

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖLGE ELEMANLARININ PENCERENİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE
GÖRSEL KONFOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selin ŞAHİNOĞLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖLGE ELEMANLARININ PENCERENİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE
GÖRSEL KONFOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Selin ŞAHİNOĞLU
(502101526)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Aslıhan TAVİL

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101526 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Selin ŞAHİNOĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**GÖLGE ELEMANLARININ PENCERENİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE GÖRSEL KONFOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Aslıhan TAVİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ertan ÖZKAN
Beykent Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

Cephe sistemlerinin kuşkusuz vazgeçilmezi, her geçen gün teknoloji ile paralel gelişmekte olan, yapı kabuğunun saydam bileşeni olan pencerenin enerji etkin tasarımıdaki yeri oldukça büyüktür. Uygun gölge elemanı ile pencerelerin bir araya gelmesiyle birlikte enerji ve konfor performans gereksinimleri karşılanabilmekte ve enerji tüketimi azalırken kullanıcı konforu artmaktadır. Bu bağlamda tez çalışmada, İstanbul'da, güneye yönelmiş bir ofis mekanı için farklı gölge elemanlarının pencerenin ısıtma/soğutma enerjisi ve görsel konfor performansına etkisi değerlendirilmektedir.

Lisansüstü eğitimim boyunca bana yol gösteren, tecrübe ve bilgilerini daima aktaran, değerli hocam, tez danışmanım Doç. Dr. Aslıhan TAVİL'e sonsuz teşekkürler ederim.

Tez çalışmalarım süresince benden manevi desteklerini esirgemeyen, hep yanımda olan annem Perihan ŞAHİNOĞLU ve babam Şükrü ŞAHİNOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2012

Selin ŞAHİNOĞLU

Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvii
SUMMARY... ..	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem.....	1
1.2 Amaç.....	1
1.3 Varsayım.....	2
1.4 Kapsam.....	2
1.5 Yöntem.....	3
2. PENCERE SİSTEMLERİNİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE KONFOR PERFORMANSINI BELİRLEYEN PARAMETRELER.....	5
2.1 Pencere Sistemlerinin Enerji Performansını Belirleyen Parametreler	5
2.1.1 Isıtma ve soğutma yükleri.....	7
2.1.2 Aydınlatma yükü.....	7
2.1.3 Havalandırma yükü.....	8
2.2 Pencere Sistemlerinin Konfor Performansını Belirleyen Parametreler.....	8
2.2.1 Görsel konfor seviyesi	8
2.2.2 Isıl konfor seviyesini etkileyen değişkenler.....	9
2.3 Pencere Bileşenlerinin Isıl ve Görsel Performansı Açısından İncelenmesi	11
2.3.1 Çerçeve sistemleri.....	12
2.3.1.1 Ahşap çerçeveler	12
2.3.1.2 Metal çerçeveler	13
2.3.1.3 Plastik çerçeveler	14
2.3.1.4 Kompozit çerçeveler	15
2.3.2 Cam sistemleri	16
2.3.2.1 Ara boşluk	16
2.3.2.3 Cam tipleri.....	19
2.3.3 Gölge elemanları.....	28
2.3.3.1 Sabit dış gölge elemanları	29
2.3.3.2 Hareketli dış gölge elemanları	32
2.3.3.3 Çift cam arası gölge elemanları.....	33
2.3.3.4 İç gölge elemanları.....	34
2.3.3.5 Gölge elemanı olarak bitkilendirme.....	36
2.3.3.6 Gelişmiş gölge elemanları.....	37
2.3.4 Bölüm sonucu: Bileşen – performans matrisi.....	41
3. FARKLI GÖLGE ELEMANLARI İLE OLUŞTURULAN PENCERE SEÇENEKLERİNİN BİLEŞEN DÜZEYİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ.....	45

3.1 WINDOW 6 Programının Tanıtılması.....	47
3.2 WINDOW 6 Programı İle Pencere Seçeneklerinin Oluşturulması.....	49
3.2.1 Pencere boyutu.....	51
3.2.2 Gölge elemanı seçenekleri	51
3.2.3 Cam sistemi seçenekleri.....	52
3.3 Farklı Gölge Elemanlarının Pencerenin Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi.....	54
3.3.1 Farklı gölge elemanlarının pencerenin ısı geçirgenlik katsayısına etkisi .	57
3.3.2 Farklı gölge elemanlarının pencerenin güneş ısı kazanç katsayısına etkisi	60
3.3.3 Farklı gölge elemanlarının pencerenin ışık geçirgenliğine etkisi	63
4. FARKLI GÖLGE ELEMANLARI İLE OLUŞTURULAN PENCERE SEÇENEKLERİNİN MEKAN DÜZEYİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ.....	67
4.1 COMFEN 4 Programının Tanıtılması.....	69
4.2 Ofis Mekanının Ve Pencere Seçeneklerinin COMFEN Programında Modellenmesi.....	70
4.2.1 Mekana ilişkin geometrik ve fiziksel özellikler, çevresel koşullar	70
4.2.2 Pencere boyutu.....	74
4.2.3 Cam sistem seçenekleri.....	75
4.2.4 Gölge elemanı seçenekleri	76
4.3 Gölge Elemanlarının Pencerenin Enerji ve Görsel Konfor Performansına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	77
4.3.1 Farklı gölge elemanlarının enerji performansına etkisi	78
4.3.1.1 Yıllık ısıtma yükü.....	79
4.3.1.2 Yıllık soğutma yükü	83
4.3.1.3 Yıllık toplam enerji	87
4.3.2 Farklı gölge elemanlarının pencerenin konfor performansına etkisi	91
4.3.2.1 Gün ışığı aydınlık değeri	91
4.3.2.2 Kamaşma değeri.....	102
5. SONUÇLAR VE ÖNERİ.....	107
KAYNAKLAR.....	113
EKLER.....	117
ÖZGEÇMİŞ.....	125

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
COMFEN	: Commercial Fenestration Simülasyon Programı
IEA	: International Energy Agency
ISO	: International Organization for Standardization
IGDB	: International Glazing Data Base
NFRC	: National Fenestration Rating Council
BFRC	: British Fenestration Rating Council
CEN	: The European Committee for Standardization (EN)
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient (Güneş Isı Kazanç Katsayısı)
VT	: Visible Transmittance (Işık Geçirgenlik)
TS	: Türk Standartları
U	: Isıl geçirgenlik katsayısı ($\text{W/m}^2\text{K}$)
λ	: Isıl iletkenlik değeri (W/mK)

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Çeşitli giysileri clo değerleri (Fanger, 1970).....	11
Çizelge 2.2 : Çift cam sistemleri için farklı çerçeve malzemelerinin ısıl geçirgenlik katsayıları (W/m^2K) (ASHRAE, 2009).....	16
Çizelge 2.3 : Pencere sistem bileşenleri performans analiz matrisi.....	43
Çizelge 3.1 : WINDOW 6 programında tanımlı CEN çevresel koşullarına ait değerler.....	49
Çizelge 3.2 : WINDOW 6 programı çerçeve kütüphanesinden yapılan seçime ait değerler.....	51
Çizelge 3.3 : WINDOW 6 programında oluşturulan dış gölge elemanları (GE) özellikleri.....	52
Çizelge 3.4 : WINDOW 6 programında oluşturulan iç gölge elemanları (GE) özellikleri.....	53
Çizelge 3.5 : WINDOW 6 programı cam kütüphanesinden seçilen Pilkington camlarına ait değerler.	54
Çizelge 3.6 : WINDOW 6 programı gaz kütüphanesinde bulunan hava ve argona ait değerler.	54
Çizelge 3.7 : WINDOW 6 programında oluşturulan cam sistemleri.....	55
Çizelge 3.8 : Belirlenmiş performans kriterlerini karşılayan pencere sistemlerine ait değerler.	57
Çizelge 4.1 : Kabuk katmanlarına ait özellikler.	74
Çizelge 4.2 : COMFEN 4 aşamasında hesaplara dahil edilen gölge elemanları	76
Çizelge 5.1 : Bileşen ve mekan düzeyinde performans değerlendirmeleri karşılaştırması.	108
Çizelge 5.2 : Öneri pencere sistemine ait enerji ve konfor performans değerleri.....	111
Çizelge A.1 : Pencere sistemlerine ait U, SHGC ve VT değerleri	117
Çizelge B.1 : Pencere sistemlerine ait enerji ve konfor performans değerler	120
Çizelge C.1 : COMFEN 4 simülasyon programınca ısıtma ve soğutma için kabul edilen başlangıç noktası	124
Çizelge D.1 : Ofis mekanlarına ait sınır aydınlık değerleri (EN 12464-1).....	124

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 :	Yönteme ait adımlar.	4
Şekil 2.1 :	Pencere boyunca gerçekleşen ısı transfer bileşenleri	5
Şekil 2.2 :	Güneş ısı kazanç bileşenlerinin genel ifadesi.....	6
Şekil 2.3 :	Güneş ışınlam ısı kazancı bileşenleri	6
Şekil 2.4 :	Isıl konfora pencere sisteminin etkileri (ASHRAE, 2009).....	10
Şekil 2.5 :	Ahşap çerçeve.....	13
Şekil 2.6 :	Alüminyum çerçeve	13
Şekil 2.7 :	Isı bariyerli alüminyum çerçeve	14
Şekil 2.8 :	Vinil çerçeve.....	15
Şekil 2.9 :	Kompozit çerçeve.....	15
Şekil 2.10 :	Cam sistemi bileşenleri (Url-2, 2011).	17
Şekil 2.11 :	Ara boşluk gazı türüne göre U değeri performansları (Carmody ve diğ., 2003).....	18
Şekil 2.12 :	Cam sistemi bileşenleri (ASHRAE, 2009).....	19
Şekil 2.13 :	Berrak cam	20
Şekil 2.14 :	Berrak çift cam	20
Şekil 2.15 :	Farklı özelliklerde renkli camlar	21
Şekil 2.16 :	Yansıtıcı kaplamalı çift cam.....	22
Şekil 2.17 :	Low-E kaplamalı cam sistemi (yüksek güneş kazancı) (Url-7, 2012) ..	23
Şekil 2.18 :	Spektral seçici low-E kaplamalı cam sistemi (düşük güneş kazancı)(Url-7, 2012).	24
Şekil 2.19 :	Sırasıyla yüksek, orta ve düşük güneş kazanımlı low-E kaplamalara ait değerler (Url-2, 2011).	25
Şekil 2.20 :	Fotokromik camların faz değişim adımları	25
Şekil 2.21 :	Termokromik cam (Url-10, 2012).	26
Şekil 2.22 :	Elektrokromik teknolojisi	27
Şekil 2.23 :	Sırasıyla bulutlu ve güneşli gün için elektrokromik camların iç mekan görüşleri	27
Şekil 2.24 :	Cam türlerinin bulundukları mekanın soğutma ve aydınlatma yüklerine etkileri	28
Şekil 2.25 :	Gölge elemanı örnekleri.....	29
Şekil 2.26 :	Sabit dış gölge elemanları.....	29
Şekil 2.27 :	Sabit dış gölge elemanının yaz ve kış güneşine göre iç ortamdaki etkisi	30
Şekil 2.28 :	Sabit düşey gölge elemanları	30
Şekil 2.29 :	Saçak örnekleri	31
Şekil 2.30 :	Sabit yatay gölge elemanları.....	31
Şekil 2.31 :	Kafes tipi gölge elemanları	31
Şekil 2.32 :	Hareketli dış gölge elemanları	32
Şekil 2.33 :	Hareketli düşey gölge elemanları	32
Şekil 2.34 :	Hareketli yatay gölge elemanları	33
Şekil 2.35 :	Çift cam arası jaluzi	33

Şekil 2.36 :	İç gölge elemanları.....	34
Şekil 2.37 :	Tekstil doku özelliğine bağlı olarak yansıtıcılık özellikleri.....	34
Şekil 2.38 :	Perde tipleri.....	35
Şekil 2.39 :	Stor.....	35
Şekil 2.40 :	Jaluzi geometrileri (ASHRAE, 2009).	36
Şekil 2.41 :	Doğu ve batı cephelerinde bitkilendirme.....	37
Şekil 2.42 :	Yaprak döken ağaçlar, sarmaşık ve saksı bitkilerinin güneş kontrolüne etkisi.....	37
Şekil 2.43 :	Işık rafları.....	38
Şekil 2.44 :	Hareketli yansıtıcı filmli ışık rafları.....	39
Şekil 2.45 :	Yansıtıcı şeritli jaluzi.....	39
Şekil 2.46 :	Prizmatik panel tipleri.....	40
Şekil 2.47 :	Holografik cam kullanımı.....	40
Şekil 2.48 :	Farklı PV uygulamaları ile gölge elemanı PV'lerin enerji üretim miktarları (Çelebi, 2002).....	41
Şekil 2.49 :	Gölge elemanı olarak PV uygulaması, Hollanda.....	42
Şekil 2.50 :	Bileşen düzeyinde tanımlanan performans kriterleriyle pencere bileşenleri arasındaki ilişki.....	43
Şekil 3.1 :	Çalışmanın akış modeli.....	46
Şekil 3.2 :	WINDOW 6 simülasyon programı arayüzü (Url-4).	48
Şekil 3.3 :	WINDOW 6 programı ile bağlantılı programlar (Url-8).	48
Şekil 3.4 :	WINDOW 6 simülasyon programında farklı pencere sistemlerinin oluşturulması için belirlenmiş parametreler.....	50
Şekil 3.5 :	Uygun performans kriterlerini sağlayamayan gölge elemanları.....	56
Şekil 3.6 :	İç gölge elemanlarının farklı pencerelerin U değerine etkisi.....	59
Şekil 3.7 :	Dış jaluzi şerit açılarının farklı pencerelerin U değerine etkisi.....	59
Şekil 3.8 :	Gölge elemanlarının farklı pencerelerin U değerini azaltma oranları..	60
Şekil 3.9 :	Cam tipinin ve iç gölge elemanı tipinin pencerenin SHGC değerine etkisi.....	62
Şekil 3.10 :	Dış jaluzi şerit açılarının pencerelerin SHGC değerlerine etkisi.....	62
Şekil 3.11 :	Gölge elemanlarının farklı pencerelerin SHGC değerini azaltma oranları.....	63
Şekil 3.12 :	İç gölge elemanı tipinin pencerelerin VT değerlerine etkisi.....	64
Şekil 3.13 :	Dış jaluzilerin pencerelerin VT değerlerine etkisi.....	65
Şekil 3.14 :	Gölge elemanlarının farklı pencerelerin VT değerini azaltma oranları.....	65
Şekil 4.1 :	Mekan düzeyinde değerlendirme akış modeli.....	68
Şekil 4.2 :	COMFEN 4 simülasyon programı arayüzü (Url-5, 2012).	69
Şekil 4.3 :	COMFEN 4 programında yer alan iklime ait kuru hava termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$).	70
Şekil 4.4 :	COMFEN 4 programında yer alan iklime ait güneş ışıyım miktarı (W/m^2).....	70
Şekil 4.5 :	COMFEN 4 simülasyon programında farklı pencere sistemlerinin oluşturulması için belirlenmiş parametreler.....	71
Şekil 4.6 :	Simülasyonlarda kullanılan örnek ofis binasının plan şeması.....	72
Şekil 4.7 :	Simülasyonlarda kullanılan örnek ofis binasının plan şeması.....	73
Şekil 4.8 :	Opak bileşeni oluşturan katmanlar.....	74
Şekil 4.9 :	Saydamlık oranı 0.30 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.....	74
Şekil 4.10 :	Saydamlık oranı 0.45 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.....	75
Şekil 4.11 :	Saydamlık oranı 0.60 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.....	75

