnsan Gereksinimleri Hiyerarşisi [16]

“Işık, yapıda mekânın varoluşunu belirleyen doğal bir özelliktir. Aydınlık yaşamın vazgeçilmez bir ögesi olduğu kadar sınırlanan boşluğun niteliklerini görmeye olanak vermesi bakımından ışık, mekânın ayrılmaz bir parçasıdır. Gerçekten de insanlık tarihinde iç mekân mimarlığı, mimari doğal ışıklandırma olanaklarının artmasına paralel bir gelişme göstermiştir” [16].

Güçlülük, dayanıklılık ve kapılı ortam yaratmayla, görüntü elde etme arasında uygun yolu bulma çabaları başarısız olduğunda insanoğlu, basitçe karanlıkta bir yaşamı kabul eden teknikler geliştirmiştir. Ancak bu durum çok uzun sürmemiş, insanoğlu bu soruna bir çok cevap bulmuştur. Geçirgen mermer, mika, kaymak taşı, ahşap ve

deri kullanarak gün ışığını içeri alma çabaları olmuştur. İnsan hayatının en büyük buluşlarından biri olan cam, tüm bu malzemelerden sonra ortaya çıkmış, ancak kendine özgü özellikleriyle hepsinin önüne geçmiştir.

### **2.1.2. Birbirini Yaratan İç ve Dış Mekan**

Bir mekan, amacına uygun olarak onu örten strüktürle sınırlanmaktadır. Bu sınırlama, malzeme ve yapı teknolojisinin olanaklarıyla gerçekleşmektedir. Amacına göre mekan; içe dönük kapalı, dışa dönük açık veya her ikisinin birlikteliğinde, iç ve dış arasındaki girişimleri sağlayacak biçimde vurgulanabilmektedir. Mimaride mekan, içten dışa doğru gelişen bir oluşumdur. İnsan ve mekan sürekli bir ilişki içerisinde bulunmaktadır. Mekan, eylemlerinin gerektirdiği amaca göre içte boyutlanmaktadır. Wright şöyle demektedir; “iç mekan, binanın ruhu olan mekanın bir parçasıdır, ona aittir, onunla beraberdir, ondan doğmadır. İçinde yaşanılan mekan, bir bütün olarak bu şekilde düşünüldüğü zamandır ki, bu mekan, mimarının kendisidir” [12, 17].

İç ve dış mekan arasında bir süreklilik olmalıdır. Venturi'ye göre, “içerisi kendini dışarıda anlatmalıdır” [12, 18]. Bu tür bir mekan anlayışı eskiden beri varolmuştur. Özellikle Rönesans kiliseleri, iç ve dış sürekliliğine sahip olmuşlardır. Ancak günümüzde bu birlikteliğin sağlanmasında kullanılan birtakım yeni araçlar bulunmaktadır.

İç ve dış mekan arasındaki sürekliliğin en güzel anlatımı akan mekan olarak adlandırılan buluş olmuştur. “Akan mekan, birbiriyle ilişkili yatay ve dikey düzlemlerden oluşan bir mimarlık yaratmıştır. Kesintiye uğramayan bu düzlemlerin görsel bağımsızlığı eklenen, saydam cam alanların yardımıyla düzenlenir. Duvarlarda delikler oluşturan pencereler yok olur, bunu yerine göz tarafından yapının olumlu bir ögesi olarak algılanması için duvar kesintiye uğratılır. Köşelere yer vermeyen böyle bir mimari anlayış, mekansal sürekliliğin varabileceği en uç nokta olarak gözüktür. İç ve dış mekanın birliği konusundaki bu vurgulama, içeriye ısı açısından bağımsız kılan yeni teknik donatılar sayesinde gelişmiştir” [12, 18].

Bu tür bir mekan anlayışına en güzel örnek, Mies Van der Rohe'nin Barselona pavyonudur.



Resim 2.1. Barselona pavyonu (Mies van der Rohe, 1929)

Burada alışılmış anlamda hiçbir oda bulunmamaktadır. Bunların yerine bir grup birbirleriyle bağlantılı alanı tanımlayan, mekansal olarak düzenlenmiş bir dizi düzlem vardır.

“L. Mies Van der Rohe kapalı bir alan oluşturan duvar formlarının, oda kavramının ötesini taşıyarak modernize etmiştir. Barselona pavyonu içerdiği üç duvarla ünlüdür. Bu üç duvar birbirlerine by-pass edilmiş olarak bağlanmıştır. Bu bağlama şekliyle yapının içinde ve dışında sonsuz bir akış sağlayan tek bir alan yaratmış” [12]. Bu tür duvarların arkasında yatan fikir; kapalılığın rijitliğinden kurtulup, sürekli bir alan yaratma düşüncesidir. Bu da iç ve dış sürekliliğin en belirgin özelliği olmaktadır.

### 2.1.3. Mekanı Oluşturan Ögelerde Cam Malzeme

İç mekan bileşenleri, iç mekanı belirleyici ve sınırlayıcı roller üstlenmektedir. Bunlar; döşeme, kolon, kiriş, çatı, merdiven olarak sıralanabilir. Mekan ögeleri ise, bölücü duvarlar, pencereler, kapılar, donatılar, mobilyalar, diğer eşya ve aksesuarlar olmaktadır. “Mekanı oluşturan çeşitli bileşen ve ögeler, belirleyici, yönlendirici, odaklayıcı, süreklilik sağlayıcı, anlam taşıyıcı, birleştirici, ayırıcı roller üstlenmektedirler. Bu roller, gözlemciye o mekanın kavranabilmesi için gerekli ipuçlarını vermektedir” [12, 19].

İç mekanların sınırlandırılmalarının amacı kullanıcı konforunu ve mahremiyetini sağlamaktadır. “Mekan bileşen ve ögelerinin boyut, malzeme, renk ve doku

özelliklerine bağlı olarak mekansal örgütlenmede sınırlar ve farklılıklar oluştururlar” [12, 20]. Mekanda kullanılan bileşen ve öğelerin çeşitliliğine göre mekan tamamen ya da kısmen sınırlandırılabilir. Bu sınırlandırmalar tam bölücüler ve yarı bölücülerle olmaktadır. Tam bölücüler arasında en çok kullanılan dolu duvarlardır. Bu bölücülerin kullanım amacı; ses ve ısı yalıtımını sağlamaktır.

Yarı bölücü öğeler; camlar, bankolar, perdeler, separatörler vb. olarak sıralanmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılan camlar, görüntüyü engelleyici bir öğe olmadığı gibi, buna karşılık dokunsal, kokusal, işitsel sınırlamayı sağlayan yarı bölücü öğe olmaktadır. Cam elemanlar, mağaza vitrinlerinde, sergi mekanlarında, görsel serbestliği gibi, konutlar, hastaneler, eğitim binaları gibi yapılarda daha çok aydınlatma amaçlı kullanılırlar.

Cam 20. yüzyıldaki yapı malzemeleri içinde en çok değişiklik yaratan bir malzemedir. Mimarlar sürekli olarak camı hem iç, hem de dış mekanda kullanmak için yeni yollar keşfetmişler ve hala da keşfetmektedirler. Camın mekanda ilk kullanılma amaçlarından biri ışığı içeriye almak ve bunu gerçekleştirirken kötü hava koşullarından korunmaktır. Bu sebeple cam en yoğun olarak pencerelerde kullanılmaktadır. Gün ışığı ile mimarlık arasındaki bu eski ilişkiyi Le Corbusier çok güzel bir şekilde dile getirmiştir. “Mimarlık tarihi bize ağır engellerin içerisinde, bitmeyen gün ışığını geçirme çabasını göstermiştir. Bu çaba pencerenin tarihidir” [21]. Dolayısıyla mekanın bir tür gözleri olan cam, insanın ışığa olan ihtiyacını karşılamış, dışarının iç mekana açılımını sağlamıştır.

Önemli bir malzeme olan cam, 21. yüzyıla gelindiğinde, mekanda sınırsız kullanımıyla karşımıza çıkmaktadır. Güneş ışığının renklerini ayrıştırabildiği gibi, gözlerimize duvarların ötesini görebilme yeteneğini vermektedir. Mekan içinde doğru yerdeki bir pencere duygularımızı değiştirebilmektedir. Küçük bir odayı daha büyük gösteren bir ayna, bir merdiven boyunca kullanılan boyalı cam, banyoda mahremiyeti bozmadan içeri ışığı geçiren yarı saydam veya buzlu camların hepsi bu maddenin kullanım çeşitliliğini göstermektedir.

Mekanda camın kullanım alanı; 21. yüzyıla gelindiğinde sadece pencerelerle sınırlı kalmamış, düşey ve yatay sınırlayıcılarda, taşıyıcılarda, sirkülasyon elemanlarında, mobilya ve donatı elemanlarında gelişen üretim teknikleri ve teknoloji ile doğru

orantılı olarak artmıştır. Cam mobilya ve donatı elemanları, özel tasarımlarla veya seri üretim çeşitleriyle karşımıza çıkmaktadır. Cam mobilyalar konusu, ayrı bir araştırma konusu olabileceğinden bölüm içerisine dahil edilmemiştir. Bu bölümde cam malzemenin, mekanın her köşesine nasıl ve ne biçimde yayıldığı başlıklar halinde ele alınacaktır.

### **2.1.3.1 Düşey Yüzeyler**

Düşey yüzeyler, mekan kurgusu içerisinde düşey sınırlayıcılardır. Başta duvarlar olmak üzere, duvar boşlukları ki bunlar; gün ışığı ve hava geçişlerine olanak sağlayan pencereler, mekanın dışa açıldığı nokta olan kapılar ve duvarların daha parçalı ve geçirgen hali olan bölücüler, düşey yüzeyler olarak ele alınmıştır. Diğer bir düşey yüzey olan kolonlar, ilerideki bölümlerde ayrı bir konu başlığı halinde incelenecektir.

### **Duvarlar**

Duvar, içerinin dışarıdan farklılığını oluşturan değişim noktası olmakla birlikte, düşey olarak mekanı sınırlandırmaktadır. Benzel'e göre; “Birçok duvar katı ve süreklidir, bir sınıf ve kapalı bir alan oluştururlar. Ne zaman görüşümüz kısıtlanırsa duvar fikri ortaya çıkar. Hem iç mekanda, hemde dış mekanda ki duvarlar diğer duvarlarla birleşebilir. Açık ve kapalı mekanlar oluşturabilir. Duvarların karakteri, dış mekandan iç mekana geçildikçe değişmektedir. Dış mekandan bakıldığında duvarı, geniş bir açık alandaki küçük bir kütle olarak; iç mekanda ise tanımlanmış bir alan içerisinde büyük bir kütle olarak algılanır” [15].

Bir duvarın dışının, çevreyle hem bir uyum, hem de bir sınır göstermesi gerekmektedir. Aynı zamanda duvarın içinin de iç mekan öğeleri arasındaki mekansal ilişkide ki görevini yerine getirmesi gerekmektedir. Duvar sadece bir yapının etrafını örten olmaktan öte, birçok mekansal anlamı içermektedir. Bu bağlamda duvar, için dışarıya yansımaya olduğu gibi, dışarıdan da içeriye geçişi sağlayan temel eleman olmaktadır.

Yine Benzel'e göre “Mekandan mekana duvar elemanlarının bağlanması, fiziksel ve görsel duylarda algısal değişikliklere sebep olur. Bu algısal değişiklikler, mekanlardan geçişleri canlandırır ve uyanıklığımızı yükselterek dinlenmemize,

yukarı bakmamıza, yavaşlamamıza, vücudumuzun duruşunu değiştirmemize ve hatta daha yakın bir inceleme için durmamıza yol açar” [15].

Duvarlar bir mekanı birleştirebilecek, sınırlandırabilecek hatta engelleyebilecek başarılı tasarım elemanları olmaktadır. Bununla birlikte duvarlar, monotonluğu, karmaşıklığı, ışık geçişine ve ölçek problemlerine bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır.

1900'lerin başında Frank Lloyd Wright, odanın dört duvar özelliğini, onların kutu şeklindeki katı tanımlamalarını kırarak ve dağıtarak çözdüğü gözlenmektedir. “Wright, özellikle taban elemanı ortaya koymuş, onun üzerine dünyayı ve ateş gücünü sembolize etmek amacıyla bacayı inşa etmiştir. Bu kurulum sırasını Japon evlerinden aldığı söylenmektedir. Daha sonra iskeleti ve çatıyı oturtmuş ve duvarları yapıya giydirmiştir” [15].

“Duvarların yapısal olmaya olan ihtiyaçları azalmaya başladığında (tavanı tutan çelik kolonlar hariç tamamı), tül perdenin ışık geçirgenliğini çağrıştırdığı için *perde duvar* olarak adlandırılmıştır” [15, 22]. Duvarların gelişmesindeki en son aşamayı perde duvarlar oluşturmaktadır. Bu oluşumda duvar önemini kaybetmiş, çözülmüş ve parçalanmış olmakla birlikte taşıyıcı öğelerle, bölme ve koruma görevini yerine getiren perde kısmı birbirinden tamamen ayrılmakta, hatta değişik planlarda yer almakta, değişik yer ve koşullarda imal edilmektedir. Perde duvarlar saydam olabildiği gibi bazen de yarı saydam veya tam tersi kapalı parçalardan oluşmaktadır.

“Süslenmeye karşı modern hareketlerle birlikte, mimarlar duygularını ifade etmek için kullandıkları geleneksel düşüncelerini kaybetmişlerdir. Bundan dolayı heykel formlu, eklemeli yapılar ve mekandaki armonik işlevler gibi birçok diğer formlara yönelmişlerdir” [23]. Bina yüzlerini teknoloji ürünü malzemeler kullanarak kaplayıp, aslanağzıları ve oyma frizler gibi uygulamalara gerek kalmadan insanların dikkatini çekebildikleri gözlenmiştir. Bu teknolojik malzemelerin en önemlisi sayılan cam, modern hareketin temelinde yatan iç ve dış birlikteliğini en güzel ortaya çıkaran malzeme olarak, iç mekanların dış çeperlerini oluşturan duvarlarda anlamlı bulunmaktadır. “Cam duvarlar, ışığa ve dış mekanla iç mekanı birbirine bağlamayı en iyi ifade eden malzemedir” [23].





Resim: 2.2. Yönetim Binası-Cam Duvarları, Willis Faber&Dumas (Wigginton, 1996)

20. yüzyılın sonları, cam kullanımı konusunda önemli gelişmelere şahit olmuştur. Bu durum cam üreticilerinin, cam ve sertleşme teknolojilerindeki gelişmelerden ve camın gücünün anlaşılması sonucu ortaya çıkmıştır. Stabilize edici kanatçıklar ve silikon gibi, detay çözümleri kolaylaştıran yan ürünlerin kullanılmaya başlaması sonucu cam, yapısal olarak kullanılmış ve camdan duvarlar ortaya çıkarmak tasarımcıların dayanılmaz isteği olmuştur. Sadece tasarımcılar değil, kullanıcılar da saydam bir yüzeyin içinde olma isteğini göstermişlerdir.

Özellikle mimar ve mühendislerin cam duvarlar üretmekteki başarısı, camla çalışmanın diğer malzemelerle çalışmaktan farklı olduğunu anlamaları ve bu malzemeyi çok iyi tanımaları sonucu sağlanmıştır. “Cam duvarlardaki yapısal yaratıcılık karşı konulmaz boyuttadır” [19]. Cam duvarlar dışarıdan bakıldığında, açısız etkilerle oluşan belirsiz bir niteliğe sahip olmaktadır. Kimi zaman yansıtıcı, kimi zaman saydam olabildikleri gibi gün içerisinde değişen gün ışığıyla farklı etkiler vermektedirler. Mekan içerisinden bakıldığında ise düşükten yükseğe doğru değişen ışık seviyeleri ve camın temizliğine bağlı olarak, kullanıcılar için hemen hemen yokmuş duygusu uyandırmaktadırlar.

**Duvar Boşlukları:** İç mekanda duvar boşlukları, pencereler ve kapılar olmak üzere iki başlıkta incelenecektir.

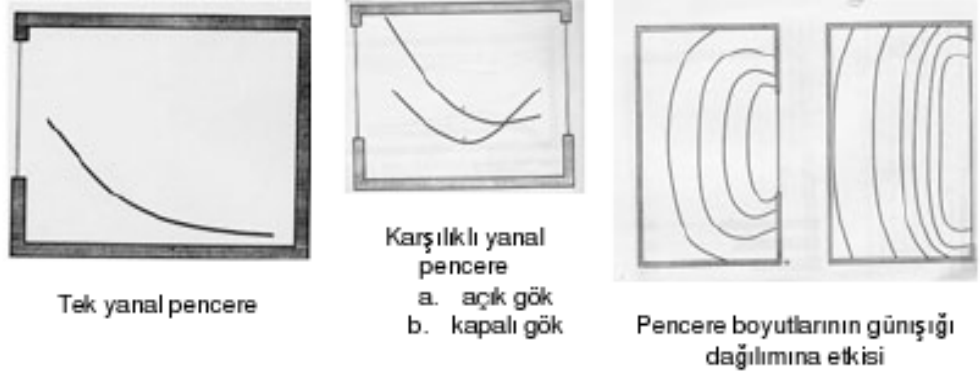
#### ***a) Pencereler***

Pencereler, düşey veya düşeye yakın eğimli, bina dış duvarlarında yer alan ve çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyini sağlamayı amaçlayan gün ışığı açıklıkları olarak tanımlanabilmektedir. Pencereler her iklim bölgesi için uygun olup, tasarımın ilk aşamalarında ele alınmalıdır. Göz hizasında bulunan ve dış görüşü sağlayan görüş pencereleri ile dış görüşü sağlamayan yüksek pencereler (clerestories) bu başlık altında incelenebilmektedir.



**Resim 2.3.** Pencerelerde dış görüş

Göz hizasındaki pencerelerin en büyük özellikleri dış ortamla görsel bağlantıyı sağlamalarıdır. Özellikle doğaya açılan pencerelerin hem kullanıcı performansını yükseltme, hem de göz kaslarının gevşemesini sağlama gibi olumlu yönleri bulunmaktadır (Resim 2.3). Bu pencerelerin en belirgin özelliği iç aydınlık düzeyinin pencereye yakın bölgelerden hacmin derinliklerine gidildikçe hızla düşmesidir. Bu karakteristik dağılımda pencerenin baktığı yönün ve gök koşullarının niceliksel ve niteliksel etkisi büyüktür (Şekil 2.2). Pencereler kullanıcıların görüş alanı içinde bulduklarından görsel konfor açısından direkt güneş ışığına karşı önlem alınması gerekmektedir. Güne in gün içindeki ve yıl içindeki hareketi göz önüne alındığında yön değişkeni pencere tasarımı ve pencereye uygulanacak gölgeleme aracının tasarımı açısından önemli rol oynamaktadır.



**Şekil 2.2.** Pencerelemlerle plan ve kesitte gün ışığı dağılımları

Yüksek pencereler genellikle yerden 2.5m yükseklikte dış duvarda tasarlanan düşey pencerelerdir. Bina dış duvarlarının yüksek olarak planlanmasını gerektirir. Kuzeye veya güneğe yönlendirilebilirler, güneğe yönlendirildiğinde gölgeleme gerektirir. Ancak yatık gelen güneşin içeri girmesinde sakınca olmadığı zaman veya ışığı yaygınlaştırıcı camlarla kullanıldığında doğuya veya batıya yönlendirilmelidir. Bu pencerelerle hacimde daha düzgün bir gün ışığı dağılımı sağlandığından aydınlatmanın niteliği iyileşmekte ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Pencereler, mekanı havaya ve ışığa açık hale getirmekle birlikte, mekanın ciğerleri ve gözleri gibi işlev görmektedirler. Ancak bu sürekli devinimde, rolleri basit pencereden başlı başına duvar olmaya doğru değişmektedir. 20. yüzyılda pencere ve cam kavramları köklü bir değişime uğramıştır. Yüzyılın başında aynı zamanda ana taşıyıcı işlevini de üstlenen, bina cephesinde yer yer bırakılan açıklıkları kaplayarak, içeriye yağmur ve kar yağışı ile rüzgar ve tozdan koruyan basit pencere camı, artık aynı zamanda, dış ve iç arasındaki her türlü ilişkiyi dengeleyen ve düzenleyen bir yapı kabuğuna dönüşmüştür.

“Pencerenin görüş eylemine yönelmesi, Roma konutunda gerçekleştirilmiştir. Özellikle zenginlerin evlerinde, büyük toplantıların yapıldığı salonların pencereleri, geleneksel avlunun veya kentin doğal güzelliklerinin seyredilmesini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir” [24]. Camın Roma döneminde ilk defa ortaya çıkışında, mekan içerisine ışığın alınmasıyla birlikte, kötü hava şartlarından korunma gereksimi temel neden olmuştur. Osmanlı'larda büyük yapılarda (cami, kervansaray vb.) pencere birbirinden farklı birçok amaç için kullanılmıştır. Özellikle mekanın

kurulmasında, algılanmasında, renklendirilmesinde ve strüktür belirlenmesinde pencereler önemli görevler yüklenmişlerdir.

İlk kullanımlarından 21. yüzyıla gelene kadar pencere, çağdaş mekan tasarımında çok fazla yol almıştır. “19. yüzyıl sonlarında Adler ve Sullivan'larla başlayan, daha çok ışık için daha büyük pencereler arayışının 20. yüzyıl sonunda ulaştığı nokta, o günkü koşullarda düşlenebileceklerin çok ötesindedir.

Gelişen teknoloji ile değişen kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda pencere, havalandırma ve aydınlatma olan görevlerinin dışında, iklim kontrolü, gürültü kontrolü gibi yeni görevler, aydınlık ve ferahlıkla dışa açılmayı sağlayan saydam örtü olma gibi yeni anlamlar kazanmıştır.

“Yüzyıllar boyunca boşluklar içerisine gevşek yerleştirilmiş mumlu yüzeyler, mazgalı duvarlar üzerindeki dar boşluklar, dışarıyı görmek ve gün ışığını içeriye almak için kullanılan tek yol olmuştur” [24]. İranlılar ve Romalılar eriyik hale getirilmiş camı haddeleyerek cam paneller yapmayı öğrenmişlerdir. Ancak bu ürün puslu, kalın ve çok küçük parçalar dışında, büyük ebatlarda üretildiğinde kolayca kırılmaktaydı. 19. yüzyıl süren bu üretim biçimiyle, metal çerçeveli yüzeylere küçük camlar yerleştirilerek oluşturulan geniş yüzeyler, büyük pencereleri ortaya çıkarmıştır.

Uzun yıllar dış yüzeylerdeki pencereleri planlamak, sabit pencere biçimlerini ve ebatlarını kullanarak oluşmuştur. Eski pencereler biraz dışa çıkık, çiftler halinde gruplandırılarak, cumbalı veya kemerli, sürülen, çatı penceresi biçiminde yapılmaktaydı. Çeşitli dönemlere göre pencereler, o dönemin özelliklerini yansıtacak biçimde uygulanmışlardır. Romanesk dönemde Rose pencereleri, Gotik döneminde vitraylı kilise pencereleri, Art Deco döneminde tipik lombozlu pencere uygulamaları bunlardan sadece birkaçı olma özelliğindedir.

1680'lerde Versailles'te kullanılan ve “cam kapı” olarak da adlandırılan, yere kadar uzanan ve kapı gibi açılabilen pencereler, genelde bazı uygulamalarda teraslara açılan yol olarak kullanılmıştır. Rönesans'ta ise, yapının iç mekanının dıştan algılanması önem kazandığından pencerenin, boyutu, mimari karakteri, meydana getirdiği dizinin ritmi, her kattaki dizinin birbiri ile ilişkisi mimari anlatımda rol oynayan etken olarak kullanılmıştır.

“Yapı tarihindeki en önemli aşamalardan bir olan betonarme karkasın uygulanması, pencere için bir dönüm noktası olmuştur” [24]. İç ve dış mekanın birlikte kavranmaları ve birbiri içinde tamamlanmalarını amaçlayan çağdaş düşünce, Modern mimarinin temelini oluşturmuştur. Böyle bir akımın içerisinde pencere ve saydam yüzeyler çok önemli bir yer almıştır.

Yapının stili ne olursa olsun, pencereleri desteklemek için metal, ahşap veya plastik çerçevelere ihtiyaç duyulmaktadır. 1960' ların sonlarından itibaren bu tür malzemelerin yapımındaki fonksiyonel ve teknolojik gelişmeler, pencere uygulamalarını yakından etkilemiştir. Yüzyıllar boyunca ahşap pencere çerçeveleri öncelikli olmuştur. Ancak 1960' ların sonlarına doğru dünya üzerindeki toplu üretimin baskısı sonucu, pencere çerçevelerinde alüminyum ve plastik gibi diğer malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Ardından standart hazır pencere üretimine geçilmiştir. Sentetik contalar ve işlenmiş alüminyum profiller, PVC bileşikler, çelik ve diğer tüm işlenebilir plastikler, yeni malzemeler olarak, binaların gereksinimlerini karşılamak için montaj bandındaki güçleri birleştirerek ortaya çıkmıştır.

“Yüklerin kitlelerle tanışması yerine, kolon veya dikme gibi mekanda az yer kaplayan öğelere yönetilme ilkesi, gelişmiş yapı ve yalıtım malzemesi (betonarme, ön gerilimli beton, çelik, cam pamuğu, izolasyonlu cam, plastik vb.) ile mühendislik alanındaki (merkezi ısıtma vb.) olanaklarla birleşince, pencere boşluğu duvara göre ayarlanmaktan çıkıp her yönden özgürlüğe kavuşmuştur. Pencere, boyutlarını sınırlandıran nedenlerin ortadan kalkmasıyla, uzayıp büyümüş ve sadece sağır yüzeylerin içindeki boşlukları dolduran boşluktan öteye geçip saydam bir yüzey halini almıştır.

20. yüzyılın ikinci yarısında, giydirme cephe camları binalarda kullanılmaya başlanmıştır. Tüm bina yüzeyinde cam kullanma düşüncesi, güneş kontrolü sorununu ortaya çıkarmış ve bu durumda yansıtıcı camlar kullanılmıştır. Yansıtıcı camlar, dışarıdan bakıldığında ayna görüntüsü veren, ancak içerideki insanların görüşünü engellemeyecek biçimde tasarlanmıştır.

20. yüzyıl bitip 21. yüzyıla gelindiğinde binalarda kullanılan pencerelerin, camın devrimsel gelişimi sayesinde, çok farklı biçimlerde ve boyutlarda üretildiği görülmektedir. Giyotin, vasistas, tek veya çift kanatlı, sürgü pencere çeşitleri dışında; yansıtıcı, ışığa duyarlı ve tüm bina yüzeyini örten pencerelerin üretimine geçilmiştir.

Özellikle bol güneşli ve ılıman iklimde kullanılan yansıtıcı camların, giydirme cephede tercih edilmesinin diğer bir nedeni de asma tavan ve tesisat donanımlarını gizlemekteki başarısıdır. Ancak 20. yüzyılın 10-15 yıllık son dönemi içerisinde, insanların aydınlık ve ferahlık özlemi, doğallık ve ekolojik yapı kavramlarıyla desteklenmiş, dışarıdan içerinin görülebildiği, saydam “neo-kübik” tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu dönemde yansıtıcı camların aynamsı görünüşüne şiddetle karşı çıkılmıştır. Bu durum doğal olarak ışık geçirgenliği ve aynamsı yansıtıcılığı karşı karşıya getirmiştir. Camın ışık geçirgenliği ve aynamsı yansıtıcılık (refleksiyon) birbiri ile ters orantılıdır. Diğer bir ifade ile yansıma yüksekliğinde, ışık geçirgenliği azalmakta, yansıma azaldığında da ışık geçirgenliği yükselmektedir. Böyle bir problemin giderilebilmesi için son yıllarda güneş kontrolünün en önemli ögesi olan “işlevsel ince film kaplamaları” kullanılmaya başlanmıştır. Bu durumda gün ışığı kaybı olmadan ve renkli ya da yansıtıcı cam kullanmayarak güneş kontrolü sağlanmış olmaktadır. Böylesi bir çözüm, yeni ve çok yönlü mekan tasarımlarının çoğalmasında temel etken olmuştur.



Resim 2.4. Garden Grove Cominilty Church (Wigginton, 1996)



Resim: 2.5. Neo Kübik Tasarıma rnek – Louvre Müzesi-Paris (Wigginton, 1991)

Fransız mimar Jean Nouvel, Paris'teki Arap Enstitüsü binasında ışığa duyarlı camlar kullanmıştır. Burada yapının etrafa verdiği etki, yüksek güneş ışığında kararan, az ışıkta açılan karakterdedir. “Bukalemunvari cam yüzeyler, dinamik olarak kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamakta ve olabildiğince optimum düzeyde enerji tasarrufu sağlamak için hava şartlarıyla etkileşime girmektedir” [25].

Gün ışığına bağlı olarak sürekli renk değiştirip, yapıya canlılık getiren bu camlar, “bukalemunvari” olarak nitelendirilmiştir.



Resim: 2.6. Jean Nouvell Arap Enstitüsü Binası

## ***b) Kapılar***

İç mekanın dışa bağlanma özleminin ilk adımı sayılan kapılar, ilk çağlarda dış mekanın korku , güvensizlik, savaş kaynağı olması nedeniyle, önce gizlenmiş sonra elden geldiğince ufaltılıp, savunulmak üzere donatılmıştır. Dış mekanın güvenlik koşulları yerine geldiğinde ise büyütülmüş, belirlenmiş, bezenmiş, önem kazanmış ve pek çok yapıda sembolik değer taşıyan bir motif ögesi olarak kullanılmıştır.

Kapılar, mekanın dışarıya açıldığı nokta olmakla birlikte, kullanıcılar için o mekan hakkındaki ilk ve son izlenimlerinin oluştuğu yer olmaktadır. Sesi ve ışığı mekan içerisinde bırakma özelliği ile mekana kazandırdığı mahremiyet, gerekli güvenlik gereksinimlerini karşılaması ve bir çok iyi ve ilginç alternatifler sunması, kapıları sadece giriş ve çıkışta kullanılan boşluk olmaktan öteye götürmekte ve mekan kurgusunun bir parçası haline sokmaktadır.

Gerek yapı girişlerinde, gerekse yapı içlerinde kullanılan kapılar, 21. yüzyıla gelindiğinde alternatif sistem ve malzeme seçenekleri sunmaktadır. Bu alternatiflerden cam kapılar, öncelikli olarak ışığın mekan içerisine alınması ihtiyacından ortaya çıkmıştır.

“Eskiden bir çok evin kapılarının üst kısımlarında, ışığın içeriye girmesini sağlayan açıklıklar bırakılmaktaydı. Ancak modern mimari akımla birlikte, camın mekanın her köşesine ulaşmasıyla cam kapı kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kapıların ortaya çıkışındaki ilk adım Frank Lloyd Wright'ın “usionion” olarak adlandırdığı ilk boyalı camdan kapı panellerini tasarlamasıyla atılmıştır” [26].

20.yüzyılda, mimari tasarımlarda cam kapılar ve camlı kapılar, yaşama alanlarına yeni bir boyut katmış ve sınırsız açılımlar sunmuştur. Cam kapıların, camlı kapılardan farkı, etrafında taşıyıcı çerçeve bulunmamasıdır. Menteşeler direkt olarak duvara veya ahşaba bağlanmaktadır. Özellikle estetik kaygı güdülerek kullanılan cam ve camlı kapılarda kullanılacak camın özelliği, iç mekanda elde edilmek istenen efekte ve kullanım ihtiyaçlarına göre değişmektedir. Şeffaf cam kullanılarak oluşturulan cam kapılar, mekan içindeki görüntüyü tamamen gösterirler. Bu tür camlar mağaza kapılarında çok sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı özel tasarımlarda,



konut girişi için de bu tür cam kapılar tercih edilmektedir. Görüntü vermemesi istenen mekan girişlerinde ise kumlu ya da asitli camdan yapılan kapılar Ya da boyalı cam kapılar kullanılmaktadır.

Cam kapılarda estetik kaygısının yanı sıra önemli olan diğer bir konuda güvenlik sağlayabilmesidir. Hırsızlığa, yangına ve çarpma sonucunda kazalara engel olamak maksadıyla cam kapılar özel işlemlerle sertleştirilip ısı ve darbelere karşı dayanıklı hale getirilmektedir. Ayrıca bu tür kapılarda, kırılmaya ve darbelere karşı dayanıklı olan lamine camlar da kullanılmaktadır. Lamine camların arsında konulan tabaka ile kapıya istenilen renk verebilmektedir. Isı ve ses yalıtımına ihtiyaç duyulan mekanlarda ise çift cam kombinasyonu olarak uygulanılmaktadır.

Birçok tipte üretilen cam kapılar döner, sürülen ya da kanatlı olabilmektedir. Fotosel gibi yardımcı donanımla birlikte kullanılan cam kapılar; hastane, mağaza, iş yerleri gibi insan sirkülasyonunun fazla olduğu yerlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tür kapılar açık ve kapalı mekanları ayırdığı halde kapılar kapalı olduğunda bile manzara ve ferahlık duygusundan kopmamayı sağlamaktadır.

### ***c) Bölücüler***

İç mekanda kullanılan bölücü elemanlar, mekan kurgusunun gerektirdiği doğrultuda farklı malzeme ve biçimde olabilmektedirler. Bu bölücü elemanlardan, cam bölücüler ışık geçirgenliği, ışık yansıtıcılığı, görüş açıklığı, alternatif renk ve doku çeşitliliği gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir.

Cam bölücüler, mekanın verdiği ipuçları ve kullanıcı gereksinimleri doğrultusunda farklılık göstermektedir. Özellikle görsel bütünlüğün arandığı ve kontrollü görünürlüğün sağlanması istenilen farklı mekan kurgularında cam bölücü eleman olarak cam tuğla kullanılmaktadır. Aynı zamanda iç mekanın dış çeperlerinde de kullanılan cam tuğla, termal ve akustik konfor şartlarını, darbe etkilerine karşı kullanıcı güvenliğini, zararlı ışınlara karşı korumayı da sağlamaktadır.