Şekil 4.12 :	Gölgeleme maskesi ve gölgelemenin istendiği dönem.....	77
Şekil 4.13 :	Sabit yatay gölge elemanının oluşturulması.	78
Şekil 4.14 :	0.30 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m ²).	80
Şekil 4.15 :	0.45 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m ²).	80
Şekil 4.16 :	0.60 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m ²).	81
Şekil 4.17 :	0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.....	81
Şekil 4.18 :	0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanlar uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.....	82
Şekil 4.19 :	0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.....	82
Şekil 4.20 :	0.30 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m ²).	84
Şekil 4.21 :	0.45 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m ²).	85
Şekil 4.22 :	0.60 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m ²).	85
Şekil 4.23 :	0.30 saydamlık oranı için farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.	86
Şekil 4.24 :	0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.....	86
Şekil 4.25 :	0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.....	87
Şekil 4.26 :	0.30 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m ²).	88
Şekil 4.27 :	0.45 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m ²).	89
Şekil 4.28 :	0.60 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m ²).	89
Şekil 4.29 :	0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.	90
Şekil 4.30 :	0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.	90
Şekil 4.31 :	0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.	91
Şekil 4.32 :	0.30 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).	93
Şekil 4.33 :	0.45 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).	93
Şekil 4.34 :	0.60 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).	94
Şekil 4.35 :	0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.	94
Şekil 4.36 :	0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.	95
Şekil 4.37 :	0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.	95
Şekil 4.38 :	Dış gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	97
Şekil 4.39 :	Dış gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	98
Şekil 4.40 :	İç gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	98

Şekil 4.41 :	İç gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	99
Şekil 4.42 :	Stor ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	99
Şekil 4.43 :	Stor ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	100
Şekil 4.44 :	İki cam arası gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	100
Şekil 4.45 :	İki cam arası gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	101
Şekil 4.46 :	Saçak ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	101
Şekil 4.47 :	Saçak ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).	102
Şekil 4.48 :	0.45 saydamlık oranı için ortalama yıllık kamaşma değeri.	103
Şekil 4.49 :	0.60 saydamlık oranı için ortalama yıllık kamaşma değeri.	104
Şekil 4.50 :	0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama kamaşma değerlerindeki azalış oranları.	104
Şekil 4.51 :	0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama kamaşma değerlerindeki azalış oranları.	105
Şekil 5.1 :	Önerilen pencere sisteminin oluşturulması için seçilen parametreler.	111
Şekil 5.2 :	Önerilen, saçak ve stora sahip, pencere sistemine ait günlük gün ışığı aydınlık değerleri.	112
Şekil 5.3 :	Saçak ile oluşturulan pencere sistemi için günlük gün ışığı aydınlık değeri.	112

GÖLGE ELEMANLARININ PENCERENİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE GÖRSEL KONFOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Enerji kaynaklarının gün geçtikçe yok olmasına bağlı olarak enerji tüketiminin azaltılabilmesi için çözümler aranmaktadır. Bunun için yapılarda enerji korunumu öncelik kazanmakta ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik tasarımlar önem kazanmaktadır. Yapılarda enerji akışı farklı yollarla gerçekleşmektedir. Yapı kabuğunda ise enerji akışının en fazla gerçekleştiği bileşen pencerelerdir. Pencerelerin enerji ile ilgili performansı alt bileşenlerinin performansına bağlıdır. Pencereyi oluşturan çerçeve sistemleri ile birlikte cam sisteminin ara boşluk gazı, mesafesi, cam türleri mekanın ısı performansını doğrudan etkilemektedir. Gölge elemanları ise türüne, kesit kalınlığına, sistemdeki yerine bağlı olarak farklı performans değerleri sunmaktadır.

Tez, pencere sistemlerinin enerji ve konfor performansını belirleyen parametrelere yönelik literatür analizi, bileşen ve mekan düzeyinde gerçekleştirilen parametrik çalışmalar ve bunların sonuçlarına ait adımlardan meydana gelmektedir. Enerji etkinliği açısından uygun pencere sistemi seçimi bileşen düzeyinde ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC değeri) ve ışık geçirgenliğe (VT değeri) bağlı olarak değerlendirilir. Ancak bu performans kriterleri mekan enerji tüketimi ile ilgili sorulara doğrudan cevap verememektedirler. Bu sebeple farklı gölge elemanlarının mekan düzeyinde pencerenin enerji ve konfor performansını ne yönde etkileyeceğinin değerlendirilmesi önemli olmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın ana amacı farklı pencere seçeneklerinin, belirli parametrelere bağlı olarak, mekana ait enerji ve konfor performansının değerlendirilmesi olarak ortaya konulmaktadır. Bu amaca yönelik olarak farklı pencere sistemleri ve gölge elemanları bir araya getirilerek seçenekler oluşturulmuştur. WINDOW 6 simülasyon programı ile bileşen düzeyinde performans değerlendirmesine olanak sağlayan U değeri, SHGC ve VT değerleri hesaplanmıştır. Standartlarca verilen sınır değerler içerisinde kalan seçenekler ortaya konmuştur. Bu aşamanın ardından İstanbul'da güneye yönelmiş bir ofis mekanı için enerji ve konfor performansı simülasyonları, COMFEN 4 simülasyon programıyla, farklı gölge elemanlı pencere sistem seçenekleri için gerçekleştirilmiş ve mekan düzeyinde değerlendirmeler yapılmıştır. Enerji performansı başlığı altında ısı konfor koşullarına bağlı, ortalama ısıtma, soğutma yükleri ve yıllık toplam enerji; konfor performansı başlığı altında ise ortalama gün ışığı aydınlık ve kamaşma değerleri açılarından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak İstanbul'da güney cepheli bir ofis mekanı için etkin gölge elemanı ve en uygun pencere sistemi belirlenebilmektedir.

HEATING/COOLING ENERGY AND VISUAL COMFORT PERFORMANCE EVALUATION OF WINDOWS WITH VARIOUS SHADING DEVICES

SUMMARY

Seeking solutions for reducing energy consumption depending on depletion of energy resources every day. For this issue in buildings energy conservation is gaining a priority and design to reduce energy consumption becomes importance. Energy flows in buildings occur in different ways. Highest energy flow occurs through windows which is transparent elements of the building envelope. Performance of sub-components of window impact and determine the window system. Windows are constituted by frame with glazing system that includes cavity gas, distance between glasses and glass types are directly impacts thermal performance of space. Depending on type, thickness and place of the shading devices offer different performance values. Visual comfort level in space depends on daylighting level and glare index effects of window. To minimize energy consumption by means of transparent components be provided with the proper choice of window and shading device combination depending on climate, building type, building shape, location and direction of window system. The problem is when windows alternatives combined with various shading devices, how will change the thermal and visual performance of window, which shading device with which window can provide the adequate performance criteria. Depending on the object of the study is component level evaluation of thermal and visual performance of window system alternatives at the first phase and at the second phase space level evaluation of energy and visual comfort performance of windows system alternatives based to certain parameters for reducing energy consumption and increasing the level of visual comfort. There are limit values in standards for windows for İstanbul. Accordingly, the window heat transfer coefficient should not exceed $2.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ and solar heat gain coefficient 40 percent. There is no reference range for visible transmittance. However the importance of the providing solar control and light control at the same time led to the occurrence of light to solar gain ratio (LSG) that obtained with solar heat gain coefficient divided by visible transmittance. For office buildings ideal LSG ratio to be between 0.3 and 2.0. At space level energy performance parameters of windows are heating load, cooling load, ventilating load and lighting load. These are generate the total energy consumption. Each parameters are linked with different component level parameters. Heating load is related with heat transfer coefficient, cooling load is related with solar heat gain coefficient and lighting load is related with visible transmittance. Comfort performance parameters are thermal comfort and visual comfort. Thermal comfort level depends on relative humidity, air movement/velocity, mean radiant temperature, insulative clothing and activity level. Thermal comfort is directly related with heat transfer coefficient and solar heat gain coefficient. Visual comfort depends on illuminance level and glare index that is related with visible transmittance. There is reference range for office space to be between 500-750 lux. Glare index should not exceed 16-19-22 as regards office space function.

Thesis consists of the steps those are literature analysis for determining the parameters of energy and comfort performance of window, parametric studies for component and space level performance evaluation and results. In terms of energy efficiency, selection of the appropriate window system, at component level, depends on heat transfer coefficient (U value), solar heat gain coefficient (SHGC value) and visible transmittance (VT value). However, these performance criteria are unable to directly respond to question about the energy consumption of space. For this reason, at the space level, the evaluation of heating /cooling energy and comfort performance of windows with various shading devices is important. For this aim, alternatives are developed by bringing together various window systems and shading device. Parameters are determined for selection of window systems. For all systems, air as gap gas and thermal brake aluminum frame is selected. Five different glazing systems are developed. These are developed with clear, low-E coating, spectrally selective low-E coating, reflective coating and green tinted glass layers. Various angled interior and exterior venetian blind and roller shades are selected as shading devices for combining window systems. For evaluation of 50 different window system alternatives which developed with various shading devices are defined in WINDOW 6 simulation programme. Heat transfer coefficient (U value), solar heat gain coefficient (SHGC value) and visible transmittance (VT value) are calculated with WINDOW 6 simulation programme that allows the evaluation at component level. Appropriate alternatives are determined according to the limit values that is indicated by standards. Accordingly, options which are provided reference ranges have adequate performance criteria at component level. In point of heat transfer coefficient, the most appropriate window system is roller shade and window which has low-E coated glass layer combination. In terms of solar heat gain coefficient, proper window system is 45° slat angled exterior venetian blind and window which has spectrally selective low-E coated glass layer combination. All of window systems meet expected LSG ratio. However interior and 45° slat angled exterior venetian blind have the lowest visible transmittance values. So 30° slat angled interior and exterior venetian blinds and roller shade passed the elimination. Appropriate options are moved to second phase.

An office space oriented to South in Istanbul is modeled for space level evaluation. Three different window/wall ratio, 0.30, 0.45 and 0.60 are preferred. Two various shading devices are added at this phase. These are overhang and 30° slat angled between glass venetian blind. For all systems, air as gap gas and thermal brake aluminum frame is selected. Five reference window, fifteen window systems from the first phase and ten new window systems that are included at this phase are modeled and simulated in COMFEN 4 simulation programme. Total of 90 options are developed for three different window/wall ratio. Under the title of energy performance, annual average heating/cooling loads, annual total energy consumption of options are evaluated and comparisons were made between themselves. In terms of annual average heating loads, the most convenient option is roller shade and window which has low-E coated glass layer combination. In point of annual average cooling loads the most proper window system is 45° slat angled exterior venetian blind and window which has reflected coated glass layer combination. In terms of annual total energy consumption, the most appropriate window system is combination of overhang and window which has spectrally selective low-E coated glass layer. Under the title of visual comfort, annual average daylight illuminance level, hourly daylight illuminance level and annual average glare index of options are evaluated and comparisons were made according to the standards. For annual

average daylight illuminance level parameter, the most convenient option is combination of overhang with window which has clear glass layers. All of the window systems don't exceed the reference range of glare index.

Considering two phase of study, evaluate the performance of window system at component level only may be inadequate. A system is appropriate at component level which may insufficient at space level or a system is inadequate at component level which can meet the expected criteria at space level. This can be explained by the window systems energy and visual comfort performances change depend on the geometrical and physical characteristics of the space and environmental factors. Energy performance comparisons, at the level of space, were made using the average of options values. The comparisons is made considering averages, also sorting were made. For the sorting, intersections of the best annual total energy consumption values in first ten and the best annual daylight illuminance level in first ten are considered. So the most appropriate options are combination of overhang with window which has spectrally selective low-E coated glass layer or low-E coated glass layer and roller shade with window which has reflected coated glass layer or spectrally selective low-E coated glass layer. All of options provide proper annual glare index value. But, overhang is the only shading device which provides annual daylight illuminance level performance criteria. All of options which developed with exterior venetian blind provided performance criteria at component level. However, at level of space, options which have exterior blind, except of the window which has spectrally selective low-E coated glass layer and performance criteria of annual daylight illuminance level, are met above the average performance criteria. Only one option with interior venetian blind provide all performance criteria at component level. Other options with interior venetian blind remain below the average for reducing the cooling loads at the level of space. Combination of between two glass venetian blind and window which has spectrally selective low-E coated glass layer provides above the average performances, expect of annual daylight illuminance level, at level of space. In addition to this, all options developed with between two glass venetian blind have above the average performance for reducing cooling loads. Two options developed with roller shade provide all performance criteria at the level of component. Considering all of other options, roller shades remain below the average for reducing the cooling loads. But roller shades are highly efficient when compared to other options for reducing annual heating loads. Under scope of the study, overhang is the only shading device for providing daylight illuminance level on an basis of annual evaluation. However, sometimes overhang exceed the limit illuminance level on an daily basis. For this reason, to adding a movable, retractable and adjustable interior shading device can be achieve appropriate visual comfort performance conditions. Evaluations show that overhang and roller shade provide above the average energy and visual comfort performance level with window which has spectrally selective low-E coated glass layer. So in summer months roller shade and overhang can be used afterward in winter months, roller shade can be retracted. Future studies can be improved to evaluating and comparing the effects of various shading devices on energy and comfort performance of window for different climates and can be made performance evaluation at building level.

1. GİRİŞ

1.1 Problem

Günümüzde enerji kaynaklarının giderek azalmasına bağlı olarak, yapının enerji tüketiminin, ısıl ve görsel performansının istenen düzeyde tutulması kaydıyla, en aza indirgenmesi önem kazanmaktadır. Yapının saydam bileşeni olan pencerelerin, enerji akışının en fazla gerçekleştiği bileşenler olması nedeniyle, ısıl performanslarının enerji tüketimi üzerine olan etkisi oldukça büyüktür. Mekan içerisindeki görsel konfor seviyesi, pencerenin doğal aydınlatma seviyesi ve kamaşma değeri etkisine bağlıdır. Saydam bileşenler açısından, enerji tüketiminin en aza indirilmesi, iklim türü, bina tipi ve şekli, yön gibi parametrelere bağlı olarak camlama sistemi alternatifleri ile gölge elemanlarının kombinasyonunun, en uygun şekilde seçimi ile mümkündür.

Saydam bileşenler bulunduğu binanın tipine, yönüne bağlı olarak farklı performans sunarlar. Bu pencere sistemleri farklı gölge elemanları ile bir araya getirildiğinde, ısıl ve görsel performanslarının ne yönde değişeceği, hangi gölge elemanının hangi pencere sistemi ile birlikte uygun performans kriterlerini sağlayacağı, problemi ortaya koymaktadır.