Mekan bütününde, görsel alanın kesintisiz olarak algılanması istenilen mekan kurgularında ise, bölücü cam eleman olarak düz (float) kullanılmaktadır. Bu tür cam bölücülerde, eğer darbe etkilerine karşı kullanım güvenliği de ek olarak istenirse, ön gerilmeli camlar (ısıl işleme tabi tutulmuş camlar) kullanılmaktadır.“Cam bölücü

elemanlarda özellikle opak bir yüzey elde edilerek, ışık kontrolünün sağlanması; polyester, polietilen film tabakası veya emaye boya silikon boya ile matlaştırılarak yapılmaktadır [27]. Bu renkli cam kullanılarak oluşturulan bölücü elemanlar, mekan kurgusunda etkili bir anlatım sağlanmakla birlikte yüzeysel bir ifade de taşımaktadırlar. Özellikle kökeni yüzyıllar öncesine dayanan ve günümüz teknolojisinde önemli gelişmeler göstererek yaygın kullanım alanına sahip olan vitray, bu tür bölücülerde kullanılan cam yüzeyinde etkili bir ifade olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir cam ürünü olan aynalar, iç mekanda değişik ve heyecan verici tasarım olanakları sunmaktadır. Yaratıcı bir tasarım anlayışıyla kullanıldığında ayna; dar, biçimsiz ve boş mekanlara yepyeni boyutlar ve zenginlikler kazandırmaktadır. Aynalar sabit olabildiği gibi hareketli çerçeveler içinde de mekanın farklı noktalarına yerleştirilmektedir. Özellikle dolap kapaklarında ve bölücü elemanlar gibi mobilya ve donatı elemanlarında kullanılan aynalar, kapalı ve dar mekanları ferahlatma etkisiyle iç mekana görsel bir zenginlik katmaktadır. Bunun yanında aydınlatılmak istenilen mekanda ışık kaynağı ile aynayı bir arada kullanmak ışık kaynağının şiddetini artıracak gibi mekandaki derinliği ve aydınlıktan kaynaklanan genişlik duygusunu daha fazla vurgulayacaktır. Bu da tasarımcıya daha az ışık kaynağı kullanarak daha fazla aydınlık etkisi yaratma olanağı sağlayacaktır.

### **2.1.3.2. Yatay Yüzeyler**

Yatay yüzeyler mekanın yatay sınırlayıcılarıdır. Mekanda ilk akla gelen yatay yüzeyler döşeme ve tavanlardır. İç mekanda camın yatay yüzeyler de kullanımı konusunda döşeme ve tavanlar ele alınmıştır.

#### ***a) Döşemeler***

Taban ya da üzerine inşa yapılacak alana uygulanan döşemeler, fiziksel olarak duvarları, kirişleri ve onların çevreledikleri içeriklerini sabit hale getirmektedirler. Döşemeler mekanın yatay sınırları olup duvarların tamamlayıcılarıdır.

“Bir döşeme, dışarıdan içeriye geçiş olabileceği gibi, odayı başka bir odaya, kotu başka bir kota bağlayan ve bu mekanları bağlama işlerini yaparken kendi özelliklerini de katabilen bir bağlantı elemanıdır” [15]. Temel olarak bir taban

döşemesi, geniş alanları betimlemek için kullanıldığı gibi, biçim, yön, malzeme ve kot farklılıkları yaratılarak, farklı alan ve mekanlar oluşturabilir. Benzel'e göre ise; "Taban döşeme, dünyayı ve hayatı sürekli kılan ve destekleyen yeryüzünü temsil eder ve bundan dolayı özel olarak tasarlanması gereken bir mekansal ögedir" [15]. İki boyutlu bir yüzey olan taban döşemesi, sahip olduğu biçime ve malzemeye göre; mekanları ayırt etme, belirginleştirme, vurgulama ve birleştirme etkisine sahip olmaktadır.

Camla oluşturulmuş taban döşemeleri, her ne kadar kullanıcılarda güvensizlik duygusu uyandırsa da, kullanıldığı mekanlarda o yerin sınırlarını çok iyi tariflemektedir. Özellikle vurgulanması ve ön plana çıkması istenen mekanlarda, cam taban döşemeleri kullanılmaktadır. Camın geçirgenlik özelliği, taban döşemesi için avantajlı bir durum olmaktadır.

Cam taban döşemelerinin diğer bir avantajı ise kullanıcı tarafından görülmesi istenilen doğal veya yapay bir malzemenin, döşemenin altına yerleştirilebilmesidir. Hafif bir aydınlık istenen mekanlarda, cam taban döşemenin altına yerleştirilen aydınlatma elemanları, istenilen oranda aydınlık sağlamaktadır. Aydınlatma elemanlarının cinsi, büyüklüğü, azlığı ya da çokluğu taban döşemenin farklı şekiller almasına ve mekanın kullanıcı tarafından farklı algılanmasına yol açmaktadır. Örneğin bir mekanda, cam taban döşemesinin altına yerleştirilen ışıklandırma sistemi eğer doğrusal bir yol izliyorsa, kullanıcıda bu yolu takip etme ihtiyacı duymaktadır.

Cam taban döşemeleri tek başına düz camdan oluşturulduğu gibi başka malzemelerle de bir arada kullanılmaktadır. Ahşap, metal, granit gibi malzemelerden oluşmuş döşemelerde yer yer cam kullanılabilir. Bu tür döşemeler tasarımcıya mekan oluşumunda farklı ve heyecan verici seçenekler sunmaktadır.

Kırılma ve çarpma sonucunda kazalara engel olmak amacıyla, cam taban döşemeleri özel işlemlerle sertleştirilip, ısı ve darbelere karşı dayanıklı olan lamine camlar da kullanılmaktadır. Lamine camların arasına konulan tabaka ile cam döşemeye istenilen renk verebilmektedir. Sağlamlık ve güvenilirlik konusunda taban döşemesi için bir diğer uygun malzeme ise cam tuğladır. Cam tuğla istenilen renk ve desen çeşitliliği ile mekanlarda hem düşey yüzeylerde hem de yatay yüzeylerde kullanılabilir.

Cam döşeme olarak diğer kullanımlar, cam parke ve cam mozaik uygulamalarıdır. Düz camın kullanımdan ötürü kısa sürede aşınarak matlaşması ve zemine yapışmasındaki güçlük, cam parke ve cam mozaik kullanımını arttırıcı rol oynadığı gözlenmektedir.

Cam parkelerde önemli bir özellik olarak nitelendirildiğinde ışık geçişini engellememesi, mekan kurgusunda avantajlı bir durum yaratmaktadır. Alttan aydınlatma yapılan mekanlarda cam parkeler kullanım ve uygulama kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir.

Cam mozaikler ise cam hamuru içerisine “kriyolit” adı verilen opaklaştırıcı bir maddenin bir maddenin katılması yoluyla üretilmektedir.

1995 yılında tamamlanan Water/glass (su/cam) villa camın yapının bütününde yer almasına en güzel örneklerden biri olmaktadır. Pasifik okyanusunun hemen üzerinde yer alan bu yapı, bir misafir evi olarak tasarlanmış olmakla birlikte, camın taban döşemesi olarak kullanılmasına en güzel örneklerden birini oluşturmaktadır. Tasarımcı Kengo Kuma temel olarak cam ev ince çelik çerçeve kullanarak zarafeti, durgunluğu, ustalığı ve saydamlığı en güncel yoldan ifade etmiştir. İç ve dış mekan arasında görüntü geçişini sağlayan üç kat cam duvarlı iki dikdörtgen misafir odası ve bir oval salondan oluşmaktadır. Oval salonun içindeki tabandan gelen yumuşak ışık ve mimar tarafından tasarlanan saydam mobilyalar sıra dışı bir yansıma ve geçirgenlik duygusu uyandırmaktadır.

### ***b) Tavanlar***

Döşeme gibi tavan da mekanın yatay sınırlayıcıları olup, iç mekanı saran duvarların tamamlayıcıları olmaktadır. Duvarın yüklendiği bölme ve ayırma anlamlarının yanında, daha çok korunma ve sığınma amaçlıdır.

Bir tavanın yüksekliğinde yapılan küçük değişikliklerin yaratacağı etkinin, aynı odanın en ve boy ebatlarında yapılan değişikliklerden daha fazla etkili olduğu saptanmıştır. Bu bağlama, bir odanın düşey boyutlarda uygulanacak çok az bir değişiklik, plana uygulanacak değişikliğe göre daha dikkate değer olacaktır. “Tavan yüksekliğinin oda üzerindeki etkisi, açıklık ve basıklık duygusu ile direk ilintilidir. Duvarların dışındaki gökyüzü renk, görünüş ve şekil olarak sürekli devinirken

kolonlar ve kirişler arasında sıkışmış olan tavan, sürekli sabit kalmaktadır” [15]. Bir mekanda tavan yüksekliğini artırarak, diğer bir mekanda ise düşürerek, insan üzerinde beklenmedik duygular ve değişiklikler oluşturulabilmektedir.

Duvar, döşeme ve tavanın oluşturduğu kabuk ile mekan içte oluşturmakta. Ortamların sağlanması ve mekan türlerinin kurulmasına etken olmaktadır. Kabuk mekan türlerine göre değişkenlik göstermektedir. Geçirgen bir kabuk olan cam tavanlar, özellikle gün ışığının tümüyle içeri girmesi istenen mekanlarda kullanılmaktadır.

“Cam tavanlar, mimarlıkta cam yelpazesinde önemli yapı taşlarından birisidir. 19. yüzyılın büyük tren garı sundurmalarından, pazar yerlerine kadar olan bir çerçevede dış etkilerden koruyan ve gün ışığını içeriye geçiren cam çatı, her zaman baştan çıkarıcı bir fikir olarak ortaya çıkmıştır” [19].

Tavanların başarı ile kullanıldığı projelerin sayısı ortaya atılan potansiyel fikirlerin sayısından daha az olmaktadır. Gerçekleştirildiği hallerde bile dağınıklık ve başarısız detay içliği ile karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunun nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Camdan yapılmış bir tavanda, tamamen su geçirimsizliği sağlamanın kolay çözülebilecek bir sorun olmaması,
- Herhangi bir nedenle oluşabilecek deformasyon veya çatlakların çabuk onarılamaması,
- Camdan yapılmış bir tavanın hem iç hem de dış temizliğinin görüş ve ışık geçişi için aynı oranda önemli olup kolay temizlenememesi sorun olmaktadır. “Birçok atrium tavanın camları genelde kirlidir ya da uygun olamayan temizleme malzemelerinin izlerini taşırlar” [19].



Resim: 2.7. Law Courts Complex, Arthur Erickson Architects, 1977-1980 King, 1990

Tüm bu olumsuzluklar, cam tavan kullanımını oldukça azaltan nedenler olmaktadır. Ancak Vancouver Low Courts kompleksi bu olumsuzlukları aşmış bir Yapıdır. Güney kısmına yerleştirilen adliye binası üç blok genişliğinde olup, kuzeyde bulunan eski adliye binasının yanına inşa edilmiştir.

Burada büyük cam tavanın altındaki geçişler geleneksel olmaktan çok farklıdır. Tavanın saydam olması insanları içeri davet eder ve insanların şehrin görüntüsünü izleyerek rahatlamalarını sağlamaktadır. Cam çatı düz bir sırt biçiminde, eğimli bir yüzey olarak, batıya batacak biçimde tasarlanmıştır. 'Çatı alanı 4800 m<sup>2</sup> olup, bu ebat bir futbol sahasının boyutlarına eşittir" [19]. Sudan korunma ve pencere problemlerinin her ikisi de kusursuz olarak, birbirleriyle uyum içerisinde çözülmüştür. Alüminyum iskelet, terasların üzerinde yer alan iç drenaj kanallarıyla donatılmıştır. Tasarım prensibinin altında yatan nokta, suyu biriktirecek küçük setçikler oluşturmaktan kaçınma ilkesine dayanmaktadır. Bu konuda bütün yüzey boyunca detaylarda uygulanan silikon tekniği önemli bir faktördür.

### **2.1.3.3. Sirkülasyon Elemanları**

#### ***a) Merdivenler***

Merdivenler mimaride çok farklı yaklaşımlara yol açan bir sirkülasyon elemanı olmuştur. Birçok binaların iniş ve çıkışları, o yapının göze en hoş gelen yönleri olarak ortaya çıkmaktadırlar.

“Scalo Reggra'dan, muhteşem Barok merdivenlerine, Mies Van der Rohe'nin Chicago Sanat Kulübü için tasarladığı merdivenlere, oradan günümüz alış veriş merkezlerinin vazgeçilmez, kendini çok açık biçimde kabul ettirmiş merdivenlerine uzanan bir tarihçeye sahiptir” [19].

Çok katlı yapıların vazgeçilmez elemanı merdivenler, tasarımcılara diyagonal yönlerle hükmetme yetkisi kazandırmıştır.

Bir merdiven değişmeyen geometrisi, alttan ve üstten bakıldığında değişmeyen görüntüsü ve trabzanın bilindik tasarımı ile geçmişten günümüze gelmiştir. Merdivenlerde kullanılan malzeme çeşitliliği ile günümüzün teknolojisinin sınırları zorlanarak farklı tasarımlar ortaya çıkmıştır.



Resim 2.8. Joseph Ettedgui Mağazası Cam Merdiveni

İngiltere'de tasarımcı Eva Jirigna, metal ve cam merdivenlerin birlikteliğini kendi bakış açısıyla ele almıştır. Londra'daki Joseph Ettedgui'nin elbise mağazalarında, gittikçe gelişen oranlarda cam ve çelik kullanarak farklı bir merdiven ortaya çıkarmıştır.

Cam kullanılan bu önemli örnek bize, cam kullanarak merdiven tasarlama konusunda karşılaşılan zorlukları görmemiz açısından, büyük bir bakış açısı kazandırmaktadır. Hemen hemen herkes camdan yapılmış bir merdiven üzerinde yürürken rahatsız olmaktadır. Sıradan bir merdivendeki güvensizlik duygusu, bir de vertigo olma riski ile birleşince cam merdiven kullananlarda istemsiz olarak yukarı bakma isteği doğmaktadır.

“Belki de cam merdiven fikri, uygun teknolojinin keşfinden kısa bir süre önce ortaya atılan Scheebart ve Bruno Taut'un fikirlerinin 20. yüzyıldaki yansımalarıdır. Ancak bir mekan içerisindeki bir merdiveni görünmez kılma fikri daha gelişmiş cam teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, belki de daha gerçekçi ve kalıcı olacaktır” [19].

#### ***b) Asansörler***

Cam asansörlerin ortaya çıkışındaki temel faktörler, ışığa olan gereksinimin karşılanması ve katı dolu yüzeylerin yumuşatılması olmuştur. Günümüzde bir çok örneğe baktığımızda cam asansörlerin kullanılma amaçlarında, görsel zenginliği artırıcı özelliğinden de saklı olduğunu da görmekteyiz.

1991 yılında Madrid'deki Modern Sanatlar Müzesinin giriş cephesinde yer alan üç asansör cam tabakalarla kapatılmıştır. Cam uzmanı olan mimarlar J.L. Íniguez ve A. Vazquez'in ortak çalışması sonucu ortaya çıkan bu tasarımda, tekdüze bir cephenin camla kesilerek farklılaştırılmaya çalıştığı görülmektedir. “Bu projede cam asansörlerde düz cam yerine, renklendirilmiş camlarda kullanılmak istenmiş ancak ısı emilimi ve yansıtma dezavantajlarından dolayı vazgeçilmiştir. Asansörler için kullanılan camlar, 12mm. Kalınlığında ve 2.96m.x183m. Ebatlarında sertleştirilmiş cam panellerden oluşmaktadır. Bu paneller çelik barlarda desteklenmektedir. Dört köşedeki sabitleme noktalarından yapı, rüzgar yüklerine karşı, iç yapıya çelik bölücülerle sabitlenmişlerdir” [19].

İç mekanda kullanılan cam asansörler genellikle alışveriş merkezleri, iş merkezleri ve oteller gibi insanların çoğunlukla yoğun olarak bulunduğu mekanlarda kullanılmaktadır. Bu tür asansörler fonksiyonel olmanın ötesinde, görsel zenginliği artırıcı bir rol üstlenmektedir. Panoramik asansör olarak da adlandırılan bu asansörlerde amaç, mekanın tümüyle algılanması olmaktadır.



Resim 2.9. Cam asansör

#### **2.1.3.4. Konstrüksiyon Elemanları Kolonlar ve Kirişler**

“Bir mekanın oluşması veya bir alanı tanımlayabilmesi için duvarların bir bütün olarak devam etmesine gerek yoktur. Duvar sistemlerindeki süreksizlikler ve açıklıklar, parçalı duvarları birleştiren ve üzerindeki ağırlıkları taşıyan kemer ve kirişleri oluştururlar. Açıklıklar arttığında duvarların sürekliliği kolon veya kolonlar



arası açıklıklar adı verilen serilere dönüşür. Bu durumda duvar geçirgen hale gelir. Ve bu geçirgenlik ışık, hava ve insanların geçişlerine izin veren parçalı duvarlar halini alır” [15].

Mimar Louis Kahn; “Duvarın bölünüp kolona dönüştüğü an çok önemli bir andır” [28]. Sözleriyle, bir yapıda kolonların çok önemli bir yere sahip olduğu ve sadece taşıdığı özellikleriyle değil, mekanı sağır duvarlardan kurtarma ve rijitliği kırma özelliğinden ötürü önemle ele alınması gerektiğini savunmuştur.

1920'li yılların sonrasında modern mimaride, strüktürel inceliğe ve yeniliğe yönelik bir istek başladığı görülmektedir. Mimariye görsel olarak maddesizleştirmek ve küçük eklem bağlantılarıyla, en az malzemelerden büyük strüktürel performansı elde etme çabalarının (Lever evinin cam duvarlarında olduğu gibi) olumlu sonuçlar verdiği görülmektedir.



Resim 2.10. Lever House-1951-1952. Park Avenue, New York

“Camın kolon ve kiriş olarak kullanılması fikri, rüzgarı desteklemek için kullanılan cam kanatçıkların başarısında doğmuştur” [29]. Cam kanatçıklar Hollanda da ki Benthem Cronwell mimarları tarafından yapılan, Almere Evi'nin oturma odasının kat

yüksekliğindeki camlar, rüzgar yüklerine karşı, cam kanatçıkları güçlendirilmiştir. Bu kanatçıklar tavana alüminyum başlıklar vasıtasıyla tutturulmuştur. Cam kanatçıklar aynı zamanda düşük ağırlıktaki oluklu çelik tavan taşıyıcı olarak iş görmektedir” [29].

Bentham Cronwell mimarları Almere yapısında ortaya koydukları deneyimlerini, 1981 yılında tamamladıkları Hollanda'daki Arnheim Heykel Pavyonunda pekiştirmişlerdir. Burada cam paneller yük taşıyıcı ve alan bölücü olarak kullanılmışlardır. “Transparan bir tünel havası taşıyan bu pavyon 24 m. uzunluğunda ve 6.2 m. genişliğindedir. 15 mm. Kalınlığındaki iki kalın sertleştirilmiş camdan oluşan kanatçıklar çelik payandalara bağlanmıştır. Çatı kaplamasının 16 mm. kalınlığındaki sertleştirilmiş camları çelik kirişlere civatalarla bağlanmıştır” [19].

Mies van der Rohe'un 1922 yılında tasarladığı cam gökdelen projesine benzer olarak tasarlanmış olan bu Sonsbeek pavyonu gerçeğe dönüştürülmüş bir projedir. Kurulduğu parkta sadece 3 ay kaldıktan sonra, fuar sonunda kaldırılmıştır.

Camın kolon olarak kullanılmasına ilişkin örneklerden biri 1994 yılında Paris yakınlarında J.Brunet ve E. Saunier tarafından yapılan yerel yönetim arka avlu çatıdır.

“24x24 m. cam tavan, 22x22 cm. ebatlarındaki üç katlı sertleştirilmiş katlı camlardan oluşan çarpı şeklindeki kolonlarla desteklenmiştir. Bu cam kolonların başlarına ve ayaklarına dikey yükleri karşılamak için çelik ayaklık giydirilmiştir. Bu çarpı şeklindeki cam kolonların, 6 ton taşıyabileceği bu proje ile doğrulanmıştır. Ancak hesaplamalar bu kolonların 50 tona kadar dayanabileceğini göstermiştir” [29].

Bu ofis avlusu projesinden bir yıl kadar önce J.Brunet ve E. Saunier Louvre müzesinde düzenlenen çalışma pavyonunda cam kiriş ve tavalara kullanılmışlardır. “Gün ışığını müzenin üç kat altına kadar aktarmak amacıyla düzenlenen bu cam konstrüksiyon 15 mm. kalınlığında üç kat sertleştirilmiş camdan oluşan 60 cm. yüksekliğinde cam kirişlerle desteklenmiştir” [29].

“Kingswinford, İngiltere'de inşa edilen Brodfield cam müzesinin giriş bölümü 11m x 5.7m 3.5 m ebatlarında olup, taşıyıcı olarak katlı camdan imal edilmiş kanatçıklar kullanılmıştır. 30cm. yüksekliğindeki kirişler 28 cm derinliğindeki

zıvanalarla birleştirilmiştir. Bu cam paneller yere ve yapının cam olmayan duvarlarına çelik pabuçlar vasıtasıyla tutturulmuştur” [29].

Bu örnekler cam konstrüksiyonun, dünya üzerindeki ilk temsilcileri olarak nitelendirilmektedir. Cam kolon ve kirişlerin bu gibi projelerde kullanılması bazı mimarlara, tüm yük taşıma işlemlerinin, cam taşıyıcılar tarafından yerine getirildiği projeleri hayata geçirme cesareti vermektedir.

## **2.2. GÜNIŞIĞIDAN YARARLANMA VE DENETİM SİSTEMLERİ**

Yüzyıllar boyunca binaların biçimlendirilmesinde gün ışığından yararlanma amacı etkin rol oynamıştır. Teknolojik gelişmeler sonucunda elektrik enerjisi aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlanmış ve yaygınlaşmıştır. Bu durum mimarların tasarımda özgürleşmelerini sağlamıştır; ne var ki günümüzde enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesinin gerekliliği de herkesçe kabul edilmesi gereken bir gerçek olarak karşımıza çıkmıştır. Bu nedenle gün ışığının etkin kullanımı ve aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik çözümlerin üretilmesi günümüz mimarlığının en önemli konularından bir tanesi haline gelmiştir. Kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunun sağlanmasının yanı sıra enerji tüketiminin azaltılması açılarından hacimlerin gün ışığı ile aydınlatılmasında ana hedefler, [30, 31].

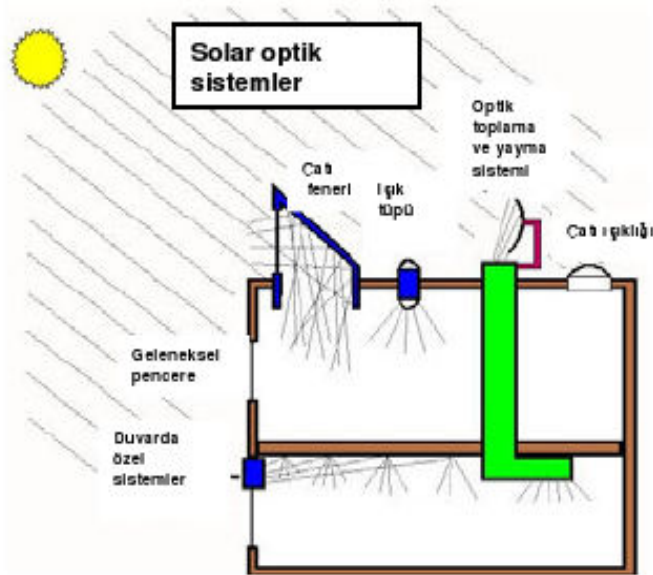
- Gün ışığının etkin kullanımı,
- Olabildiğince düzgün bir aydınlığın sağlanması,
- Direkt güneş ışığından korunarak kamaşma kontrolü sağlanması,
- Dış çevre ile görsel ilişki kurulması,
- Dış aydınlık düzeyinin gün içindeki niteliksel ve niceliksel farklılıklarının hissedilmesi,
- İklim kontrolü ve gürültü kontrolü gibi diğer fiziksel çevresel konularla uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi,
- Yapma aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması olarak sıralanabilmektedir.

- Bu hedefler, bulunulan iklim bölgesinin özellikleri, binanın işlevi ve kullanım saatleri gibi değişkenlere bağlı olarak farklı önceliklere sahip olabilirler. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi amacıyla gün ışığından yararlanmada çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Binaların gün ışığı ile aydınlatılması genellikle pencereler veya çatı ışıkları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

- **Gelişmiş Gün Işığı Sistemleri**

Düşey pencerelerle hacim içerisinde pencere önü ve çevresinde yüksek bir aydınlık düzeyi sağlanırken, pencereden uzakla uzaklaşıldıkça aydınlık düzeyi azalmakta ve hacmin derinliklerinde yetersiz kalmaktadır. Derin hacimlerde yeterli aydınlık düzeyi elde etmek için pencerelerin büyütülmesi veya sayılarının artırılması ise ısıtma ve soğutma yüklerini arttıracığından her zaman uygulanamamaktadır. Bu gibi durumlarda çatı aydınlıklarının kullanılması ise ancak binaların tek katlı olmaları halinde veya son katlarda hacmin işlevine uygun çözümlerle gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde doğal ışık almayan hacimlerin aydınlatılmasında gün ışığını yönlendiren, yansıtan ya da taşıyan sistemlerin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır.



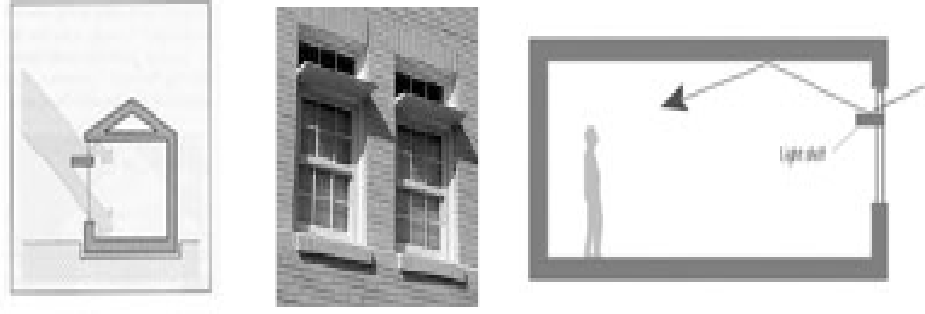
Şekil 2.3. Gün ışığından yararlanmada çağdaş teknikler

Gün ışığı açıklıklarından beklenen hedefleri gerçekleştirmek için önerilecek olan çözümler bazen birbirleri ile çelişebilirler. Bir projede optimum çözüme ulaşabilmek için yöre, enlem, mevsim, işlevine ve kullanım saatleri gibi değişkenlere bağlı olarak hedeflerin taşıdıkları önem belirlenmelidir. Günümüzde, doğal aydınlatma sistemlerinin gelişen teknoloji ile birlikte gelişmeleri sonucunda gün ışığının etkin kullanılmasına olanak vererek enerji tasarrufu sağlayan ve direkt güneş ışığını engelleyerek görsel konfor koşullarının sağlanmasında etkili olan çağdaş sistemler tasarlanmaktadır.

Bu sistemler, binalarda aydınlatma amacıyla tüketilen elektrik enerjisini olabildiğince azaltmayı ve bunun yanı sıra iç mekanın ışık kalitesini önemli oranda arttırmayı hedeflemektedirler. Bu sistemlerin bina tasarımıyla bütünleştirildiği yaklaşımlar yaygınlaştıkça , yapma çevrede görsel ve ergonomik gereksinmelerin karşılanması, iklimsel konforun sağlanması, enerji tüketiminin minimize edilmesi ve yenilenebilir enerji (gün ışığı) kullanımının artarak çevresel ve yaşamsal kalitenin de büyük oranda artması gerçekleştirilecektir. Son yıllarda gün ışığı sistemleri üzerinde yapılan yoğun çalışmalar sonucunda, gelişmiş gün ışığı sistemlerini piyasalarda daha geni ölçüde görmek mümkün olmaktadır. Bunlar arasından doğru seçimi yapmak ancak bu sistemleri daha yakından tanımakla olanaklıdır [32]. Bu bölümde çağdaş aydınlatma tekniklerinden ışık rafları, ışık tüpleri ve çeşitli cam türlerine kısaca yer verilmiştir.

### **2.2.1. Işık Rafları**

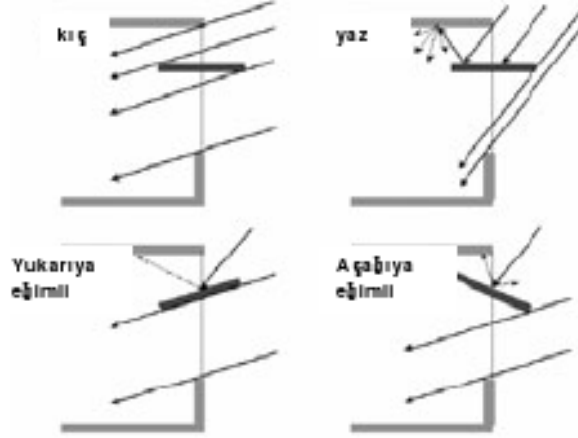
Işık rafları, güneş ışığını engellemek ve gün ışığının tavana yönlendirmek amacıyla tasarlanan, pencerenin iç veya dış yüzeyinde yer alan yatay veya yataya yakın elemanlardır. Cepheyle bütünleşmiş bir eleman olabileceği gibi sonradan monte edilen bir eleman da olabilirler. ışık rafı genellikle göz seviyesi üzerine yerleştirilir. Pencerenin alt kısmı dış görüşü sağlarken üst pencere alanı ışığın içeri alınmasına hizmet eder. ışık rafları hacimde pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımı ışık tavanı aydınlatmaktadır. Kışın ise ışık rafının altında ve üstünde kalan pencere bölümlerinden hacme güneş ışığı girebilmektedir.



Şekil 2.4. Işık rafı sistemleri [33, 34, 35]

Işık rafları hem kamaşmayı önlemek hem de dış görüşü sağlamak amacıyla taşıdıkları için konumları hacimsel özelliklere bağlıdır. Ne kadar altta yer alırsa tavana yansıtılan ışık miktarı da o kadar fazla olur. Işık raflarının işlevlerini yerine getirebilmeleri için yüksek bir tavana gereksinim olduğundan mimari tasarım ve taşıyıcı sistemle birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Pencere yönüne, hacim özelliklerine ve enleme bağlı olarak tasarlanmalıdır. Direkt güneş ışığının bol olduğu bölgelerde güneye yönlendirilmiş derin hacimli binalar için uygundur. Doğu ve batı yönleri için ve kapalı gök koşullarının hakim olduğu bölgelerde aynı derecede etkili olmamaktadırlar.

Işık rafı sistemi, içerisinde hem doğal ışık yansıtıcılarını hem de yapay ışık kaynaklarını barındırabilmektedir. Bu durumda doğal ışık yansıtıcıları, pencerenin üst bölümünden gelen ışığı tavana yansıtıp, doğal ışığı tavandan hacmin daha derin bölgelerine iletmektedir. Sistemin içinde yer alan yapay ışık kaynaklarının ışıkları da benzer bir yöntemle dolaylı olarak çalışma düzlemine erişmektedirler. Böylece ışık rafı sisteminin uygulandığı hacimlerde doğal ve yapma aydınlatma için benzer durumlar elde edilir. Sağlanan dolaylı aydınlatma, özellikle içinde bilgisayarlar ile çalışan ortamlarda çalışma konforunu olumlu etkilemektedir.



**Şekil 2.5.** Işık raflarının yaz ve kış dönemlerine ilişkin etkileri [35]

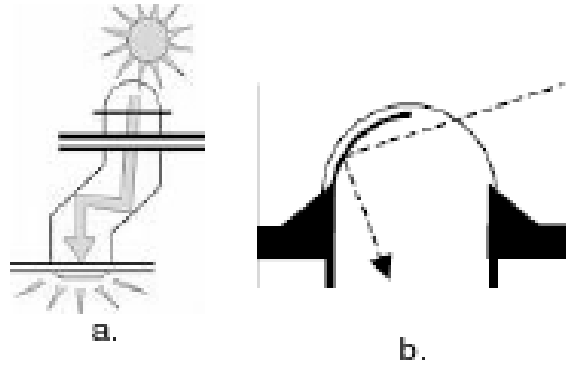
Gelişmiş sistemlerden bir tanesi olan ışık raflarında pencereye yakın bölümlere direkt güneş ışığının ulaşması önlenirken, yansımış ışığın hacimlerin derinliklerine ulaşması sağlanmaktadır. Pencere dışında kullanılan ışık rafları pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımı ışık tavanı aydınlatmaktadır. Kışın ise ışık rafının altında ve üstünde kalan pencere bölümlerinden hacme güneş ışığı girebilmektedir ( Şekil 2.5.) [32, 33, 34, 35].

### 2.2.2. Işık Tüpleri

Çağdaş sistemlerden bir tanesi olan ışık kılavuz sistemlerinin çalışma prensibi, gün ışığını taşıyarak bir yerden başka bir yere iletmektir. ışık tüpü ya da güneş tüpü olarak anılan bu sistemler, özellikle derin planlı kamu binalarının dışa kapalı olan ve gün ışığının ulaşamadığı bölümlerinde tatmin edici sonuçlar vermektedir. Derin planlı açık ofisler de ışık tüpleriyle, gün boyu homojen bir şekilde, doğallıkla aydınlatılabilmektedir. Bu şekilde yapma aydınlatma enerjisinden tasarruf edilerek kamu binalarının yıllık enerji kazançları artırılabilir. Doğal ışık kullanımıyla çalışanların görsel konforunu sağlamak, çalışma temposunu iyileştirerek iş verimini artırmak da hedeflerden bazılarıdır.

Işık tüplerinde, küçük çatı aydınlıklardan alınan gün ışığı, yansıtıcı borularla hacmin tavanına taşınmaktadır. Işığın hacme dağılımı içte yer alan yayıcı elemanlarla sağlanmaktadır. Borunun içine veya yayıcı elemana yerleştirilen gün ışığına duyarlı yapma aydınlatma elemanı gün ışığı ile bağlantılı çalışabilmektedirler. Bu şekilde

düzenlendiklerinde enerji tasarrufu açısından da olumlu sonuçlar vermektedirler. Direkt güneş ışığı mevcut olduğunda kapalı göktekine göre daha iyi performans gösterirler. Küçük mekanların aydınlatılması için uygun bir sistemdir, büyük mekanlarda kullanıldıklarında ızgara düzeni sağlanırsa düzgün bir gün ışığı dağılım elde edilebilir ( Şekil 2.6a).



Şekil 2.6a) Işık tüpünün çalışma prensibi Şekil 2.6b) Işık tüpünde yansıtıcı kubbe

Güneşli iklimlerde güneşe yönlendirilen yansıtıcı bir yarım kubbenin açıklığının içine yerleştirilmesiyle kışın yatık gelen direkt güneş ışığını içeri alarak daha fazla yansıtmak olanaklıdır (Şekil 2.8b). Kapalı gök koşullarının mevcut olduğu yörelerde tamamen saydam bir kubbe kullanılmalıdır. Özel merceklerin ve geometrik şekillerin kullanılmasıyla yatık güneş ışığının alınması ve aşağıya yönlendirilmesi olanaklıdır.

Işık tüpleri iki farklı şekilde tasarlanmaktadır; yandan ışık tüpleri ve uçtan ışık tüpleri. Yandan ışık tüpleri, çatıya ya da yapının dışına, güneşi takip edecek şekilde monte edilen ve gün ışığını yoğunlaştırmak için kullanılan bir “Heliostat” ünitesi, toplanan ışığı tüpe iletmek için tüpün giriş kısmına yerleştirilmiş ikincil bir ayna ve ışığı iletmek için kullanılan bir ışık borusu olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu sistemler, ışığı bir çekirdekte ve binanın tüm katlarına hizmet verecek şekilde tasarlandıkları için, gün ışığını bina içine almadan önce yoğunlaştırmaya ve güçlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, sistemi destekleyecek Heliostat ve ikincil bir ayna gibi hareketli yan elemanlardan destek alınmaktadır. Ayrıca, tüpün içinde iletilen ışık miktarı, uzaklıkla ters orantılı olarak azalacağından, tüp içerisine optik film yerleştirilmektedir. Böylece yansıtma katsayısı %95’in üzerinde olan film tabakası sayesinde ışık, çok az kayıpla bina boyunca iletilebilmektedir [36, 37, 38, 39, 40].





**Resim 2.11.** Işık tüpleri (Berlin Potsdamer Platz ve İstanbul Rumelihisarı)

Borusan Holding'in yönetici ofislerinin bir araya geldiği İstanbul Boğazı, Rumeli Hisarı'nda bulunan tarihi Yusuf Ziya Paşa Yalısı için, Türkiye'de bir ilk olarak yandan ışık veren bir ışık tüpü projesi yapılmıştır. Yandan ışık veren ışık tüpleri kükürtlü lamba, halojen ya da ledlerle desteklenerek, doğal ışığı iletmesinin yanı sıra, yapma aydınlatma sisteminde dekoratif amaçlı hizmet verecek şekilde projelendirilebilmektedir. Bu projede sekiz adet metal halide lambadan yararlanılmıştır. Bu lambaların ışık tüpüne entegre edilmesiyle geceleri farklı renkte aydınlatma efektleri elde edilebilmektedir (Resim2.2).

Uçtan ışık veren ışık tüpleri ise genellikle tek katlı binalarda uygulanan çözümler ki, bu örneklere dünyanın farklı yerlerinde sıkça rastlamak mümkün. Üç ana bölümden oluşan bu tipin ilk bölümü, polikarbonat ya da akrilikten meydana gelen saydam bir kubbedir. Bazı modellerde altıgen veya sekizgen piramit şeklinde, bazılarında ise kare prizmadan bir kubbe ekinde olabilmektedir. Bu bölüm dış toplayıcı ünite olarak görev yapmaktadır. Güneşin zararlı ışınları olan ultraviyole ışınlarını süzerek, tüpün içine toz ve suyun girmesini engellemektedir. Enjeksiyon kalıp yöntemiyle üretilen akrilik kubbe, yüksek ışık geçirme özelliğine sahiptir ve hava artlarına karşı dayanımı da yüksektir. Parlak bir plakaya, gün ışığını en doğru açıda kırarak şekilde monte edilmektedir. İkinci kısım, ışık tüpü, iç içe geçen tüplerden oluşturulmuştur. Işığın iç mekana yayılmasını sağlayan bir aydınlatma aygıtı veya dağıtıcı ünite ise sistemin üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Dış toplayıcı ünite, genellikle binaların

çatısına yerleştirilmektedir. Böylelikle gün ışığını gün boyunca toplaması hedeflenmektedir. Orta üniteyi oluşturan ışık tüpünün iç yüzeyi, yansıtıcılığı çok yüksek metal malzemeden oluşmakta veya Alcoa Everrbite veya Silverlux gibi malzemelerle kaplanmakta ki bu malzemeler de %95'in üzerinde ışık yansıtma özelliğine sahiptirler [37, 38, 39, 40, 41, 42].

Günümüzde, projelendirme safhasında ışık tüpleri, maketleri yapılarak veya bire bir prototipleriyle deney odalarında ölçülerek değerlendirilebilmektedir. Bu durum, projenin tasarım ve uygulama maliyetine ek yük getirmektedir. Proje maliyetini düşürmek amacıyla test odaları dışında bilgisayar ortamında modelleme yöntemleri de geliştirilmektedir.

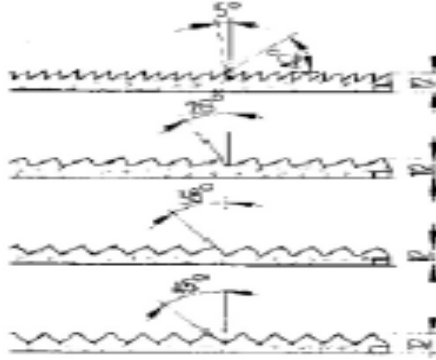
Özellikle Amerika ve Avrupa'da bunun için araştırma merkezleri bazı modelleme programları üzerinde çalışmalarına devam etmektedirler. Lawrence Berkeley Laboratuvarı ve Kanada Ulusal Araştırma Konseyi bunların önde gelenleridir. 2001 yılında Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından geliştirilen "Skyvision" isimli çatı aydınlıklarılıklarını de erlendirmede kullanılan modelleme programına güneş tüpü sekmesinin eklenmesiyle pasif güneş tüpleri modellenmektedir. Şu anda yalnız uçtan ışıyan güneş tüplerini modelleyebilen yazılımın yakın gelecekte gelişmesini tamamlayarak tasarımcılara tümüyle ışık tutacak özelliklere kavuşacağı düşünülmektedir. Böylece binaların tasarımı aşamasında yapılabilecek karşılaştırmalarla enerji harcamaları açısından en uygun seçene in belirlenmesi ve binanın kullanım süresi boyunca enerji kaynaklarını olabildiğince az tüketecek biçimde tasarlanması mümkün olabilecektir.

### **2.2.3. Prizmatik Paneller**

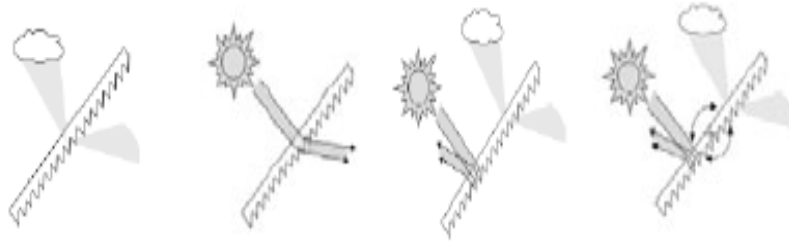
#### **2.2.3.1 Güneş Işığını Yönlendirici Prizmalar**

Güneş ışığının yönlendirici prizmalar aynasal sistemlerin prensipleriyle çalışırlar. Işığın odanın arka tarafına kırılarak ulaşmasını sağlayacak aynaların prizmatik pano ile değiştirildiği sistemlerdir. Prizmatik yapı iki ayrı panelin içinde olacağından bakım ortadan kalkar. Böylece her prizmanın tek tek bakımının yapılmasına gerek kalmaz. verim aynasal sistemdeki kadar yüksek değildir. Güneşin konumunun değişmesinin yarattığı problemler de vardır. Güneş ışınları dike yakın geldiğinde,

ışınların aşağıya doğru saptırılırlar. Bunu önlemek için mevsime göre ayarlanabilen eğimli paneller önerilmektedir [43, 44, 45].



Şekil 2.7. Farklı prizmatik panel tipleri



Şekil 2.8. Prizmatik panellerin yaygın gün ışığında, direkt güneş ışığında, sabit güneş kontrol aracı ve hareketli güneş kontrol aracı olarak kullanımı

### 2.2.3.2. Güneş Işığını Dışarıda Bırakan Prizmatik Paneller

Bu sistem, zenite yakın bölgeden gelen gök ışığını geçirir, direkt güneş ışığını geçirmez. Eğimli prizmatik levhada her prizmanın bir yüzü gümüşle kaplanmıştır. Böylece direkt güneşten gelen ışınlar kırılarak dışarıya yönlendirilir. Diğer ışınlar kırılarak tavana yollanırlar. Her iki prizmatik levha da sabittirler. Hareketli prizma sistemleri de geliştirilmiştir. Hareketli sistemlerde eğimli levhanın güneş ışığını yansıtması için gümüş kaplanmış olması gerekmez. Işığı dağıtıcı yansıtıcı beyaz tavan yerine, ışığı çalışma düzlemine yönlendirecek basamaklı tavan kullanılabilir.

Prizmatik paneller güneşi gölgeleme amacıyla sabit biçimde kullanılırsa renk ayrılmasını önlemek için ek elemanlara ihtiyaç duyulur. Örneğin sistemin arkaındaki cam tabakasının asitle yakılması kısmen yayılmayı önleyebilir.

Gelen ışığı yönlendiren prizmatik paneller içeri giren parıldamayı bugünkü buldukları teknoloji içinde önleyememektedirler. Dikey sabit prizmatik paneller için yapılan bilgisayar analizleri, yılın bazı zamanlarında gelen ışınlardaki parlamaların kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Doğru profil kullanımı ve mevsimlik eğim ile aşağı doğru gelen ışıktan ancak sakınılabılır. Zamanla prizmatik panellerin gün ışığındaki etkileri daha iyi anlaşılmıştır.

Işığı yönlendiren prizmatik paneller, dağınık gelen gün ışığına ya da güneş ışığına rehberlik ederler. Bunlar:

***Günüşğını yayan paneller:***

Prizmatik paneller, dışarıdan gelen ışığı yeniden yönlendirmek için cepheye dik düzlemde ve genellikle odanın tavana yakın üst yarısında kullanılırlar. Günüşğini yayma işlemiyle aynı anda pencerenin parlaklığını da azaltırlar. Aynı anda hem ışığı yönlendirmesi hem de kamaşmayı engellemesi bakımından en kullanışlı panellerdir. Fakat, yine de güneşli cepheler için panellerin önüne ek gölgeleme elemanları gerekebilir.

***Güneş ışığının yönünü değiştiren paneller:***

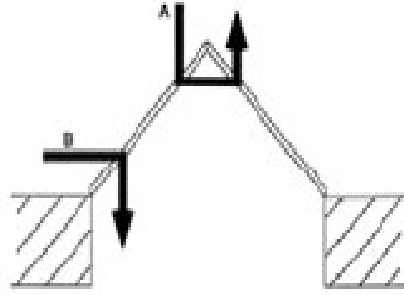
Prizmatik paneller aynı zamanda bir odanın içine doğrudan güneş ışığı almakla kullanılabilirler. Kamaşmayı engellemek, renk yayılımını düzenlemek ve mevsim değişiklikleri için paneller gereklidir.

**2.2.3.3. Güneş Işığını Gölgeleyen Prizmatik Paneller**

***Sabit güneş gölgeleme sistemleri:*** Bu tip paneller genellikle şeffaf çatılarda kullanılır. Paneller güneşin hareketine göre tasarlanır ve çift cam arasına yerleştirilirler.

***Hareketli güneş gölgeleme sistemleri:*** Bu uygulama için prizmatik paneller pencere panjuru formunda kullanılır. Çift camın önüne ya da arkasına dikey ya da yatay olarak yerleştirilirler. Bu uygulama gök ışığı ya da kamaşma için değildir başka bir deyişle sadece güneş ışığını gölgelemek içindir. Işığı yönlendiren prizmatik camların ana fonksiyonu kullanıldığı alanlarda doğal ışığı derinliklere kadar ulaştırmaktadır. Prizmatik paneller yansıma ve kırılma özelliklerini kullanarak binanın içine giren

günüşğini kontrol eder. Sistem, değişik açılardan gelen ışığı düzenleyerek belirli açılardan ışık iletilmesini sağlar. Kırılma ve toplam iç yansıma iletilmiş ışınların yönünü değiştirir. Güneş ışığının binanın derinlerine işlemesi için prizmatik panellerin yüksek gelen güneş ışınlarını hizalayarak geniş menzile yayması gerekir. Kamaşma yaratan güneş ışığının ışığın gücünde düşüş yaratmadan maksimum giriş elde etmek için kırılma açısından bağlıdır. Yüksek aydınlık düzeyi elde etmek için farklı coğrafyalar ve iklimlerde özel biçimli paneller istenilir. Prizmatik paneller direkt güneş ışığını kırıp, yaygın ışığı içeri alarak gölgeleme amacıyla kullanılabilir. Açısal seçici camlar ise sıcak dönemde güneş yükseliş açısı dik veya dike yakın iken gelen ışığı geçirmemekte, küçük yükseliş açılarıyla gelen ışığı geçirmektedir. Bu camların tepe ışıklıklarında kullanılması da yine benzer etki yaptığından sıcak iklim bölgeleri için uygun bir çözümdür ( Şekil 11, 12) [40, 41, 42, 43, 44, 45].



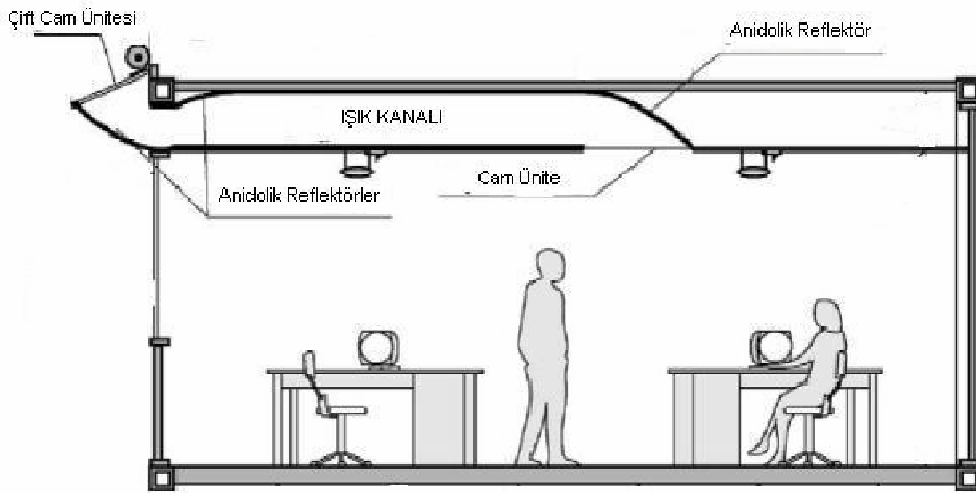
Şekil 2.9. Açısal seçici camların tepe ışıklığında kullanımı

#### 2.2.4. Anidolik Tavanlar ve Açıklıklar

Anidolik tavan sistemleri, yaygın gün ışığını toplamak için bileşik parabolik toparlayıcıların optik özelliklerinden yararlanırlar; ışığı odanın en arkasına kadar ulaştırabilmek için tavan yüzeyinin hemen altına, toparlayıcıya aynasal ışık borusu birleştirilmiştir. En önemli özelliği bulutlu (kapalı) havalarda, yeterli günüşğini odaya almaktır. Anidolik tavanlar, asma tavanlar içinde, ışık borusu ile birleştirilmiş, gün ışığı biriktiren optikler içerirler. Binanın dış tarafında anidolik optik toplayıcı, hava tabakasının en üst yüzeyindeki yayılmış ışığı toplar ve hapseder. Bu hava tabakası, bulutlu havanın en temiz alanından ışınları en verimli bir şekilde boruya çeker. Borunun çıkış deliğinden, odanın arka tarafından, herhangi bir geri dönüşüme

mahal vermeden, parabolik yansıtıcılar, ışığı aşağı doğru dağıtır.

Tavanın altında onu boydan boya kaplayan, ışık borusu ile kaplanmış çoklu yansıtıcılar tarafından, ışık odanın içine ulaştırılır. Güneşli günlerde, ışığın direk nüfuz etmesine engel olmak için stor ile kontrol edilir ve gerekirse giriş camına bu stor monte edilebilir.



Şekil 2.10. Tipik bir anidolik tavan sistemi

Anidolik elemanlardaki yansıtıcılar, yansıma oranı;  $p=9$  olan anotlanmış alüminyum yüzeyler içerirler. İstenilen optik kontrolü sağlamak için bu yüzeyler, şekilli çerçevelere yerleştirilmiştir. Yansıtıcı yüzeyleri temiz tutabilmek için kanallar cam ile kaplıdır. Pratik güneşliklerde sisteme düzgünce entegre edebilir.

Anidolik tavan sistemleri pencerenin yukarısında düşey düzlemde konumlandırılır. Çünkü dıştaki anidolik araç, yaygın gün ışığını, bulutlu günlerde odayı aydınlatmak için, yüksek optik verimlilikte toplar ve herhangi bir enlemde bile kullanılabilir. Güneşlikler parlamayı önlemek ve direk gün ışığının aşırı ısıtmasını önlemek amacıyla düzenlenebilir.

Şimdiki uygulamalarında, sistemin ilk amacı, kapalı havalarda yeterli gün ışığı sağlamaktadır. Yeterli ışık akısı toplayabilmek amacı ile anidolik kollektörler, bütün oda yüzeyi boyunca uzatılmalı ve ışık borusu, odadaki asma tavanın üzerindeki boşluğu kaplamalıdır. Bu tür mekanlarda diğer hiçbir bina sistemleri veya strüktürel

elemanlar, kullanılamaz. Eğer kullanılırsa, ışık performansı azalır. Bununla beraber, anidolik tavanların kullanımı diğer birçok bina bileşenlerine direk etki ettiğinden dolayı bu sistem kullanımı bina tasarımında ve planlamasında bir koordinasyon gerektirir.

Bu sistem, en iyi bulutlu hava koşullarında binaların düşey yüzeylerinde ve direk günışığı girişinin sınırlı olduğu veya yüzey engellerinin bulunduğu alanlarda kullanılır. Tasarımı sırasında gerekenler:

- Uygun gün ışığı, yeterli miktarda toplanmalı ve en kötü hava koşullarında özellikle de kış aylarında ışık borusu içinde toplanmalıdır.
- Parlama riski, günışığını yüzeyden oda içine yönlendirerek en aza indirilmeli ve elektrik ışığı gibi, tavandan aşağıya dağıtılmalıdır.
- Işık kanalının boyutları, uygun bina mekanı ile kıyaslanabilir olmalıdır. Işığı kanalın içinde tavandan yukarı yönlendirmek, istenmeyen parıltı riskini de azaltır. Direk gün ışığı ana ışık kaynağı olduğunda, yüksek konsantrasyon faktörü ortaya çıkar, bu da küçük boru sisteminin tavan doluluğu ile kaplanması gibi bir ortama izin verir.

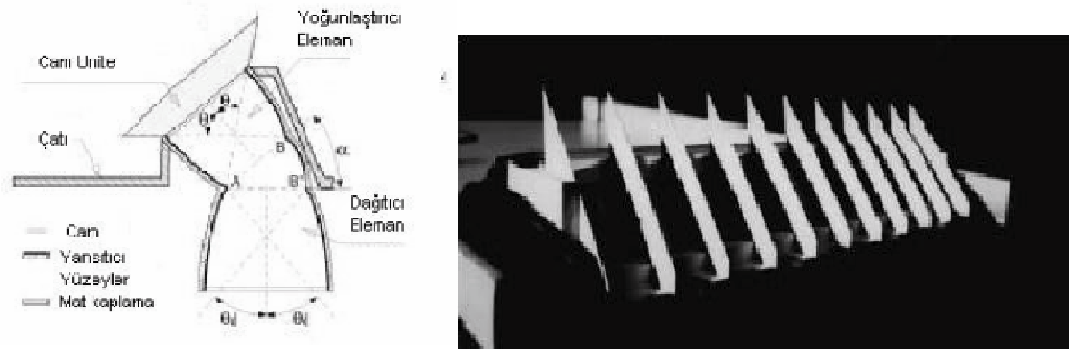
Anidolik tavanlar, kentlerde kullanılabildiği gibi kırsal alanlarda da kullanılabilir. Anidolik tavan sistemleri, güneş ışığını kontrol etmek için sağlanan düzgün gölgeleme sistemleri ile, gerek güzel havalarda gerekse de kötü hava koşullarında kullanılabilir.

Anidolik tavan sistemleri, ticari, endüstriyel veya eğitim binalarında da kullanılmaktadır. Spesifik tasarım çözümleri, iklim ve enlemin değışikliğine göre çeşitlenmektedir. Yenileme yapılan binalarda ise, bu sistem, eğer yeterli tavan boşluğu veya yüksek tavan var ise bu sistem kullanılabilir.

***Anidolik tavanlar aşağıdaki prensiplerle oluşturulmaktadır.***

- Anidolik ışık kolektörleri, ışığı boru girişinde toplamak ve konsantre etmek için ışığın önünde tasarlanır ve yerleştirilir.
- Diğer anidolik araçlar, ışık aksını oda içinde dağıtmak için ışık borusunun sonuna yerleştirilir. Böylece aynı zamanda görsel kirlilikten de kaçınılmış olunur.

Eğer dış duvar, fazla yansımayı ve direk güneşi kontrol etmek için kullanılmışsa, el ile yapılan veya otomatik kontrol sistemleri gereklidir. Anidolik tavan sistemleri, hiçbir ek kontrol sistemine ihtiyaç duymaz. Temel anidolik tavan sistemleri, ekstra bir bakım gerektirmez. Normal atmosferik koşullarda, (özellikle fazla tozlu olmayan durumlarda) ve kentsel çevrede tipik hava kalitesi ile normal performans düzeyinde bakım yapmak için sistemin giriş camını temizlemek için sadece yağmur yeterli olmaktadır. Anidolik tavan sistemleri, Hiçbir performansını kaybetmeksizin hemen hemen 3 yıl aynı şekilde kullanılabilir. Dış duvar, güneş kontrolü için yerleştirildiğinde ise bakım gerektirmektedir.



Şekil 2.11. Tipik bir anidolik açıklık sistemi ve uygulaması



### 3. CAM MALZEME

#### 3.1. TANIMLAR VE CAMI OLUŞTURAN MADDELER

Cam aşırı soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleriyle, diğer bazı metal oksitlerin çözülmesinden oluşan bir sıvı olup ana maddesi ( $\text{SiO}_2$ ) silistir. Camlar erimiş haldeki amorf yapısını koruyarak katılaştıran inorganik cisimler olarak tanımlanabilir. Üretim sırasında hızlı soğuma nedeniyle kristal yapı yerine amorf yapı oluşur. Bu yapı cama sağlamlık ve saydamlık özelliğini kazandırır.

Adi camın bileşimine giren üç grup madde vardır. Bunlar Cam haline gelebilen oksitler, eriticiler ve stabilizatörler denilen maddelerdir. Camın bileşimine giren bu maddeler kum-soda-kireç olarak da adlandırılabilirler. Adi Camın bileşimine giren maddelerin dışında cama önemli özellikler kazandıran ve üretimde bazı yararlar sağlayan yardımcı bileşenler vardır.

- **Camlaşıcılar:** Camlaşma özelliği olan bu maddeler genelde ağ oluşturan bazı oksitlerdir. Kuvars kumu bunların başında gelir. Ağ oluşturan oksitlerin en önemlileri ise  $\text{SiO}_2$  (kum),  $\text{B}_2\text{O}_3$  (bor oksit), ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  (fosfor) dir.
- **Eriticiler:** Ağ oluşturan ve cam haline gelebilen oksitlerin erimelerini kolaylaştırmak amacıyla cam bileşimine katılan maddelere *eriticiler* denir. Bu maddeler Camlaşıcıların erime sıcaklığını düşürerek onların erimelerini kolaylaştırır. Özellikle  $1713\text{ }^\circ\text{C}$  deki silisin erime derecesi  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  ye düşer. Eriticiler ağ içine girerek onu değiştirdiği için eriticilere “Modifikatör” de denmektedir. Eriticilerin başlıcaları  $\text{Na}_2\text{O}$  ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  dur.
- **Stabilizatörler (Sabitleştiriciler):** Stabilizatörler, camın kimyasal dayanımı, kırılma indisi, dielektrik özellikleri üzerinde etki yaparlar. Formülüne stabilizatör ilave edilmemiş bir cam su karşısında stabil özellik göstermez. Bu

camlara *su camı* denilir. Stabilizatör olarak kullanılan maddelerin başlıcaları CaO, BaO, PbO, MgO ve ZnO dur. CaO kireç taşının (CaCO<sub>3</sub>), MgO ise dolamitin (MgCO<sub>3</sub>) cam formülüne katılması ile sağlanmış olur. Bu iki maddenin ısıtılması ile bünyelerindeki CO<sub>2</sub> çıkar ve geriye oksitler kalır. CaCO<sub>3</sub> CaO+ CO<sub>2</sub> gibi.

- **Yardımcı Bileşenler (İkincil Bileşenler):** Bu bileşenler genelde adi camın formülüne girmezler, ancak değişik cam türlerinde değişik etkiler sağlamak üzere kullanılan oksitlerdir.

Örneğin;

Mangan dioksit (MnO<sub>2</sub>) camın rengini açar

Arsenik (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) renk verici, saflaştırıcı

Sülfür (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) redükleyici

Potasyum nitrat KNO<sub>3</sub> camın saydamlığını giderir.

### 3.2. CAM MALZEMENİN ÜRETİMİ

Cam malzeme üretimi, ardışık dört devreden ( Bunlar Ergimiş camın elde edilmesi ile Cama biçim verilmesi, parlatılması ve kesilmesidir) oluşmaktadır. Camın bileşimine girecek ana maddelerin her şeyden önce yabancı maddelerden arındırılıp iyi bir şekilde öğütülmesi gerekir. Tek tip cam üreten tesislerde öğütülmüş ana maddeler, silolarda depolanır ve siloların alt tarafındaki kapakları açılmak suretiyle istenen miktarda malzeme, terazili bir arabaya alınır.

Günümüzde eritme işlemi, kapasitesi max. 2 ton olan krözelerde (Potalı fırınlarda) veya kapasitesi 1000 ton dolayındaki havuz fırınlarda yapılmaktadır. Fırınlarda yapılarında ateşe dayanıklı, silis, alümin, zirkon gibi yüksek nitelikli refrakter malzemeler kullanılır.

**Havuz Fırın:** Biçim yönünden yüzme havuzuna benzediği için havuz fırın denmiştir. Çok miktarda cam üretilmesi gereken üretim süreçlerinde kullanılır. Bu fırında yaklaşık 800-1000 ton dolayında erimiş cam bulunur. Camı oluşturacak ana maddeler, özel bir itici mekanizma ile havuz fırınının ağız kısmından içeri itilir ve eritme işi başlar.

**Potalı Fırın:** İçerisinde ayrı ayrı cam türlerine ait ana maddelerin eritildiği birden fazla fırın vardır. Cam türlerinin fazla olduğu ancak cam miktarının az olduğu üretim süreçlerinde havuz fırınının kullanılması uygun değildir. Bu yüzden potalı fırın kullanılır. Potalı fırında ana madde miktarı en fazla 2000kg dolayındadır.

**Potalı Fırın.Biçimlendirme:** Ana maddelerin hazırlanması ve eritme evrelerinden sonra sıra dinlendirilmiş cam hamurunun biçimlendirilmesine gelir. Cam malzeme, sekiz yöntemle biçimlendirilir;

- a) Üfleme (Şişirme) Yöntemi
- b) Dökme-Silindirme Yöntemi
- c) Çekme Yöntemi
- d) Yüzdürme Yöntemi
- e) Presleme Yöntemi
- f) Lif Haline Getirme Yöntemi
- g) Köpük Haline Getirme Yöntemi
- h) Diğer biçimlendirme yöntemleri

**Tavlama:** Bu evrenin amacı; fabrikasyon üretiminde cam soğurken oluşan iç gerilmeleri yok etmektir. Tepeden ısıtılan sürekli bir kanal içinde camı yeniden ısıtarak iç gerilmelerin giderilmesi sağlanıncaya kadar bekletmek ve daha sonra yavaş yavaş soğutularak uygulanır.

### **3.3. CAM MALZEMENİN GENEL MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ**

Mekanik özellikleri:

- · Basınç Mukavemeti = 4-12 N/cm<sup>2</sup>
- · Çekme Mukavemeti = 0.2-0.9 N/cm<sup>2</sup>
- · Elastisite Modülü = 6-10 N/cm<sup>2</sup>
- · Poisson Oranı = 0.22'dir.

Fiziksel özellikleri:

- Birim Hacim Ağırlığı (Özgül ağırlık): Binalarda kullanılan normal camların birim hacim ağırlıkları 2.5-2.7gr/cm<sup>3</sup>'tür.

- Sertlik derecesi 6-7 arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırır.
- Lineer Dilatasyon Katsayısı: Camın lineer dilatasyon katsayısı  $8.7 \times 10^{-6}$ 'dır. Bu değer, camın birlikte kullanıldığı pencere doğraması malzemesi ile ilişkisi yönünden önemlidir.
- Isınma ısısı:  $795 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$  dir.
- Isı Geçirgenlik Katsayısı:  $1.16 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$  dir.
- Kırılma İndisi: Adi camda 1.52 olan kırılma indisi, kristal camda 1.60 tır.
- Yumuşama Sıcaklığı:  $500-600^\circ\text{C}$  arasındadır.

### 3.4. CAM TÜRLERİ

Silikat camların çok değişik türleri vardır. Bu camların bileşimlerinde az ya da çok  $\text{SiO}_2$  vardır. Bu nedenle bu camlara *silikat camları* denir. Bunlarda kimyasal ve mimaride uygulama yerlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz. Kimyasal sınıflandırma;

#### 3.4.1. Sodakalsik Camı:

Dünyada üretilen camların %90'ı sodakalsik camıdır. Kolayca eritilebilir, ucuzdur fakat ısıl şoklara mukavemet ve kimyasal kararlılık gibi haller dışında her yerde kullanılabilir. Normal elektrik ampülü, floresan ampulleri, pencere camları v.b. malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Yapısında %5 oranında  $\text{CaO}$  vardır.

#### 3.3.2. Kurşun Camı (Kristal Cam):

Soda kalsik camında kirecin yerini  $\text{PbO}$  aldığında kurşun camı elde edilmiş olur. Yapısında %80 oranında bazı hallerde daha fazla kurşun oksit bulundurulur. Kurşun oksit, camın erime noktasını düşürerek yumuşama noktasını  $\text{CaO}$ 'li camlarınkinin de altına düşürür. Ayrıca cama kolay işlenebilme, ışığı yansıtma ve yayma özelliği kazandırır. Kurşun oksit miktarının %80'i geçtiği cam türü g ve x ışınlarından korunmak amacıyla kullanılır. Oldukça pahalı bir cam olduğu için baryum oksitli camlar kullanılır.

### 3.4.3. Borosilikat Camı

Borosilikat camlarının yüksek yumuşama noktası vardır. Buna rağmen, ısı şoklarına karşı büyük bir mukavemet sağlayan büyük bir genleşme katsayısı, su ve asitlere karşı çok iyi mukavemet göstermesi ve üstün elektriksel özellikleri vardır. Bu nedenlerden dolayı laboratuvar (teknik) cam olarak kullanılmaktadır. Mutfak eşyası, büyük boyutlu astronomik aynalar yapılmaktadır.

### 3.4.4. Alüminosilikat Camı

%20 den fazla alümin, az miktarda bor, bir miktar kireç ve mayezi ile çok az alkali içerirler. Ancak alkali bulunmadığı zaman camın eritilmesi ve işlenmesi zorlaşır. Yumuşama noktasının yüksek ve dilatasyon katsayısının küçük olması termometre, yanma tüpleri, alevle doğrudan temas edecek her türlü parçanın yapımında kullanılır.

### 3.4.5. Silis Camı

**%96 SiO<sub>2</sub> İçerikli Silis Camları:** %96 oranında silis içeren bu cam, presleme ve üfleme yöntemleri ile şekillendirme bu camlara uygulanır. Dilatasyon katsayısı küçüktür. Bu cam türü, çok saydam oluşu nedeniyle UV ışınlarını çok iyi geçirirler. Bu nedenle UV lambaları ile mikrop öldürücü özel lambaların yapımında kullanılır.

**%99 SiO<sub>2</sub> İçerikli Silis Camları:** Çok saf kuvars kumunun eritici madde olmadan eritilmesiyle elde edilir. Bu camın üretimi ve şekillendirilmesi çok yüksek sıcaklıkta (1750 °C) 'de olur. Bu nedenle üretilecek malzemelerin şekil ve boyutları sınırlı olmak zorundadır. Genleşme katsayısının küçük, yumuşama noktasının çok yüksek olması ve UV ışınlarını çok iyi geçirmesi gibi olumlu özellikleri vardır. Dielektrik özellikleri de iyidir. Ancak maliyetin yüksek oluşu nedeniyle eletroteknikteki uygulamaları sınırlıdır. Isıl şoklara karşı mukavemeti en yüksek camdır.

Uygulama yerlerine göre cam çeşitleri şunlardır.

- |                    |                             |                 |
|--------------------|-----------------------------|-----------------|
| a) Renkli camlar   | b) Buzlu camlar             | c) Pencere camı |
| d) Emniyet camları | e) Fiber glass (cam elyafı) | f) Telli cam    |
| g) Optik cam       | h) Silis camları gibi.      |                 |

## 4. MİMARİDE YAPI KABUĞU OLARAK CAM

### 4.1. MİMARİDE DIŞ YÜZEYLERDE KULLANILAN CAM MALZEMENİN TARİHÇESİ

Camın, M.Ö üçbin dolaylarında Orta Doğu'da bulunduğu, ikinci bin içinde Mezopotamya ve Anadolu'da kullanıldığı bilinmektedir. Dış duvar malzemesi olarak cam ilk defa, M.Ö 100 dolaylarında Pompei'de 30\*60 cm boyutlarındaki bronz çerçeveler içerisinde kullanılırken, Romalılar döneminde de dış duvar boşluklarını doldurmaya başlamıştır. Kullanılan bu cam malzeme üfleme tekniğiyle oluşturulmuş ve üzerine renkli kaplamalar yapılmıştır [70]. Bundan sonraki pencere camı gelişimi cam malzemenin üretim şekliyle paralel olarak değişim göstermektedir (Çizelge 4.14.)

1970'li yıllarda patlak veren ve enerji sorunlarından kaynaklanan dünya krizi daha önceki yaklaşımları değiştirmiş; güneş enerjisinin yararlanma fikri, cam üreticilerini, ısıyı ve radyasyonu kontrol edebilecek yeni teknolojiler geliştirmeye yöneltmiştir [71]. 1980'lerde de enerji tasarrufu gündemde olan en önemli konulardan birisi durumundaydı. Bu dönemde ısı kontrolünü sağlayabilen düşük emisyonlu camlar yaşamımıza girmiştir. Bu gelişme süreci içinde diğer bir olumlu faktör de camların ısı yalıtım değerlerinin artmasına rağmen kondansasyon “yoğuşma-terleme” sorunlarının azalmasıdır. 1980 ve 1990'lı yıllara gelindiğinde cam malzemenin mimaride ve dış duvar kuruluşundaki rolü tamamıyla değişmiştir. Cam malzemeyle kurulan yapı cephelerinden beklentilerin artması, cama çeşitli fonksiyonların yüklenmesini ve ilerleyen teknolojinin yardımıyla onun çağdaş bir yapı malzemesi haline dönüşmesine katkıda bulunmuştur.

Cam, bir yapı malzemesi olarak günümüzde istenilenlerin büyük bir çoğunluğuna cevap verebilecek yetenektedir. Aşağıda cam malzemesinin çeşitli özellikleri fiziksel, kimyasal ve mekanik başlıkları altında verilmektedir.