1.2 Amaç

Tanımlanan probleme dayalı olarak çalışmanın amacı, ilk aşamada, farklı gölge elemanlarıyla oluşturulan pencere sistemlerinin bileşen düzeyinde performansının değerlendirilmesi; ikinci aşamada ise bu pencerelerin görsel ve ısıl performanslarının, İstanbul'da güney cepheli bir ofis mekanı bağlamında, mekansal düzeyde değerlendirilmesidir. Farklı gölge elemanlarıyla düzenlenen pencere seçeneklerinin, istenen performans kriterlerini sağlayıp sağlamadığı tasarımcı ve kullanıcılara sunulacaktır. Bu amaca yönelik olarak, gölge elemanı seçenekleri belirlenerek, pencere sistemleriyle bir araya getirilerek alternatifler belirlenmiştir. Farklı pencere sistem seçeneklerinin, mekana ait konfor düzeyi ve enerji

performansını ne şekilde etkileyeceğinin, belirli parametrelere bağlı olarak, incelenmesi amaçlanmaktadır.

1.3 Varsayım

Bileşen düzeyinde, pencerenin ısııl geçirgenlik değeri (U değeri), güneş ısı kazanç değeri (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC değeri) ve ışık geçirgenlik değeri (Visible Transmittance, VT) değerlerini, pencerelerle bir araya getirilen farklı gölge elemanlarının etkileyeceği varsayılmaktadır.

Mekan düzeyindeyse, farklı gölge elemanlarının, pencere sistemlerinin ısııl ve görsel performansını etkileyeceği varsayılmaktadır.

1.4 Kapsam

Tez kapsamında ilk olarak saydam bileşenler başlığı altında pencere sisteminin enerji ile ilişkili özellikleri, konfor açısından performansı ve teknik özelliklerinden bahsedilip, pencere sistemine ait alt bileşenlerin özellikleri ele alınacaktır. Bileşen ve mekan düzeyinde, iki aşamalı olarak yapılacak ısııl ve görsel performans değerlendirmeleri için yararlanılacak simülasyon programları tanıtılacaktır.

İlk aşamada, verilen temel bilgilerin ardından, bu bilgilere dayanarak, pencere sistemleri gölge elemansız ve farklı gölge elemanları ile bir bileşen olarak, ısııl ve görsel performansları WINDOW 6 simülasyon programı ile hesaplanacaktır. Bileşen düzeyinde değerlendirmede pencere sistemleri, kullanılan ölçütler olan ısııl geçirgenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC değeri) ve ışık geçirgenliği (VT değeri), ulusal ve uluslararası standartların öngördüğü sınır değerlere göre elenecek ve kalanlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir. Bileşen düzeyinde olan bu değerlendirme iklim, yön, bina tipi, bina şekli gibi parametrelerden bağımsızdır ve bileşene ait ısııl ve görsel performansı göstermektedir. Mekanın geometrik ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, mekan üzerindeki performans özelliğinin değerlendirilmesi için iklim, bina özelliği gibi daha ayrıntılı değişkenlerin etkilerinin de değerlendirilmesi gereklidir. Bu nedenle ikinci aşamada İstanbul'da güney cephe olarak oluşturulacak bir ofis mekanı için, uygun pencere sistemleri ile mekan düzeyinde COMFEN 4 programı ile simülasyon gerçekleştirilecektir. Simülasyon sonucunda, mekana ait yıllık ortalama ısıtma/soğutma yükleri, aydınlatma yükü, yıllık toplam enerji,

ortalama gün ışığı aydınlık değeri, ortalama kamaşma değeri, ortalama ısıl konfor oranı verilerine ulaşılacak ve bunlar karşılaştırmalı olarak, standartların öngördüğü değerlere göre değerlendirilecektir.

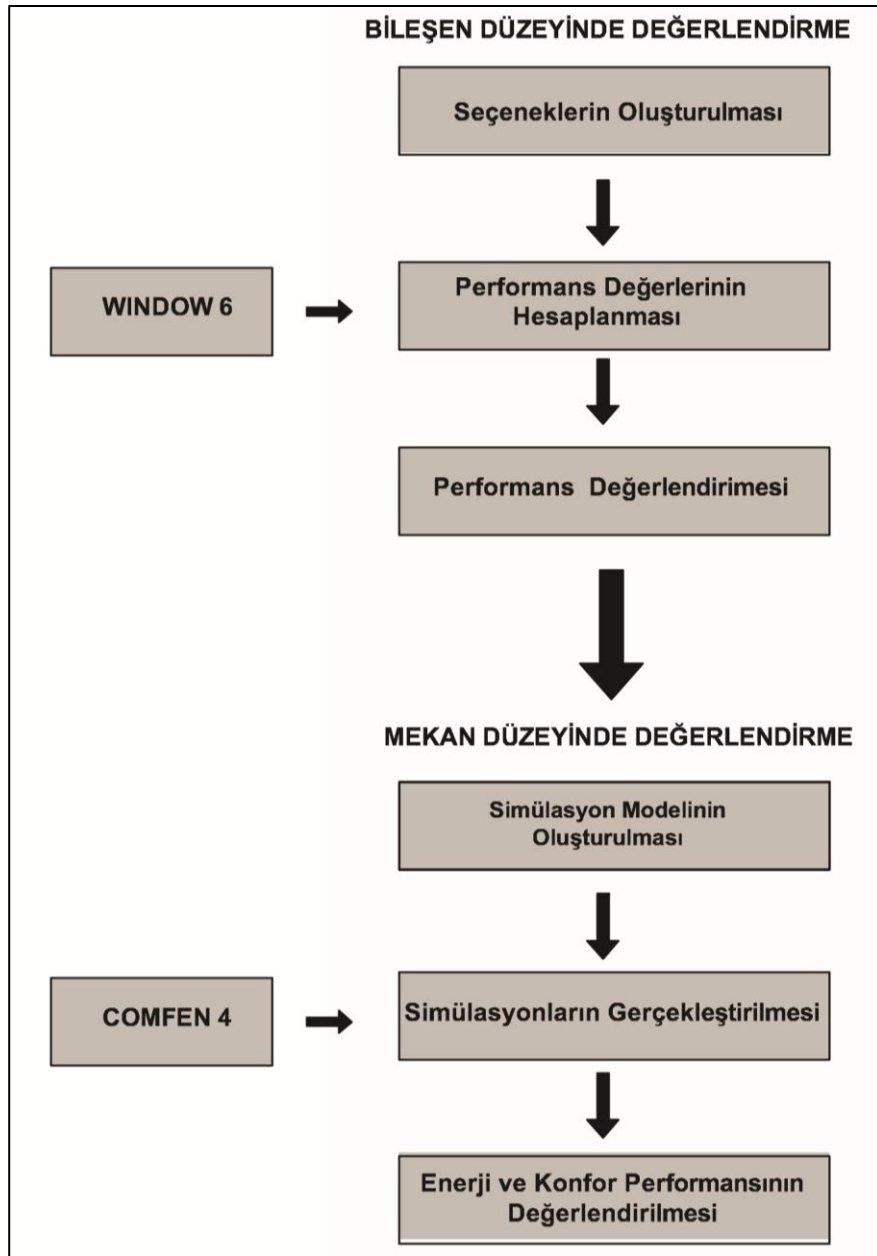
1.5 Yöntem

Tez kapsamında kullanılacak yöntem; farklı gölge elemanları ve pencere sistemlerinin kombinasyonları ile seçenekler oluşturarak parametrik bir çalışma yapmak ve bu kapsamda, seçeneklerin enerji ve konfor performanslarının bilgisayar programları ile belirleyerek performans değerlendirmesi yapmaktır.

İstanbul ilinin sahip olduğu iklim için pencere sistemlerinin sağlaması gereken, U değeri, SHGC değeri, VT değeri TS 825, ASHRAE standartlarından yararlanılarak bileşen düzeyinde birer performans kriteri olarak kullanılacaktır. Mekan düzeyinde de ASHRAE ve EN 12464-1 standartlarından faydalanılarak enerji ve konfor performans kriterleri ele alınarak değerlendirme yapılacaktır.

Farklı cam türleri, ara boşluk gazı, ereve tipi ile oluşturulan sistemler, bu çalışmada sabit değer olarak ele alınmıştır ve gölge elemanları ana değişkenleri oluşturmaktadır. Bileşen düzeyinde, pencere sistemleri WINDOW 6 programı ile simüle edilecek, oluşturulan birçok seçeneğe ait ısıl ve görsel performansa ait nicel veriler değerlendirilecektir.

İkinci aşamada ise ofis mekanın, WINDOW 6 alışması elemesini geçen pencere sistemleriyle birlikte, performans özelliklerini belirlemek için, COMFEN 4 programı simülasyon aracı olarak kullanılacaktır. şekil 1.1’de yönteme ait adımlar verilmiştir.



Şekil 1.1: Yönteme ait adımlar.

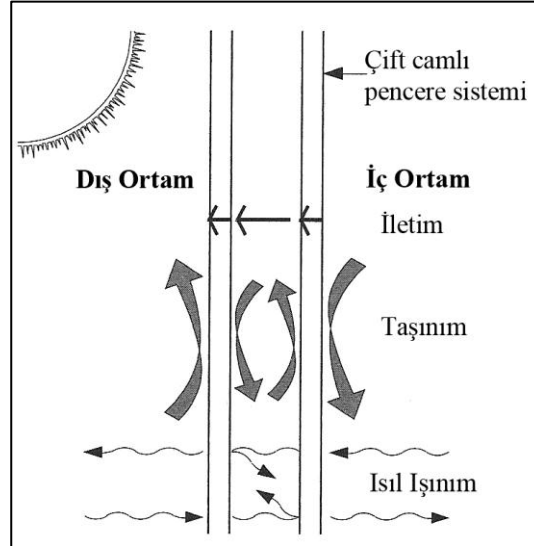
2. PENCERE SİSTEMLERİNİN ISITMA/SOĞUTMA ENERJİSİ VE KONFOR PERFORMANSINI BELİRLEYEN PARAMETRELER

Bu bölümde pencere sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri enerji ve konfor performans parametreleri olarak iki ana başlık altında incelenecektir.

2.1 Pencere Sistemlerinin Enerji Performansını Belirleyen Parametreler

Isıl geçirgenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) ve ışık geçirgenlik (VT) başta olmak üzere, hava-su sızdırmazlık, yoğuşma direnci özellikleri pencere sistemlerinin enerji performansını belirlemektedir.

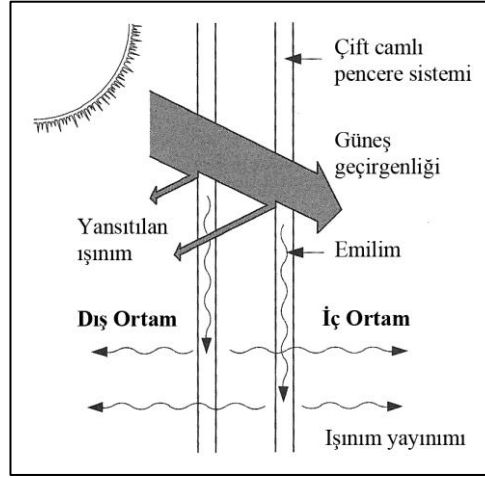
Pencerelerde ısı akışı üç yolla gerçekleşir. Bunlar iletim, taşınım ve ışıdır. İletim, katı, sıvı veya gaz fazlar arasındaki; taşınım katı ve akışkan fazlar arasındaki; ışıdır ise boşlukta, aracıya gereksinim duymadan gerçekleşen ısı transferidir (Şekil 2.1). İletim cam ve çerçeve boyunca, taşınım cam sistemi ara boşluğu ile iç, dış yüzeyler arasında, ışıdır ise hava boşluğunun her iki tarafındaki cam yüzeylerde oluşur (ASHRAE, 2009).



Şekil 2.1: Pencere boyunca gerçekleşen ısı transfer bileşenleri (Carmody ve diğ., 2003).

Pencerelerden ışıdır ile ısı transferi, ışıdırınların geçirimi (transmittance), emilmesi (absorptance), yansıtılması (reflectance) ve yayılmasıyla (emittance) gerçekleşir.

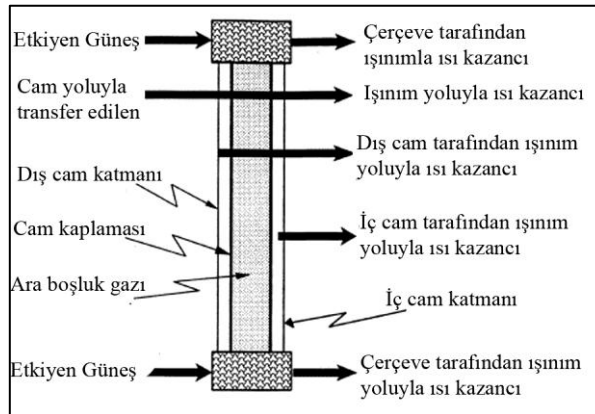
Geçirim, yansıtma ve emilim çarpanlarının toplamı 1'e eşittir ve bu çarpanlar her malzeme için farklıdır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Güneş ısı kazanç bileşenlerinin genel ifadesi (Carmody ve diğ., 2003).

İletim, taşınım ve uzun dalga ısınımı yoluyla pencerelerde sıcak taraftan soğuğa ısı transferi gerçekleşir ve pencere sistemi bileşenlerinin bu transfere direnç kapasitesi yalıtım değeri (R değeri) olarak tanımlanır. Toplam ısı transfer katsayısı ise ısı geçirgenlik katsayısıdır (U değeri) ve iç-dış ortam arasında bir birim hava sıcaklığı değişimiyle eyleme geçen, birim zamanda, birim alan boyunca gerçekleşen ısı transfer miktarıdır ve W/m^2K ile ifade edilir.

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC değeri), pencere etkileyen güneş ışıınının, mekana güneş kazancı olarak alınma oranıdır. Güneş ısı kazancı direkt geçirilmiş, absorbe edilmiş, içeri yayımlanmış ya da taşınmış güneş ısılarını içerir. Pencere yoluyla güneş ısı ısı kazanç bileşenleri ise Şekil 2.3'te verilmektedir.



Şekil 2.3: Güneş ısı ısı kazanç bileşenleri (ASHRAE, 2009).

Işık geçirgenlik (VT) ise pencere sistemi vasıtasıyla içeri alınan ışığın oranıdır. Önceki dönemlerde cam sistemlerinde güneş ısı kazanç kontrolüyle sağlanırken, ışık geçirgenlik değeriye düşmekteydi. Günümüzde ise gelişmiş camlar ve cam kaplamaları ile ışık geçirgenliğine yansıyan bu etki azalmıştır. Güneş kontrolü ve ışık kontrolünün önemi, ışık ve güneş kazancı oranı (light-to-solar-gain ratio) ölçülendirmesinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Buna göre ışık geçirgenliğin (VT), güneş ısı kazanç katsayısına (SHGC) bölümü ile elde edilen oran LSG oranını vermektedir. Bu değer ofis yapıları için 0.3 ile 2.0 arasında olması idealdir (ASHRAE, 2009).

Ofis yapılarında ana enerji tüketimi aydınlatma, ısıtma, soğutma, sıcak su, ekipman kullanımı ile gerçekleşir. Yapı tipi, geometrisi ve iklim bu enerji kullanım yüzdesinde değişkenliğe neden olur.

2.1.1 Isıtma ve soğutma yükleri

Pencerelerin çerper bölgesinde ısı kayıp ve kazancındaki rolü büyüktür. Pencere alanının, toplam kabuk alanına bölümü ile saydamlık oranı elde edilmektedir. Pencere boyutu, saydamlık oranı, enerji performansını doğrudan etkilemektedir. Pencere sistemi U değeri ile mekanın ısıtma yükü doğrudan ilişkilidir. SHGC değerinin düşük olmasıyla ise soğutma yüküne bağlı enerji tüketimini azalmaktadır. Kullanılan pencere açılabilir bir pencere ise doğal havalandırma ile mekanik soğutma yüküne bağlı enerji tüketimi de azaltılmış olur. Pencere sistemlerine gölge elemanı uygulamaları ile yaz aylarında güneş kontrolü sağlanır ve soğutma yüküne bağlı enerji tüketimini düşürür.

2.1.2 Aydınlatma yükü

Aydınlatma yükü de saydamlık oranı ile ilişkilidir. Saydamlık oranı düştükçe, doğal aydınlık seviyesi azalacak, yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulacaktır. Saydamlık oranı ise yapı tipine, geometrisine ve özellikle iklime göre değişir.

Yine cam tipi de aydınlatma yükünü ışık geçirgenlik özelliğiyle aynı şekilde etkilemektedir. Yapay aydınlatma ne kadar tercih edilirse iç ısı kazancı o kadar artacak ve soğutma yükü bundan etkilenecektir. Gelişmiş cam sistemleri güneş ısı kazanç kontrolüyle birlikte uygun ışık geçirgenlik özelliğini bir arada sağlayabilmektedir.

Pencere sistemi bileşeni olan gölge elemanları ise güneş kontrolü sağlarken, konumu, tipi ve açısına bağlı olarak ışık geçirgenlik oranını düşürebilir ve aydınlatma yüküne bağlı enerji kullanımını etkiler.

2.1.3 Havalandırma yükü

Pencerelerin açılır olması havalandırma yükünü düşürür ve enerji korunumu sağlar. Ayrıca pencere sisteminde jaluzi tipi gölge elemanı kullanılması durumunda, şerit açılarının hava hızını etkilemesi söz konusudur ve bu doğal havalandırma oranını etkiler. Doğal havalandırmanın azalmasına bağlı olarak havalandırma yükü artmaktadır (Bayraktar ve diğ., 2009).

2.2 Pencere Sistemlerinin Konfor Performansını Belirleyen Parametreler

Konfor, bireyin algısına bağlı değişkenlik göstermektedir. Yaş, cinsiyet, alışkanlıklar, mevsim değişiklikleri bireye bağlı konfor performansını etkileyen parameterelerdir. Pencere sistemlerinin konfor performansına etkisi ise görsel ve ısı olmak üzere iki başlık altında incelenebilir (ASHRAE, 2009).

2.2.1 Görsel konfor seviyesi

İç mekanda uygun görsel konfor seviyesine ulaşılması belirli parametrelerin sağlanması gerekir. Görsel konforu etkileyen en önemli etkenler aydınlık seviyesi ve kamaşmadır. Bu etkenlerin yanı sıra tasarım aşamasında ışık renkleri, kontrast ve yüzey yansıtıcılıklarına da dikkat edilmesi gerekmektedir. Kullanıcı görsel konforunun sağlanabilmesi için, görsel konfor parametrelerinin belirli sınır değerlere uygun olması ve bu değerlerin sürekliliğinin sağlanması gerekir (Küçükdoğu, 1976).

Gün ışığı seviyesi

Gün ışığının mekana alabilmek için, şüphesiz pencerelere ihtiyaç vardır. Pencere tasarımı ve cam seçimi içeri giren gün ışığı miktar ve kalitesini oldukça etkiler. Gün ışığı alan mekanlar, içinde bulunan insanlara motivasyonları ve psikolojileri açısından olumlu katkılar sağlamaktadır.

Güney cephesinde yer alan pencerelerin gün ışığı aydınlık düzeyi kuzey, doğu, batı yönlerine göre daha fazladır. Yüksek enlemlerde güneş ışınlarının geliş açısının azalmasına bağlı olarak iç mekana alınan gün ışığı artmaktadır. Ayrıca gün ışığı aydınlık seviyesi yalnız bölgesel özelliklere değil aynı zamanda mevsime göre de

farklılık göstermektedir. Saydamlık oranı da gün ışığı seviyesini etkileyen başka bir parametredir. Saydamlık oranının artmasına bağlı olarak iç ortamdaki gün ışığı seviyesi de artacaktır.

EN 12464-1 standardına göre ofislerde farklı fonksiyonlara bağlı olarak, aydınlık seviyesinin 200 lux ile 750 lux değerleri arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Fakat yalnızca gün ışığını içeri almak yeterli değildir, bununla birlikte iç ortamda kamaşma kontrolü ve düzgün ışık dağılımı sağlanmalıdır.

Kamaşma seviyesi

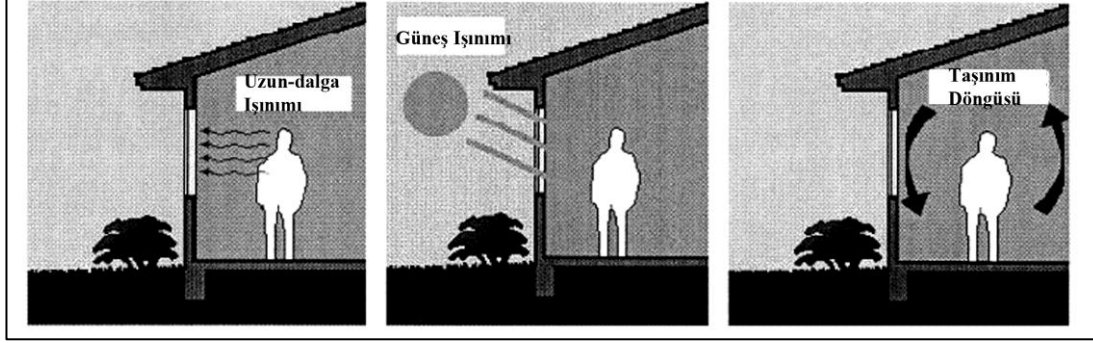
Göz, yüksek parıltıya maruz kaldığında, göz içinde ışık saçılması gerçekleşmesine bağlı olarak retinal görüntüdeki kontrast azalır ve görme yetisinin bir süre için tamamen ya da kısmen engellenmesi kamaşma olarak tanımlanır ve bu tür kamaşma yapılan aktiviteyi engeller (IEA, 2000). Özellikle pencere ve gün ışığı aydınlatma sistemlerinde kamaşma riski artmaktadır. Rahatsız edici kamaşmada aktiviteyi engellemez, görüş alanında parıltının yüksek ya da düzensiz dağılımına bağlı olarak sıkıntı hissine neden olmaktadır. Parıltı kaynağının boyutu, kamaşma kaynağı sayısı, görüş alanında kaynağın yeri, parıltı ve arka plan parıltısı kamaşmanın derecesini belirler. Kamaşma indeksi geniş alanlı kamaşma kaynağına öznel tepkiyi saptamak için kullanılır ve pencerenin yer aldığı duvara dönük bir kişiye göre, belirli mesafeler için hesaplanabilmektedir. Kamaşma indeksinin 10 sınır değerinde olması hissedilir kamaşma, 16 olması kabul edilebilir kamaşma ve 22 sınır değerinde olması ise konforsuz kamaşma olarak tanımlanır. Ayrıca bu kamaşma türleri direkt ve yansıyan olmak üzere farklı türlere ayrılmaktadır (Carmody ve diğ., 2003). Gölgeleme elemanı kullanımı kamaşmayı ve direkt güneş ışığı etkilerini azaltabilmektedir.

2.2.2 Isıl konfor seviyesini etkileyen değişkenler

Hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hareketi, ortalama bağıl sıcaklık, güneş ışıınım kazancı, kullanıcı giysileri ve aktivite düzeyi, ısı konforu belirler. Pencere sistemlerinin ise ısı performansı pencerenin U ve SHGC değerleri ile belirlenir.

Kış aylarında pencere yüzeyinde gerçekleşen ısı transferi, kişiden cam yüzeyine ışıınımla meydana geldiğinde, bireyin vücudunun pencereye bakan tarafı diğer tarafından daha soğuktur ve bu, konforu olumsuz etkileyen durum, ışıma asimetrisi olarak adlandırılır.

Pencere yüzeyi sıcaklığının artışı, camın emilimine bağlı güneş ışımasına ve çevresel koşullara bağlıdır ve sıcak dönemlerde yüksek yayınlı camlar, absorbe edilen güneş ışınlamalarının geri yayınımla konforsuz bir iç ortam oluşmasına neden olurlar. Isıl konforu etkileyen pencereyle ilişkili etkenler, Şekil 2.4'te görüldüğü üzere, uzun dalga ışınlamaları, direkt güneş ışınlamı ve ısı taşınım döngüsüdür.



Şekil 2.4: Isıl konfora pencere sisteminin etkileri (ASHRAE, 2009).

Belirli bir mekanın kullanıcılarının bu mekan ile ilgili ısıl memnuniyetsizliklerinin yüzdesi, tahmini memnuyetsizlik yüzdesi (predicted percentage dissatisfied, PPD) olarak tanımlanır ve bu değerin en az %20 olması standartlarda belirtilmektedir (ASHRAE, 2009).

Açılabilir pencerelerin kullanımı ile kullanıcıya, kendi ısıl konforunu sağlayabilme şansı verilir. Bu sayede doğal havalandırma ve soğutma ile enerji tüketimi azaltılmış olur.

Hava sıcaklığı

Hava sıcaklığı ısıl konfor performansını etkileyen, ölçümü kolaylıkla sağlanan bir parametredir ve birey ile bulunduğu mekan arasında taşınım yoluyla gerçekleşen ısı transfer miktarını belirler. Bu ısı transferi iki kaynakta da sıcaklıklar dengeleninceye değin sürer. Dengeye ulaşmış vücut yüzey sıcaklığı, iklimsel olarak konforun sağlanıp sağlanmadığını gösterir ve bu nedenle hava sıcaklığı ısıl konfor açısından önemli bir değişkendir (Tuncer, 2006) .

Ortalama ışınlam sıcaklığı

Ortalama ışınlam sıcaklığı yüzey sıcaklıklarının birleşik etkilerini veren, birey ile mekan arasında ışınlam yoluyla gerçekleşen ısı transferini belirlemek için bir değişkendir. Mekanda bulunan bireyin duruşu, ya da nesnelerin yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak değişmektedir.

Bağıl hava hızı

Hava hareketlerine bağlı hava hızı miktarının fazla olması durumunda mekanda sıcaklık düşüşüne bağlı olarak ısı konforsuzluk durumu meydana gelebilmektedir. Bireyle mekan arasındaki ısı taşınım oranını arttırmaktadır. Kabul edilebilir değerler ise 0.15 m/sn ile 0.25 m/sn arasındadır.

Bağıl nem

Bağıl nem, havadaki su buharı kısmi basıncının, aynı şartlarda doygun haldeki havanın su buharı kısmi basıncına oranı olarak tanımlanabilir. Kişinin vücudundan su yoluyla ısı kaybına yol açabilen, çevresel bir ısı konfor değişkenidir.

Aktivite düzeyi

Kullanıcıya bağlı bir ısı konfor parametresi olan aktivite düzeyi, besinlerle sağlanan metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarıyla ilişkilidir. Metabolik enerji üretimi “met” birimiyle ifade edilir (1 met= 58.2 W/m²) ve bir bireyin ısı konfor için aktivite düzeyi açısından olumlu düşünceye sahip olması için mekana 106 W’lık ısı transfer etmesi gerekir (yetişkin birey ısı transfer yüzey alanı:1.8 m²) (Tuncer, 2006).

Giysi türü

Giysilerin ısı yalıtım değeri “clo” birimi ile ifade edilir ve ısı konfor açısından kullanıcı ile ilişkili bir parametredir. Giysi bakımından konfor sağlanabilmesi için kişinin 21⁰C ortam sıcaklığı, 0.1 m/sn hava hızı ve %50 nem oranının sağlandığı mekanda taşıdığı giysinin 1 clo değerinde olması gerekmektedir. Farklı giysi türleri için clo değerleri Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1: Çeşitli giysileri clo değerleri (Fanger, 1970).

Giysi Türü	(clo)
Çıplak	0
Kış giysisi	1 – 1.13
Hafif yaz giysisi	0.5 – 0.6
Ağır yünlü giysi (kutup iklimi giysileri)	3 - 4

2.3 Pencere Bileşenlerinin Isıl ve Görsel Performansı Açısından İncelenmesi

Bir yapı elemanı olarak pencerelerin temel olarak sağlaması gereken fonksiyonlar, doğal aydınlatma, havalandırma, ısı ışınlam kontrolü, mahremiyettir. Pencerelerin

tüm bu fonksiyonları karşılayabilmesi için belirli parametrelere dayalı olarak tasarlanmalıdırlar. Konumlandırma yönü, yeri, saydamlık oranı, boyutları, gölge elemanı türü, cam sistemi türü, malzeme özellikleri pencerenin enerji ve konfor performansını etkilemektedir.

Pencereyi oluşturan sistem bileşenleri, farklı ısı ve görsel performansa sahip malzemelerden oluşmaktadırlar. Bu bileşenler çerçeve, cam, ara boşluk gazı, ara boşluk ıstası ve gölge elemanlarıdır. Uygun bileşenlerle bir araya getirilmiş bir pencere sistemi enerji ve konfor performansı açısından aydınlatma yükünün azaltılması için yeterli gün ışığı ve ısıtma/soğutma yüklerinin azaltılmasını sağlayabilmelidir.

2.3.1 Çerçeve sistemleri

Çerçeve pencere sisteminin bir alt bileşenidir. Bu alt bileşenin üretiminde kullanılan malzemeler günümüzde ahşap, alüminyum ve plastiktir. Pencerenin ne tür bir binada kullanılacağına bağlı olarak, hem görsel yönden hem de ısı performans yönünden uygun çerçeve seçimi yapılmalıdır.

Ticari yapılarda yaygın olarak çerçeve malzemesinde alüminyum veya çelik çerçeve sistemleri tercih edilse de çelik çerçeveler günümüzde kullanılmamaktadır.

2.3.1.1 Ahşap çerçeveler

Malzeme olarak ahşap yenilenebilir bir kaynaktır, üretiminde tüketilen birincil enerjinin düşük olması nedeniyle de çevreye zarar vermez (Şekil 2.5). Kaliteli bir ahşaptan üretilen pencere çerçevesinin uygun şartlarda 50 yıllık ömrü olduğu görülmüştür. Bozulmalar kurulumundan genellikle 10-15 yıl sonra başlar, ancak bu süre keten tohumu yağı ve sentetik boya kullanılarak uzatılabilir (Berge, 2001).

Ahşap çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) oldukça düşüktür ve ısı etkilerine karşı dayanıklıdır. U değeri, ahşabın kalınlık ve cinsine, çift cam arası mesafeye (6-20 mm), cam/çerçeve oranına bağlı olarak, 1.5-2.5 W/m²K arasında değişmektedir. Çerçeve, cam ve ara boşluk malzemelerinden metal gibi diğer bileşenlerle bir araya geldiğinde, aynı U değerini koruyamaz. Çift kaplamasız camlı, bir pencere için U değeri 2.6-3.3 W/m²K arasında değişir (ASHRAE, 2009).