**Çizelge 4.1.** Cam malzemenin üretim şekliyle paralel olarak dış duvar kuruluşundaki tarihsel gelişimi [70, 71, 72].

M.Ö. 10000	Daha önce doğal camların kullanmış olan insanın ilk kez yapay cam yapması
M.Ö. 334	Üfleme borusuyla cam üretim tekniğinin bulunduğu sanılan tarih
M.Ö 100	Pompei'de kullanılan ilk pencere camı (Romalılardan)
476	İstanbul'da cam üretiminin başlaması
875	İsviçri'de Sank Gallen kilisesi pencerelerinde renkli cam kullanılması
11.yy	Şişirilmiş silindir yöntemiyle cam üretilmesi
1350	Memluklar tarafından emaye edilmiş camın yapılması
1550	Elmasın camı kesebildiğinin bulunması
1688	Fransa'da Picardy'deki St-Gobain'de cam üreticisi Lucas Nehou'nun eriöş camı düz bir yüzeyin üzerine dökerek tabaka cam üretiminin başlaması
1764	Sizilya'da Eric Lamax'ın cam yapımında sodyum sülfat kullanması
1820	Hızla çoğalan yapıların gereksinimlerini karşılamak için cam üreten şirketlerin çoğalması, Paris'te Kahire Pasajının demir-cam örtü kullanılarak yapılmasıyla iki malzemenin bir arada kullanıldığı binalar oluşmaya başlamıştır.
1828	Joseph Paxton'un yapımına başladığı bitki seralarının demir-cam örtü kullanılarak yapılmaya başlaması
1842-47	Decimus Burton ve Richard Turner'in İngiltere'de Kew'deki Büyük Palmiyeler evinin yapılması (33 444 m <sup>2</sup> demir-cam yüzeyle dönemin en büyük cam yüzeyle oluşturulan konutu)
1846-52	Mimar Wiliam Fairbaim ve mühendis Richard Turner tarafından Liverpool'daki Lime Street İstasyonu'nda 3.80 m uzunluğunda cam katmanların kullanılması, ilk kez bu kadar uzun cam katmanların üretilmesi ve bir yapıda kullanılması
1851	Joseph Paxton'un Londra'da Kristal Saray'la ilk kez duvarları da çatısı da demir cam yapıyla bir yapının oluşturulması ve aynı zamanda bunun o güne kadar ki en büyük yapı olması
1869-71	Giydirme yüz yapımının öncülerinden Berlin'de Lehrter Bahnhof istasyonunun güney yüzü 1000 m <sup>2</sup>
1879	De la Bastie'nin buluşu olan sıcak camı birdenbire soğutarak yüzey gerilimini çoğaltmaya ,böylece de camın direncini yükseltmeye ilişkin yöntemin bulunması.
1896	Berlin'de Tietz Mağzası'nda 4 katı örten bir cam yüzey yapılması. Camın dış duvar kuruluşunda kullanılmasına ilk örnek yapı.
1902	Tel donatılı camların üretimiyle başlaması, cam tuğlanın kullanıma başlaması
1904	Frank Lloyd Wright'ın New York'da yaptığı Larkin işlerinde ilk olarak tümüyle cam olan kapılar ve çift camlı pencereler kullanılması
1905	Libbey-Owend yönteminin bulunması
1911	Walter Gropius'un Almanya'nın Aalfeld kentinde Faguswerke üertimevini açması. (Çelik-cam giydirme cephe sistemine ilk örneklerden.)
1918	Willes Jefferson Polk'un San Francisco'daki Hallidie işyerini yapması. (Donatılı beton iskelet olan yapının yüzeyinde cam kullanılması, böylece bu yapının cam dış duvar kurgusunda öncülerden biri olması.)
1922	Mis van der Rohe'nin çelik iskeletli "cam gökdelen" tasarımları yapması (O tarihte uygulanmayan bu yapıların daha sonra, 1960-70'li yıllarda ABD'de gerçekleştirilmeleri.)
1925-26	Walter Gropius'un Dessau'da yaptığı Bauhaus Okulu'nda giydirme yüzün öncülerinden sayılacak bir yapım yöntemini kullanması

**Çizelge 4.1. (Devamı)** Cam malzemenin üretim şekliyle paralel olarak dış duvar kuruluşundaki tarihsel gelişimi [70, 71, 72].

1930	Mis van der Rohe'nin Çekoslovakya'nın Brünn kentinde Tugendhat Evini yapması (Bir konutta ilk olarak bu kadar geniş cam yüzeylerin kullanılması, kayar pencereler, 360 m <sup>2</sup> büyüklüğündeki oturma ve yemek odasının yüzünün yerden tavana kadar cam yapılması.)
1935	William Lescase'nin Manhattan'da yaptığı kendi evinde cam tuğlayı dış duvar kuruluşunda kullanması.
1939	%96'sı silikattan oluşan bir cam türünün yapılması.
1944	Esnek (elastik) pencere camının yapılması.
1948	Isı yalıtımında kullanılmak üzere cam lifinin üretilmeye başlaması.
1949-51	Mies van der Rohe'nin Şikago'da Lake Shore Drive konut bloklarını yapması, (Cam giydirme cephe yapım yöntemine biraz daha yaklaşmıştır.)
1950	New York'da W.K. Harrison yönetiminde Birleşmiş Milletler Genel Sekreterliği'nin yapılması. (39 katlı yapıda alüminyum çerçeveler içinde ısı yutucu cam katmanların kullanılması. )
1951-52	Skidmore, Owings ve Merrill tarafından New York'da Lever House gökdeleninin yapılması. (İlk gerçek giydirme cephe uygulaması. Yapının tümüyle camdan oluşan yüzündeki camlar arasındaki derzlerin ince paslanmaz çelik çitalarla kapatılması. Bu yapıda ısı tutucu cam panolar kullanılmıştır.)
1952	Flot (float) ya da flotal cam üretiminin başlaması.
1954	Skidmore, Owings ve Merrill ile Gordon Bunshaft'ın New York'da The Manufacturers Trust Compony bankası yapması. (Bütün bu yapının büyük bir vitrin gibi ele alındığı bir alüminyum-cam giydirme yüz yapımı.3.7.5 m büyüklüğünde cam katmanların kullanılması.)
1959	Harrison ve Abramovitz'in New York'da yaptıkları The Corning Building gökdeleni. (Yeşil ısı yutucu "solex" camlarının alüminyum çerçeveler ve Neoprene kanallar içerisinde kullanılması.)
1964-67	James Stirling tarafından İngiltere'de Cambridge Üniversitesi Tarih Bilimleri Fakültesi'nin yapılması. (Yapının güney yüzünün bir bitki serası andıracak biçimde çelik-cam yapıyla oluşturulması.)
1967	Kevin Roche ile John Dinkeloo tarafından ABD'de Indianapolis'de College Life Insurance Compony adlı sigorta şirketi merkezinin yapılması. (Mavi camda yapılmış giydirme yüzün eğik bir biçimde uygulanması.)
1968	Kevin Roche ile John Dinkeloo'nun New York'da Birleşmiş Milletler Geliştirme Bölümü Merkezini yapması. (Cam giydirme yüzün kesilmiş eğik, saçak gibi taşmalar yaparak kullanıldığı bir yapı.)
1970	ABD'de Şikago'da John Hancock gökdelenini yapılması. (Taşıyıcı iskeletin dışavurumcu bir nitelikte gösterilmesi ve giydirme yüzün bunun içinde kalacak şekilde düzenlenmesi.)
1974	Skidmore-Owings ve Merrill ile tasarımcı Bruce Graham'ın ABD'de Şikago'da Sears gökdelenini yapması. Foster ve ortaklarının İngiltere'de Ipswich'de Willis,Faber ve Dumas işyerini yapması. (Tüm yapının güneş ışınlarını geçirmeyen bir tür aynalı cam giydirme yüz ile kaplı olması sağlanmıştır.)
1976	Leoh Ming Pei ile ortakları trafında ABD'de Boston'da John Hancock gökdeleninin yapılması.

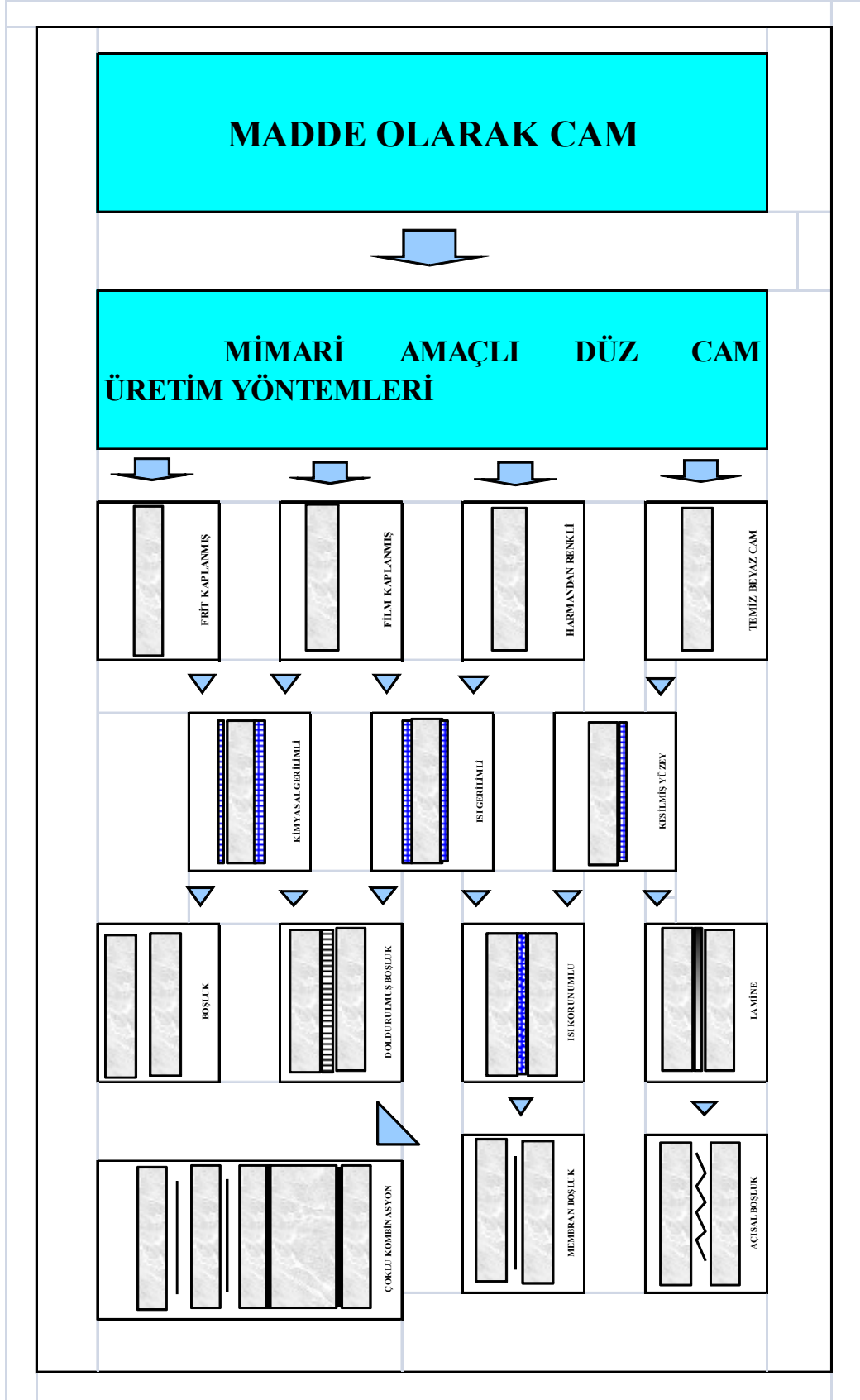


## 4.2. CAM MALZEMENİN MİMARİ CEPHE ELEMANI OLARAK KULLANIMI VE DEĞİŞKEN GEÇİRGENLİKLİ CAMLAR

Mimaride cam malzeme cephe bileşeni olarak kullanılmaya, 1800'lü yılların başından itibaren başlanmıştır [72]. Bu dönemlerde kullanılan cam, levha cam üretim hatlarının oluşturulmasıyla isimlendirilen mimari camlardır. Mimari beklentiler ve anlayışlar değiştikçe camın dış duvar kullanımındaki rolü değişim ve bugün cam malzeme dış duvarlarda modern mimariye tanımlayan bir yapı kabuğu halini almıştır. Tarihi akışı içerisinde cam malzemenin cephe bileşeni olarak değişimi ve gelişimi, onun üretim teknolojileriyle doğru orantılı olarak gelişmiş ve günümüzde de bu gelişim devam etmektedir. Şekil 4.7. ve Şekil 4.8. de cam malzemenin üretim teknolojilerindeki gelişim ve bunun malzemenin nitelikleri üzerindeki etkileri görülmektedir.

Üretim yöntemleri doğrultusunda, mimaride dış duvar kuruluşunda kullanılan camlar iki temel grupta incelenmektedir. Bunlar;

- **Levha camlar:** mimari cam genel kavramı altında dış duvar kuruluşlarında kullanılan ürünlerdir. Cephede iklim kontrol çözümleri (güneş ve ısı kontrolü için), parapet ve cephe kaplama camları, özel nitelikli camlar, dekoratif camlar ve güvenlik camlarının tümü levha camlar,
- **Cam duvar tuğlası:** içerisindeki hava boşluğu sayesinde az miktarda da olsa ısı yalıtımı sağlayabilen dış duvar kuruluşunda kullanılan cam ürünler, olmak üzere yapılarda farklı şekilde uygulama ve kullanma alanına sahiptirler.



**Şekil. 4.1.** Mimaride dış duvar kuruluşunda kullanılan cam malzemenin kurguları [72].

Cam Üretim Yöntemleri	Birincil Ölçütler								Çevre Koşullarından Kaynaklanan Ölçütler							
	Güney Kontrolü	Pasif Güneş Kazanımı	Fonksiyonel Gün Işığı Kullanımı	Estetik Gün Işığı Kullanımı	İçeriden Yüzeye Bakış	Dışından Yüzeye Bakış	Görünüş	Dayanıklılık	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	Yeni Üretim Teknolojileri	
İkincil Özellik Katan İşlemler																
Öncelikli İşlemler																
Özelleştirilmiş Temel Üretimler																
Temel Üretim Teknikleri																
Float Cam (Düz Mimari Cam) Rolled																
Hammandan Renkli On-line Kaplamalar Telli Cam Üretimi																
Isıl Davranış Esneme Yüzey Çalığıması																
Printed Baskı Metodu off- line Kaplamalar Çoklu Kugular Laminasyon																

Şekil. 4.2. Cam üretimleri ve performans ölçütleri arasında kıyaslama [76, 87].

Saydamlık oranı en yüksek yapı malzemelerinden olan camın” [74] çevre kontrolü sağlanmasında ortama ve ihtiyaçlara bağlı olarak oluşturduğu kurgu, yapı bileşeni olarak karakterini ve performansını belirler. Mimaride dış duvar kuruluşunda kullanılan camları en zayıf performans veren tek cam ünitesinden başlayarak sınıflandıracak olursak, sonuçta çevre koşullarına karşı değişebilme yeteneğine sahip performansı en yüksek olan çoklu kombinasyonlara ulaşırız (Şekil 4.7)

### **4.3. MİMARİDE DIŞ YÜZEYLERDE KULLANILAN CAM MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ**

“Camlar; amorf iç yapılı, özellikle mekanik, yanal etkilere, atmosfer etkilerine ve ısı değişikliklerine yüksek dayanımlı, ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş radyasyonuna geçirimli saydam yapı malzemeleridir [52].

Dış duvar kuruluşunda kullandığımız cam malzemenin bir araya gelerek bir kurgu oluşturması malzemenin niteliğini değiştirir. Bunların saptanabilmesi için öncelikle malzemeyi tekil olarak incelediğimizde bazı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir Bunlar cam malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleridir [77].

#### **4.3.1. Cam Malzemenin Fiziksel Özellikleri**

Cam malzemenin fiziksel özellikleri, onun güneş enerjisi ve gün ışığı karşısında optik ve ısıl davranışları, sesi geçirebilme oranı ile su ve nem karşısında gösterdiği davranışlardır. Cam malzemenin performansını etkileyen fiziksel özellikler, camın viskozitesi, yoğunluğu, ısıl özellikleri (ısıl genleşme ve ısı iletimi), elektriksel özellikleri, gün ışığı ve güneş enerjisi etkisi karşısındaki davranışdır [64].

Kullanılan düz camlarda güneş ile ilgili olan tüm performans parametreleri dört temel özellikle belirlenir. Bu özellikler; gün ışığı geçirgenliği, solar faktör (güneş enerjisi toplam geçirgenliği), dışa yansıtma ve ısı geçirgenlik katsayısıdır [78, 79].

#### **4.3.1.1. Cam malzeme yüzeyinde gün ışığı etkisi;**

380-780 nm dalga boyu aralığındaki güneş enerjisi aydınlık duygusu olarak algılanır. Camın saydamlık oranıyla da ilgili olarak, 380-780 nm dalga boyunda geldiği kabul edilen toplam görünür ışık şiddetinin cam ve camlar kombinasyonu tarafından içe geçirilen yüzdesine ***gün ışığı geçirgenliği***; geri yansıtılan bölümüne de ***gün ışığı yansıtma yüzdesi*** denilmektedir (Şekil 2.3.)

Işık geçirgenliğinin çok düşük olması iç mekanları karanlık hale getirerek gündüzleri yapay aydınlatma yapılmasını gerektirir, ışık geçirgenliğinin fazla olması ise güneş ışıklarından kaynaklanan kamaşmaya sebep olur ve mekan içindeki tüm oluşumların dışarıdan net olarak görünmesini sağlayarak, homojen cephe görüntüsünü bozar [56]. Bu bakımdan iç mekanların kullanımında gün ışığının yeterince kullanılıp fazlasının yansıtılmasının önemi büyüktür.

#### **4.3.1.2. Cam malzeme yüzeyinde güneş enerjisi etkisi**

“300-2500 nm dalga boyu aralığında cam yüzeyine etkiyen toplam enerjinin yüzde olarak değerlendirilmesine ***güneş enerjisi etkisi*** denir.”

Toplam enerjinin bir kısmı hemen dışa yansıtılırken, bir kısmı doğrudan içeri girmekte bir kısmı da cam tarafından soğurulmaktadır. ***Güneş enerjisi toplam geçirgenliği (g)***, cam yüzeyine etkiyen toplam güneş enerjisinin içeri ısı olarak giren yüzdesidir (Şekil 2.3.). ***Gölgelenme katsayısı*** ise; güneş enerjisi toplam geçirgenliğinin 3 mm renksiz camla kıyaslanması sonucunda bulunan katsayıdır [60].

Sıcak ve güneş kontrolüne ihtiyaç duyan ülkelerde güneş enerjisi toplam geçirgenliği ne kadar düşük olursa, soğuk ve enerji ihtiyacı yüksek ülkelerde de o kadar yüksek olması beklenir.

#### **4.3.1.3 Cam malzeme yüzeyinde ısı etkisi**

Birim camlama alanından, birim zamanda, sabit koşullarda iletilen ısının bina içi ve bina dışı sıcaklık farkına bölünmesiyle oluşan katsayıya ***ısı geçirgenlik katsayısı (U veya k)*** denilmektedir. (Şekil 2.3.), [72]. Isı geçirgenlik katsayılarını belirleyen en önemli etkenler; yalıtım camı ara boşluk genişliği ve dolgusu ile kaplamanın yayılım

(emissivite) değerleridir. Cam plaka kalınlıklarının ısı geçirgenlik katsayılarına etkisi ise önemsizdir.

Boşluğu ısı yalıtım kontrolü çift sıra tuğla örgü duvar ısı geçirgenlik katsayısı  $U = 0.7517 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  [80]. iken arasında argon gazı bulunan Low-E kaplamalı 6+12+6 (dış cam kalınlığı+hava boşluğu+iç cam kalınlığı mm) kurgulu bir ısı yalıtım camında ısı geçirgenlik katsayısı  $U = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  kadardır.

#### **4.3.2. Cam Malzemenin Kimyasal Özellikleri**

Cam, temas halinde bulunduğu ortamla etkileşir. Bu ortamda hava, su veya çeşitli çözeltiler (asitler, bazlar vb.) olabilmektedir. Dolayısıyla, camların optimum şekilde kullanılabilmesi için yüksek bir kimyasal dayanıma sahip olmaları gerekmektedir [64]. Cam malzemeyi kimyasal olarak etkileyen sadece hidroklorik asittir. İçine kireç katılmamış camlar su karşısında stabil değildirler. Normal pencere camları ve su ile temas olabilecek her türlü camın bileşenlerine mutlaka kireç katılması gerekmektedir [77].

Her türlü metal kaplama, cam yüzeyindeki kimyasal işlemler sonucu gerçekleşmektedir. Bunların her biri farklı estetik görüntü, güneş kontrol özellikleri, görünür ışık geçirgenliği, kaplama durabilitesi ve yüzey karakteristiğine sahip ürünler verir (Bkz. Şekil 2.2.), [78].

Cam yüzeyinin çeşitli metal veya metal oksitlerle kaplanarak güneş kontrolü ve ısı yalıtım özellikleri kazandırılması, kullanıcıya büyük bir esneklik ve ekonomik seçim şansı yaratmaktadır. Çevre kontrolü yapılan bu tür kaplamalar, güneşten gelen ısı ve ışığın ihtiyacımız olan kadarının alınıp, geri kalanının yansıtılması üzerine dayalı teknolojilerdir.

#### **4.3.3. Cam Malzemenin Mekanik Özellikleri**

Cam kırılabilir (fajil) bir malzemedir. Bütün kırılabilir malzemelerde olduğu gibi camda da basınç ve çekme mukavemeti arasında büyük farklar vardır. Bu fark cam malzemedeki 20 misline kadar ulaşır [77]. Bu da bize camın yatay yüklere ve ani darbelere karşı ne kadar zayıf olduğunu göstermektedir. Pencere camları, rüzgar basıncı, kar yükleri, ısı gerilmeleri, hidrostatik (sıvı) basınçlar, tasarımdan,

depolamadan kaynaklanan kuvvetler gibi doğal; ani çarpmalar, silah mermilerinin oluşturduğu yükler, patlamalardan oluşan yüklerden etkilenmektedir. Kullanılan mimari camların performansının belirlenmesinde bu etkiler karşısında camda yorulma, kırılma ve kırılma oranları önemli mekanik faktörlerdendir. Dolayısıyla, cam ünitelerin optimum şekilde kullanılabilmesi için yüksek bir mekanik dayanıma sahip olmaları gerekmektedir [64].

Cam malzemenin dış duvara kullanımında, camın temel özellikleri kurgunun oluşturulması açısından oldukça önemlidir. Tekil olarak kullanılan cam malzemenin özelliklerinin bilinmesi yanında oluşturulan kurgunun cephede kullanılması için, bazı performansların belirlenmiş olması gerekmektedir. Çizelge 2.2. de cam malzeme ile oluşturulan yapı cephelerinde kıyaslama yapıp, seçimde ve uygulamada doğru kararların verilmesi için gerekli olan ölçütler belirlenmiştir.

#### **4.4. DIŞ YÜZEYLERDE KULLANILAN DEĞİŞKEN GEÇİRGENLİKLİ CAMLARIN KULLANIM AMAÇLARI VE KAPSAMI**

Camın geçmişten günümüze ulaştığı olağanüstü gelişim, bu sürecin gelecekte de devam edeceği konusunda bize ip uçları vermektedir. Yapı tasarımı ve mimarlık eylemi camın bugüne kadar olan gelişiminden etkilenmiştir [66]. Bu doğrultuda yaklaşımlar ve teknolojinin sundukları, bize camın çehresini ve kimyasını değiştirme şansı tanımış; malzemenin optik ve kimyasal özelliklerinde farklılıklar yaratarak camın duyarlılığını artırmıştır.

Duyarlılığı artan bu camlar, elektrikle güçlendirilmiş, termal hareketlerden etkilenen veya kimyasal değişimlerle davranış değiştirebilen teknolojiler halini almışlardır. Bunlar, bilinen sızlamada görülmeyen, optik değişiklikler gösterirler. Bir çoğunun değişiminin sağlayabilmesi için düşük voltaj elektrik enerjisine ihtiyaçları vardır. Bu enerji yine bir cam kurgusu olan güneş pilleri yardımıyla sağlanabilmektedir [73]. Bu camların, geçirgenlik özellikleri en yüksek %80 ve en düşük %20 arasında değişebilir oranlardadır. değişebilirlerin tümünü birden **“kromajenikler”** denilmektedir, bunların mimaride kullanılabilenleri ise **“değişken geçirgenlikli camlar”** olarak tanımlanmaktadır [74, 75].

Yapılmış olan bu çalışmada yapı kabuğunda kullanılmış olan duyarlı özellikteki cam malzeme incelenmiş, 'pencere sistemleri' ve 'bina cepheleri' farklı manalara sahip

olsalar bile çoğu zaman bir bütün olarak değerlendirilmiştir.

Cam ile kaplamanın ayrı teknolojiler olarak değerlendirilmesi her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Bu camların mimarideki kullanım amacı çevre duyarlı yaklaşımlar bağlamında, doğanın dengesini bozmaksızın, malzemenin kendi özelliklerinden faydalanılarak camın duyarlı hale getirilmesi, bir miktar destekle karar verme yeteneğinin oluşturulması ve cephede konfor koşullarının sağlanmasında istenilen performansa cevap verebilecek niteliklere kavuşturulmasıdır.

**Çizelge 4.2.** Dış duvar kuruluşunda kullanılacak cam ünitesinden beklenen performanslar

<b>I) Gün ışığı Geçirgenliği (%)</b>	Genel olarak cam eleman ile oluşturulan her türlü kurguda gün ışığı geçirgenliğinin <b><i>Yüksek olması</i></b> gerekir.
<b>II) Dışa yansıtma yüzdesi (%)</b>	Yüzeye gelen gün ışığının yansıyan yüzdesi cam malzemeyle oluşturulan her türlü kuguda <b><i>düşük olması</i></b> gerekir.
<b>III) Güneş enerji toplam geçirgenliği (%)</b>	Solar faktör olarak da bilinen güneş enerjisi toplam geçirgenliği <b><i>düşük olmalıdır.</i></b> Bu bölgelere ve iklimlere göre değişim gösterir.
<b>IV) Isı geçirgenlik katsayısı (ISO 9050 k değeri veya ASHRAE U<sub>value</sub>) (W/m<sup>2</sup> K)</b>	Her türlü kurguda ısı geçirgenlik değerlerinin mümkün olduğunca <b><i>düşük olması</i></b> beklenir.

Değişken geçirgenlikli camlar, dış duvar kuruluşlarındaki kullanımları açısından değerlendirildiğinde, dış duvarlardan beklenen performanslar bu yapı cepheleri için de geçerli olduğu söylenmelidir. Bunun yanında malzemenin özelliğinden kaynaklanan kendi özgü performans ölçütleri de vardır ki bunlar Çizelge 4.17. de verilmektedir. Bu malzemeler merkezi kontrol sistemi ile bağlantılı olarak çalışmakta olup, camlar (değişken geçirgenlikli camlar) ***“akıllı binalar”*** olarak tanımlanan her türlü ihtiyacı karşılayabilme yeteneğine sahip bina sistemlerinde kullanılmaya elverişlidir. Bu durumda malzemeyi tekil olarak kullanmak bir avantaj getirecektir fakat sistemi bir bütün olarak düşünüp değişken geçirgenlikli camları da bu sistemin bir parçası olarak değerlendirmek daha sağlıklı olacaktır [72].

Binalar için değişken geçirgenlikli cam ünitelerin kullanım alanlarına; dış duvar kuruluşları, pencereler, yaşamdan tecrit edilmiş cam birimler (yoğun bakım üniteleri,



toplantı salonları gibi), çatı pencereleri, eğimli yüzeyler, güvenlik pencereleri örnek olarak verebilir [73]. Tez kapsamında ele alınan ise yalnızca dış duvar kuruluşlarında kullanılanlarıdır.

Değişken geçirgenlikli camların kullanımını etkileyen olumsuz faktörler, entegrasyon teknolojisinde yaşanan karmaşa, istenilen boyutlarda ve sayıda üretilmiyor olması ve yüksek ilk yatırım maliyetlerinin en az 10-30 yılda kendine amorti edebiliyor olmasıdır [73].

**Çizelge 4.3.** Optik değişim ve değişken geçirgenlikli camlar için bir takvim [72].

<i>Performans tanımlaması</i>	<i>Işınım dağılım alanları ile içerik özellikleri</i>	<i>Hangi teknolojiye daha uygun</i>	<i>Kullanımı</i>
Değişebilir dalga boyu yayılımında tepkisi olanlar	Çeşitliliği olan ve belirli alanlarda karışım gösteren yapı	Dönüşebilir özellik yüksektir. Emme/Yansıtma Termokromik/Elektrokromikler	Araştırma aşamasında lenslerde, otomotiv sektöründe ve fiber optik teknolojilerde kullanılıyor
Dalga boyu yayılımında güneş uyumu olanlar	Çeşitliliği olan ve belirli alanlarda karışım gösteren yapı	Elektrokromikler	Araştırma aşamasında Geleceğin kaplaması
Gün ışığı geçirgenliğinde uyumlu olanlar	Çeşitliliği olan ve belirli alanlarda karışım gösteren yapı	Fotokromikler Elektrokromikler	Araştırma aşamasında Geleceğin kaplamaları Cephelerde gün ışığı kontrolünde rolleri büyük
Dalga boyu çevresinde geniş bantta iletimi olanlar	Çeşitliliği olan ve belirli alanlarda karışım gösteren yapı	Termokromikler	Araştırma aşamasında Geleceğin kaplaması Mimaride iç mekanda kullanım olanakları var
Görülebilir ve kızıl ötesi dalga boyu arasında işlev kazananlar		Henüz yok	
Güneş ışınları içinde geniş bantta iletken olanlar	Çeşitliliği olan ve belirli alanlarda karışım gösteren yapı	Elektrokromik sıvı kristaller	Araştırma aşamasında Geleceğin kaplaması Mimaride iç mekanda kullanım olanakları var
Tüm bantların çeşitliliğinde iletken olanlar		Henüz yok	

**Çizelge 4.4.** Değişken geçirgenlikli cam ürünlerden beklenen ideal performans özellikleri [76].

Güneş geçirgenliği	Şeffaf durumda Renkli durumda	% 50-70 % 10-20
Görüş geçirgenliği	Şeffaf durumda	% 50-70
Kızılötesi korunurluk	Şeffaf durumda Renkli durumda	% 10-20 % 70 e yakın
Dönüşüm Voltajı		1-5 volt
Dönüşüm hızı		1-60 saniye
Hafıza		1-24 saat
Devir ömrü		Yaklaşık $10^6$
Yaşam ömrü		20-50 yıl
Çalışabilir sıcaklıklar		-30 dan + 70 <sup>0</sup> C ye kadar

Bir çok bilim adamı ve üretici, çevreye duyarlı global tavır içinde bunları geleceğin yapı elemanları arasında görmekte-dirler. Çalışmamız içinde Avrupa'da ve dünyada bu camların kullanıldığı dış duvar kuruluş örnekleri sunulmuştur. Çoğunluğunda laboratuvar çalışmaları devam eden bu camların, ülkemizde kullanım alanları oldukça sınırlıdır.

Kullanılan bu camlar optik özelliklerini dikkate alarak inceleyecek olursak genel olarak Çizelge 2.16. deki niteliklere ulaşırız.

#### **4.5. DEĞİŞKEN GEÇİRGENLİKLİ CAMLARIN SINIFLANDIRILMASI**

Değişebilir yetenekteki camların her biri, iç yapısındaki kimyasal değişimlerle, kaplamalar yardımıyla ya da çoklu kombinasyonların bir araya gelmesiyle meydana gelirler. Bunlar sistematik olarak değerlendirilip, [65, 72, 75, 76 ] referans alınarak Çizelge 2.5. deki gibi bir sınıflandırma geliştirilmiştir.

Değişken geçirgenlik oluşumunda bu kuruluşa zemin teşkil eden cam çeşidinin özellikleri anlatılmalıdır. İçeriğinde bulunan kum ve metal oksitlerin özelliklerinden faydalanarak camın iç yapısını değiştirmek mümkündür [65]. Bu camlar, camın kimyasal yapısındaki değişikliklerle nitelik kazanan, kontrollü seçicilik veya geçirgenlik özelliği bulunmayan fakat ışık ve ısıya karşı duyarlı ve tutucu camlardır [77]. Bu özellikte camlar;

- **Renksiz Düz Camlar (Clear-white)**

Cam malzeme içinde bulunan demir oksitler hafif renk oluştururlar. Renksiz camlar, içinde daha az demir içeren, netlik oranı fazla olan camlardır. Bunlar tüm strüktürel cephelerde ve iç mekan tasarımlarında kullanılırlar. Tek tabakalı kuruluşlarda ışık ve akustik geçirgenlik değerlerinin yüksekliğinden dolayı tercih edilmektedirler. Mimaride en çok kullanılan çeşitleri cam tuğlalarıdır [81]. (Şekil 2.4.a,b),(Şekil 2.5.),(Çizelge 2.6)

- **Zemin Renkli Camlar (Harmandan Renkli Camlar)**

Renkli camlarla içeri giren güneş ısı miktarında normal renksiz camlara göre yükselme, ışığında ise düşme sağlanır. Bunlar, düşük yansıtıcılara sahiptirler [82]. Kendi kendine karar verme ve kontrol özellikleri olmamasına rağmen tüm kurgularda ve kaplamalarda zemin olarak kullanıldığından niteliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Zemin renkli camlar, cam harmanına az miktarda renk verici metal oksitler katılarak üretilmektedirler. Camı renklendirme olanakları üretimde kullanılan yöntemlerle sınırlıdır (Çizelge 4.19, Şekil 4.1, Şekil 4.2).

Bugün dış duvar kurgusunda yüksek performans beklendiğinden tekli ve niteliksiz cam kuruluşlar çok fazla kabul edilebilir değildir. Buna rağmen zemin renkli camlar, tek tabakalı kuruluşlar olarak kanopiler, sergi salonları ve kış bahçeleri gibi tampon bölgelerde kullanılmaktadır. Çift cephe kuruluşlarında da seçici özelliğinden dolayı kullanılan mimari bir yapı bileşenidir.

**Çizelge 4.5.** Değişken geçirgenlikli camların sınıflandırılması [65, 72, 75, 76].

<b>KONTROL KAPLAMALARI</b> (Cam malzeme üzerinde yapılan yüzey kaplamalarıyla değişim gösteren DGC)		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Seçici-geçirgen yüzeyler</li> <li>● Donuk ayna etkili yüzeyler</li> <li>● Yansıtmayan kaplamalar</li> <li>● Dikorik yüzeyler</li> <li>● Seramik kaplamalar</li> <li>● Açısal-seçici filmler</li> </ul>
<b>K R O M A J E N İ K L E R</b>	I. Optik özelliklerindeki değişimlerle oluşan DGC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Işığa bağlı değişim gösterenler; <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotohassas camlar</li> <li>- Fotokromik camlar</li> <li>- Fotokatalitik camlar</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Isıya bağlı değişim gösterenler; <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termotropik camlar</li> <li>- Termokromik camlar</li> </ul> </li> </ul>
	II. Fonksiyonel yüzeylerin birleşmesiyle oluşan DGC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Holografik (kırılan) yüzeyler</li> <li>● Fotovoltaik yüzeyler</li> </ul>
	III. Elektrik akımı etkisiyle değişim gösteren DGC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sıvı-kristal yüzeyler</li> <li>● Elektrokromik yüzeyler</li> </ul>
	IV. Yüzeyler arası gaz karışımları etkisiyle değişim gösteren DGC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gazokromik sistemler</li> </ul>

**Çizelge 4.6.** Temiz- beyaz camların performans Çizelgeleri.

Kalınlık (mm)	Ağırlık kg/m <sup>2</sup>	Ses geçişi R <sub>w</sub>	Güneş enerjisi geçişi (g)	Gölgeleme katsayısı (Sc)	Isı iletim katsayısı (U <sub>value</sub> )W/m <sup>2</sup> .K
4	10	30	0.85	0.98	5.8
6	15	33	0.82	0.95	5.7
8	20	33	0.79	0.92	5.7
10	25	34	0.77	0.89	5.6

**Çizelge 4.7.** Zemin renkli camların performans Çizelgeleri [76].

Kalınlık (mm) Renk	Ağırlık kg/m <sup>2</sup>	Ses geçişi R <sub>w</sub>	Güneş enerjisi geçişi (g)	Gölgeleme katsayısı (Sc)	Isı iletim katsayısı (U <sub>value</sub> ) W/m <sup>2</sup> .K
6 yeşil	30	29	0.72	0.53	1.8
6 mavi	30	30	0.54	0.53	1.8
6 bronz	30	31	0.50	0.53	1.8
10 bronz	40	33	0.33	0.33	1.7
12 bronz	45	33	0.27	0.26	1.7
4 gri	-	34	0.55	0.63	-
6 gri	40	36	0.42	0.48	1.8
10 gri	40	37	0.25	0.29	1.7



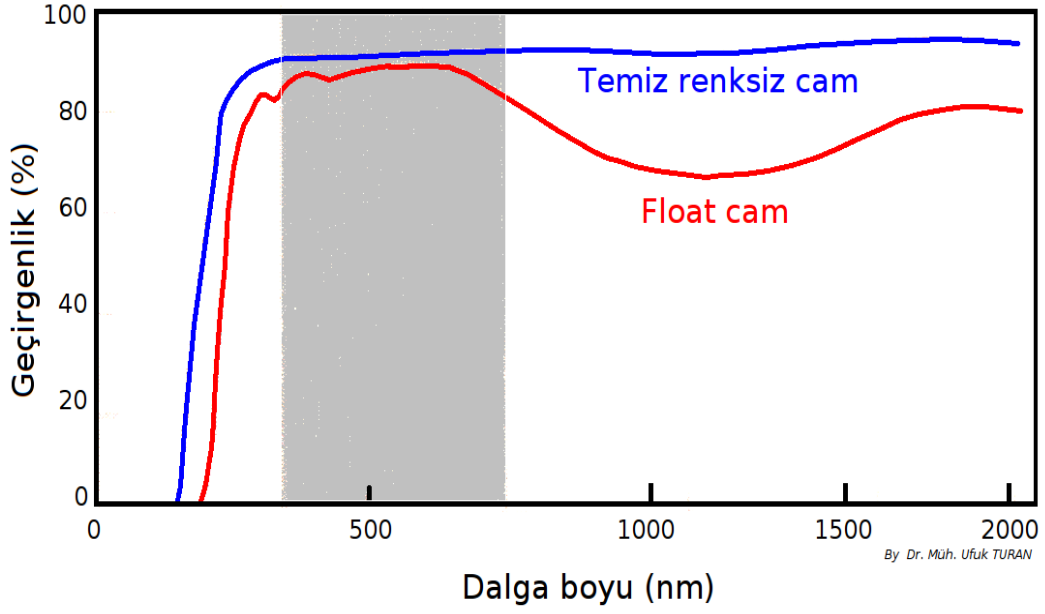
**Resim 4.1a)** The Cupe, Shiroishi, Japan, Architect: H. Horike



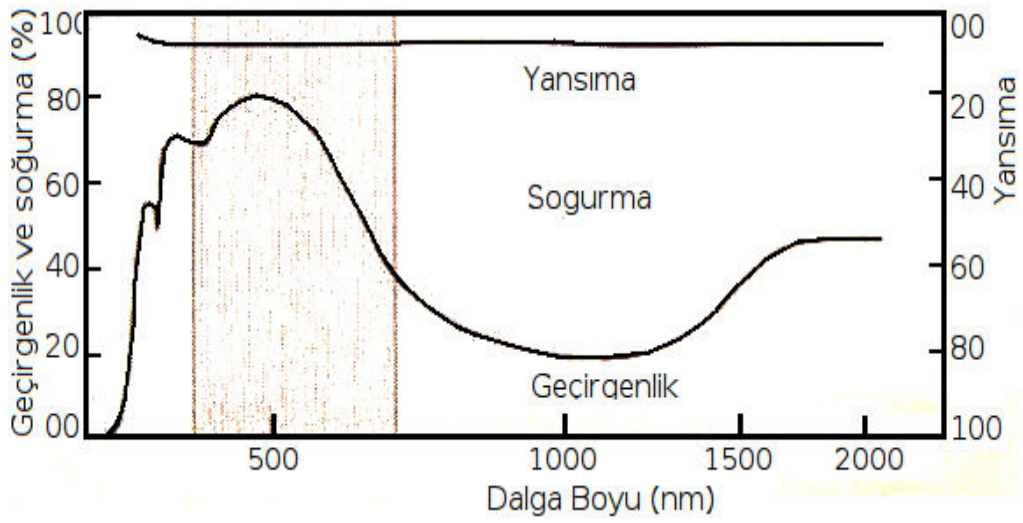
**Resim 4. 1b)** Bar Rouge, Birmigham, UK, CzWg Architects



**Resim 4.2.** Waterloo Tren İstasyonu, Londra, Nicholas Grimshaw



**Şekil 4.3.** Temiz beyaz camlar ile float camlar arasında geçirgenlik tayfi özelliklerinin karşılaştırılması [65].



**Şekil 4.4.** Zemin renkli camlar ile float camlar arasında ışık geçirgenlik tayfi özelliklerinin karşılaştırılması [65].

#### **4.5.1. Kontrol Kaplamaları**

Kaplamalar, cam malzemenin özelliğini etkileyerek değişken nitelik kazandırmaktadır. Bunlar ışık geçişlerinin seviyesinin kontrol edilmesi ve güneş kontrolü için yapılan işlemlerle, cam yüzeye uygulanan seçici veya geçirgen kaplamalardır. Mimaride kullanılanlarına ince film kaplamalar da denilmektedir. Optik özelliği en yoğun olanlar ince film kaplamalardır [83]. Bunların yapı cephelerinde en yoğun kullanılanları düşük emisyonlu Low-E ve reflekte kaplamalardır. Bu kaplamalarla oluşan camları inceleyecek olursak;

##### **4.5.1.1 Seçici-geçirgen Yüzeyler:**

Bunlar, farklı dalga boylarında farklı geçirgenlik ve yansıtma özelliği gösteren camlardır [84]. Seçici özelliklerindeki artış, geçirgenlik özelliğindeki azalmaya sebep olmaktadır. Sadece güneş kontrolü değil, bununla birlikte gün ışığı ve ısı kontrolü de dikkate alınmalıdır. Bu kaplamaların içinde en çok kullanılanları düşük emisyonlu (Low-E) ve reflekte kaplamalardır. Düşük emisyonlu kaplamalar seçicilik özelliğinden dolayı, güneşten gelen ısı enerjisini absorbe ederek ısı kontrolü sağlamaya çalışırken, reflekte kaplamalar da geçirgenlik ve seçicilik özelliğiyle güneşten gelen ışığın kontrol edilip, belirli oranlarda yansıtılmasını sağlamaktadır. Bu kaplamalar hem düz beyaz camlarda, hem de zemin renkli camlarda uygulanabilirler [75]. (Çizelge 2.8), (Şekil 2.8.a,b).

Değişken geçirgenliği camlar içinde ülkemizde kullanım alanı en yoğun olan, seçici-geçirgen kaplamalardır. Bunun başlıca nedeni diğer değişken geçirgenlikli camlara göre yapım teknolojilerinin daha kolay olması ve ülkemizde üretimi yapılabilir olmasıdır. Dolayısıyla kontrol kaplamaları içerisinde en yoğun kullanılan kaplama türü bunlardır.

##### **4.5.1.2. Donuk Ayna Etkili Yüzeyler**

Düşük emisyonlu ve reflekte kaplamaların aksine, donuk görüntü özelliklerine sahiptirler. Bu kaplamalar, kızıl ötesi alan içinde görülebilir ışık dalga boylarını yansıtılmaktadır. Kaplamanın uygulandığı yöne bağlı olarak iç ya da dış yüzeyde yansıtıcı ayna etkisi yaratır (Çizelge 2.9.). Reflektif kaplamalardan farkı, ışığı kabul ettiği dalga boylarının daha dar olmasıdır.



**Çizelge 4.8.** Seçici geçirgen camların performansları

Kalınlık (mm)	Ağırlık kg/m <sup>2</sup>	Ses geçişi R <sub>w</sub>	Güneş enerji geçişi (g)	Gölgeleme katsayısı (Sc)	Isı iletim katsayısı (U <sub>value</sub> )
					W/m <sup>2</sup> .K
Şeffaf	32	40	0.52	0.58	5.7
Bronz	26	39	0.45	0.50	5.7
Gri	30	39	0.44	0.49	5.7
Yeşil	25	39	0.37	0.41	5.7



**Resim 4.3.** Vasco de Gama Kulesi, Expo 98, Lizbon, 1998

**Çizelge 4.9.** Donuk ayna etkili camların performans Çizelgeleri

Kalınlık (mm)	Ağırlık kg/m <sup>2</sup>	Ses geçişi R <sub>w</sub>	Güneş enerji geçişi (g)	Gölgeleme katsayısı (Sc)	Isı iletim katsayısı (U <sub>value</sub> )
					W/m <sup>2</sup> .K
Yeşil	30	33	0.22	0.11	1.8
Mavi	30	33	0.16	0.11	1.8
Bronz	30	33	0.20	0.15	1.8
Gri	30	33	0.18	0.14	1.8

#### 4.5.1.3. Yansıtmayan (Anti-reflektif) Kaplamalar

Bu kaplamalar, ışık geçirgenliği azaltmak amacıyla kullanılırlar [77]. Cam yüzeyde kullanımları yansımanın azalmasına sebep olur. Yalın kaplama olarak değil çoklu kaplamaların bir katı olarak kullanılmaktadırlar [85]. (Çizelge 4.23.), Mimari uygulamalarda özellikle yansımanın istenmediği kuyumcu vitrinleri ve müzelerde kullanım alanı bulmaktadırlar. Dış duvar kuruluşlarında ışık geçirgenliğinin minimuma indirilmiş olmasıyla gün ışığından ve total enerji geçişlerinden faydalanma olamaz, bu da sıcak iklim bölgelerinde kullanımının artmasını sağlayabilecek bir özelliktir. Kaplamanın yapım zorluğu maliyetini artırmakta ve bu tip camların dış duvar kuruluşlarında kullanımına yeterince olanak tanımamaktadır [81].

#### 4.5.1.4. Dikorik Yüzeyler

Dikorik kaplamalar, yüzeye vuran ışığın, kaplama etkisiyle spektral durumunun değişmesine olanak tanır. Bu da, güneş değişim pozisyonuna ve güneş ışıklarının geliş açısına bağlıdır. Dikorik yüzeyler mimaride içeri giren ışığın estetik olarak rengini değiştirmede ve cephelerde yansıyan ışığın farklı renklerde algılanmasında kullanılmaktadır. Bu camlarla kurulan cephelerin performans incelemeleri zemin renkli camların özelliklerinin aynısıdır. (Resim 4.4)

**Çizelge 4.23.** Yansıtmayan kaplamaların kullanıldığı cam kuruluşların performans Çizelgeları

Kompozisyon (mm)	Ağırlık kg/m <sup>2</sup>	Ses geçişi R w	Güneş enerji geçişi (g)	Gölgeleme katsayısı (Sc)	U
					W/m <sup>2</sup> .K
4 +6+ 4	20	44	0.22	0.87	3.3
4 (12) 4	20	44	0.16	0.87	2.9
[4](6) 6	30	38	0.20	0.82	3.3
[1](12) 6	30	38	0.18	0.83	2.8
8 (6) 8	40	33	0.20	0.79	2.8
8 (12) 8	40	33	0.18	0.79	2.8

#### **4.5.1.5. Seramik Kaplamalı Yüzeyler**

Bunlar parçalı kaplama camları da denilmektedir. Seramik kaplı yüzeyler, hava şartlarına fazlasıyla direnen 100-150 nm kalınlıkta kaplamalardan oluşmaktadır [65]. Son yıllarda cephelerde seramik kaplamalı cam panellere sıkça rastlanmaktadır.

#### **4.5.1.6. Açısız Seçici Filmlerle Kurulan Yüzeyler**

Açısız seçici filmlerle kurulan yüzeyler, sadece belirli açılarda gelen ışık kümelerini kontrol altına alır ve böylece geçirimsiz olur. Çalışma prensibinde ışık kırınımları belirli kalınlıkları olan şeritlerle sağlanır [65]. İstenilen görsel perdelemeyi kullanabilmek için farklı açı kurulumu vardır. Etki alanı uzaklıkla orantılı olarak değişim göstermektedir.



**Resim 4.4.** Dikoric Cam Zemin Binası, Newyork,1995, James Carpenter

#### **4.5.2. Karar Verme Özelliğine Sahip Değişken Geçirgenlikli Camlar (Kromajenikler)**

Geniş alanda değişebilirlerin tümü birden kromajenikler olarak adlandırılır. Elektrikle güçlendirilmiş, termal hareketlerden etkilenen, ışığa duyarlı, karar verme yeteneğine sahip kimyasal veya optik teknolojileri içerirler. Kromajenikler düzenli sıralamada görünmeyen optik değişimler gösterirler [73].

#### **4.5.2.1 Optik Özelliklerindeki Değişimlerle Oluşan Değişken Gecirgenlikli Camlar**

Cam malzemenin şeffaflık özelliğinden dolayı ışık geçişlerinin optik kontrolü yine güneşten gelen ışınların ultraviyole veya radyoaktif özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Günümüzde bu özelliklerin değişiminde ulaşılan nokta, güneşin ısı ve ışık kontrolüne karşı duyarlı hale getirilen cam kurgulardır.

- **Fotohassas Camlar**

Işığa duyarlı camlardır. Zemin renkli camlardan özel üretimlerle oluşturulurlar. Küçük ve dar perdeleme sistemleriyle güneşten korunma sağlamaktadırlar. Bu perdeleme sistemleri; 1 mm kalınlıkta ve yerine göre uzunlukları değişen ışığa karşı karar verme yeteneğine sahip şeritlerden oluşmaktadır [65]. Bu da tıpkı Normen Foster'ın Shanghai Bank Binası'nda olduğu gibi (Resim 4,5) cephenin belirli dalga boylarında gelen ışık karşısında renk değiştirerek opak bir yapıya dönüşmesini sağlar.

- **Fotokromik Camlar**

Günümüzde daha çok kolormatik gözlükler olarak bilinmektedir. Bunlar; kaplama olmaksızın kendi kimyasal yapılarıyla ultraviyole ışınlar ve kısa dalga boylarında görülebilir ışınlarla açığa çıkan etkilere karşı, otomatik olarak cevap verebilir yetenektedirler [72]. Bu camlar en çok gümüş tozları kullanılarak üretilmektedir. Malzemenin avantajı, oldukça dayanıklı olması ve kimyasallara karşı direnebilmesidir ancak en önemli dezavantajı ise mevsim seçimi olmaksızın yaz ve kış yüzeyinde kararırma olmasıdır [72]. Bu da camların az bir ışık seviyesinde dahi karararak, ısıtma problemi olan yerlerde kış güneşinden maksimum yararlanma sağlanması, engel olur [65]. Üretimi kolay olmayan bir malzeme olması kullanım alanlarını zorlaştırmaktadır. Özellikle dış cephe kuruluşlarında yani mimaride kullanımlarında henüz söz etmek mümkün değildir. Yalnız Corning Glass, 1 mm kalınlığında 1 m<sup>2</sup> alanlı dış cephe kullanım olanaklı bir prototipini üretmiştir [65].

**Çizelge 4.11.** Fotokromik camların kronolojik gelişimi [72].

1880	Bilinen ilk değişken cam kuruluş fikri
1937	R.H. Dalton cam içindeki demir metalinin renk geçişlerine sebep olduğunu keşfetmiştir. Bunun cam üzerinde etkisi farklı dalga boylarında farklı ışık geçişlerini sağlamasıdır.
1943	İlk patentli fotokromik cam üretimi (kırmızı renkli)
1971	Son olarak metal olamayan materyallerden yararlanılarak ürünün reaksiyon süresi azaltılmış ve güneş gözlüğü üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu gün tipik reaksiyon süresi 3 ya da 4 dakikadır.
1984	Amerikan optik kurumu tarafından plastik fotokromiklerin geliştirilmesi



**Resim 4.5.** Shanghai Bankası, Honk Konk, 1986, Normen Foster

- **Fotokatalitik Camlar**

Işığın katalitik etkisiyle organik kirlilikleri ve bakterileri parçalayan camlardır

#### **4.5.2.2. Işığa Bağlı Değişim Gösteren Değişken Geçirgenlikli Camlar**

- **Termotropik Yüzeyler**

Isının yükselmesiyle birlikte yapısında bulunan elektronlar dağılarak, şeffaf halden

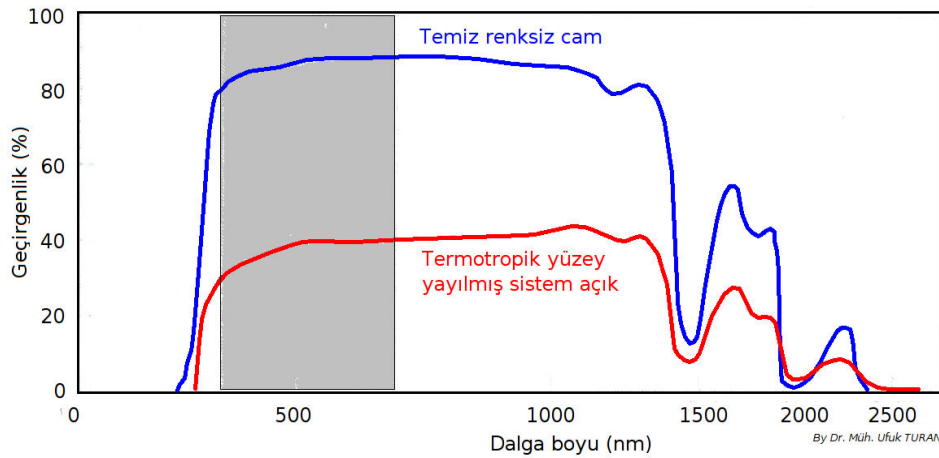
opak hale dönüşürler. Malzemenin temeli, ışınlarının yansıtıcı özelliklerini farklılaştıran iki önemli yapı içerir; bunlar, su ve polimerden kurulu olan hidrojel yapılarıdır. Termotropik yüzeyler düşük ısılarında şeffaf görünümünü korurken, yüksek ısılarında ise hidrojel içerisindeki polimerlerin konfigürasyonu ile ışık saçan kümeler oluşur. Bu da yüzeyin opak hale gelmesini sağlar (Şekil 2.14.a,b, Şekil 2.15.). Önemli bir dezavantajı ısı değişimlerinin yüksek olması durumunda özellikle plastik esaslı polimer tabakalarında aşırı ısınma sorunu yaratmaktadır (Compagno 1999).

- **Termokromik Yüzeyler**

Isı etkisiyle geçirgenliğinde değişim olan cam yüzeylerdir. Renk değişimi sırasında uygulanan küçük voltajlar, oluşumu hızlandırmaktadırlar. Düşük emisyonlu (Low-E) kaplamaların yardımıyla uzun dalga boylarında ısı kaybına azaltılmaktadır. Bu oluşumlar da kullanılan en uygun metal oksit, vanadyum oksittir ( $VO_2$ ), [65]. (Şekil 2.16.).

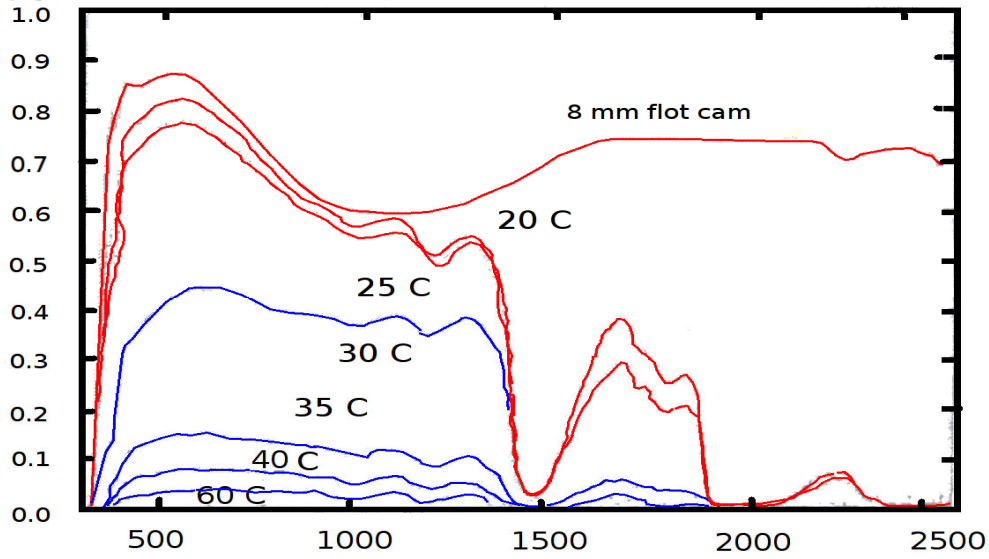
#### 4.5.3. Malzeme Üzerinde Fonksiyonel Yüzeylerin Birleşmesiyle Oluşan Değişken Geçirgenlikli Camlar

Diğer değişebilirler de olduğu gibi fonksiyonel yüzeylerde cam malzemenin seçicilik ve geçirgenlik niteliğini artırmak üzere yapılan katmanlar blokudur. Yüzey kaplamalarıyla oluşan değişikliklerden farkı, cam yüzey üzerinde yoğun katman ve ince film tabakaları oluşturularak çoklu sistemlerle kurulmasıdır.



**Şekil 4.5.** 1 mm kalınlıktaki termotropik yüzeyin ışık geçirgenlik diyagramı [65].

Fonksiyonel yüzeylerin temelinde, ışık geçişinin spesifik performansını dengelemek ve dış cephelerde ısı yalıtım amacıyla kullanmak vardır. Oluşumların genel özellikli ışık sınırlaması ve açılı seçicilikleridir. Bu özelliklerini de çeşitli geçirgenlik karakterlerini aktif hale getiren, ısıya veya ışığa bağlı değişim gösteren filmi tabakaları ile gerçekleştirirler. [65]. Kurgu içerisinde lamine camlar yani arasında reçine esaslı direnç sağlayan camlar tercih edilir.



Şekil 4.6. Termokromik yüzeylerin ışık geçiş diyagramları (Lampert 1995)

- **Holografik (Kırılan) Yüzeyler**

Holografik yüzeyler, yüksek emilimli fotografik filmlerden oluşan tabakalandırılmış camlardır [65]. Bu camlar, görünen dalga boyundaki kızıl ötesi ışınımı, iç hacimlere soğuracak özelliğe sahiptir. Bunun sonucu olarak, cam kuruluşun holografik şekilde ışığı kırmasından yararlanarak, ışığın odanın derinliklerine iletilmesi ya da istenilen dalga boylarında kontrol edilmesi mümkün olmaktadır [68]. Bu durumda holografik film kaplı yüzeylerin ışık geçiş diyagramları farklılık göstermektedir. Holografik tıpkı aynalar ve lenslerde olduğu gibi ışığın fiziksel olarak kırılımı prensibiyle kurulmuşlardır.

Holografik camların iç mekana yoğun ışık geçişi sağlaması gibi (Şekil 217.b.), fiziksel özelliğinin yanında cam yüzeyde farklı görüntü oyunları yaratarak cepheye başka bir yorum katılmasını da sağlayabilmektedir (Şekil 2.17.a).

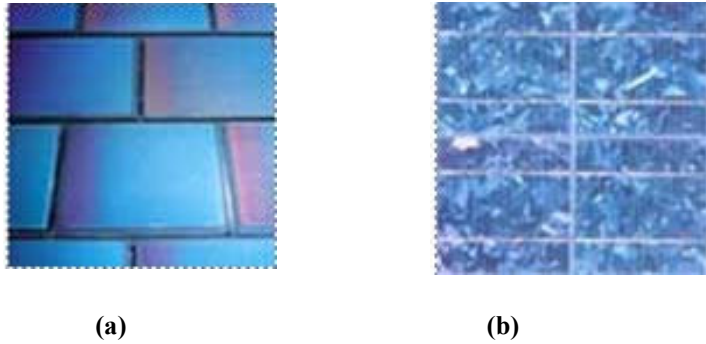
- **Fotovoltaik Yüzeyler**

Diğer değişebilir yüzeylerden daha farklı bir özelliğe sahiptirler, bunlar güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren toplaçlardır.

“Enerjinin bir formu olan ışık, fotovoltaik yüzey içinde bir fotovoltaik hücrenin içine girer ve elektronları harekete geçirmeye yetecek enerjiyi ortaya çıkarır. Bu enerji de elektronların, bir elektrik akımı oluşturabilecekleri kadar voltaj üretimlerini sağlar” [81].

Tek başına fotovoltaik modüller sağlanan enerjinin kullanımı için yeterli değildir. Bu modüllerin taşıyıcıları ve bağlayıcıları, inverter ve diğer elektronik aksam ve üretimde kapasite oynamalarını dengeleyip toplayabilecek akü sistemi gerekmektedir [65]. (Şekil 2.18.a,b). Yani fotovoltaik yüzeyler cephede tekil elemanlar değil bir sistem olarak düşünmelidir.

Modülün enerji üretmesi için bulunduğu iklim, yön ve ışığın geliş açısı çok önemlidir. Cephede opak, yarı geçirgen özellikte kurulabilenleri vardır. Bu yüzeyler, akıllı binalarda sistemin kendi içerisindeki çalışmasını sağlayan enerji karşılayabilecek yetenektedir ve bunu dış duvar kuruluşlarıyla sağlayabilmektedir.



**Resim 4.6. a)** Fotovoltaik modül ince film yüzey hücre kesiti [86].  
**b)** Fotovoltaik modül ince film görünüşleri [86].



#### 4.5.4. Elektrik Akımı Etkisiyle Değişim Gösteren Değişken Geçirgenlikli

##### Camlar

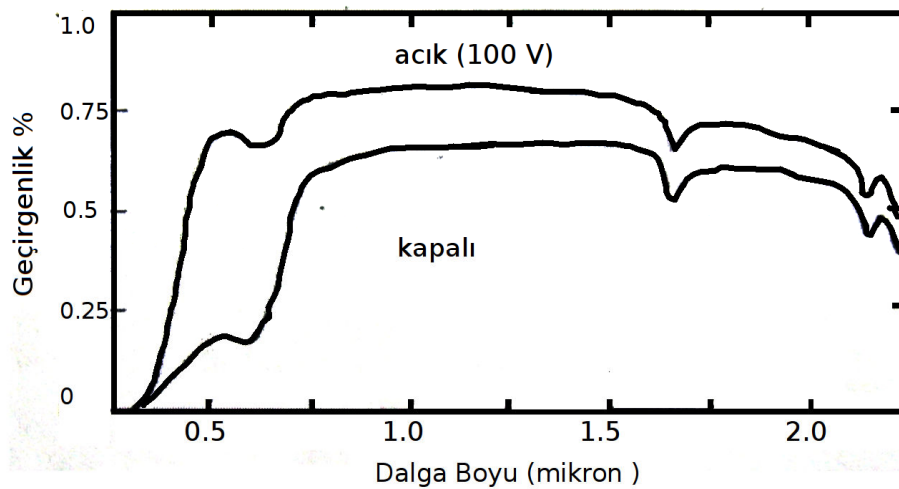
Değişken geçirgenlikli camlar içinde elektrik etkisiyle değişim gösteren yüzeyler “*elektro-optik yüzeyler*” olarak adlandırılmaktadırlar. Bunlar, bir miktar voltaj uygulaması sonunda ışık ya da güneş enerjisi geçişlerinde değişim gösteren cam yüzeylerdir.

Elektro-optik yüzeylerin çalışma prensipleri merkezi bina kontrol sistemleri (BMS) ile ya da cam yüzeyine yerleştirilen mikroçiplerin kontrolüyle gerçekleştirilmektedir.

- **Sıvı-kristal yüzeyler**

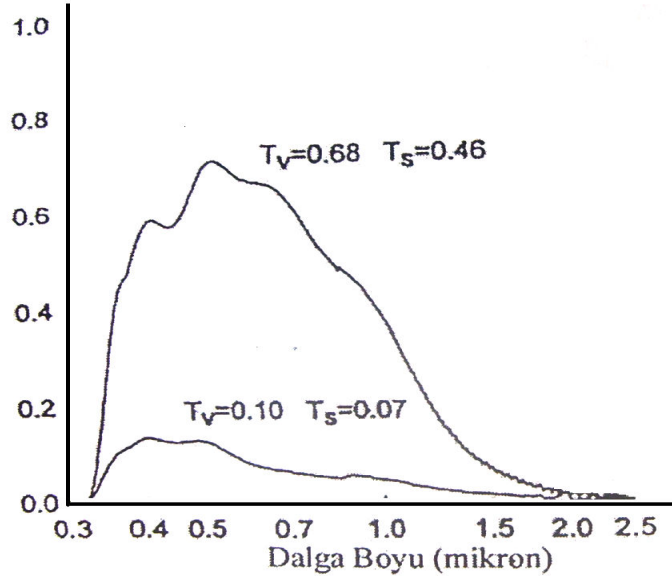
Geniş yüzeylerde çalışma prensiplerinin zorlanması ve dış yüzeylerde de ısı, ışık ve hava şartları gibi çevre koşullarına karşı performansının düşük olması sebebiyle mimaride kullanımları oldukça sınırlıdır.

Bunlar güneş ışığındaki polarize olmuş elektronlarla aynı özelliği gösterirler fakat elektrik enerjisiyle çalışırlar [65]. Voltaj uygulanması olmadığı durumlarda, moleküller tesadüfi olarak hareket ederler. Voltaj uygulaması sonucunda ise moleküller kendilerini sıraya dize ederler, bu da camın opaklaşmasını sağlamaktadır. (Şekil 4.5),



Şekil 4.7. Sıvı-kristal yüzeylerde ışık geçişleri

Mimaride dış duvar kuruluşlarında dijital ekranlar olarak sunulmaktan öteye gidilememiştir.. Fakat iç mekan tasarımlarında, özellikle bölücü eleman tasarımlarında kullanım alanı bulmaktadır.



Şekil 4.8. Elektrokromik camların ışık geçiş diyagramları

- **Elektrokromik Yüzeyler**

Elektrokromik yüzeyler dönüşebilir teknolojilerde en popüler olanlarıdır. Organik, inorganik ve polimer malzemeler ve metal kaplamalar kullanılarak oluşturulurlar. Elektron ve iyonların etkisiyle renk değiştirmektedirler [75]. (Şekil 2.24).

Elektrokromik yüzeylerin çalışma prensibi bir akü gibi iyon geçişleri sayesinde olmaktadır. İki şeffaf iletken, elektrolit ya da iyon kondaktörü, elektrot sayacı ve elektrokromik yüzey olmak üzere beş kadar katmandan oluşmaktadır [75]. Cam ya da plastik yapıda olabilirler. Opak görünüme sahip olanlar mavi renklidir, fakat içeriğindeki karışık oksitler sayesinde daha farklı renklere ulaşabilmektedir [82] [65]. (Çizelge 2.12.) Diğer kromojenik değişkenlere göre avantajlar; düşük voltajlarda çalışabilir olmasıdır (1-5 V). Sadece dönüşüm için enerjiye ihtiyaçları vardır, dönüşüm sonrasında 12-48 h hafızaya sahiptirler. Çalışmalarını etkileyecek sıcaklık sınırları yüksektir (90-120 °C ) [75].

Mimaride kullanım olanakları, iç mekan tasarımlarında özellikle toplantı salonları gibi gerektiğinde opak hale dönüştürülen iç duvarlarda tercih edilirken dış duvar kuruluşlarında panel boyutları küçük olmak şartıyla kullanılabilirler. (Şekil 2.23).

**Çizelge 4.12.** Elektrokromik yüzeylerde geçirgenlik özellikleri [75].

Parametreler	Şeffaf durumda	Opak Durumda
Işık geçirgenliği (g)	0.65-0.50	0.25-0.10
Gölgeleme Katsayısı (Sc)	0.65-0.60	0.30-0.18

#### 4.5.5. Cam Yüzeyler Arası Gaz Karışımları Etkisiyle Değişim Gösteren

##### Değişken Geçirgenlikli Camlar

Cam tabakaları arasında oluşturulan ara maddeler cam kurgunun optik özelliklerine yön verdiği bilinmektedir. Bu ara maddelerin biri de gaz karışımlarıdır. Çoklu cam kurgu arasında hava boşluğu yerine yerleştirilen ısı tutucu, ışık yansıtıcı gibi çeşitli özelliklere sahip gaz karışımları cam kurgunun performansını yükseltmektedir. Bu da cam yapı bileşeninin ısı iletim katsayılarını, ışık geçiş veya yansıtma yüzdelerini etkilemektedir. Değişken geçirgenlikli camların çoklu kurgularının çoğunda gaz oluşumlar vazgeçilmezlerdendir.

Sistem en basitten başlayarak değerlendirildiğinde ilk olarak güneş kontrollü cam kurgu arasına yerleştirilen argon, kripton, ksenon gibi gazlarla oluşturulanlarıdır ki bunlar ülkemizde de kullanılmaktadır. Bir sonraki teknolojileri ise içerisine airojel koyularak oluşturulan kurgulardır. Airojel yapı, gaz karışımının yoğunlaştırılmış halidir. Değişkenlik ve geçirgenlik özelliklerinin artmasını sağlar, fakat maliyeti çok yüksek sistemler olduğundan, dış duvar kuruluşlarında kullanım olanakları kısıtlıdır.