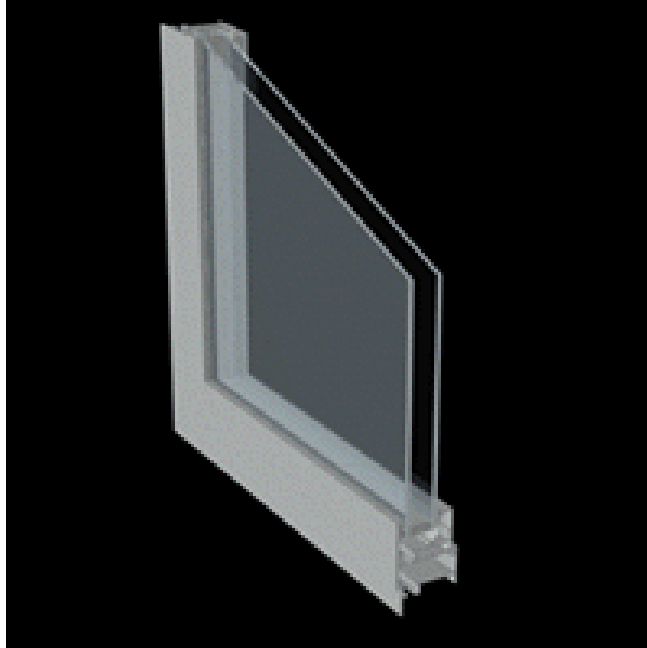
İğne yapraklı yumuşak, baltık sekoya ağacı, kızılçam, köknar gibi ağaçlar U değeri ısı geçirgenlik açısından sert, meşe, dişbudak gibi ağaçlardan daha avantajlıdır (Karakurt, 2008).



Şekil 2.5: Ahşap çerçeve (Url-5, 2012).

2.3.1.2 Metal çerçeveler

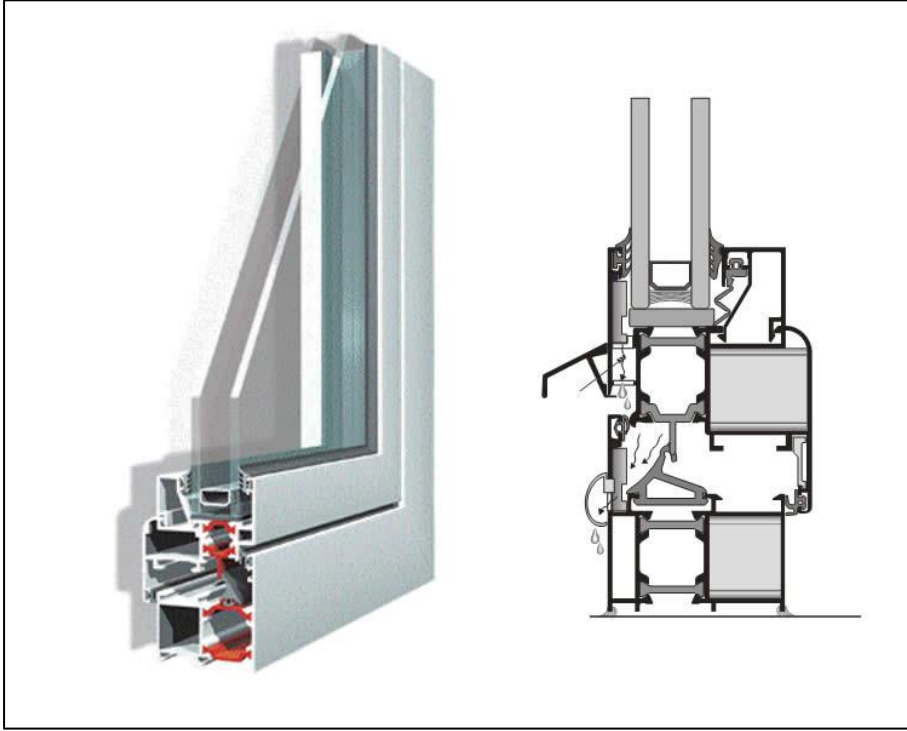
Bir malzeme olarak metal, birincil enerji tüketimi konusunda yüksek paya sahip malzemelerdendir (Şekil 2.6). Çerçeve yapımında kullanılan alaşımlı alüminyum günümüzde ticari yapılarda en çok tercih edilen çerçeve malzemesidir.



Şekil 2.6: Alüminyum çerçeve (Url-5, 2012).

Alüminyumun ısıl geçirgenlik katsayısı son derece yüksektir. Isı iletiminin yüksek oluşu pencerenin toplam ısıl performansını olumsuz yönde etkileyeceği gibi, soğuk iklimlerde çerçevenin iç yüzeyinde oluşan nemin yoğuşma ihtimali yüksektir.

Hafif, sağlam, uzun ömürlü, dayanıklı ve paslanmaz oluşu gibi olumlu özelliklerinin yanında pencere U değerinin düşürülmesi ve yoğuşma riskinin ortadan kaldırılması için alüminyum çift profil arasına ısı bariyeri kullanılmaktadır (Şekil 2.7). Bu, çerçeve kesitinin parçalı hale getirilerek, parçaların birbirine ısıl geçirgenlik katsayısı düşük malzemelerle birleştirilmesi ile yapılmaktadır (Karakurt, H). Böylelikle alüminyum çerçeveye kıyasla U değeri $10.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den $5.91 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye düşürülmektedir (ASHRAE, 2009).

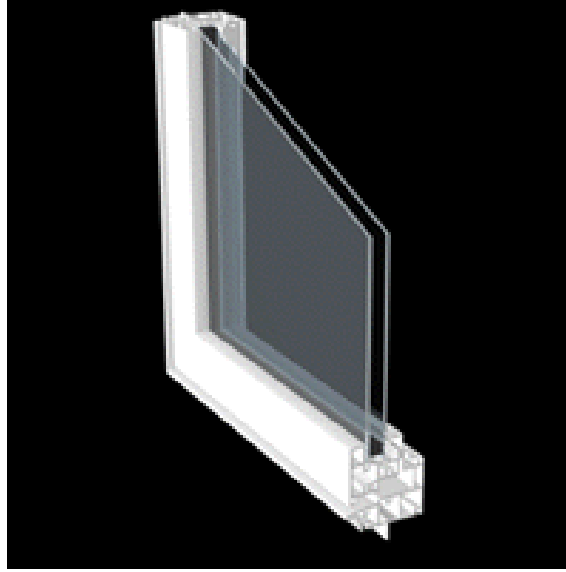


Şekil 2.7: Isı bariyerli alüminyum çerçeve (Url-9, 2012).

2.3.1.3 Plastik çerçeveler

Vinil (polyvinyl-chloride, PVC) çerçeveler sağlamlık ve rijitlik bakımından zayıf olsa da ısıl geçirgenlik katsayısı oldukça düşüktür, U değeri $2.7 - 3.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ arasında değişmektedir (Şekil 2.8). Isıl performansı ahşap çerçevelerinkine yakındır.

Isı farklılıkları vinil çerçeveyi olumsuz yönde etkilediği için uygulamanın yapılacağı yerin iklimi göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2.8: Vinil çerçeve (Url-5, 2012).

2.3.1.4 Kompozit çerçeveler

Çerçeve sistemlerinin veriminin artması için üreticiler alüminyum, ahşap ve vinil malzemelerini farklı şekillerde; vinil kaplı alüminyum, alüminyum kaplı ahşap, vinil kaplı ahşap gibi bir araya getirilmektedirler (ASHRAE, 2009). En fazla görülen türü, ahşabın alüminyum vinil ya da fiberglas ile kaplanmasıdır (Şekil 2.9). Bu tip çerçeveler kompozit olarak adlandırıldığı gibi hibrit adıyla da karşımıza çıkmaktadırlar. Kompozit çerçeveler ile sistem ömrü ve ısıl performans artmaktadır (Carmody ve diğ., 2003).



Şekil 2.9: Kompozit çerçeve (Url-5, 2012).

Çerçeve üretiminde kullanılan malzemeler ısıl performans açısından karşılaştırıldığında verimlilik yüksekten düşüğe sırasıyla ahşap/vinil/fiberglas, ısı bariyerli alüminyum ve alüminyum olarak sıralanabilir (Carmody ve diğ., 2003).

Çizelge 2.2’de kanatlı ve kanatsız olmak üzere farklı çerçeve malzemelerine ait U değerleri verilmektedir.

Çizelge 2.2: Çift cam sistemleri için farklı çerçeve malzemelerinin ısıl geçirgenlik katsayıları (W/m^2K) (ASHRAE, 2009)

Çerçeve Malzemeleri	Kanatlı Çerçeveler	Kanatsız Çerçeveler
Ahşap	2.78 - 2.9	2.38 – 2.73
Alüminyum	12.89	10.22
Vinil	2.78 - 2.9	2.38 – 2.73
Isıl bariyerli alüminyum	5 - 5.23	5.91 – 6.42

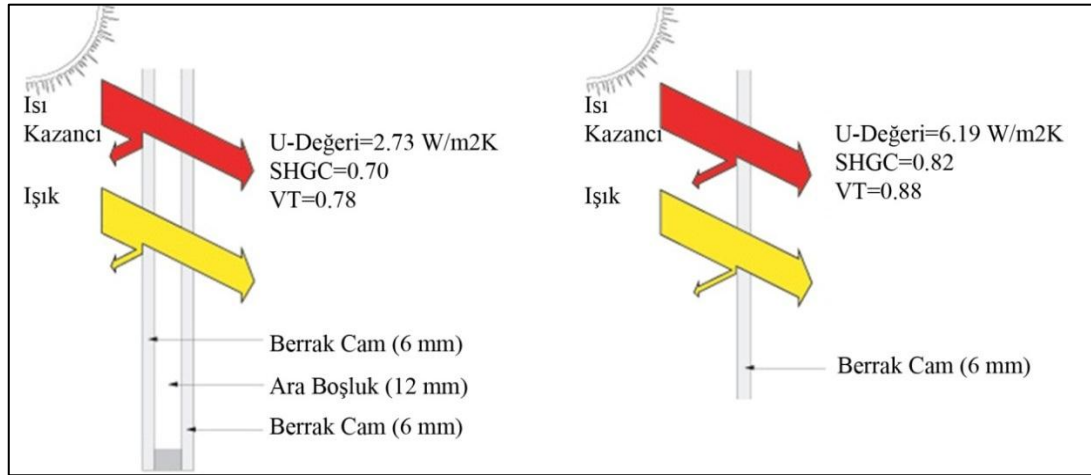
2.3.2 Cam sistemleri

Pencere sistemlerinde cam kullanımı, tek katman olarak, camın doğramaya macun ile sabitlenmesi ile gerçekleştirilmekteydi. Günümüzde saydam bileşenler yoluyla enerji kaybı ve ısıl konfor performansındaki zayıflıklar nedeniyle, pencere sistemlerinde kullanılan cam katman sayısı artmıştır (Şekil 2.10). Cam katman sayısının artışıyla aradaki boşluğu oluşturacak ara boşluk çitası, nem önleyici ve ara boşluk gazı gibi cam sistemi bileşenleri geliştirilmiştir. Çift camlı sistemler tek katmanlıya göre ısı kaybını %50'lere kadar azaltmaktadır. Ülkemizde çift cam sistemi yaygın olarak kullanılmaktayken; üç ya da dört katmanlı cam sistemleri ısı ve ses yalıtımı verimliliği daha yüksek sistemlerdir. Ancak cam sisteminin kalınlaşması ve ağırlığındaki artış olumsuz yönlerini oluşturur.

İklimsel özellikler, binanın geometrik ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklı cam tipleri bir araya getirilerek cam sistemleri oluşturulabilmektedir; ancak kaplamaların yer aldığı yüzey, sistemin verimliliği açısından önem teşkil eder.

2.3.2.1 Ara boşluk

Cam sistemini oluşturan cam katmanları, ara boşluk gazı, ara boşluk çitası, nem tutucu bileşenleriyle bir araya gelerek ara boşluğu oluşturmaktadır. Ara boşluğun kesit kalınlığına bağlı olarak sistemin enerji ve konfor performansı değişkenlik gösterir.



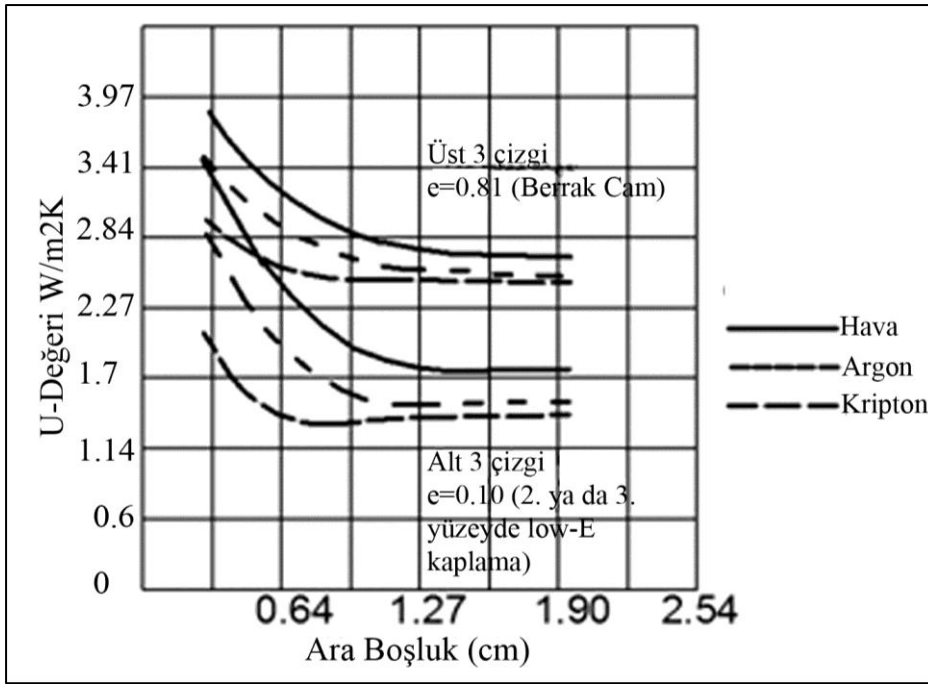
Şekil 2.10: Cam sistemi bileşenleri (Url-2, 2011).

Ara boşluk gazı

Isıl performansın artırılmasında cam katmanları arasındaki iletim ve taşınım vasıtasıyla ısı transferinin düşürülmesi amacıyla farklı türlerde, iletkenliği düşük, yavaş hareketli, ara boşluk gazları kullanılmaktadır. İç ortam ve dış ortam arasındaki ısı farkı nedeniyle yoğuşma riski oluşur, ara boşluk gazı bu riski azaltmaktadır. Kullanılan gazlar SHGC ve VT değerleri üzerine hiç bir etkisi olmayan, renksiz, kokusuz, durağan, toksik ve reaktif olmayan gazlardır. Ara boşluk için vakumlama; karbondioksit, xenon, sülfürhexaflorür, kuru hava, argon, kripton gazları kullanılmaktadır. Üreticiler çoklukla kuru hava, argon ya da kripton gazlarını tercih etmektedir. Kripton gazının argona göre ısıl performansı daha yüksektir, fakat fiyatı da daha fazladır. Fiyat ve performans beklentisinin aynı anda karşılanabilmesi amacıyla üreticiler kuru hava, argon ve kripton gazlarını farklı şekillerde ve oranlarda karışım oluşturma yoluna gitmişlerdir. Şekil 2.11’de farklı ara boşluk gazlarının ara boşluk mesafesine bağlı olarak U değeri üzerindeki etkileri görülmektedir.