- **Gazokromik Sistemler**

Bunlar termokromik sistemlerin çalışma prensiplerine benzer bir şekilde oluşturulmuştur. Yüzeydeki renk değişimleri yüzeyler arasında gaz kitlelerinin hareketleriyle sağlanmaktadır.

Gazaokromik sistemler, içeriğinde boşluklar yaratmaya yardımcı olan H<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> bulunan ve renk değişiminde yardımcı olan N<sub>2</sub> ve WO<sub>3</sub> metal oksitlerden kurulmuş hafif sulandırılmış gaz karışımlarıyla oluşturulmuş cam kurgulardır [65]. Katmaların kesitlerindeki gaz konsantrasyonu ısı ve ışık değişiminin geçiş derecelerini belirlemektedir.

Sistemin maliyeti dış duvar kuruluşlarında kullanılmasına henüz olanak vermemektedir. Halen deneysel çalışmaları devam eden bu değişken geçirgenlikli cam kurgu, dışarıdan gelen gün ışığının içerisindeki gaz karışımı sayesinde günün yoğun ışık alan zamanlarında yüzeyin renk değiştirmesini sağlamaktadır.

Çalışmanın bu kısmında mimaride, dış duvar kuruluşunda kullanılan veya kullanım olanakları bulunan değişken geçirgenlikli camları ana başlıklarıyla sınıflandırıp, çalışma prensipleri anlatılmıştır. Bu camların sayıları teknolojiyle orantılı olarak her geçen gün artmaktadır. Sunulan bu camların tamamına yakını örneklerden de anlaşılacağı gibi dış duvar kullanımına olanak verecek şekilde kurgulanmaktadırlar. Özellikleri verilen bütün camların mimari kullanımları dışında, performanslarını maksimum gösterebilecekleri farklı alanlarda bulunmaktadır.

Mimaride dış duvar kuruluşunda cam malzemenin ilk kullanımından itibaren kurgusu, işlevi ve tasarımı teknolojinin her türlü olanağından faydalanılarak değişim göstermiş ve bu yönde gelişmeleri de sürmektedir. Camın yapısını farklılaştırarak özellikler yüklemenin amacı, mimaride dış duvar kuruluşlarından beklenen ideal performanslara maksimum yanıt verebilen cephe kurgularına ulaşabilmektir. Bölüm içerisinde incelenen cam kurgularda da görüldüğü gibi teknolojinin sunduğu olanaklar sonucunda cam, dış duvarda hayal edilen yerini bulmuş ve atmosfer şartlarına, rutubet ve neme, yoğuşmalara, yüklere, ısıya, ışığa, sese, yangına, saldırılara, hava kirliliğine ve birçok çevre faktörüne karşı duyarlı, gerektiğinde kendi kendine karar verme yeteneğine sahip yapı bileşenleri haline gelmiştir.

## 5. DIŞ DUVAR TASARIMINDA PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN BELİRLENMESİ

Dış duvarlar; dış ve iç mekan arasında bir sınır oluşturarak insanları dış ortamın etkilerinden korumak işlevi üstlenmişlerdir [47]. Yapıyı çevreleyen bu elemanların, yapı içinde yaşayan insanların gereksinimini olan optimum konfor koşullarının sağlanabilmesi ve sürdürülebilmesi için doğru tasarlanması gerekmektedir.

Peter Rich ve Yvonne Dean (1999)'in kabulleriyle bir dış duvarın aşağıdaki tüm ölçütlere yanıt verebilecek yeterlilikte tasarlanmış olması gerekmektedir;

- Duvar oluşum kategorileri, bir dış duvar hangi kurguda olursa olsun tüm fiziki ve çevresel etkilere cevap verebilmelidir.
- Görünüş tavrı, dış duvar bütün gereksinimlerin yerine getirilmesinin yanında, estetik olarak da kabul edilebilir kuruluşta olmalıdır.
- Yapısal dayanıklılık ve kararlılık, bir dış duvar, kurgusu ve yapım sistemine bağılı olarak yapısal dayanıklılık ve kararlılık göstermelidir.
- Hava engeli, dış yağmur, kar, rüzgar, dolu, don etkisi, güneş, rutubet, nem gibi atmosferik etmenlerden minimum derecede etkilenmelidir. Cephede havalandırma sağlanmalıdır.
- Isıl performans, dış duvar ısı kayıplarına karşı dayanımı yüksek ve gerektiğinde ısı kazancı sağlayabilecek, değışken ısı farklılıkları karşısında genleşme, büzülme sonucu yapı hasarlarına olanak vermeyecek kurguda olmalıdır.
- Hareket, yapısal, ısıl, kimyasal hareketler, nem ve rutubet hareketi sonucu yoğunlaşma ve don etkisi karşısında direnci yüksek olmalıdır.

- Ses engeli, dış duvar havada yayılan sesi yalıtabilmesi ve gürültü kontrolü sağlaması gerekmektedir.
- Güvenlik ve emniyet, ani darbelere karşı dayanımlı olmalıdır.
- Yangın direnci, bina içi ve bina dışında çıkan yangın ve duman etkisi karşısında önlemler alınmış olmalıdır.
- Biyolojik zararlı saldırısı, özellikle nem dengesi bozulduğunda ortaya çıkan mikro-organizmaların oluşumuna izin verilmemelidir.

**Çizelge 5.1.** Dış duvar kuruluşunda performansı belirleyen ölçütler.

<b><i>Kullanıcı İhtiyaçlarına Bağlı Ölçütler</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanıcının biyolojik yapısı</li> <li>• Kullanıcının psikolojik yapısı</li> <li>• Kullanıcının sosyolojik yapısı</li> </ul>
<b><i>Doğal ve Yapay Çevre Etkenlerine Bağlı Ölçütler</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sızıntılar (Hava ve Su Sızıntıları)</li> <li>• Yoğuşma (Rutubet ve Nem Etkisi)</li> <li>• Strüktürel Performans (Yüklerin Etkisi)</li> <li>• Isıl Performans (Isıl Genleşmeler, Isı Yalıtımı)</li> <li>• İşitsel Performans (Ses yalıtımı)</li> <li>• Güneş Kontrollü (Işık Geçirgenliği, Renk ve Yansıma)</li> <li>• Yangın ve Duman Korunumu</li> <li>• Temizlik ve Bakım</li> <li>• Koruma ve Güvenlik</li> </ul>
<b><i>Üretim Kaynaklarına Bağlı Ölçütler</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uygulama ve montaj tekniklerinin doğru seçilmesi</li> <li>• Üretim şekilleri</li> </ul>
<b><i>Politika, Yasa ve Kurumlara Bağlı Ölçütler</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genel yapı üretim politikalarından kaynaklanan</li> <li>• Zorunluluklardan (Yönetmeliklerden) gelen</li> <li>• Kurumlara Bağlı</li> </ul>

Ülkemizde değişken geçirgenlikli cam ünitelerin yapı dış duvar kuruluşunda bir cephe bileşeni olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte cam malzemenin beklenenler, klasik pencere camından beklenen performansı aşmıştır. Bu cam yüzeylerin kullanıcı istekleri, doğal ve yapay çevre şartları, üretim kaynakları ve toplum kabullerine yanıt verebilecek nitelikte tasarlanması gerekmektedir.

Cam ünitelerin taşınmasını sağlayan süstrüktürel sistemlerin tercih ve özelliklerinden kaynaklanan nitelikleri de göz önünde bulundurursak, cam dış duvar kuruluşu tasarımında, performansı belirleyen ölçütler Çizelge 4.1. de sunulduğu şekilde değerlendirilmektedir. Oluşturulan dış duvar ne şekilde kurgulanırsa kurgulansın

yerine getirmesi gereken optimum şartlar ve ısı, ses, yangın, ışık, yükler vb. gibi parametreler karşısında elde edilen performansın yeterliliğın sağlanması için kurgu içerisinde alınması gereken önlemler vardır.

### **5.1. DIŞ DUVAR TASARIMINDA KULLANICI İHTİYAÇLARINA BAĞLI ÖLÇÜTLER**

İnsanın biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısı dış duvar tasarımını etkilemektedir [72]. Kullanıcı tarafından dış duvar kuruluşundan beklenen, yaşanan mekanda optimum konfor koşullarının sağlanmasıdır.

Kullanıcının biyolojik yapısı yani, yaşı ve fiziksel özellikleri önemlidir. İnsanın derisi, sinir sistemi ve solunum sistemi yaşadığı ortam ile birebir ilişki içerisinde. Bu yüzden yaşanan mekanlarda insanın fiziksel yapısına uygun tasarım yapılmalı; kullanıcı konforu açısından yeterli ve iyi bir ışık, gürültü kontrolü ve uygun havalandırmanın sağlanması gerekmektedir.

Kullanıcının sosyolojik yapısı yaşadığı ortamın şekillenmesinde bir etkidir. Sosyolojik yapı altında grup yapısı, din örf-adetler, gelenek ve görenekler, iç-dış sosyal ilişkiler, eğitim (meslek), toplumsal ilişkiler ki bunun altında mahremiyet ve mimari akımlar değerlendirilebilir. Tüm bu olgular dış duvar kuruluşunda biçim ve oranları etkilemektedir [48]. Cephe tasarımda kullanıcının sosyolojik ilişkilerine, farklı yöre ve inançların etkilerine, kültürel yapıya dikkat edilmelidir.

Bir başka nokta da kullanıcının psikolojik yapısıdır. İnsanın yaşadığı mekân, mekân giren renk, ışık, ses, temiz hava miktarı kullanıcının psikolojisini doğrudan etkiler [49]. İnsanın davranış biçimleri, uyum biçimleri, zihinsel gelişme, eğitim (Meslek), fizyolojik güdüler psikolojik yapısını dolayısıyla yaşadığı mekân da kullanıcının çalışma verimini, çevreyle uyumunu etkilemektedir.

## 5.2. DIŞ DUVAR TASARININDA DOĞAL VE YAPAY ÇEVRE ETKİLERİNE BAĞLI ÖLÇÜTLER

Dış duvarda atmosferik olaylar, sistem seğıimi, üretim, kullanılan malzemenin niteliği, bulunulan iklim koşulları, güneş etkisi, montaj teknolojileri, kabuller ve işçilik tasarımın oluşumunda ve kullanım süresince konfor koşullarının sağlanmasında önemli etkenlerdir. Bu sayılanların dış duvar kuruluşuna etkisi ve alınması gereken önlemler aşağıda verilmektedir.

### 5.2.1. Sızıntılar (Hava ve Su Etkisi)

Bir dış duvar düşey ya da düşeye yakın olması sebebiyle atmosfer yaĐıŐlardan önemli ölçüde etkilenmez, fakat bulunduğu bölgedeki yağış rejimi, yer altı su seviyesi, su basıncı, su baskını (sel), kirli sular, sızıntı, akma ve sıçramalar karşısında cephe kurgusunda önlemler alınmalıdır. [48]. Dış duvar tasarımında dikkat edilmesi gereken yüzeye çarpan suyun emilimi ve akarken suyun oluşturduğu kanalların etkisidir.

#### *a) Dış duvarlarda atmosfer yağışlarıyla oluşan su sızıntıları karşısında;*

- Bir dış duvarın; tasarım aşamasında iken, bünyesine su almayacak ya dalınan suyu tahliye edebilecek bir sistem olacağına karar verilmelidir. Buna kararı verebilmek için kullanılan sistemin ve malzemelerin su geçirgenlik grubu ve bölgenin yağış oranları bilinmelidir.
- Uygulanması gereken sistem ne şekilde olursa olsun, yaĐıŐla gelen suyun duvar yapısında bozulmalara olanak vermeden uzaklaştırılması gerekir. Duvarın kuruluşu ve malzemenin yapısı sızıntıların önlenmesinde önemli bir faktördür. Atmosfer yağışlarıyla oluşan suyun yüzeyden uzaklaştırılması için düşeye ve yatayda kanallar (çörttenler) oluşturulmalıdır. Cam dış duvar kuruluşlarında bu kanallar sistem içerisinde düşünölmeli, her kat hizasında taşıyıcı profiller arasında bulunmalıdır. faktördür. Atmosfer yağışlarının özellikle de yağmur suyunun cephe yüzeyinde oluşturduğu kanallar duvar-kasa, kasa, kanat- kanat arası sorunlu bölgeler oluŐmasına sebep olur [50]. Oluşan sorunlu bölgelerde sızıntıları ve infiltrasyon kayıplarını önlemek için fitiller ve silikondan yapılmış contalar kullanılmalı, derzler ıslak veya kuru



olmak üzere sızıntılara karşı kontrollü oluşturulmalıdır [51]. Az katlı binalarda saçak kullanımı cepheye gelen yağmur suyu miktarında azalmaya yardımcı olur fakat çok katlı binalarda bu çözüm yeterli değildir. Üzerinde korniş ve profiller bulunan cephe tasarımları, suyun yüzeyde tutulmasını kolaylaştırdıklarından dikkat edilmesi gereken unsurlardandır [52].

- Atmosfer yağışlarıyla oluşan suyun yüzeyden uzaklaştırılması için düşeye ve yatayda kanallar (çörtenler) oluşturulmalıdır. Cam dış duvar kuruluşlarında bu kanallar sistem içerisinde düşünülmeli, her kat hizasında taşıyıcı profiller arasında bulunmalıdır.
- Yağmur suyuna maruz kalan dış duvarların dış ve iç yüzeyleri arasında oluşan farklı basınçlar bulunmaktadır. Farklılık, bulunduğu konuma ve binanın yüksekliğine bağlı olarak değişir. Yüzeye düşen yağmur suyu miktarının basınç alanlarıyla orantısını gösteren bir Çizelgedur [53]. Sistemler tasarlanırken özellikle yüksek katlı binalarda türbülans etkisinden dolayı suyun basınçla yukarı doğru hareketi, detaylarda dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Cam dış duvar kuruluşlarında her kat hizasında taşıyıcı sistem içerisinde açılan kanallar suyun yükselmeden tahliye edilemesini sağlamaktadır. Cam ile oluşturulan dış duvar kuruluşlarında oluşturulan kanallar atmosfer yağışları karşısında yeterli yalıtım sağlamamaktadır. Bu yüzden bina cephesi boyunca tüm profiller ve duvar bileşenleri arasına su geçirmezliğini sağlayan yalıtım membranı kaplanmalıdır.

***b) Dış duvarlarda kapilarite yoluyla oluşan su sızıntıları karşısında;***

- Suyun duvar yüzeyinde hasara sebep olmaması için detay tasarımında bu unsurun dikkate alınması, zemin suyunun dış duvardan uzaklaştırılması gerekmektedir.
- Deniz kenarında ve men oranının yüksek olduğu bölgelerde yapılan projelerde, özellikle hafif metal cam dış duvar kuruluşlarında kapilarite yoluyla biriken tuz ve sülfat yapı cephesine zarar verir. Bu konuda önlemler alınmalıdır.

**c) Dış duvarlarda hava sızıntısı karşısında:**

- Enerji kaybının kontrol altına alınması ve iç mekanda yaşayanların konfor düzeyinin sağlanabilmesi için, bina iç ve dış mekanı arasındaki basınç farklılıklarının oluşturduğu hava hareketlerinin önlenmesi gerekmektedir. Doğramada yalnızca ısı yalıtımının olmasının Hiçbir anlamı yoktur; bütününde hava sızıntılarına (infiltrasyon kayıplarına) karşı önlemler alınmalıdır. Su sızıntılarında kullanılan fitiller ve silikon contalar, hava sızıntılarının önlenmesi için yeterlidir, fakat bu konuda en önemli faktör işçilik kalitesidir.
- Özellikle endüstri bölgelerinde bulunan SO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> gibi gazlar yağmur, sisli havanın nemiyle birleşerek aside dönüşürler ve yağışlarla birlikte dış cephe yüzeyine zarar veriler. Duvar yüzeyinde çevre kirliliğinin özellikle de emisyonların, cephe yüzeylerinde neden olabileceği hasarlara karşı dayanım gösteren malzemeler seçilmelidir [47].

**5.2.2. Yoğuşma (Rutubet ve Nem Etkisi)**

Yaşadığımız mekanların tümünde sürekli olarak su buharı oluşmaktadır bir hacimdeki rutubet miktarı arttıkça konforsuzluk meydana gelmektedir. İdeal oran, bağıl nem miktarının %50 - %60 olmasıdır. Ancak, rutubet oranının % 20'nin altında olduğu ortamlarda insanlar solunum problemleri yaşamakta, % 75'in üzerine çıktığında ise mantar, küf gibi bakterilerin üremesine olanak sağlayan ortamlar oluşmaktadır [54].

**Çizelge 5.2.** Basınç alanına düşen yağmur suyu miktarı [53].

600 N/m <sup>2</sup>	60 mm su
1000 N/m <sup>2</sup>	100 mm su

Dış duvarlarda suyun buharlaşarak yüzey üzerinde hareket etmesi duvar tasarımını etkiler. Bu su buharının, duvar içerisinde hareketin 0 °C ye ulaştığı noktada yoğuşma (kondensasyon) meydana gelir. Yoğuşmaya izin vermemek için, iç ve dış sıcaklık arasındaki farkla su buharı basıncı arasında denge olmalıdır (Eriç 1994). Dış duvarda kullanılan malzemenin ısı tutuculuk değeri ile doymuş buhar basıncı arasında bir oran olmalıdır bunlar Çizelge 4.3. de sunulmuştur [55]. Duvar kurgularının oluşturduğu farklı ısı geçirgenlik değerlerine göre iç mekanda farklı ne yüzdesi

oluşmaktadır (Çizelge 4.4).

**a) Duvarın sıcak yüzeyinden su buharının duvara girmesi;**

- Duvarın yapısında deformasyon etkisi yapmayacak miktarda su buharı ve nem geçişlerine olanak sağlanmalıdır.
- Dış duvarların sıcak yüzünde buhar tutucu örtüler, ısı bariyerleri uygulanmalı, Ya da hava yastığı oluşturmalıdır.
- Çevre sıcaklığı göz ardı edilmeksizin kullanılan malzemenin yüzey sıcaklığı da seçim kriterlerinden biri olmalıdır.

**b) Yoğuşma (Kondensasyon);**

İklim şartlarına uygun projelendirme yapılmalı, duvar yüzeyinde kesinlikle yoğuşmaya izin verilmemelidir. Oluşan yoğuşma suları kesinlikle yüzeyden uzaklaştırılmalıdır.

- Kondensasyon duvarın sıcak olan tarafında meydana gelir. Buna engel olabilmek için havadaki mevcut rutubeti ve iç-dış sıcaklık arasındaki farkı azaltmak gerekir (Çizelge 4.3), [56, 57].
- Dış duvar kuruluşlarında kullanılan su korunum bariyerleri, rutubet ve nem etkisi karşısında yeterli olmamaktadır. Kondensasyon karşısında ek önlemler alınmalıdır. Özellikle hafif metal dış duvar kuruluşlarında yoğuşma, sisteme direkt etkisi olan parametrelerden birisidir. Bu durumda alınması gereken önlemler;
- Cam yüzeylerde kuru hava boşluklu çift cam uygulamaları vizyon kısımlarda yoğuşma sorununa büyük çözüm getirmiştir (Çizelge 4.6.), [56].
- Cam yüzeyler ile doğramalar arasına bütül bant geçirilmeli, duvarla birleştiği noktalara mutlaka silikon çekilmelidir.
- Cam dış duvar kuruluşlarında taşıyıcı profiller ile tespit profilleri arasına fitiller yerleştirilmelidir. Sistem içerisinde biriken yoğuşma suyunun dışarı atılması için kondens kanalları oluşturulmalıdır.
- Oluşturulan parapet boşlukları mutlaka havalandırılmalıdır. Kullanılan ısı yalıtımının iç yüzeyine buhar kesici yerleştirilmelidir. Parapet boşluğu içinde

oluşan yoğuşma suyu mutlaka dışarı atılmalıdır

**c) Havanın nemi ve hidrotermik olaylar,**

- Dış duvarda oluşturulacak havalandırılma sistemi veya klimatizasyon sistemi yardımıyla mekan içerisindeki nem dengesi sağlanmalıdır.
- Kullanılan malzemenin ısı tutuculuk değerleri ile doymuş buhar basıncı arasında bir oran olmalıdır (Çizelge 4.3.).

**Çizelge 5.3.** Farklı ısı geçirgenlik (U) değerlerine göre iç mekanda görülen nem yüzdesi [54].

U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	İç tabakanın yüzey Isısı ( °C )	Ortaya çıkan nem (%)
5.8	-1	Buz
3.0	+9	48
1.9	+14	63
1.6	+15	68
1.3	+16	73
1.1	+17	77
0.9	+18	81
0.6	+19	87

**Çizelge.5.4.** Bazı mekanlarda eylemlere bağlı olarak oluşan su buharı oranları (g/h) [58].

Mekan	Su buharı g/h
İnsan/ortalama çalışma	100
İnsan/uykuda	50
Banyoda/yıkanma	1000
Duş yapma	1500
Piştirme	400-1000
Ev bitkileri	-5

**Çizelge5.5.** Çeşitli sıcaklık derecelerine göre farklı doymuş buhar basıncı değerleri [52, 59].

°C	Doymuş su buharı miktarı (g.m <sup>-3</sup> )	Doymuş buhar basıncı (p <sub>s</sub> ) mmHg									
		.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
-20	0.88	102	101	100	99	99	98	97	96	95	94
-10	2.13	260	257	255	252	250	248	245	243	241	239
-5	3.25	401	397	394	391	388	384	381	378	375	371
0	4.87	611	606	601	596	591	586	581	576	572	567
5	6.84	872	879	885	891	897	903	909	916	922	928
10	9.49	1228	1236	1244	1252	1261	1269	1277	1286	1295	1304
15	13.02	1705	1716	1727	1739	1749	1760	1772	1783	1796	1806
20	17.67	2338	2352	2366	2381	2395	2410	2426	2441	2456	2472
25	23.75	3165	3186	3205	3224	3244	3263	3283	3301	3321	3341
30	31.65	4242	4268	4292	4317	4341	4366	4390	4416	4441	4466
35	41.92	5624	5654	5685	5717	5749	5781	5813	5845	5877	5909

**Çizelge 5.6.** Farklı cam ünitelerinde iç yüzeyde yoğuşma başlangıcı dış hava sıcaklık dereceleri [60].

Cam ünite cinsi:	Isı geçirgenlik (U) değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Oda içi bağıl nem (%)	İç hava sıcaklığı (°C)	Dış hava sıcaklığı (°C)
Tek cam	5.8	50	20	+5
Hava dolgulu standart yalıtım camı (6+12+6)	3.0	50	20	-10
Hava dolgulu Low-E yalıtım camı (6+12+6)	1.8	50	20	-30
Argon dolgulu Low-E yalıtım camı (6+12+6)	1.4	50	20	-45

### 5..2.3. Strüktürel Performans

Dış duvarın performansını belirleyen parametrelerin en önemlilerinden biri de yapıya etkileyen dış yükler olup yatay ve düşey yükler olmak üzere iki grupta değerlendirilebilirler.

**1) Yatay yükler;** (Deprem ve rüzgar yükleri dış duvara etkileyen yatay yüklerdir.)

- Deprem yükleri karşısında yönetmeliklerde belirtilen şartlara uygun

projelendirme yapılmalıdır. Dış duvar kuruluşlarında özel şartnamelerle belirtilen sehim oranlarına uyulmalıdır. Duvar boşluklarına gelen deprem yükleri taşıyıcı sisteme aksamadan iletilmesi ve köşe noktaların desteklenmesi gerekmektedir [61].

- Cepheler rüzgar yüklerine dayanacak dirençte olmalıdır. Yüksek katlı ve birbirine yakın binalarda türbülans etkisi dikkate alınmalıdır. Bu etki bina içerisinde salınma ve malzemede yorulma gibi sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Çizelge 4.8. de binaların yüksekliklerine bağlı olarak belirlenen rüzgar hızı ve yükleri verilmiştir.
- Cam dış duvarlarda rüzgar yükleri cam malzemenin kırılma indisinin yüksek olmasından dolayı önemli bir parametredir. Sistem tasarımında rüzgar yükleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalı, taşıyıcı sistem elemanları standartlara göre belirlenmelidir. Çizelge 4.7. de cam üzerinde oluşan rüzgar yükleri verilmiştir.
- Rüzgar ve deprem yüklerinin fazla çıktığı durumlarda, doğrama içerisine çelik kutu profiller yerleştirilerek taşıyıcı sistem desteklenmelidir.
- Rüzgar kuvvetleri sonucunda cephelerde sürekli bir salınım söz konusudur. Bu salınımı zararsız hale getirmek için uygun genleşme derzleri bırakılmalıdır. Cam dış duvar kuruluşlarında taşıyıcı sistem içerisinde ısıl genleşmeler için ayrılan derzler ve boşluklar rüzgar hareketlerini dengelemek içinde yeterlidir. Çizelge 4.9. da cam cinsi ve menset aralıklarına göre izin verilen sehim oranları verilmiştir.
- Rüzgar yüklerine karşı kullanılan cam ünitenin direnci hangi kenarda ve hangi sistemde taşındığı, cam kalınlıkları ve pano büyüklükleri, temperleme ve laminasyon işlem türü, çok katlı yalıtım camı olup olmadıkları gibi verilere bağlı olarak saptanır [56]. Rüzgar yükleri de dikkate alınarak Türkiye'de üretilen pencere camı boyutları Çizelge4.10. da verilmiştir.
- Dış duvarların maruz kaldıkları ani darbe ve çarpmalar sonucu oluşan yatay yüklere karşı; malzeme seçiminde bu unsur dikkate alınmalıdır. Bu darbelerin sertliği sonucunda yüzeyde oluşacak olan oyuk ve çentiklerin derinlikleri malzeme yüzeyinin karakterine bağlı olarak değişim göstermektedir, fakat bunun duvar yüzeyinde yapısal bozulmalara olanak

vermeyecek ölçülerde olması beklenir [48].

**II) Düşey yükler;** (cephe konstrüksiyonunun kendi yükü (xati ağırlığı) ve kar yükü dış duvarı etkileyen düşey yüklerdir)

- Sistemde elde edilen performansının yüksek olması için, cephenin ve binanın birbütün halinde hareket etmesi gerekir. Cephe konstrüksiyonunun hareketlerine ana taşıyıcı sisteme aktaran bağlantı elemanları doğru detaylandırılmalı ve kesinlikle kondensasyona izin verilmelidir [62].
- Özellikle 90 °C' den farklı dış duvar kuruluşlarında yapının bulunduğu iklim bölgesine bağlı olarak projelendirme esnasında kar yükleri dikkate alınmalıdır.
- Sonradan cephe yüzeyine takılan hafif ağırlıkta mobilyalar, yazı Çizelgeları,servisboruları, yangın söndürme aletleri, sanat eserleri gibi birçok parçanın yüzey üzerinde taşınabilmesi ve deformasyona izin vermemesi için yük hesaplarına katılması gerekmektedir [48]. bu tür mobilyalar, cam dış duvar kuruluşlarında sistemin strüktürünü etkilediğinden tasarım aşamasında yerleri belirlenmeli ve ona uygun detaylandırmalar yapılmalıdır.

**Çizelge 5.7.** Değişik rüzgar hızlarının cam üzerinde oluşturdukları yük değerleri [49].

Rüzgar hızı M/s	Rüzgar yükü N / m <sup>2</sup>	Rüzgar hızı M/s	Rüzgar yükü N / m <sup>2</sup>
28	670	42	1510
30	770	44	1660
32	880	46	1820
34	990	48	1980
36	1110	50	2150
38	1240	52	2320
40	1370		

**Çizelge 5.8.**Bina yüksekliğine bağlı olarak belirlenen rüzgar hızı ve yükü [63].

Bina yükseliği: (m)	Rüzgar hızı (m/s)	Yük (kg/m <sup>2</sup> )
<8	28.3	50
8-20	35.8	80
20-100	42.0	110
>100	45.6	130

**Çizelge 5.9.** Binalarda cam cinsi ve mesnet aralıklarına göre izin verilen sehim aralıkları [51].

Cam ünite cinsi	Cam yükü (kg/m <sup>2</sup> )	Mesnet açıklığı (m)	İzin verilen sehim
Tek cam	15	<3.0	$\leq L/300$
		>3.0	$\leq L/300$
Çift cam	30	<3.0	$\leq L/200, \leq 8\text{mm}$
		>3.0	$\leq L/300, \leq 8\text{mm}$

**Çizelge 5.10.** Ülkemizde üretilen pencere camı boyutları [64].

Cam kalınlığı	Cam boyutları (cm)	Cam yüzeyi (dm <sup>2</sup> )
2	300x100-110x160	30-176
3	80x160-125x200	128-250
4	115x180-160x200	207-320
5	150x200-230x200	300-460
6	220x200-230x200	440-460
7	150x200-200x300	300-600

#### 5.2.4. Isıl Performans

Duvar içindeki ısı hareketleri iç ve dış mekanda maksimum ve minimum sıcaklıklar arasındaki hızlı değişimler sonucu oluşmakta ya da duvarın dış yüzeyinde tekrarlanan atmosferik koşullardan kaynaklanmaktadır. Bir dış duvar kuruluşunda dış yüzeyin sıcaklığı, yapının bulunduğu bölgeye, kullanılan malzemenin özelliğine, güneş geliş açısına göre değişim gösterirken, iç yüzey sıcaklığı ise kullanıcıların günlük etkinliklerine bağlıdır [53]. Yapıda ısı konforunun sağlanması, dış ortam



sıcaklığı, iç hacim sıcaklığı, iç hacim duvar yüzey sıcaklığı, iç hava rölatif rutubet derecesi ve hava hareketleri faktörlerine bağlıdır [55]. Yapı içi ve yapı dışı arasındaki ısı farklarını yapı kabuğundan kullanılan malzemenin karakterizasyonu etkiler. Bu geçişlerin istenilen seviyelerde kalması için duvarlarda ulaşılması gereken ısı geçirgenlik değerleri standartlarca belirlenmiştir. Kurgulanan dış duvar bu değerleri yakalamış olmak zorundadır [65].

#### **I) Isıl genleşmeler;**

- Dış duvar kuruluşunda taşıyıcı sistem içerisinde (özellikle genleşme oranı yüksek hafif metal sistemlerde) ısı genleşmelere bir miktar olanak sağlayacak boşluklar ve derzler bırakılmalıdır. Genleşmeler genellikle güneş radyasyonuna maruz kalmalar sonucunda ortaya çıkmaktadır.
- Isıl genleşme katsayısı birbirinden farklı olan ürünler beraber kullanıldığında veya katsayısı yüksek bir ürün bölüntüsüz kullanıldığında iç gerilmeler sonucu kılcal çatlaklar oluşur. Bu nedenle kullanılan ürünlerin ısı iletim ve genleşme katsayılarının bilinmesi gerekir [49].
- Cephe boşluklarında kontrolsüz ve yanlış seçilmiş cam üniteler kullanıldığında ısı gerilmeler camın patlamasına sebep olmaktadır. Camlarda ısı gerilmeler sonucu oluşacak kırılmaları önlemek ve kontrol altına almak için, ısı işlemlere tabi tutulmuş camlar kullanılmalıdır [5].

#### **II) Isı yalıtımı;**

- Dış duvarlarda mutlaka ısı yalıtımı yapılmalıdır. Sistem içerisinde ısı geçirgenlik değerleri (U veya k ) düşük olan malzemeler ve üniteler tercih edilmelidir [50]. Çizelge 4.11. de dış duvar boşluklarında kullanılan değişken geçirgenlikli cam ünitelerin ısı performansları ısı geçirgenlik değerleri verilmiştir.
- Dış duvar boşluklarında hava tabakalı cam üniteler, ısı transferinin kontrol altına alınmasını sağlamaktadır. Cam yüzeylerde mutlaka ısı kayıplarını önleyen düşük emisyonlu kaplamalar kullanılmalıdır. Cephe yüzeyinde açılan kanatlar ısı kayıplarını artırmaktadır. Cam ünitelerde optimum hava boşluğunun 12-25 mm arasında olması en uygun çözümdür [66].

Daha büyük boşluklarda hava hareketleri görülmektedir. İç ortam sıcaklığı mekanik sistemlerle sabit tutulduğu binalarda, ısı kaybı cam cephe alanı ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

- Dış duvar kuruluşlarında doğramalardan kaybedilecek ısı kayıpları tolere edilebilecek seviyelerdedir fakat, doğramada mutlaka sızdırmazlık profilleri kullanılmalıdır.
- Cam dış duvar kuruluşlarında spandrel (Parapet) bölgelerinde mutlaka ısı yalıtım tabakaları kullanılmalıdır. Parapetsiz çözümlerde de mutlaka ısı yalıtım profilleri kullanılmalıdır.

**Çizelge 5.11.** Farklı özellikteki camların termal optik ve solar özellikleri [67].

Cam ünite tipi	d (mm) cam panel ve boşluk kalınlığı	U (W/m <sup>2</sup> K) ısı geçirgenlik değeri	Tee solar ışık geçirimsizliği	g enerji geçirimsizliği
Hava doldurulmuş çift cam	4-12-4	2.9	0.63	0.67
Argon doldurulmuş Low-E kaplamalı çift cam	4-16-4	1.3	0.42	0.53
Argon doldurulmuş Low-E kaplamalı çift cam	4-8-4-8-3	0.7	0.28	0.35
Kripton doldurulmuş Low-E kaplamalı çift cam	4-24-4	0.8	0.45	0.50
Aerojel doldurulmuş çift cam	9	0.3-0.6	0.32-0.40	0.35-0.40
Vakumlu cam	4-50-4	1,3-1.4	0.67	0.67
PC balpeteği doldurulmuş çift cam	4-100-42-9	0,8-0.9	0.64	0.64

### 5.2.5. İşitsel Konfor (Ses Yalıtımı)

Konfor düzeyi ile ilgili konulardan birisi de gürültü kontrolüdür. Gürültü düzeyi ve süresi konfor koşulları için önemlidir. Çizelge 4.12. de gürültü düzeyleri ve bunların algılanması görülmektedir. Sesin yayılma hızı hava sıcaklığına göre değişir. Sıcaklık arttıkça sesin yayılma hızı da artar [48]. Ses yalıtımı yapabilmek için prensip, ses dalgalarının bir yüzeyde durdurulması veya sönmümlendirilmesidir.

### **I) Yapı dışında oluşan gürültüler;**

- Dışarıdan gelebilecek gürültülere karşı mutlaka yalıtım sağlanması gerekmektedir .Bunun için dış duvar kurgusunda ses yalıtım bariyerleri kullanılmalıdır. Gürültü düzeyinin yüksek olduğu durumlarda duvar boşlukları (pencere alanları) küçük tutulmalı, doğramalarda ses kırıcılar kullanılmalıdır.
- İşitsel konfor koşullarının sağlanmasında ses kontrolü, bilinçli cam seçimiyle ilgilidir. Cam ünitede gürültüye karşı farklı kombinasyonlarda cam kullanımına gidilmesi ya da gürültü yalıtımı için geliştirilmiş endüstriyel camlama elemanları ve kaplamaları kullanılmalıdır. Laminasyonlu camlar seslerin cam yüzeyinde 1-2 dB tutulmasını sağlamaktadır [5]. Gürültü kontrolü için en pratik çözüm cam kalınlığının artırılması, üçlü cam sistemine geçilmesi, laminasyonlu camlar tercih edilmesi ve hava boşluğunun artırılmasıdır. Kasa kanat arasında infiltrasyon (hava geçişleri) için kullanılan elastik ban ve fitiller ses yalıtımını da sağlamaktadır.