2.3.2.2 Ara boşluk ıtması

Ara boşluk ıtalması cam katmanlarını birbirinden ayırır ve tüm cam kenarları boyunca sürekli sızdırmazlık sağlar. İşlevi yalnız ara boşluğu tanımlamak değildir, aynı zamanda ısı genleşme ve basınç farklılıklarından oluşabilecek gerilme etkilerini azaltmak, suyun ve buğulanmaya neden olabilecek buharı ara boşluğa sızmasını engellemek, ara gaz kaybının önüne geçmek ve çerçeve boyunca yoğuşma riskini

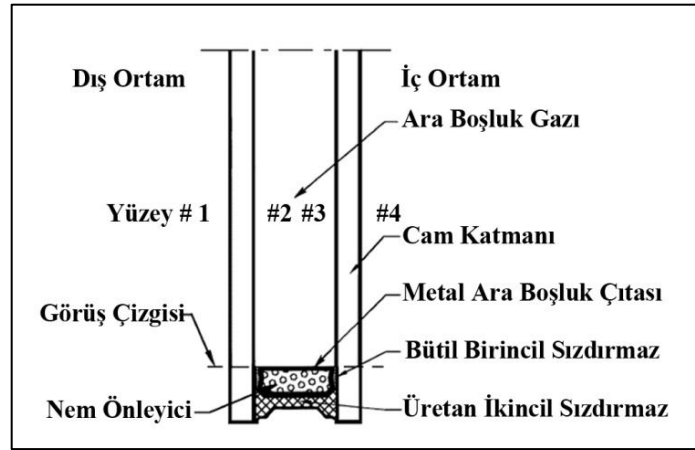


Şekil 2.11: Ara boşluk gazı türüne göre U değeri performansları (Carmody ve diğ., 2003).

ortadan kaldırmak, sağlaması gerek unsurlardır (Carmody ve diğ., 2003). Ara boşluk ıhtası, sistemin ısıl performansı üzerinde etkiye sahiptir, ıhtıta mazemesi türüne bağılı olarak U değeri değışkenlik gösterir.

Ara boşluk ıhtası çoğunlukla alüminyumdan üretilir, ancak alüminyumun ısı iletkenliğıinin yüksek olması U değeri arttırarak olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun önüne geçilmesi için üreticilerin ilk yaklaşımı , paslanmaz çelikten çapraz kesitli ara boşluk ıhtaları üretimi olmuştur. Ardından gelen çözümler ise iki sızdırmaz arası oluklu metal şerit, silikon kauçuk ara boşluk ıhtası-akrilik yapıştırıcı ve metalize polyester folyo oluşumu tasarımlarıdır. Aynı zamanda hibrid tasarımlar da söz konusudur.

Ara boşluk ıhtası cam katmanlarından nem tutuculuk ve strüktürel destek görevi gören sızdırmaz contalar ile ayrılır. Sızdırmazlar tek ya da çift olarak ara boşlukta yer alabilirler. Tek sızdırmazlı bir sistemde, sızdırmaz çoğunlukla bütilden oluşur (Şekil 2.12). Ancak tek başına düşük iletkenliğe sahip gazları içerde tutmakta yetersizdir. Çift sızdırmazlı sistemlerde de ilk sızdırmaz bütilden oluşur ve nem geçişini, gaz kaybını engeller. İkincil sızdırmaz ise çoğunlukla silikondan meydana gelir ve strüktürel destek sağlar.



Şekil 2.12: Cam sistemi bileşenleri (ASHRAE, 2009).

2.3.2.3 Cam tipleri

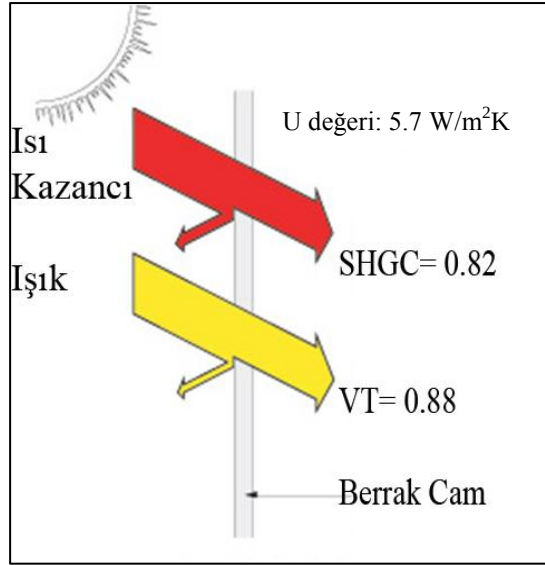
Cam sistemi oluşturulurken iki tür malzeme kullanılmaktadır. Bunlardan ilki ve en çok kullanılanı camdır. İkincisi özel kullanım amacına bağlı olarak plastiklerdir.

Günümüzde üretim biçimine göre, Pilkington firmasının mucidi olduğu, pürüzsüz, dalgasız, sonrasında parlatma işlemi gerektirmeyen, flotal cam yaygın olarak kullanılmaktadır. Erimiş haldeki cam hammaddesinin gümüş ya da kalay tanklar üzerinde yüzdürülmesi yöntemiyle flotal cam üretilir. Standart flotal bir cam 3-25 mm kalınlıklarında ve maksimum 3x20 metre boyutlarında üretilmektedir. U değeriye $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir (Lyons, 2007).

Kaplamasız ve renksiz camlar, geri dönüşüm için son derece elverişli camlardır. Yeni cam üretiminde yarı yarıya oranda geri dönüştürülmüş cam kullanılabilir. Ancak metal film kaplı camlar geri dönüşümü olmayan camlardır (Berge, 2001).

Berrak camlar

Berrak camlar herhangi bir kaplamaya ya da renge sahip olmayan, renksiz camlardır (Şekil 2.13). Güneş enerjisi geçirgenliğinin oldukça yüksek oluşunun yanı sıra aynı zamanda gün ışığı geçirgenliği de diğer camlara oranla oldukça yüksektir. Etkiyen güneş ışınımının %75'i; ışığınsa %85'i berrak camlar tarafından iç ortama geçirilir (ASHRAE, 2009). Tüm bunların yanı sıra ısı iletkenliğinin fazla oluşu, enerji tüketim miktarı açısından dezavantaj sayılabilir. Bu durum kış aylarında ısıtma; yaz aylarında ise soğutma yüklerinde artışa neden olacaktır, ancak aydınlatma yükü bakımından avantaja sahiptir.

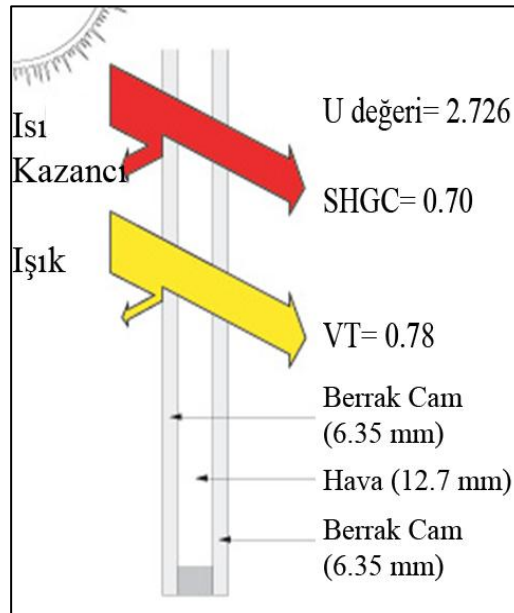


Şekil 2.13: Berrak cam (Url-2, 2011).

Berrak camların enerji performansının iyileştirilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bunlardan ilki, camın kimyasal bileşiminin ya da fiziksel özelliğinin değiştirilmesiyle renkli cam iyileştirmesidir.

İkinci iyileştirme yöntemi ise cam yüzeylerine kaplama uygulanmasıdır. Yansıtıcı kaplamalar ısı kazancı ve kamaşmayı azaltır. Low-e kaplama ise hem yaz hem de kış için, ısı ve görsel avantaj sağlayabilmektedir.

Şekil 2.14’te iki berrak cam katmanı ile oluşturulan cam sistemine ait ısı ve optik özellikler verilmektedir.



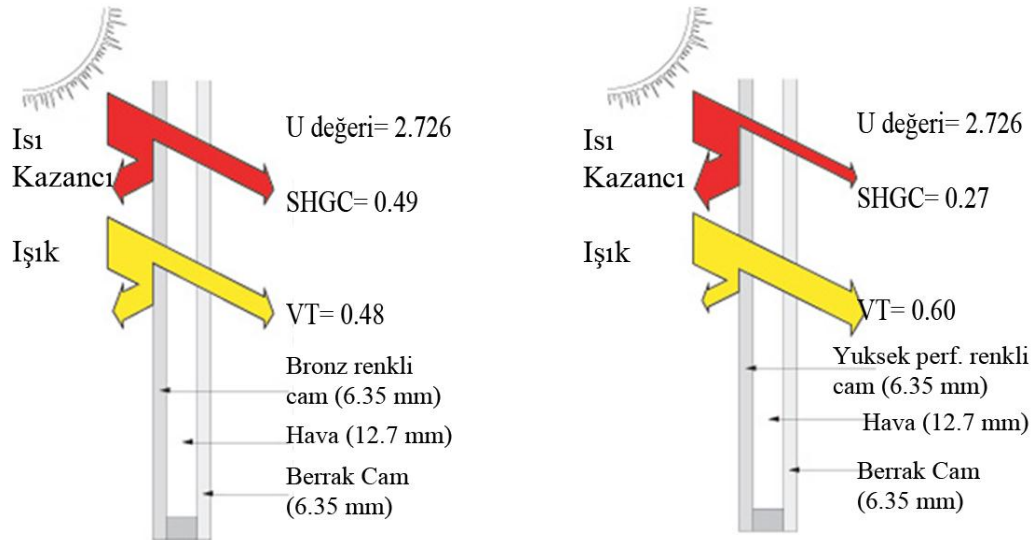
Şekil 2.14: Berrak çift cam (Url-2, 2011).

Renkli camlar

Camın kimyasal formülüne inorganik bileşenlerin eklenmesiyle renkli camlar elde edilmektedir. Özel bileşenlerle cama verilen rengin yoğunluğu, cam kalınlığına bağlıdır ve renk zaman içinde değişmez. Güneş ışıınının bir kısmını emip gün ışığını bloke ederler ve kamaşmayı azaltırlar. Gün ışığı geçirgenlik değerleri sırasıyla yüksekten düşüğe, yeşil, mavi, bronz ve gridir. Emdiği ışıınının büyük bir kısmını geri yaydığı için çift cam sisteminde dışta kalan katman olarak kullanılmalıdır (Carmody ve diğ., 2003).

Klasik ve spektral seçici olmak üzere iki türü mevcuttur. Klasik renkli camlar hem ısı, hem güneş ısı kazancı az olan camlardır, ancak ışık geçirgenlik değerinin de bir hayli düşüşü dezavantajı olmaktadır. Bu problemin çözümü için üreticiler spektral seçici renkli camı üretmişlerdir.

Yüksek performanslı spektral seçici renkli camların ise, güneş ısı kazancı düşük, gün ışığı geçirgenlik değeri klasik renkli cama göre daha yüksektir. Mavi, yeşil, füme ve bronz renkte olabilirler ve renge bağlı olarak ışığı emme oranları değişkenlik gösterir. Bu camlar soğutma yükünün azaltılmasında etkindir ve ofis yapılarında kullanımı yaygındır. Şekil 2.15'te klasik ve yüksek performanslı renkli camlara ait ısı ve optik özellikler verilmektedir.



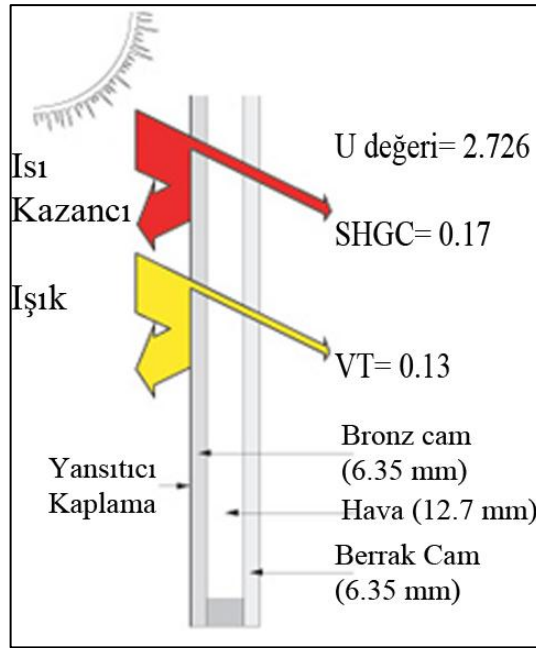
Şekil 2.15: Farklı özelliklerde renkli camlar (Url-2, 2011).

Kaplamalı camlar

Berrak ya da renkli camlara uygulanan kaplamalarla cam sisteminin ısı ve görsel performansı iyileştirilebilmektedir.

Yansıtıcı kaplamalı camlar

Yansıtıcı kaplama, renkli cam ile sağlanandan daha fazla güneş ısı kazanç katsayısı ve kamaşma azaltılması gerektiği durumlarda, çoklukla ofislerde ve sıcak iklimlerde tercih edilen, renkli ya da berrak cama, uygulanan ince, metal bir film kaplama türüdür. Gümüş, bronz, altın renklerde üretilebilmektedir. Bu kaplamalar genellikle cam sisteminin dış yüzeylerinde uygulanır ve kaplamanın ısıma miktarı (emittance) U değerinde az da olsa değişime neden olabilir (Şekil 2.16). Ancak bu metal kaplamada korozyon riski varlığı, dış yüzeye uygulamada kısa ömürle sonuçlanabilmektedir.



Şekil 2.16: Yansıtıcı kaplamalı çift cam (Url-2, 2011).

Işınımları yansıtma özelliğinin yüksek oluşundan ötürü, güneş ısı kazanç değeri ve gün ışığı geçirgenliği düşüktür. Isı geçirgenlik değeri ve güneş kontrolü kaplama kalınlığına, yansıtıcılık değerine ve uygulandığı yüzeye göre değişkenlik göstermektedir (Yurttakal, 2007). Gün ışığı geçirgenliğinin düşüklüğü aydınlatma yükünün artmasına ve buna bağlı olarak, soğutma yükünün artmasına sebep olacaktır. Güneş ısı kazanç katsayısını azaltma özelliğiyle ısıtma yükünü arttıracaktır. Buna göre bulunduğu iklim, yön, bina tipi, vb. parametrelere özen göstererek tasarlanmalıdır.

Kaplama yansıtıcılık özelliğiyle gündüz dışarıda gece ise içeride ayna etkisi yaratabilmektedir. Bu nedenle yine mahremiyet açısından bakıldığında ofisler kaplamanın kullanılabileceği en uygun mekanlar olacaktır.

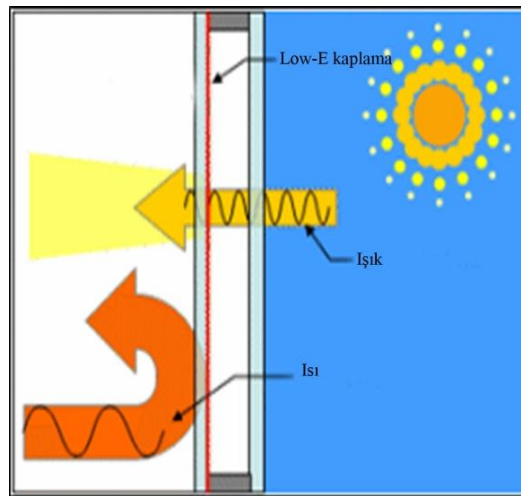
Yansımaya önleyici (anti-reflektif) kaplamalar

Yansımaya önleyici kaplamalar özellikle soğuk iklimlerde, saydamlık oranının ısıtma yükünü arttıracığından yükseltilemediği durumlarda, daha fazla gün ışığını içeri alabilmek için kullanılan kaplamalardır. Low-E gibi ısı performansını iyileştirilmesine yönelik kaplamalar ışık geçirgenlik değerinde bir miktar düşüşe neden olabilmektedir. Cam sisteminde başka bir yüzeyde de yansımaya önleyici kaplama kullanılmasıyla ışık geçirgenlik artırılabilir (Rosencrantz ve diğ., 2005).

Düşük yayımlı low-e kaplamalı camlar

Elektromanyetik spektrumda kızıl ötesi ışınım low-E kaplamalı camlar tarafından büyük ölçüde engellenir ve görünür bölgede güneş ışığını transfer eder, mekan içerisinde oluşan uzun dalga boylu ısı ışınım enerjisini iç ortama geri yayar. Isı transferi çok katmanlı cam sistemlerinde sıcak katmandan soğuk katmana ısı ışınımıyla gerçekleşmektedir. Bu ısı transferinin büyük bir kısmı, cam yüzeyine düşük yayımlı kaplama uygulanması ve kaplamanın ara boşluk ile temas halinde olması neticesinde engellenir. Low-E kaplama uygulaması ısı yalıtımı bakımından yaklaşık olarak, cam sistemine bir cam katmanı daha eklenmesine eşittir. Berrak camlar absorbe ettiği uzun dalga ışınımının %84'ünü geri yayarken; low-E kaplamalı camlar yalnız %4'ünü geri yaymaktadır (Carmody ve diğ., 2003).

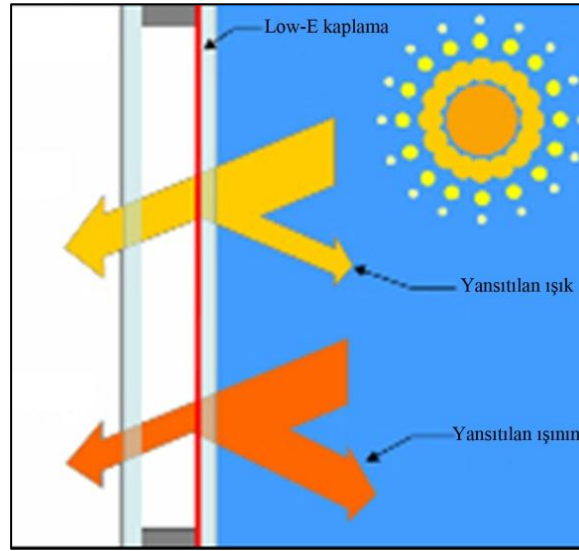
Soğuk, sıcak ya da ılıman iklimler için olmak üzere üç tip low-E kaplama bulunmaktadır. Isıtma dönemi baskın soğuk iklimlerde, konutlarda, güney cephe pencerelede yüksek güneş kazanımlı low-E kaplamalı camlar tercih edilmektedir (Şekil 2.17). Bu kaplamalar düşük U değeri, yüksek SHGC ve VT değeri



Şekil 2.17: Low-E kaplamalı cam sistemi (yüksek güneş kazancı) (Url-7, 2012).

sağlamaktadır. Bunu, güneş ışınlamalarının büyük bir kısmını içeri alıp, yayılımının büyük oranda engelleyerek sağlamaktadır. Kaplamanın cam sisteminde dıştan içe doğru 3. yüzeyde olması uygundur.

Soğutma dönemi baskın, sıcak iklimlerde ve genellikle ofislerde düşük güneş kazanımlı low-E kaplamalar uygulanmaktadır ve kaplamanın 2. yüzeyde olması uygundur (Şekil 2.18). Bu kaplama bir miktar renge sahiptir. Görünür ışığı içeri alıp, spektrumdaki diğer ışınlamaları engeller ve böylelikle düşük U ve SHGC değeri ile yüksek VT değeri sağlar. Yazın ısı kazancını; kışın ısı kaybını önler. Düşük güneş kazanımlı low-E ile sağlanan verimin benzeri, yüksek güneş kazanımlı low-E ve renkli cam oluşumuyla da sağlanabilir.

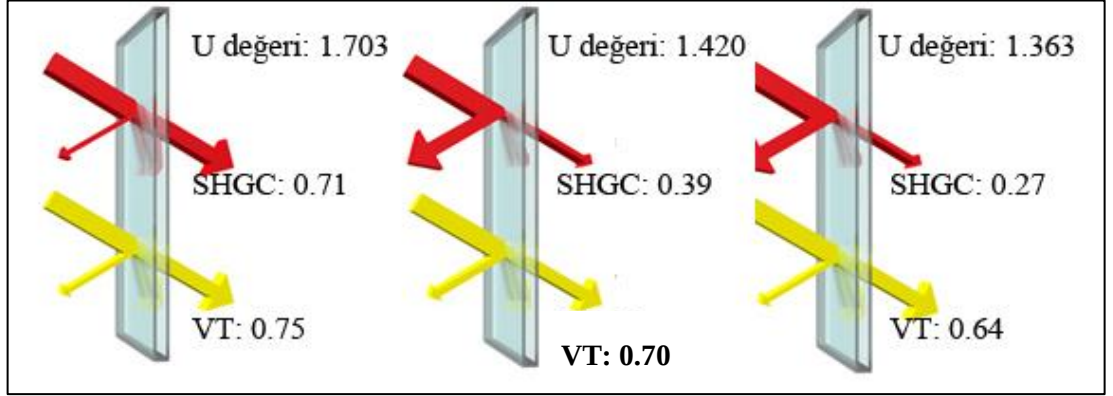


Şekil 2.18: Spektral seçici low-E kaplamalı cam sistemi (düşük güneş kazancı)
(Url-7, 2012).

Ilıman iklimler içinse orta güneş kazanımlı low-E kaplama uygundur. Isı kaybını önlerken, bir miktar güneş kazancına izin verir. Üç tür low-E kaplamaya ait ısı ve optik değerler Şekil 2.19’da verilmektedir.

Low-E kaplamalar üretim biçimine göre ise yumuşak (sputtered) ve sert (pyrolytic) olmak üzere iki tiptir. Yumuşak kaplamalar nem ve temastan korunmalıdırlar. Sert kaplamalar ise cam üretimi sırasında cam henüz sıcakken uygulandığı için ömrü daha uzundur. Yumuşak kaplama, sert olana göre daha düşük ışıma miktarı (emittance) özelliğine sahiptir. Düşük ve orta güneş kazanımlı low-E kaplamalar çoğunlukla sert tiptedir ve yumuşak tipte de üretilmektedir (Carmody ve diğ., 2000).

Kaplamanın cam sistemindeki yeri U değerini etkilemez, ancak SHGC değerini etkilemektedir.



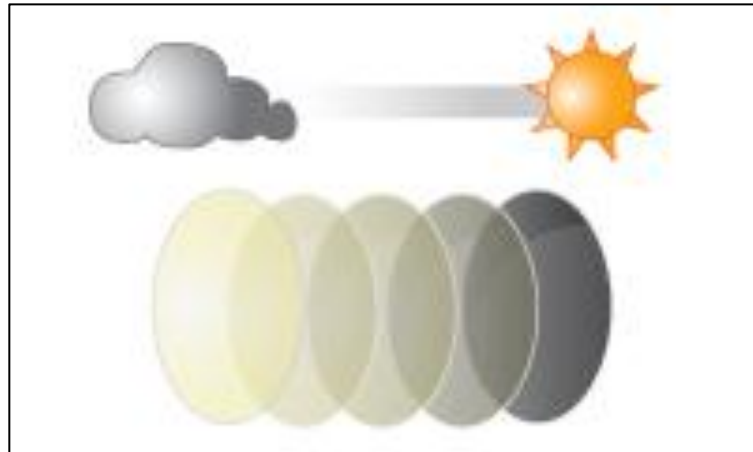
Şekil 2.19: Sırasıyla yüksek, orta ve düşük güneş kazanımlı low-E kaplamalara ait değerler (Url-2, 2011).

Pasif ve aktif kontrol olanaklı camlar

Bu tip camlar ısı , ışık ya da uygulanan elektrige bağlı olarak faz değiştirebilen, camlardır. Isı ve ışığa bağlı olarak kendiliğinden faz değiştirenler pasif kontrollü camlardır. Elektrik akımıyla faz değiştirenlerse aktif kontrollü camlardır.

Fotokromik camlar

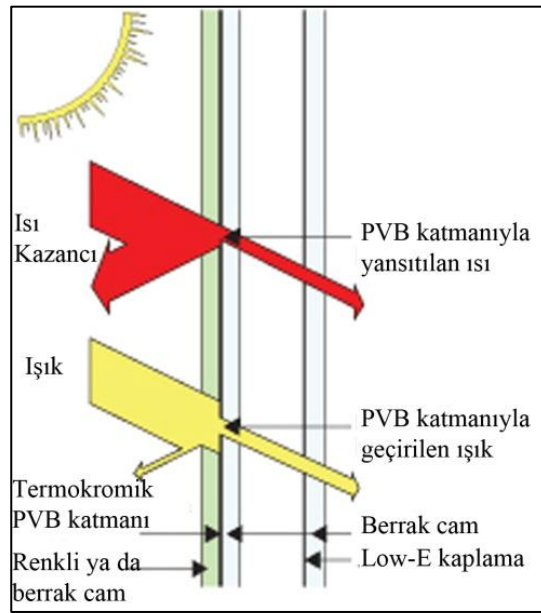
Fotokromik camlar mor ötesi ve kısa dalga boylu görünür ışığa bağlı hassasiyete sahip, gümüş iyonlu camlardır. Rengin yoğunluğu, cama etkiyen ışığın yoğunluğuyla doğru orantılıdır (Lyons, 2007) (Şekil 2.20). Yeterli aydınlık seviyesi için gerekli miktarda güneş ışığından fazlasının alınması soğutma yükünde büyük artışa sebep olur, ancak kamaşma açısından oldukça verimlidir (Carmody, J. ve diğ., 2003).



Şekil 2.20: Fotokromik camların faz değişim adımları.

Termokromik camlar

Ortam sıcaklığına bağı olarak saydamlığını değıştirebilen sistemlerdir ve iki cam katmanı arasında likit barındırır. Sıcaklık arttığında, sistemin optik özellikleri değışmeye başlar, yansıtıcı hale gelir ve sonuç olarak ısıyı geğışini büyük oranda engeller (Şekil 2.21). Etkiyen direkt güneş ışınımının kesilmesiyle soğıtma yükünde artış görölmektedir. Isıl etkilere tepki verebilmektedir, bu yüzden bir ısıtıcıyla aktif kontrollü bir cam gibi kullanılabilir, fakat bu çözüm enerji etkinlik açısından olumlu değıldir (Carmody ve diğ., 2000). Isıtma dönemi etkin iklimlerde kullanımı uygun olabilir.

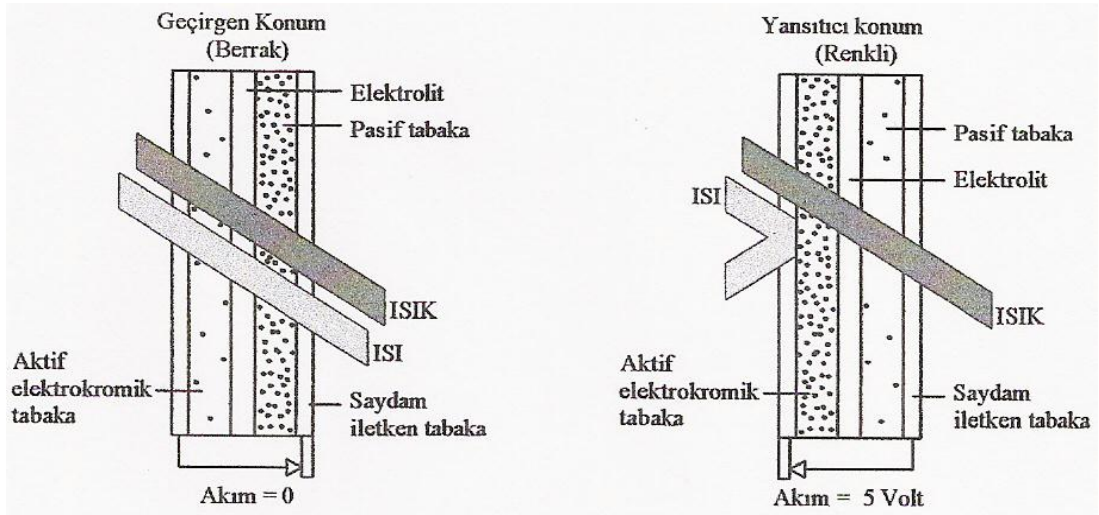


Şekil 2.21: Termokromik cam (Url-10, 2012).

Elektrokromik camlar

Enerji etkinlik, otomasyon ile bağlantı, aktif kontrol olanağı nedenlerinden ötürü elektrokromik camlar akıllı camlar sınıfında en fazla umut vaadeden camlardır.

Cam yüzeylerine uygulanan elektrokromik kaplama beş katmandan oluşmaktadır ve son derece incedir. Saydam iki iletken tabaka arasında nikel veya tungsten oksit metalik kaplama yer alır ve iletkenlere akım uygulandığında dağıtılmış bir elektrik alanı kurulur. Renklendirme iyonları bu alan yardımıyla hareketlenir ve aktif elektrokromik tabakasıyla yer değıştirir (Şekil 2.22). Sonuç olarak cam berrak rengin yerini maviye bırakır (Şekil 2.23). Aktive edilmesi için uygulan akım ise oldukça düşük olup, 0-10 voltur (Tavil, 2007).



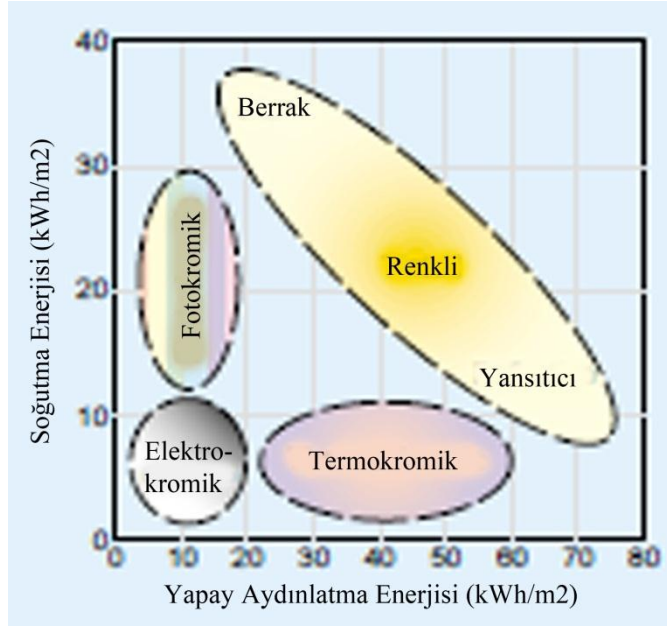
Şekil 2.22: Elektrokromik teknolojisi (Tavil, 2007).