**Çizelge 5.12.** Çeşitli camların gürültü yalıtım yaklaşık değerleri

12 mm. tek cam	31 dB
10 mm. Tek cam	30 dB
[1]mm. Tek cam	27 dB
6+12+[1]mm. Düzeninde oluşturulmuş ısı yalıtımı çift cam	29 dB
6+20+[1]mm. Düzeninde yerleştirilmiş aralıklı cam	41 dB
[1]mm. Laminasyonlu cam	29 dB

### **II) Yapı içinde oluşan gürültüler;**

- Kat aralarındaki bağlantılar, boşluk ve kanallar ses geçişlerinin olduğu bölgelerdir. Birleşim yerleri fazla ses geçişlerine karşı kapatılmalıdır [48]. Hafif metal cam dış duvar kuruluşlarında taşıyıcı sistemin titreşimleri bir zaman sonra gürültü olarak yayılır; bunu önlemek için ses tutucu levhalar kullanılmalıdır. Doğramalarda silikon, elastik macunlar ve özel fitiller kullanılarak titreşimin bir bölümü yutulabilir.

- Kullanılan malzemenin gürültü geçirgenlik değerlerine dikkat edilmelidir.

Çizelge 4.12 de dış duvar kuruluşunda kullanılan çeşitli cam kurguların gürültü geçirgenlik değerleri verilmektedir. Ayrıca, iç mekanlarda ses emici malzemeler kullanılmalıdır.

#### **5.2.6. Güneş Kontrolü**

Güneş ışınları içinde ısı enerjisi taşıyanlara; kızıl ötesi ya da enfraruj denir. Bunlar çarptıkları yüzeylerin renklerine göre ısıtır, sıcaklığını artırır ve genleşmesini neden olur. Güneş ışınlarından renk giderici olanlarına; ultraviyole ya da mor ötesi ışınlar denir. Bunlar atom yapısını bozarak eskimeye ve renk değiştirmeye sebep olmaktadır [68]. Güneş ışığının geçirgenlikli ve güneş ısısının geçirgenlikli güneş ışığının dalga boyu aralıklarına bağlıdır ve % olarak ifade edilmektedir [68].

##### ***I) Gün ışığının ısı etkisi (IR-Enfraruj);***

- Isıl performansın yüksek olaması için güneş ışığının ısı etkisi karşısında gereken önlemler alınmalı ve mutlaka düşük emisyonlu malzemeler tercih edilmelidir.
- Işık geçirgenliği / Güneş radyasyon ısısı geçirgenliği' orantısının yüksekliği, dış duvar boşluklarında kullanılan camın ya da ünitenin güneş kontrol performansının yüksekliğini ifade eder [68]. Elde edilen performansın yüksek olması için güneşin radyasyon ısının duvar yüzeyinden mümkün olduğunca uzak tutmak gerekmektedir. Bunun için cam malzemenin dışında dış duvar yüzeyinde de güneş kırıcı ek önlemler alınmalıdır.

##### ***II) Güneş ışığının renk ve yansıma etkisi (UR-Ultraviyole);***

- Kimyasal ve mekanik bozulmalara sebebiyet vermemek için, dış yüzeyler doğrudan gün ışığına maruz bırakılmamalıdır. Bunun için gerektiği kadar ışığın içeri alınıp, kamaşma ve soldurma etkisini azaltıcı cephe elemanları kullanılmalıdır. Bunlar duvar dış yüzeyinde düşey- yatay gölgelendirme elemanları, duvar iç yüzeyinde perdeleme önlemleridir. Cephe sistem kararları sırasında binanın konumu, bulunduğu iklim koşulları ve diğer veriler değerlendirilerek bunların yerlerine ve niteliğine karar verilmelidir.

- Cam dış duvar kuruluşlarında mutlaka güneş kontrol kaplamaları tercih edilmelidir. (Rich ve Dean 1999). Binanın yeri, yönü, konumu ve içerideki fonksiyonlara bağlı olarak cam yapı cephesi içerisinde kullanılan kaplamaların cinsi ve rengi mutlaka uzman yardımıyla seçilmelidir. Cephe yüzeyinde kullanılan güneş kontrol kaplamaları estetik bir unsur değildir [84].

### **5.2.7. Yangın ve Duman Korunumu**

Dış duvar kuruluşunu ilgilendiren yangın yayılımının ana etkeni radyasyondur. Yangının radyasyonla yayılması ısıl radyasyonla olur. Yapıyı etkileyen yangın; yapı dışı ve yapı içi olarak iki grupta değerlendirilir. Yapı dışında oluşan yapıya ulaşmasını ve yapıyı etkilemesini önlemek, yapı içinde oluşan ise yapının tümünü yayılmasını engellemek için önlemler alınmalıdır [49]. Yangına karşı alınması gereken önlemler yangın şartnameleriyle belirlenmiştir.

#### ***I) Yapı dışı Yangınlar;***

- Yapının kullanım amacına bağlı olarak yangın yönetmeliklerindeki grubu belirlenmeli ve gereken şartlara mutlaka uyulmalıdır. Dış duvar kuruluşunda, kolay yanan veya yanma sırasında aşırı toksit atık çıkarabilecek madde içeren yapı bileşeni ya da malzemesi yer almamalıdır [48].
- Cephede mutlaka yangına karşı dayanımlı (laminasyonlu, temperli ya da ısıl işlemlere tabi tutulmuş) camlar kullanılmalıdır. Cephede kullanılan açılabilir kanatlar yangın yayılımını artırmaktadır.

#### ***II) Yapı içi Yangınlar;***

- Yanma sırasında radyasyon yayan alanının boyutları kontrol altına alınmalı, duvar yüzeyi alevlere karşı korunumlu olmalı, kontrolsüz ısıl geçişlere izin verecek kurgular oluşturulmamalıdır [48].
- Cam dış duvar kuruluşlarında taşıyıcı sistem arasında kalan boşluklar baca etkisi yapar. Bu da yangının ve dumanın kolay yayılımına sebep olur. Önlem için her kat arasında duman bariyerleri kullanılmalıdır. Bunlar da giriş ve yatay taşıyıcılar hizasından duman kontrolünü sağlamak için silikonlanmalıdır [61].

- Bağlantı elemanlarının tümünün yangına karşı dayanımları yüksek olmalıdır.

### 5.2.8. Temizlik ve Bakım

Yoğun kentleşme sonucunda oluşan çevre kirliliği günümüzde bina cephelerini tehdit eden sorunlardan biri durumundadır. Kent içi yerleşimlerinde özellikle gelişmekte olan kentlerde; toz, taş, kum, çamur gibi maddeler yapı içine ve yapı dış yüzeyine zarar vermektedir. Yoğun yağış alan bölgelerde atmosfer yağışlarının cephede yaptığı kirlilik, yapı dış yüzeylerinde rüzgarın da etkisiyle lekelenmelere, aşınmalara sebep olmaktadır. Binanın cephesinin kirlenmesi rüzgar faktöründen etkilenme şekli, konum ve çevresel etkenlere göre değişim gösterir. Hakim rüzgar istikametine paralel cepheler daha az kirlenmekte fakat toz tutmakta, hakim rüzgar yönüne dik cepheler her zaman daha fazla kirlenmektedir.

#### *1) Yapı dışından gelebilecek toz, kir, çamur, katı atıklar, mikroorganizmalar ve bakteriler;*

- Dış duvar yüzeyinin doku karakteristiği dışarıdan gelebilecek zararlılardan etkilenmemeli, tozların yapısının içerisine giriş engellenmelidir [48]. Yüksek katlı binaların rüzgarın türbülans etkisinden dolayı cephelerde toz birikimi gerçekleşir. Periyodik temizlik yapılarak bu oluşum engellenmelidir.
- Dış duvarlar dışarıdan gelebilecek mantarlar, böcekler, kemirgenler, mikro-organizmalar gibi zararlılara karşı direnmeli; onların yaşama ve üremesine kolaylık sağlayan nemli ortamların oluşmamasına dikkat edilmeli, detaylar bunların oluşumuna olanak vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bunun için sistem içerisinde bağıl nemi düşürücü su tahliyeleri oluşturulmalı ve cephe arkası havalandırılmalıdır. Düzenli ve sistemli temizlik yapılarak bu tip biyolojik zararların oluşumu önlenmelidir.
- Duvar yüzeyini saran bitkiler (sarmaşık türü), yağmur suyunu tutar veya kendi bünyesinde bulunan su-nem nedeniyle duvar kuruluşunun içi kısımlarına su girmesine sebep olabilir [49].
- Projelendirme esnasında yüksek katlı cam yapıların temizliğinde kullanılan vinçlerin ve hareketli platformların yerleri ve konstrüksiyonları

binanın estetik görünüşünü engelleyecek şekilde kurgulanmamalıdır. Cam dış duvar kuruluşunda taşıyıcı sistem aks mesafeleri, temizleme asansörünün aks aralıkları düşünülerek tasarlanmalıdır.

## ***II) Dış duvar yüzeyinde atmosferik olaylardan kaynaklanan Kirlenme;***

- Yoğun yağış sonucu oluşan kirliliğin bölgesel tortu bırakmasını önlemek için cephede temizlik yapılmalıdır. Mevcut malzeme ve bilinen yöntemler ile yapılan temizlik atmosfer yağışlarının yarattığı kirlenme ve çevre kirliliği sonucunda cephede oluşan tozlanmalar için yeterlidir. Önemli olan bakımın periyodik yapılmasıdır.
- Cephelerde oksit çözen ve aşındıran temizlik gerçekleri kullanılmamalıdır.

## **5.2.9. Koruma ve Güvenlik**

### **I) Yapı dışından gelebilecek kasti saldırılar;**

- Dış duvar kuruluşunda en çok dikkat edilmesi gereken, kırılma indisi çok zayıf ve ani darbelere karşı direnci çok az olan cam yüzeylerdir. Bu malzemede alınan önlemlerin başında temperleme ve laminasyon işlemleri gelmektedir
- Dış duvarlar kasti yapılan zararlara (vandalizm, silahlı saldırılar, beklenmedik darbeler gibi) karşı korunaklı olmalıdır [48]. Özellikle saldırı sonrası oluşabilecek yıpranma ve kırılmaların zararları minimuma indirecek önlemler alınmalıdır.

### ***II) Atmosfer olayları karşısında;***

- Atmosfer yağışları ve hava hareketleri konusunda koruma ve güvenlik amaçlı önlemler alınmalıdır.

### ***III) Güvenlik***

- Özellikle duvar boşlukları güvenlik probleminin en yoğun olduğu bölgelerdir.
- Camların seçiminde cam kalınlığı, cam boyutları ve rüzgar yükleri güvenlik açısından da dikkate alınmalıdır.

- Cam dış duvarlarda ısıl gerilimler sonucunda oluşacak kırılma riskini ortadan kaldırmak için, her taşıyıcı eleman üzerine, parapet hizasında dilatasyon soketleri yerleştirilerek birleşim elemanlarının bağımsız olmasını ve cephenin kendi içerisinde hareket ederek camla birlikte çalışması sağlanmalıdır

#### **5.2.10. Bileşenlerin Dayanıklılığı ve Montaj**

Dış duvarda, kendisini oluşturan bileşenler uyum içerisinde çalışmalı ve üzerine gelen yükleri dengeli şekilde aktarabilmelidir. Tüm bileşenler yatay yükler karşısında ve korozyon karşısında dirençli olmalıdır [48].

##### ***I) Korozyon;***

Yatay yüklere karşı yüksek performans için tekil elemanlarda korozyon etkisi çok önemlidir. Tüm birleşim elemanlarında korozyona karşı önlemler alınmalıdır. Cam dış duvarlarda birleşim elemanları cephenin tüm yükünü ana taşıyıcıya aktarırlar. Sistemde ankrajlar, bağlantı elemanları ve çelik elemanların tümü korozyona karşı galvanize edilmeli ya da antipas boyalarla boyanmalıdır. Dübeller ve saplamalar paslanmaz olmalı veya kaplanmalı, kullanılan alüminyumlar elastostatik toz boya ile kaplanmalıdır. Korozyonu önlemek için suyun mutlaka cephe yüzeyinden uzaklaştırılması gerekir.

##### ***II) Bileşenlerin dayanıklılığı ve montaj;***

Fugalar ve bileşim elemanları doğru çözülmeli, genişlemelere karşı tolerans payları bırakılmalı ve kullanılan malzemelerin yıpranma payları göz önünde bulundurulmalıdır.

Montaj konusunda en önemli sorunlar işçilikten kaynaklanan hatalardır. Önem verilmesi gereken faktör kaliteli işçiliktir.



### **5.3. DIŞ DUVAR TASARIMINDA ÜRETİM KAYNAKLARINA BAĞLI ÖLÇÜTLER**

Dış duvar tasarımında kullanılan yapı bileşenleri, uygulama ve montaj teknikleri ve üretim Şekilleri dış dış duvar kurgusunun performansını belirlemede önemli unsurlardır.

Cephe tasarımında özellikle ana taşıyıcı sisteme sonradan takılan bileşen ve elemanların üretim ve sistem tasarımı duvar performansını etkiler. Bu durumda dış duvar kuruluşunda tasarım esnasında karar verilen cephe sistemi için üretici Őletmeler ile tasarım kararları aşamasında bağlantı kurulmalı, fiziksel kriterlerin doğru ve yeterince sağlanması için bu aşamadan itibaren uygulayıcılar ile birebir görüşmeler yapılmalıdır [61].

Mimari, statik, tesisat projelerinin dış duvar etkileyen yönleri tasarım aşamasından itibaren birlikte yürütülmeli, buna uygun tasarım ekibi, uygulama ekibi ve iş gücü sağlanmalıdır. Üretim Şekli, taşıyıcı sistem ve uygulama yöntemine karar verildikten sonra dış duvarda kullanılan malzeme ve bileşenlerin bir yapı ürünü olarak kolay bulunabilmesi, depolama, montaj ve taşımada sorunlara rastlanmaması gerekmektedir. Kullanılan ürünler uygulama ve kullanım esnasında insan sağlığına zarar vermemelidir. Taşıma, montaj ve uygulamada maliyet düşünülmezsizin işçilik kalitesinin yüksek tutulması gerekmektedir. [51].

### **5.4. DIŞ DUVAR TASARIMINDA YASA VE YÖNETMENLİKLERE BAĞLI ÖLÇÜTLER**

Dış duvar tasarımında tüm ölçütlerin yanında yaşanan çevreye ve toplumun kabul ettiği kurallara bağlı olarak tasarımı direkt etkileyen politikalar, zorunluluklar, yönetmelikler ve bazı kurumlar vardır. Çizelge 4.14. de bunlar sunulmuştur.

**Çizelge 5.13.** Dış duvar tasarımında politika yasa ve kurumlara bağlı performans Çizelgeleri [49, 69, 50, 68, 57].

Yasa ve Yönetmenliklere Bağlı Etmenler	Dış Duvarda Performans Kriterleri
<ul style="list-style-type: none"><li>• Politikalar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bu noktada yapı üretim politikası önem kazanır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Zorunluluklar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dış duvar Kuruluşu, İl İmar Yönetmenliği, Isı Yönetmenliği, Gürültü Yönetmenliği, Yangın Yönetmenliği, Ses Yönetmenliği, Tasarıma bağlı olarak cam kurgunun kendisiyle ilgili uygulaması gereken standartlar; TS 2962, TS 3539, TS 11172, TS EN675, TS EN1096-1</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kurumlar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yapının bulunduğu bölgede belirli bir Kamu kuruluşu (Belediye, Üniversite, Anıtlar Kurulu vb.) tarafından getirilen tüm kurullara uyma zorunluluğu vardır.</li></ul>

## **6. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME**

İleri teknoloji ürünü camların kullanıma sunulmasıyla birlikte, saydam elemanlardan oluşan kısımlar yapı kabuğunda ısı geçirgenliği açısından zayıf noktalar olmaktan kurtulmakta ve cam malzemenin yapıdaki önemi her geçen gün artan, vazgeçilmez bir yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüz mimarisinde cephede doğal taş, yapay taş, kompozit ve metal levhalarla birlikte kullanılan cam malzeme, mimarinin barınak olduğu kadar, aynı zamanda bir iletişim biçimi ve bir simge olduğunu da ortaya koyarcasına, yüksek binaların vazgeçilmez malzemesi olmaktadır. Yeterli aydınlık düzeyini sağlarken, aynı zamanda kamaşmanın oluşmasını engellemek ve dış mekanla yeterli derecede görsel ilişkinin kurulmasını sağlamak, bir yapıdaki pencere alanlarından beklenen en temel özelliklerdir. Günümüz yüksek yapılarda kullanılan cam türlerini hava tabakalı cam üniteleri, güneş kontrol camları ve iklim kontrol camları olmak üzere 3 grupta incelemek mümkündür. Tenolojik olarak geliştirilmiş olan bu cam ve cam yapı elemanlarının konveksiyonel dış duvar yapılarının maliyetleri ve pratikteki uygulama süreleri değerlendirilecektir.

### **6.1. HAVA TABAKALI CAM ÜNİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hava tabakalı cam üniteleri; iki ya da daha fazla sayıdaki camın bir arada kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu camlar; kış aylarında en düşük iç yüzey sıcaklıklarının meydana geldiği pencerelerde, ısı kayıplarını azaltmak ve rölatif nemliği arttırmak için kullanılmaktadır. Hava tabakalı camların ısıl özellikleri hava boşluğu ve çerçeve özelliklerine bağlı olmaktadır. Yüksek binalarda kullanılan hava tabakalı cam ünitelerinde, dış plak cam yüksek rüzgar basınçlarıyla karşılaşacağı için öngerilmeli, iç cam plak ise düz cam olacak şekilde; genellikle renkli veya renksiz, temperli ve laminasyonlu emniyet camlarından seçilmelidir. Çift cam pencerelerin

yalıtım özelliği, ara boşluktaki durgun havayla sağlanmaktadır. Ara boşluk 6-12-16 mm'ye doğru genişledikçe yalıtım artmakta, 20 mm'den sonra ise azalmaktadır. Cam malzeme ikincil işlemler sayesinde, çevre kontrolü açısından diğer cephe malzemeleriyle rahatça boy ölçüşebilecek duruma gelmiştir. Cam tasarımında ışık geçirgenliği, ısı yalıtımı, gürültü, güvenlik ve savunma gibi parametreler dikkate alınmalı ve cam seçimi buna göre yapılmalıdır. Bu parametrelerden ilki olan gün ışığı geçirgenliği; cam yüzeyine 90° dik açı ile geldiği kabul edilen toplam ışığın, cam veya kombinasyonları tarafından iče geçirilen yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. Gün ışığı yansıtması; cam yüzeyine 90° dik açı ile geldiği kabul edilen toplam ışığın cam veya cam kombinasyonları tarafından geriye yansıtılan bölüm olmaktadır. Cam yüzeyine ulaşan toplam enerjinin bir bölümü hemen dışarı yansıtılırken, bir bölümü doğrudan içeriye girmekte ve bir bölümü de cam tarafından soğurulmaktadır. Diđer bir parametre olan güneş enerjisi toplam geçirgenliği; cam yüzeyine etkileyen toplam güneş enerjisinin içeriye ısı olarak giren yüzdesini ifade etmektedir. Toplam geçirgenlik; direkt geçirgenlik ile cam bünyesinde soğurulan enerjinin içeriye soğuyan bölümünün toplamına eşit olmaktadır. Isı geçirgenlik katsayısı "U" ise; cam malzemenin ısı geçirgenlik değerini belirtir. Çizelge 5.1'de bu parametreler doğrultusunda çift cam uygulamalarında kullanılan ünitelerin performans değerleri verilmektedir. Giydirme cephe sistemlerinin inşasında ülkemizde de uygulama alanı bulmakta ve çift camın yanı sıra üçlü ve dörtlü cam üniteleri de kullanılmaktadır.

**Çizelge 6.1** Çift cam ünitelerinde performans değerleri

Cam tipi	Geçirgenlik (%)	Gün Işığı			Güneş		
		Dışa yansıtma (%)	İče yansıtma (%)	Ultraviyole geçirgenlik (%)	enerjisi (%)	Isı Geçirgenlik U (W/m²K)	
						Kış	Yaz
çift cam 4 - 6 - 4 mm hava dolgulu	49	8	12	25	44	3.20	3.64
çift cam 6 - 12 - 6 mm hava dolgulu	37	7	12	11	25	2.74	3.20
çift cam 6 - 12 - 6 mm argon dolgulu	37	7	12	11	25	2.58	3.13

Dörtlü cam uygulamalarının üçlü camlara oranla % 25 oranında daha fazla yalıtım sağladığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

## 6.2. GÜNEŞ KONTROL CAMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapı kabuğunda pencere alanlarının oranı fazla olan binalarda oldukça sık kullanım alanı bulan güneş kontrol camları; güneş ışınlarının aşırı parlaklığını ve radyasyon ısısını denetlemektedirler. Işığın kuvvetli olduğu taraftan diğer tarafın görünmesini engelleyen, arka plandaki yapı unsurlarını gizleyerek cephede bütünlük sağlayan ve yapılara renk veren çevre kontrol camları olarak tanımlanmaktadır. Güneş kontrol camlarında, dıştaki camın iç yüzünde metal buharı ile ışık yansıtıcı bir yüzey oluşturulmaktadır. Bundan dolayı da bu tür camlara gündüz dışarıdan bakıldığında cam ayna etkisi yapmakta ve iç mekanlar görülememektedir. Ancak gece aydınlatma şartları değiştiğinde bu görüntü yön değiştirmektedir. Bir başka deyişle; yüksek güneş kontrol performansı, yüksek yansıtma ile aynı anlama gelmektedir.

Pencere doğramalarında camdan cama geçen ışınların ısıl yönden denetlenmesi güneş kontrol camları ile sağlanmaktadır. Güneş kontrol camlarının ortaya çıkmasından önce stor, pancur, jaluzi gibi değişik güneş kontrol elemanları kullanılırken, bu camların kullanılmasıyla bu tür elemanlara ihtiyaç duyulmamaya başlanmıştır. Görünür ışınlar, kızılötesi ve morötesi ışınlar olmak üzere değişik dalga boylarındaki ışınlar; camlar tarafından farklı oranlarda geçirilmektedirler. Bu üç ışının toplam güneş ışınlarına göre yüzdesi; görünür ışınlar için % 50, morötesi ışınlar için % 3, kızılötesi ışınlar içinse % 47 olarak kabul edilmektedir. Normal cam üniteleri görünür ışınları % 90 oranında, kızılötesi ışınları ise % 80 oranında geçirmektedirler. Işık geçirme faktörü, cama gelen ışık ile camı geçen ışık arasındaki bağlantı ile belirlenmektedir. Güneş kontrol camları, tek veya çift yüzeyli olarak ve belirli renklerde renklendirilmek suretiyle, güneşten gelen enerjinin ancak belli bir yüzdesini geçirmek üzere üretilmektedirler. Renksiz cam üzerine kaplama olan güneş kontrol camları; float işlemi sırasında kaplama işlemi yapılan camlardır.

**Çizelge 6.2.** Güneş kontrolü sağlayan cam ünitelerinde performans değerleri

Cam tipi:	Geçirgenlik (%)	Gün Işığı			Güneş		
		Dışa yansıtma (%)	İçe yansıtma (%)	Ultraviyole geçirgenlik (%)	enerjisi (%)	Isı Geçirgenlik Udeğeri W/m <sup>2</sup> K	
						Kış	Yaz
Reflektif tek cam 6 mm	16	35	9	4	16	6.18	6.28
Reflektif çift cam 6 - 12- 6 mm hava dolgulu	17	39	20	6	17	2.74	3.29
Reflektif çift cam 6 - 12- 6 mm argon dolgulu	17	39	20	6	17	2.58	3.14
Reflektif çift cam 8 - 12 - 8 mm hava dolgulu	14	14	39	5	13	2.74	3.19

Ülkemizde float işlemi sırasında hamuruna renk verici maddeler karıştırılarak elde edilen camlar, *"harmandan renkli güneş kontrol camları"* olarak isimlendirilmektedirler. Bronz ve füme renkte üretilen bu camların, cam kalınlığına paralel olarak renkleri koyulaşacağı için, farklı kalınlıkların yan yana kullanılmaması tavsiye edilmektedir. Renkli cam üzerine kaplamalı güneş kontrol camları ise float sürecini tamamlamış renkli veya renksiz alt camlar üzerine uygulanan metal alaşımlı sert kaplamalarla elde edilmektedir. Bünyesindeki düşük yansıtımlı güneş kontrol kaplaması sayesinde güneş enerjisi kazançlarını azaltmaktadır. *"Reflektif kaplamalı camlar"* olarak da isimlendirilen güneş kontrol camları, cephe gerisini gündüz saatlerinde gizlemeleri ve homojen bir cephe elde edilmesine katkılarından dolayı ideal olmakla birlikte; gece manzarasının önemli olduğu yapılarda kullanıma uygun olmaktadır. Gece manzarasının önemli olduğu mekanlarda, konutlarda ve vitrinlerde bu tür camların kullanılmaması önerilebilir. Reflektif camlar için en ideal çözüm, gündüz kullanımının ağırlıklı olduğu binalardır. Standart reflektif kaplamalı camlar; güneşin görünür ve görülmez ısı enerjisini bir arada engelleyerek; gündüz kullanımına uygun cephelerde tercih edilmekte; manzarası istenen yerlerde yüksek ışık geçirgenlikli ve parlamayan düşük yansıtımlı güneş kontrol camları tercih edilmektedir. Bu camlar; bina içine giren güneş ışınlarının parlaklığının denetlenmesi, iç mekanın dışarıdan fark edilmesini önleyerek bir bütünlük sağlanması ve yapıya homojen ve renkli bir görünüm kazandırılmaması amacıyla kullanılmaktadır. Güneş kontrolü sadece yansıtıcı camlarla sağlanmaktadır.

Yansıtıcılık içermeyen güneş kontrol camlarının performans değeri, Çizelge 5.2'de verilmektedir. Isıl kırılma riski, bütün güneş kontrol camlarını tahdit eden bir unsurdur. Camın güneş alan bölümleri; güneş ışınlarını soğurarak ısınıp genişmekte, gölgede kalan bölümler ise bu genişmeye direnç göstermektedirler. Bu durum yeterli düzeye ulaştığında, ısıl kırılmayla karşı karşıya kalmaktadır. Isıl kırılma risklerinin yüksek olduğu durumlarda, camlar tam veya kısmi olarak temperlenmelidir. Giydirme cephelerde; renkli altcamlı camlar, parapet camları, ısıtma, soğutma veya havalandırma çıkışlarından doğrudan etkilenen camların temperlenmesi uygun bir çözüm olmaktadır. Güneş kontrol camlarının binalarda tercih edilmesiyle ilgili olarak; ışık geçirgenliği % 78 - 88 arasında değişen berrak cam kullanıldığında; yaz aylarında yapay aydınlatmadan % 100, yılın diğer aylarında ise % 50 tasarruf sağlanmıştır. Işık geçirgenliğinin % 65 - 74 olduğu renkli camlarda yapılan tasarruf, tüm yıl boyunca % 50 civarında olabilmektedir. Işık geçirgenliğinin % 7 - 8 olduğu renkli ve yansıtıcı camlarda ise, tüm yıl boyunca yapay aydınlatmadan tasarruf sağlanamadığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında; berrak cam tercihinin, mekana giren gün ışığının azalmaması açısından tercih edilmesinin uygun olacağı görülmektedir. Doğru bir güneş kontrolü, istenmeyen ısı kazancını sınırlarken, kamaşmaya engel olabilmekte ve gün ışığının içeriye girmesine olanak sağlamaktadır. Güneş kontrolü sağlamak amacıyla kullanılan iç gölgeleme elemanları, kamaşmaya engel olabilmekte, ancak içeriye giren ısı kazancına engel olamamaktadır.

Dış gölgeleme elemanları cepheye gelen direkt güneş ışınımını tamamen engelledikleri için görsel ve ısıl konfor açısından daha uygun olmaktadır. Hareketli dış gölgeleme elemanları, mevcut güneş ışığının en rasyonel biçimde kullanımını sağlamaktadır. Ancak dış gölgeleme elemanlarının tasarlanmasında, yön faktörü mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

### **6.3. İKLİM KONTROL CAMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

İklim kontrol camlarının binalarda tercih edilmesinde dikkate alınması gereken ölçüler; iyi bir güneş kontrol performansı (yaz kazancı), düşük pasif solar kazanç (kış kaybı) ve düşük gün ışığı geçirgenliği (aydınlatma enerjisinde artış) olmaktadır. İklim kontrol camlarının sıcak bölgelerde veya yaz koşullarında seçiminde belirleyici

olan; camın güneş enerjisi toplam geçirgenlik yüzdesi olmaktadır. Bina yüzeyinde ışık geçirgenliğindeki azalmanın sebebi; güneş ısısının yaklaşık yarısının görünür, diğer yarısının ise görünmez dalga uzunluklarında dünyaya ulaşmasıdır ki; iklim kontrol camları; yapı içindeki uzun dalga radyasyon enerjisinin büyük bir bölümünün pencere alanlarından kaçışını engellemektedir. İklim kontrol camları, güneş kontrol camlarının tam tersine, güneş ışınlarını dışa yansıtarak, pasif solar kazançları azaltmaktadırlar. Birlikte kullanıldıklarında, güneş kontrol kaplamalarının etkinliğine artı değer katmaktadırlar.

İklim kontrol camlarında; camların optik özelliklerini fazla değiştirmedeği halde, uzun dalga radyasyon enerjisini yansıtarak, ısı geçirgenlik katsayılarında iyileştirme sağlayan kaplama türüne; Low-e Kaplama (Low Emmissivity) adı verilmektedir. Low-e kaplamalı camlarda kullanılan iki oksit tabakası yansıtmayı düşürmekte, kaplamanın yüksek ışık geçirgenliğini ve şeffaflığını sağlamaktadır. Gümüş tabakanın işlevi, ısı geçirgenliğinin neredeyse tamamının yansıtılmasını sağlamaktır. Koruma tabakası ise, gümüş tabakayı, mekanik ve kimyasal etkilerden korumaktadır.

**Çizelge 6.3.** Low-e kaplamalı cam ürünlerinde performans değerleri

Cam tipi	Geçirgenlik	Gün Işığı:			Güneş		
		Dışa	İçe	Ultraviyole	enerjisi	Isı Geçirgenlik:	
		yansıtma	yansıtma	geçirgenlik	geçirgenlik	Udeğeri W/m <sup>2</sup> K	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Kış	Yaz
Low-E kaplamalı 6 - 12 - 6 mm çift cam hava dolgulu	34	7	14	9	21	1.88	2.10
Low-E kaplamalı 6 - 12- 6 mm çift cam argon dolgulu	34	7	14	9	21	1.61	1.81
Low-E kaplamalı + güneş kontrollü 6 - 12- 6 mm çift cam hava dolgulu	13	35	16	2	10	1.88	2.07
Low-E kaplamalı + güneş kontrollü 6 - 12 - 6 mm çift cam argon dolgulu	13	35	16	2	10	1.61	1.78



Soğuk iklimlerde çok faydalı olan Low-e kaplamaların sıcak aylarda oluşturacağı sera etkisi mutlaka göz önüne alınmalı, cam seçiminde iklimsel koşullar ve doğru öncelikler iyi tespit edilmelidir. Low-e kaplamaları, ısı geçirgenlik değerlerinin (U) düşürülmesi ile sadece ısı kontrolü sağlayan Low-e kaplamalar ve gölgeleme katsayılarının da düşürülmesi ile hem ısı hem de güneş kontrolü sağlayan Low-e kaplamalar olarak 2 grupta incelemek mümkündür. Low-e kaplamalı camların performans değerleri Çizelge 5.3'de verilmektedir.

Oda ısısının pencerelerden kayıp oranı iletim ve taşınım % 30 değerindeyken, radyasyonla gerçekleşen kayıp % 70 oranında olmaktadır. Isı kontrolü sağlayan Low-e kaplamalı camlar, iletim ve taşınım yoluyla sağlanan yalıtım değerlerine ek olarak, yayılım yolu ile de ısı transferini geciktiren özel bir kaplamaya sahiptir. Low-e iklim kontrol camlarının kullanım amaçları; mekan ısısı ile güneş ısısı kazançlarını içte tutarak, ısıtma giderlerinden tasarruf sağlamak ve pencere önlerinde soğuk bölge oluşmasının önleyerek, mekan ısısının dengeli bir şekilde dağılımını gerçekleştirmektedir. Low-e kaplamalar, içteki sıcaklığın, uzun dalga radyasyon ısısı olarak dışa kaçmasını engellerken, ışığın ve güneş ısısının içeri girmesine olanak tanımaktadırlar. Low-e kaplama sayesinde camlardaki ısı kaybı; tek cama göre ortalama % 70, standart hava tabakalı cama göre de ortalama % 35 oranında azalmaktadır. Böylece pencere önlerindeki soğuk bölge olgusu önlenmekte, oda iç ısısı daha dengeli dağılmaktadır. Ayrıca oda ısısı ve güneş ısısı kazançları içte tutularak ısıtma giderlerinden tasarruf sağlanmaktadır.

Durgun hava yerine; değişik gazlarla doldurulmuş Low-e kaplamalı çift cam ünitelerinin EN 673'e göre belirlenmiş performans değerleri, Çizelge 5.4'de gösterilmektedir. 36cm. kalınlığında ve 30 kg/m<sup>2</sup> ağırlığında olan 4+12+4+12+4 iki Low-e kaplamalı, argon gazı kullanılmış üçlü bir ünitenin ısı geçirgenlik değeri (U) ise 0,84 W/m<sup>2</sup>K 'e kadar düşebilmektedir. Low-e kaplamalı çift cam üniteleri, hava tabakalı üçlü cam üniteleri ile karşılaştırıldığında daha iyi yalıtım değerleri ve fiyat avantajları sağladığı gibi, doğramalardaki yuva genişliklerini de zorlamamaktadır.

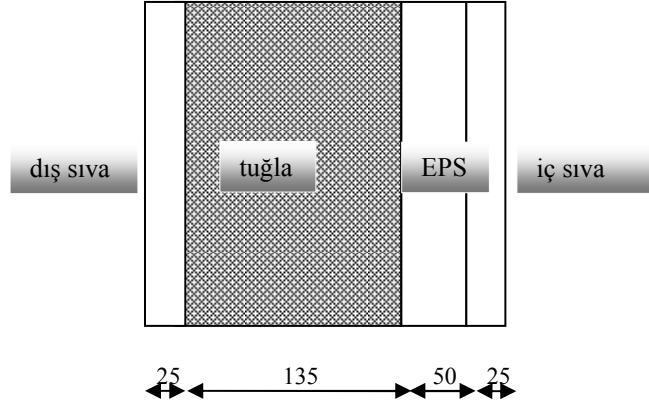
**Çizelge 6.4.** Low-e kaplamalı çift cam ünitelerinde durgun hava tabakasının değişik gazlarla karşılaştırılması sonucu elde edilen performans değerleri.

Hava	Udeğeri(W/m <sup>2</sup> K)		
	argon	kripton	aorejel
4-12-4	1.65	1.30	0.90
4-16-4	1.37	1.08	-
4-16-4	-	1.00	-
4-12-4-12-4	-	0.74	0.51
4-12-4-14-4	-	0.69	-
4-16-4-16-4	-	0.59	-

İnsanoğlu fiziksel olarak gün ışığına ihtiyaç duymakla birlikte, ruh sağlığı açısından da aydınlığa, tabiata yakın olmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu şekilde bir uygulama ile mekanlarda gereken gün ışığı sağlanırken aynı zamanda istenmeyen etkenlerden korunmak cam malzemenin başka amacını oluşturmalıdır. Yanlış cam seçimi kullanıcıların direkt güneş enerjisi radyasyonu ile karşı karşıya kalmalarına, iç mekanlarda ısıl konfor koşullarına uygun sıcaklığın sağlanmaması sonucu soğuktan rahatsız olmalarına veya mekan yeterli ışık alamadığında karanlık ortam nedeniyle psikolojik rahatsızlık duymalarına neden olabileceği için, bu olumsuzluklar göz ardı edilmemeli ve bina tasarımında cam seçimine maksimum özen gösterilmelidir.

#### **6.4. KLASİK DIŞ DUVAR İLE CAM CEPHE ELEMANI MALİYETİNİN ARAŞTIRILMASI**

Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan klasik dışcephe kabuk uygulaması olan düşey delikli tuğla ve iç ve dış yüzeylerinde sıva uygulamalı imalatın maliyet analizi yapılmış, aynı şekilde ikinci olarak dışcephesinde ısı yalıtım straforu (EPS) uygulamalı durum için maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizler yapılırken Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 2007 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından yararlanılmıştır.



Şekil 6.1. Geleneksel yapı dış cephe duvar kesiti (ölçüler mm dir.)

Çizelge 6.5. Geleneksel dış cephe duvar malzemelerinin teknik değerleri

Malzeme	Isı İletim Katsayısı U veya k (W/mK)	Öz ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Özgül ısı (J/kgK)
Sıva	1.40	2000	1050
Tuğla	0.70	1800	840
XPS srafor	0.04	20	1500

Çizelge 6.6. XPS köpük ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı yapılması maliyet analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

<b>Poz No</b>	<b>19.055/C1</b>
<b>Tanımı</b>	5 CM.XPS KÖPÜK ISI YAL.LEVH.DIŞ DUVARL.DIŞTAN ISI YALITIMI,ISI YALITIM SIVASI (100kPa (>=TR100))
<b>Uzun Tanımı</b>	5 CM. EKSTÜRÜDE POLİSTREN (XPS) KÖPÜK ISI YALITIM LEVHALARI İLE DIŞ DUVARLARIN DIŞTAN ISI YALITIMI VE ISI YALITIM SIVASI YAPILMASI (MANTOLAMA) YÜZEYLERE DİK ÇEKME DAYANIMI>=100 kPa (TR100)
<b>Birimi</b>	M2

#### Tarifi

İdarece onaylanmış proje ve detaylarına göre, dış duvarlarda TS 825'e uygun olarak 5 cm kalınlığında ekstrüde polistren köpük ısı yalıtım levhalarının (yüzeyle dik çekme dayanımı...) m2'ye 4 kg gidecek şekilde ısı yalıtım yapıştırıcısı ile duvara yapıştırılarak , plastik çivili ısı yalıtım dubeli ile yüzeye tespitinin yapılarak levha üzerine m2'ye 3 kg gidecek şekilde 1. kat ısı yalıtım sıvasının yapılması ve üzerine sıva filesinin yerleştirilerek m2'ye 2 kg gidecek şekilde 2.kat ısı yalıtım sıvasının yapılması, her türlü malzeme ve zaiyatı, inşaat yerindeki yüklemeye,yatay ve düşey taşıma,boşaltma, işçilik araç ve gereç giderler dahil 1 m2 fiyatı.

ÖLÇÜ : Projesi üzerinden yalıtım yapılan yüzeyler "m2" olarak hesaplanır.

NOT : TS 825'e göre ısı yalıtım kalınlığı hesaplanacaktır.

POZ NO : 19.055/C1 Yüzeyle dik çekme dayanımı > 100 kPa (TR 100)

POZ NO : 19.055/C2 Yüzeyle dik çekme dayanımı > 200 kPa (TR 200)

Yılı	Birim Fiyatı (YTL)	Montaj Birim Fiyatı (YTL)
2007	37.76	0.00

#### Analizi

Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktarı
1.010	YALITIMCI USTASI	SA	0,500
1.210	TECRİTCİ USTA YARDIMCISI	SA	0,750
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0,750
4.031	SU	M3	0,0025
04.612/4C-1a	100kPa BASINÇ DAYANIMLI YÜZEYİ PÜRÜZLÜ EXTRÜDE POLİSTREN (1 kg/cm2) KÖPÜK 9-15 cm (15 cm DAHİL) PLASTİK ÇİVİLİ ISI YALITIM DÜBELLERİ	M3	0,0525
04.274/2b1	SIVA FİLESİ (145 İLE 160 G/M2 ALKALİYE DAYANIMLI)	AD	6,000
4.479		M2	1,100
4.481	ISI YALITIM SIVASI	KG	5,000
4.480	ISI YALITIM LEVHALARI YAPIŞTIRICISI	KG	4,000

Çizelge 6.7. Düşey delikli 19x19x13.5 cm fabrika tuğlası ile yarım tuğla duvar yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

<b>Poz No</b>	<b>18.081/4/MK</b>
<b>Tanımı</b>	DÜŞEY DELİKLİ 19*19*13.5 CM FABRİKA TUĞLASI İLE YARIM TUĞLA DUVAR YAPILMASI (TS 705)
<b>Uzun Tanımı</b>	DÜŞEY DELİKLİ (19*19*13.5 CM) BOYUTLARINDA FABRİKA TUĞLASI İLE YARIM TUĞLA DUVAR YAPILMASI (10.003 HARÇLI) (TS 705 (MAKİNE İLE TEMİN)
<b>Birimi</b>	M2

#### Tarifi

Düşey delikli, (19 x 19 x 13.5 cm) boyutlarında fabrika tuğlası ve (Poz. No:...) ve 0.037 m<sup>3</sup> harç (Poz. No: 10.004) ile projesine uygun olarak düşey delikli yarım tuğla duvar yapılması, lüzumunda sulanması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zaiyatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit kârı ve genel giderler dahil, 1 m<sup>2</sup> düşey delikli yarım tuğla duvar yapılması fiyatı.

Ö L Ç Ü : Projedeki boyutlar üzerinden hesaplanır. Bütün boşluklar düşülür.

Yılı	Birim Fiyatı (YTL)	Montaj Birim Fiyatı
2007	13,14	0,00

Analizi			
Rayic No	Tanımı	Birimi	Miktarı
1.013	DUVARCI USTASI	SA	0.400
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.800
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.250
4.031	SU	M3	0.010
04.018/F	DÜŞEY DELİKLİ DUVAR TUĞLASI 19*19*13.5cm	AD	26.000
10.004/MK	250 KG ÇİMENTO DOZLU HARÇ YAPILMASI (KARGİR İNŞAAT)	M3	0.037

Çizelge 6.8. Düşey delikli 19x19x13.5 cm fabrika tuğlası ile yarım tuğla duvar yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

<b>Poz No</b>	<b>27.538</b>
<b>Tanımı</b>	SERPME SIVA YAPILMASI (350 DOZLU ÇİMENTO HARÇLI)
<b>Uzun Tanımı</b>	SERPME (ÇARPMA) SIVA YAPILMASI.
<b>Birimi</b>	M2
<b>Bulunduğu Kitap</b>	Bayındırlık Bakanlığı

#### Tarifi

1 m<sup>3</sup> kuma 350 kg. çimento ve 0.100 m<sup>3</sup> kireç hamuru katılarak hazırlanan harçla ortalama 2 cm. kalınlığında kaba siva, bunun üzerine 1 m<sup>3</sup> mil kumuna 350 kg. çimento katılarak hazırlanan harçla ortalama 1 cm. kalınlıkta serpme (çarpma) siva yapılması, gerekli zamanlarda sulanması, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, çalışma sehpaları, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, müteahhit kârı ve genel giderler dahil, 1 m<sup>2</sup> fiyatı.  
Ö L Ç Ü : Projedeki ölçülere göre sıvanan bütün yüzeyler hesaplanır.

Yılı	Birim Fiyatı (YTL)	Montaj Birim Fiyatı (YTL)
2007	8,01	0.00

Analizi			
Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktarı
1.012	SIVACI USTASI	SA	0.500
1.212	SIVACI USTA YARDIMCISI	SA	0.300
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.200
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.250
4.031	SU	M3	0.010
10.007	350 KG ÇİMENTO DOZLU HARÇ YAPILMASI (KARGİR İNŞAAT VE KABA SIVA İŞLERİNDE)	M3	0.015
10.041	0.100 M3/250 KG KİREÇ-ÇİMENTO KARIŞIMI KABA HARÇ YAPILMASI	M3	0.023

Çizelge 6.9. Saten perdah alçısı ve perlitli sıva alçısı karışımı ile düzeltme sıvası yapılması (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

**Poz No** 27.525/2

**Tanımı** SATEN PERDAH ALÇISI VE PERLİTLİ SIVA ALÇISI KARIŞIMI İLE DÜZELTME SIVASI YAPILMASI (5mm KALINLIĞINDA)

**Uzun Tanımı** SATEN PERDAH ALÇISI VE PERLİTLİ SIVA ALÇISI KARIŞIMI İLE DÜZELTME SIVASI YAPILMASI(5mm KALINLIĞINDA)

**Birimi** M2

#### Tarifi

Sıvanacak yüzey 750 kg. ince alçı ve yeteri kadar su katılarak elde edilen harç ile ortalama 0,6 cm. kalınlığında sürülmesi, üzerine ortalama 5 mm kalınlıkta perlitli sıva alçısının çelik mala ile yapılması, her türlü malzeme ve zaiyatı, işçilik, çalışma,sehpaları inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma,boşaltma, müteahhit karı ve genel giderler dahil, 1 m2 fiyatı.  
ÖLÇÜ: Projedeki ölçülere göre sıvanan bütün yüzeyler hesaplanır.

Yılı	Birim Fiyatı (YTL)	Montaj Birim Fiyatı (YTL)
2007	9,61	0.00

#### Analizi

Rayiç No	Tanımı	Birimi	Miktarı
1.012	SIVACI USTASI	SA	0.800
1.212	SIVACI USTA YARDIMCISI	SA	0.800
1.501	DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.500
10.102	PERLİTLİ ALÇILI TEK KAT SIVA HARCİ YAPILMASI	M3	0.0025
10.061/2	SATEN ALÇI HARCİ YAPILMASI	M3	0.0025

Çizelge 6.10. Geleneksel 13,5 luk dış cephe duvarı yapımına ait maliye birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

Poz No	Açıklama	Birimi	Miktar	Fiyatı (YTL)
19.055/C1	5 CM.XPS KÖPÜK ISI YAL.LEVH.DIŞ DUVARL.DIŞTAN ISI YALITIMI,ISI YALITIM SIVASI (100kPa (>=TR100))	m2	1	37,76
18.081/4/MK	DÜŞEY DELİKLİ 19*19*13.5 CM FABRİKA TUĞLASI İLE YARIM TUĞLA DUVAR YAPILMASI (TS 705)	m2	1	13,14
27.538	SERPME SIVA YAPILMASI (350 DOZLU ÇİMENTO HARÇLI)	m2	1	8,01
27.525/2	SATEN PERDAH ALÇISI VE PERLİTLİ SIVA ALÇISI KARIŞIMI İLE DÜZELTME SIVASI YAPILMASI(5mm KALINLIĞINDA)	m2	1	9,61
<b>TOPLAM</b>				<b>68,52</b>

Çizelge 6.11. Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan ısı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

Poz No	Açıklama	Birimi	Miktarı	Fiyatı (YTL)
04.691/b4	6-12-6 çıtalı çiftcam	m2	1	48,00
	Demir Doğrama Yapılması	kg	4	8,00
ARA TOPLAM				56,00
Montaj ve müteahhitin karı %25				14,00
<b>TOPLAM</b>				<b>70,00</b>



Çizelge 6.12. Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan ısı kontrol kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

Poz No	Açıklama	Birimi	Miktarı	Fiyatı (YTL)
04.691/7-b4	6-12-6 Isı kontrol kaplamalı yalıtım camları	m2	1	55,60
	Demir Doğrama Yapılması	kg	4	8,00
ARA TOPLAM				63,60
Montaj ve müteahhitin karı %25				15,9
<b>TOPLAM</b>				<b>79,50</b>

Çizelge 6.13. Cam-boşluk-cam kalınlıkları sırasıyla 6mm-12mm-6mm olan güneş ve ısı (Low-E) kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının maliyetinin belirlenmesine ait birim fiyat analizi (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizi 1997).

Poz No	Açıklama	Birimi	Miktarı	Fiyatı (YTL)
04.691/8-b6	6-12-6 Güneş ve ısı kanal kaplamalı yalıtım camları	m2	1	64,60
	Demir Doğrama Yapılması	kg	4	8,00
ARA TOPLAM				72,60
Montaj ve müteahhitin karı %25				18,15
<b>TOPLAM</b>				<b>90,75</b>

Çizelge 10 ile Çizelge 11 karşılaştırıldığında geleneksel tuğla duvar maliyetinin 6-12-6 aralıklı çıtalı çift cam duvar maliyetine göre %2 daha ucuz olduğu sonucuna varılmaktadır.

Benzer şekilde Çizelge 12 ile Çizelge 10 karşılaştırıldığında 6-12-6 aralıklı olan ısı kontrol kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının, geleneksel tuğla duvar maliyetine göre %16 daha pahalı olduğu sonucuna varılmaktadır.

Aynı şekilde Çizelge 13 ile Çizelge 10 karşılaştırıldığında 6-12-6 aralıklı olan güneş ve ısı kaplamalı yalıtım dış cephe elemanının, geleneksel tuğla duvar maliyetine göre %32,44 daha pahalı olduğu sonucuna varılmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde ve dünyada ortaya çıkan enerji sorunu, insanları yeni enerji kaynakları arayışına zorlamıştır. Fosil enerji kaynaklarının tükenebilir, pahalı ve aynı zamanda çevre dostu olmaması da bu araştırmaları desteklemiştir. Temiz enerjili bir uygarlığın gelişmesi, çağdaş kentlerin ve kirletmeyen üretim biçimlerinin oluşması, güneş enerjisinin bol ve yaygın kullanılması ile yakından ilgilidir.

Güneş önemli bir enerji kaynağıdır ve özellikle gelişmiş ülkelerde güneş enerjisinden faydalanma önem verilen bir konudur. Mimari’de yapıların güneş enerjisinden yararlanmada tasarımı, yerleşimi ve malzeme seçimi önemli bir konudur.

Cam malzeme yapı tasarımında güneş enerjisinden yararlanma açısından önemlidir, çünkü güneş ışını yapılara radyasyon ve iletim yoluyla girer. Cam yapı kabuğu, bu girişin en önemli yollarıdır. Yapı tasarımında; güneş enerjisinden yararlanan yapılara yönelmek enerji tasarrufu açısından önemlidir. Günışığı aydınlatmanın gün ve mevsimler boyunca sürekli değişken olmasından dolayı bir konutta her türlü ışık ihtiyacını karşılaması düşünülemez bu yüzden güneş ışınlarının istenilen performans doğrultusunda denetlenebilmesi amacıyla üretilmiş olan camlar güneş kontrol camları olarak adlandırılmaktadır.

Pencere doğramalarında camdan geçen ışınların ısı yönünden denetlenmesi “Güneş Kontrol Camları” ile sağlanır. Camlar güneş ışınlarına ve kullanım yerine göre; Renkli camlar, İklim kontrol camları, Low-E kaplamalı camlar gibi adlar altında mimaride kullanılmaktadır.

Boşlukları, ısı geçirgenliği düşük olan gaz dolgu ile geliştirilmiş ikili ve üçlü cam cephe sistemleri ile yeterli ısı kaybı kontrolü sağlanabilmektedir.

Low-E kaplamalar ve ısı kontrol özellikli camlarla iklimlendirme yapılabilmesi sonucu hem gün ışığının ısı etkisinden kontrollu olarak faydalanılmakta hem de sıcak (güneşli) mevsimlerde soğutma kazancı elde edilebilmektedir.. Böylece enerji tasarrufuna katkı sağlanmış olur.

Doğal aydınlatmanın, insan göz algısı ve sağlığı ile iş kazalarının engellenmesi üzerinde olumlu etkisinin yanısıra iç ve dış mekan arasında görsel geçiş sunması algı rahatlığı ile psikolojik ferahlama sağlar.

İş yerleri ve büro binalarında, çok katlı alışveriş merkezleri ve özel ve kamu iş merkezi binalarında cam cephe dış duvar kuruluşlarının kullanılması son yıllarda Türkiye’de de yaygınlaşmıştır. Gün ışığı ve ışık radyasyon ısısının kontrolü değişken geçirgenlikli camlar ya / yada Low-E kaplamalarla kontrol edilebilmektedir. Böylece gün ışığının, aydınlatma ve ısı etkisinden mümkün oldukça doğal kazanç sağlanabilmektedir.

Geleneksel dış duvar yapılarına göre değişken geçirgenlikli camların maliyeti yaklaşık %33 daha fazladır.

Gün ışığı değerlerinin yüksek ya da düşük olduğu bölgelerde (mevsimlerde) hem ışık hem de ısı kontrollü camlar önem kazanmaktadır.. Örneğin Antalya bölgesindeki bir yapıda dışardan içeri ışık ve ısı geçirgenliği düşük camlar kullanılması gerekirken, Türkiye’de gün ışığının en düşük olduğu Marmara ve Karadeniz bölgelerinde dışardan-içeri ışık ve ısı geçirgenliği yüksek içerden- dışarı ise ısı geçirgenliği düşük reflekte ve/veya Low-E kaplama camlar kullanılmalıdır.

Yapı kapalı alanının gün ışığından yararlanılan hacimlerinin, toplam yapı hacmine oranına bağlı olarak, dış cephe kaplamasının maliyetindeki artışı amorti etmesi 10 ila 15 yıl arasında değişmektedir. Buna rağmen yapı ömrü göz önüne alındığında cam malzeme kullanımı avantajlı görülmektedir..

Cam cephe kaplamalarının pratik uygulamada geleneksel dış cephe duvarlarına göre yapımı çok daha hızlıdır fakat kalifiye işçilik gerektirir. Montaj süreleri kısadır. Camın kırılabilir olması bu tür risklerin fazla olduğu yerlerde dikkate alınmalıdır ve ayrıca özel üretime giren düz yüzeyli olmayan (eğrisel yüzeyli) camların ileride olası kırılmaları halinde yapılabilirlikleri de dikkate alınmalıdır.

Camın dış cephe elemanı olarak temizlenebilir ve dış doğa koşullarına karşı dirençli olması (soğuk-sıcak, rüzgar) olumlu özelliklerindedir.

Çok sık yapıların olduğu yerleşim yerlerinde yeterli olarak doğrudan yada dolaylı ışık almayan yerlerde mimari görselliğin ötesinde ekonomik ve mühendislik kriterleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapıda meydana gelebilecek yangına karşı gerekli önlemler alınmalı, giydirme cephelerin döşeme seviyelerinde bir üst ve bir alt katla hava ve su izolasyonu sağlanmalı, böylece yangın anında dumanların diğer katlara geçmesi önlenmiş olacaktır. Benzer şekilde su basması halinde alt katlar bundan etkilenmeyecek şekilde izolasyon ve akarlar yapılmalıdır.

Sadece ısı izolasyonunun söz konusu olduğu türden cam dış cepheli yapıların maliyetleri, geleneksel dış duvar yapıların maliyetleri ile aynı olmakla birlikte cam cephe kaplamaların montaj ve yapımındaki hızlılığı uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

Cam malzemenin yapı malzemesi olarak vazgeçilmez olması ve iklimsel ihtiyaçlara bağlı olarak farklı uygun tiplerinin olması, en önemlisi güneş enerjisinden faydalanma açısından önemli olması camı günümüzün en önemli malzemelerinden biri yapmaktadır .Ancak Ülkemizde Avrupa ülkelerine oranla daha fazla güneş enerjisine sahip olduğu halde güneş enerjisinden yeterince yararlanılmamaktadır. Oysaki gelişmiş bir ülkede güneş enerjili bina yapımında gerekli bilgileri devlet, özel kuruluşlar ve enstitülerden yararlanarak bulup mimari proje geliştirmek mümkündür.

Türkiye’de coğrafi bölge şartları, günışığı etkisi ve ihtiyacı düşünülerek yapıların konumlandırılması ve enerji kazanımı için gerekli açıklıkların ve cam malzeme seçiminin belirtildiği tasarım ölçütlerine dayanan araştırmalar yapılmalıdır. Gelişen bilgisayar teknolojilerinden de yararlanılarak değişkenlere bağlı simülasyonlarla daha doğru ve gerçekçi çözümler bulunup uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Akyürek, Y., Enerjinin Verimli Kullanımı ve Cam, Şişecam-Camtaş Bildiri, İzoder III. Isı-Ses-Su-Yangın Yalıtımı Sempozyumu, Kasım 1999.
- [2] WINFRIED, D., *Metal Cephe Üretimine Geleceği*, Cephe Dergisi, Say. 109-119, Bahar, 2002.
- [3] SİĞİNDERE, M., Değişgen Geçirgenlikli Camlar İle Oluşturulan Dış Duvar Kuruluşları ve Türkiyedeki Bazı Uygulamaların Değerlendirilmesi, Anadolu Üniversitesi FBE Mimarlık A.B., Eskişehir, Ağustos 2003.
- [4] ÖZTÜRK, Ç., Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi FBE, Ankara, Mayıs 2006.
- [5] KOÇU, N., DERELİ, M., Yapılarda Güneş Enerjisinin Önemi ve Kullanımı, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, Say. 10-17, Kütahya 2004.
- [6] DİREK, S., Giydirmeye Cephe Tasarım Sürecinde Karar Vermek İçin Bir Yöntem Önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, 2003.
- [7] UMAROĞULLARI, F., KARTAL, S., Binalarda Kullanılan Yüksek Teknoloji Ürünü Saydam Elamanların Isıl ve Optik Özellikleri, Tarkya Üniv. J Sci, 6(2): 1-8ISSN 1305-6468. , 2005.
- [8] AYÇAM, İ., UTKUTUĞ, G. S., Farklı Malzemele Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Enerji Etkin Pencere Seçimi, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Sempozyumu, 2000.
- [9] DEMİRKAYA, H. Mekan Kavramının Tarihsel Süreç İçinde İncelenmesi ve Günümüzde Mekan Anlayışı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, FBE, 1999.
- [10] Doğan Kuban, Mimarlık Kavramları 4.basım. İstanbul: Yem Yayınları, s.15,1992.
- [11] Aydın, A., Gelişim Ve Öğrenme Psikolojisi 2.basım. İstanbul: Alfa Basım Yayıncılık,2000.
- [12] Gür, Ş. Ö., Mekan Örgütlenmesi 1. basım, Trabzon: Gür Yayıncılık, , s.86, 1996.

- [13] Bozkurt, G., Bir Mekan Anlayışı 1.basım, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası, s.7, 1962.
- [14] Venturi, R., Mimarlıkta Karmaşıklık ve Çelişki. Serpil Merzi: İstanbul 1.basım, New York, ,s. 109, 1991.
- [15] Benzel, K. F., The Room İn Context. Design Beyond Boundaries 1.basım,Londra: Mc. Growhill companies, 1997.
- [16] Gür, Ş. Ö., Mekan Örgütlenmesi 1.basım,Trabzon:Gür Yayıncılık, s.52,1999.
- [17] Aydınli, S., “Mekansal Değerlendirmede Algısal Yargılara Dayalı Bir Model” Yayınlanmamış doktora tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi. s.16. 1986.
- [18] Demirkaya, H., “Mekan Kavramının Tarihsel Süreç İcinde İncelenmesi...” Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi s.11, 1999.
- [19] Wigginton, M., Glass İn Architecture 1.basım. Hong Kong: Pahaidon Press L.t.d., 1996.
- [20] Maslow, Theory Human Motivation. Psychological Review sf:50,1943.
- [21] Button, D., History of Architectural Glass and Building Technology, Architectural Design, S.49, 1993.
- [22] Hasal, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2000.
- [23] Pearson C., “Materials” Architectural Recort, 03, s.91, 2001.
- [24] Utarit, İ., Pencere-Hafif Cepheler, Yardımcı Koruyucular, 1. Basım İstanbul: Yay Yayıncılık, S. 4, 1983.
- [25] Niesewand, N., Contemporary Details, İnternational Books Limited, 1. Basım, Londra, S.68, 1992.
- [26] Myersın, J., International Interiors, Laurence King Publishing 1. Basım, S.117, Londra,1997.
- [27] Didem Yanarateş, “Cam Malzemenin İc Mekanda Bölücü Eleman Olarak Kullanım Şekillerinin Araştırılması” (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üni. F.B.E, s.51, 1998.
- [28] Roth, M. L., Mimarlık Öyküsü, Çeviren: Ergün Akça:Kabalıcı Yayınevi, s.21, İstanbul 2000.
- [29] Compagno, A., İntelligent Glass Facades, 1. Basım, Birkhauser Publishers, .Berlin 1999.

- [30] Yener, A, K., Binalarda Güneşten Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, VIII. Ulusal Tesisat mühendisliği Kongresi, 2008
- [31] Çetegen, D. ve Enarun, D., Doğal Aydınlatma Sistemlerindeki Yeniliklere Bir Bakış, III. Ulusal Aydınlatma Konresi ve Sergisi, s.30-35, İstanbul, 2000.
- [32] ANON, IEA, Daylight in Bulding, A source book on daylighting systems and componenets, IEA SHC Task 21, ECBC Annex 29, 2000.
- [33] Özgün, Ö., Tubular Light Guidance Systems as Advanced Daylighting Strategy, Y. Lisas Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [34] Kaçel, S., The effect of Control Systems on Lighting Energy Consumption in Office Building, Y. Lisass Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [35] Çetegen D., Enarun D., Doğal aydınlatma konusundaki yeniliklere bir bakış, 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, s.30-35. 2000
- [36] Willmert, T., Prismatic daylighting systems, once commonly used, reemerge as a promising technology for the future. Architectural Record New York, Vol.187, 177-179, 1999.
- [37] James, P.A.B, Bahaj, A.S., Holographic optical elements: various principles for solar control of conservatories and sunrooms. Solar Energy, 78, 441-454, 2005.
- [38] Edmonds, I.R., Greenup, P.J., Daylighting in the Tropics. Solar Energy, Vol. 73, No.2, pp. 111-121, 2002.
- [39] Reppel, J., Edmonds, I.R., Angle-selective glazing for radiant heat control in buildings: Theory. Solar Energy, Vol.62, 245-253. 1998.
- [40] Houghton, D., Here comes the sun—a look at daylighting systems. Architectural Lighting, Vol.14, 48-50. 1999.
- [41] Rosemann, A., Kaase, H., Lightpipe applications for daylighting systems. Solar Energy, 78, 772-780. 2005.
- [42] Canziani, R., Peron, F., Rossi, G., Daylight and energy performances of a new type of light pipe. Energy and Buildings, 36, 1163-1176. 2004.
- [42] Beck, A., Körner, W., Gross, O., Fricke, J., Making better use of natural light with a light-redirecting double-glazing system. Solar Energy, Vol.66, sayı.3, 215-221. 1999.
- [44] Scartezzini, J.L., Courret, G., Anidolic Daylighting Systems. Solar Energy, Vol.73, sayı. 2, 123-135. 2002.
- [45] Molteni, S.C., Courret, G., Paule, B., Michel, L., Scartezzini, J.L., Design of anidolic zenithal lightguides for daylighting of enderg-round spaces. Solar Energy, Vol.69, sayı.1-6, 117-129. 2000.
- [46] Benze, I K. F., The Room In Context. Design Beyond Boundaries, 1. Basım, Mc. Growhill Companies, S.242, Londra:, 1999.
- [47] Göksal, T., *Geçmişten Bugüne Metal Cepheler*, Arredamento Dekorasyon, Sayı 99, Aralık 1998.

- [48] Rich, P. ve Dean, Y., *Principles of Element Desing*, 3.cü baskı, Architectural Press, Oxford 1999.
- [49] Ekşi, D., *Yapıda Pencere Ürünlerinin Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen. Bil. Ens., İstanbul 1998.
- [50] Toydemir, N., Gürdal. E. ve Tanaçan, L., *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Türkiye 2000.
- [51] Yaman, T., *Yüksek Yapılarda Cephe Gelişimi ve Giydirme Cephe*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bil. Ens., İstanbul, Türkiye 1998.
- [52] Eriç, M., *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Türkiye 1994.
- [53] DOE, *performance Requiriements for External Walls*.
- [54] Şenkal, F., *Yapıda Giydirme Cephe Sistemi Kullanımında Optimal Konfor Koşullarının Saptanması için Performans Kriterlerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bil. Ens., Edirne Türkiye 2002.
- [55] Reman, O., *Isı-su İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması, Özellikleri, Soru ve Seçim Kriterleri*, 2000.
- [56] Aksaray. N., *Giydirme Cephe Konstrüksiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi fen Bilimleri Ens., Ankara, Türkiye 1999.
- [57] Weidtmann, E., *Güneş Enerjisi Kontrolü Yalıtım Camlarının Doğru Seçimi İçin Göz Önünde Bulundurulacak Kriterler*, İnşaat Dergisi, Haziran 1989.
- [58] Weidtmann, E., *Güneş Enerjisi Kontrolü Yalıtım Camlarının Doğru Seçimi İçin Göz Önünde Bulundurulacak Kriterler*, İnşaat Dergisi, Haziran 1989.
- [59] Zürcher, C. ve Frank, T., *Bauphysik Bau und Energie*, Hochschulverlag ve Teubner, Zürih İsviçre 1998.
- [60] Şişecam, *Cam Yapı Elemanları Kataloğu*, Camtaş Düzcamlar Pazarlama A.Ş., Teknik Hizmetler Müd., İstanbul 1999.
- [61] Geyyas, M., *Dekoral Alüminyum*, İstanbul 2002.
- [62] Erdoğan, O., *Yapılarda Giydirme Cephe Sistemleri ve Performans Kriterleri*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bil. Ens., Edirne 1999.
- [63] Şenkal, F., *Giydirme Cephe Binalarda Konfor Koşulları Üzerine Bir Araştırma*, Yapı Dergisi, Şubat, 255, 96-99, 2003.
- [64] Karasu, B. ve AY, N., *Cam Teknolojisi*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ders Kitapları Serisi, Ankara, 2000.



- [65] Compagno, A., *Intelligent Glass Façades*, Basel, Birkhauser, isviçre 1999.
- [66] Türkseven, İ., *The Effects of Glass on Building and Space Desing*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bil. Ens., İzmir, Türkiye 1996.
- [67] Marko, A. ve Braun, P.O., *Thermal Use of Solar Energy in Buildings* Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 26-38,1999.
- [68] İnşaat Dergisi, *Yapı Malzemesi Olarak Cam*, Araştırma, Haziran 1989.
- [68] TSE 11172 *Camlar-Işık Geçirgenliği, Direk güneş Işını Geçirgenliği, Toplam Güneş Enerjisi Geçirgenliği ve Ultraviyole Işını Geçirgenliği ve Bunlarla İlişkili Cam Faktörlerinin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık 1993.
- [69] Balanlı, A., *Yapıda Ürün Seçimi*, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi Ders Notları, Fak. Kütüphanesi, İstanbul 1997.
- [70] Alşaç, Ü., *Cam Üretim Gelişmesi*, İnşaat Dergisi, Eylül, 3-27 (1991)
- [71] Kennedy, R., *Camın Olağanüstü Tarihi ve Geleceği “-1-”*, Pencere Dergisi, Ekim-Kasım, 52-57,1998.
- [72] Wigginton, M., *Glass in Architectural*, 1. basım, Phaidon, London 1996.
- [73] Lampert, M., *Advances in Materials and Technology for Swichable Glazing*, Glass Processing Days, 296-300, 1999.
- [74] Cahn, R.W., Haasen, P., *Material Science and Technology*, Weinheim, WCH, Almanya, 1992.
- [75] Lampert, M., *Chromogenic Swichable Glazing: Towards the Development of the Smart Window*, Presented at Window İnnovations, Tronto, Kanada, 5-6 Haziran, 1995.
- [76] Button D. ve PYE B., *Glass in Building*, Butterworth, Oxford, Pilkington Glass, İngiltere, 1994.
- [77] oydemir, N., *Cam Yapı Malzemeleri*, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A.Ş.,Eskişehir, 1990.
- [78] Saraç, Y., *Camın Özellikleri*, İnşaat Dergisi, Haziran, 32-34, Haziran 1989.
- [79] Greiner, R., *Mimari Cam*, Cuardian Flachglas GmbH Thalheim, Guardian, Guardian Avrupa Türkiye Pazarı Notları
- [80] Göksal, T. ve Ülgen, K., *Güneş ve Mimari Bağlamında Enerji Korunumlu Cephe Kuruluşlarında Isıl Davranışların Deneysel Araştırılması*, Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, 980 207, Eskişehir, Türkiye, 2002.

- [81] Şam, D. ve Günay, V., *Gözenekli SiO<sub>2</sub> Esaslı Yansıtmayan (Antirefleksif) Kaplamalar*, Şişecam Teknik BÜLTen, 32-37, Mart, 2002.
- [82] İnşaat Dergisi, Cam Üzerine Araştırma, Eylül, 36-60, 1991.
- [83] Tasarlanan ürünler, beklenen ortalama ses azalma indeksi alanın tüm yüzeyinde en uygun 1/3 oktav seviyelerinde frekansta bulunmasını istenmektedirler DOE 1971.
- [84] Parlar, A., Şişe-cam Araştırma Geliştirme Laboratuvarı, İstanbul 2003.
- [85] Gombert, A. ve Glaubitt, W., *Subwavelength-Structured Antireflective Surfaces On Glass*, İkinci Uluslar arası Cam Kaplamaları Konferansı, 120-125, Almanya, 1998.
- [86] Çelik, G., Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulama Olanakları- Eskişehir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bil. Ens., Eskişehir, Türkiye, 2002.
- [87] Wruk, N., Energy Balance of Coated Double Glazing, Flachglas AG, Glass Processing Days, 182-186, 13-17 Eylül, Almanya, 1997.