Şekil 2.23: Sırasıyla bulutlu ve güneşli gün için elektrokromik camların iç mekan görünüşleri (Tavil, 2007).

Voltajın 0 olduğu durumda cam berrakken ve voltajın uygulandığı, camın renkli olduğu durumlarda U değeri aynıdır, ancak SHGC ve VT değerleri değişmektedir. Isıl pefromansın artırılması için U değeri, low-E kaplama iyileştirmesi ile düşürülmelidir. Bu şekilde soğutma için tüketilen enerjinin azaldığı ve ısı konfor ile kamaşmanın azaldığı görülmektedir. Düşük açılı kış güneşinin olduğu vakitlerde elektrokromik camların enerji etkinlik ve görsel performans bakımından beklentileri karşılayamaması söz konusudur (Tavil, 2007).

Aktif ve pasif kontrol olanaklı camlar ile berrak, renkli ve yansıtıcı kaplamalara ait soğutma enerjisi ve yapay aydınlatma enerjisi karşılaştırma grafiği Şekil 2.24'te verilmiştir. Buna göre elektrokromik camlar aktif kontrol olanağı sayesinde, hem güneş ışığı hem de güneş ışınlamına etkin cevap verdikleri için soğutma ve yapay



Şekil 2.24: Cam türlerinin bulundukları mekanın soğutma ve aydınlatma yüklerine etkileri (Stack ve diğ., 2002).

aydınlatma enerji tüketimi diğer camlarla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Fotokromik camlar sadece ışığa duyarlı olup, gereğinden fazla güneş ışıını almasına bağlı olarak soğutma enerjisi tüketimini arttırmaktadır. Termokromik camlar ısıya duyarlıdır, ısıyla birlikte koyulaştıkları için gün ışığı engellenmektedir. Berrak camlar ise hiç bir renge ve kaplamaya sahip olmaması sayesinde ışık geçirgenliği yüksektir ve yapay aydınlatma enerjisi ihtiyacı düşük, ancak soğutma enerjisi ihtiyacı yüksek olmaktadır. Yansıtıcı kaplamalı camlar ise güneş ışığı ve ışıınının büyük bir kısmının mekana girmesi önlemektedir. Bu sayede soğutma enerjisi ihtiyacı düşer, ancak yapay aydınlatma enerjisi ihtiyacı artmaktadır.

2.3.3 Gölge elemanları

Aşırı ısınma ve kamaşmanın kontrolü, ısı ve görsel konforun sağlanması için birincil önlem gölge elemanı kullanımıdır. Gölge elemanları farklı koşullara göre iç ortamda, dış ortamda ya da cam sistemi içinde, iki cam arasında kullanılabilir (Şekil 2.25). Üretiminde kullanılan malzemeler ise metal, ahşap, plastik ya da dokuma olabilir. Gölge elemanının iç yerine dış ortamda kullanımı güneş ısı kazancını düşünmede daha etkindir. Bir takım ürünler, iç-dış ortam yalıtımına yardımcı olurken; diğerleri gelen güneş ışıını, görsel ve ısı konforsuzluğu azaltabilmek için gelen ışıını geri yönlendirir (ASHRAE, 2009).

Gölge elemanları ile kullanıcı ihtiyacı, kontrolüne bağlı veya tasarımcıya bağlı olarak içeri giren güneş ışınım miktarı değiştirilebilmektedir. Gölge elemanı, bina tipi, konumu, iklim, yön, pencere boyutu, güneş geometrisi gibi parametrelere bağlı olarak tasarlandığında etkin bir alt bileşen olmaktadır. Deneysel, çizgisel ve sayısal tasarım yöntemleri uygun gölge elemanının oluşturulmasında kullanılmaktadır (Bostancı, 2006).



De Montfort University, England



Lea Manor High School, England

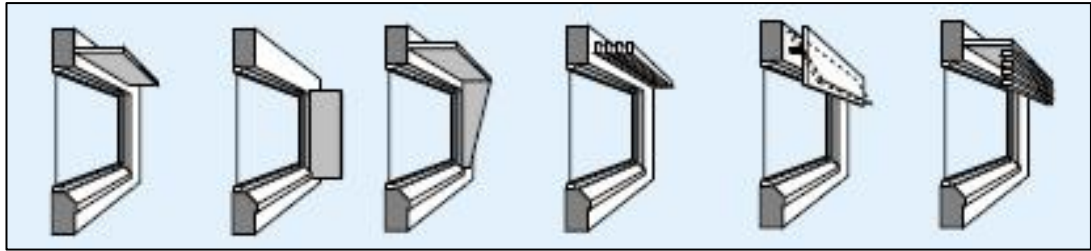


Teddington School, England

Şekil 2.25: Gölge elemanı örnekleri (Url-6, 2012).

2.3.3.1 Sabit dış gölge elemanları

Sabit dış gölge elemanları, güneş ışınım ısısın kabuk yüzeyine henüz ulaşmadan durdurup dağıttığı için ısı kazancını azaltmada en etkili gölge elemanlarından. Ancak kurulum, bakım ve yapı cephesi estetiği üzerinde baskın etki yaratır. Saçaklar, düşey kanatlar, panjurlar, kepenkler sabit dış gölge elemanı örneklerindendir (Şekil 2.26).

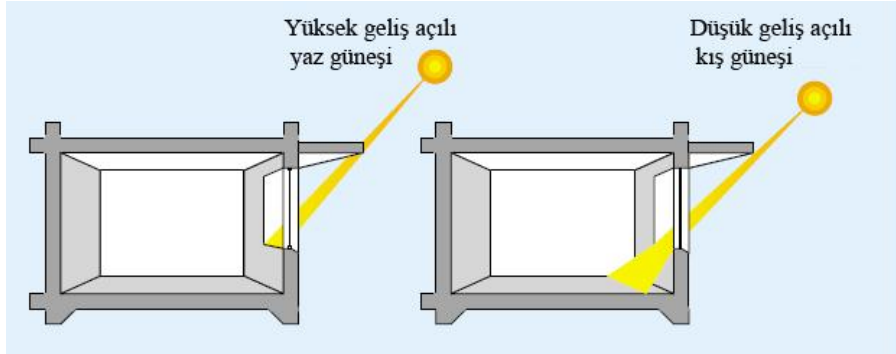


Şekil 2.26: Sabit dış gölge elemanları (Stack ve diğ., 2002).

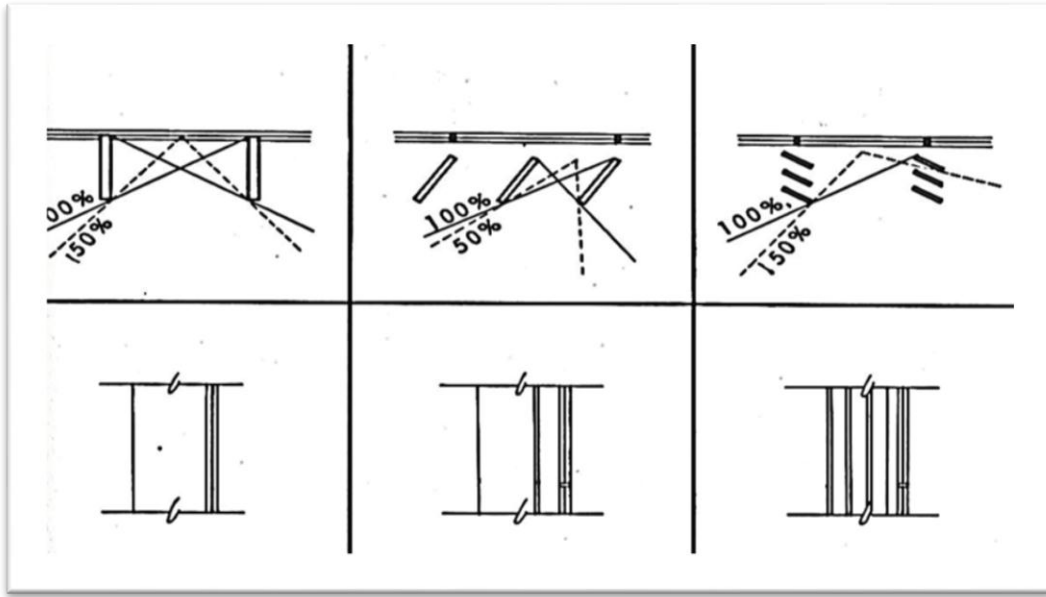
Sabit düşey gölge elemanları

Bu tip gölge elemanları genellikle doğu ve batıda kullanıldıklarında, sabah ve öğleden sonraki düşük güneş açılarına karşı yeterli performans sağlayamazlar (Şekil 2.27). Sabit düşey gölge elemanları, kanatlar, doğu ve batı cephelerinde bir miktar etkinlik sağlayabilmektedir (Şekil 2.28). Ancak alçak güneş geliş açılarına karşı tam bir koruma sağlayamazlar ve aynı zamanda iç ortam aydınlık seviyesinde bir miktar düşüşe neden olurlar (Stack ve diğ., 2002).

Bir yapı elemanı olarak büyük boyutlu kolonlar da bir miktar koruma sağlayabilir, ancak birincil işlevi güneş kontrolü olmadığı için sağlayacağı fayda oldukça düşük olur.



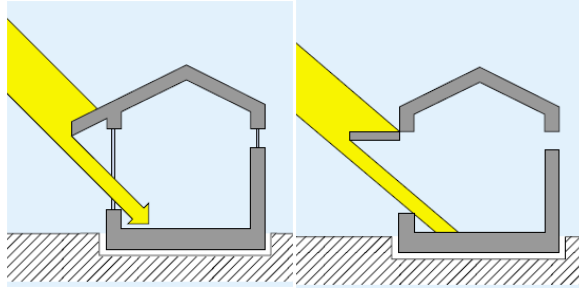
Şekil 2.27: Sabit dış gölge elemanının yaz ve kış güneşine göre iç ortamdaki etkisi (Stack ve diğ., 2002).



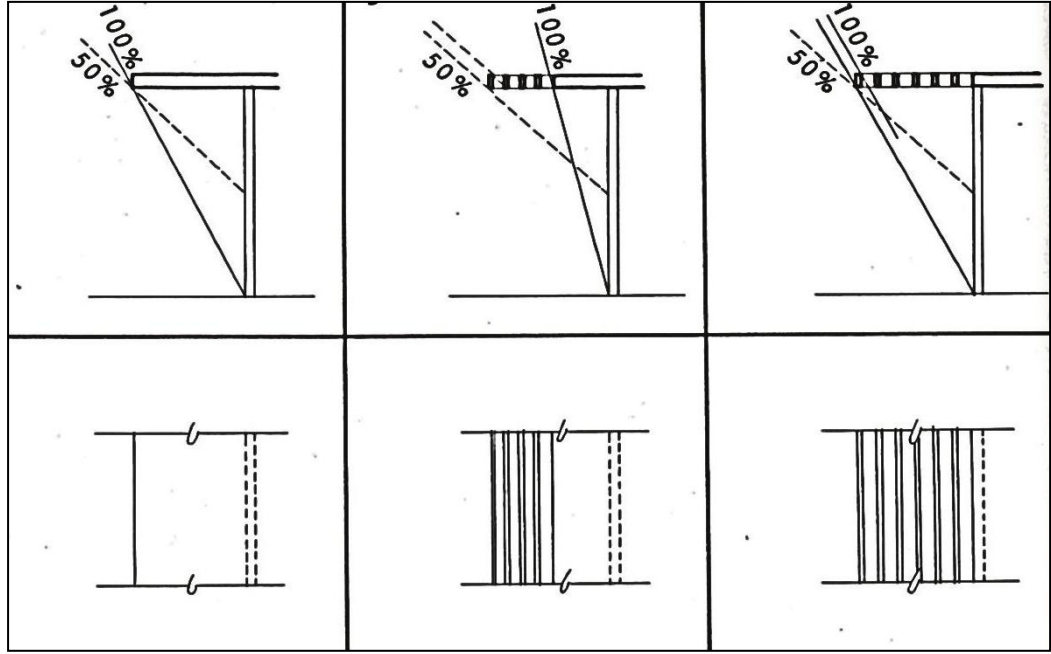
Şekil 2.28: Sabit düşey gölge elemanları (Olgyay ve Olgyay, 1957).

Sabit yatay gölge elemanları

Çatı saçakları, kat döşemelerinin uzatılmasıyla oluşturulmuş saçaklar, balkonlar sabit yatay gölge elemanı örnekleridir (Şekil 2.29 ve Şekil 2.30). Saçaklar ile yapı kabuğunun kesintisiz olması durumunda saçığın kazanmış olduğu ısı, iletim vasıtasıyla kabuktan iç ortama aktarılır. Bu yolla ısıl konfor performansının düşmesi riskinin önlenmesi için saçak ile yapı kabuğu arasında hava boşluğu bulunmalıdır (Kalemci, 2003).



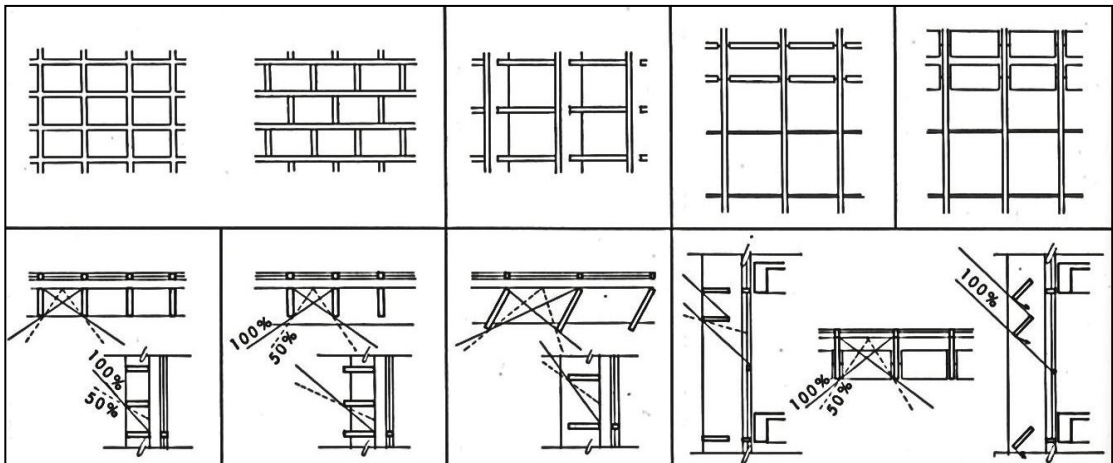
Şekil 2.29: Saçak örnekleri (Stack ve diğ., 2002).



Şekil 2.30: Sabit yatay gölge elemanları (Olgay ve Olgay, 1957).

Kafes tipi gölge elemanları

Kafes tipi gölge elemanları yatay ve düşey gölge elemanlarının birleştirilmiş halidir (Şekil 2.31). Büyük boyutlar ve aralıklarla, tüm cephe yüzeyine uygulanabilirler.

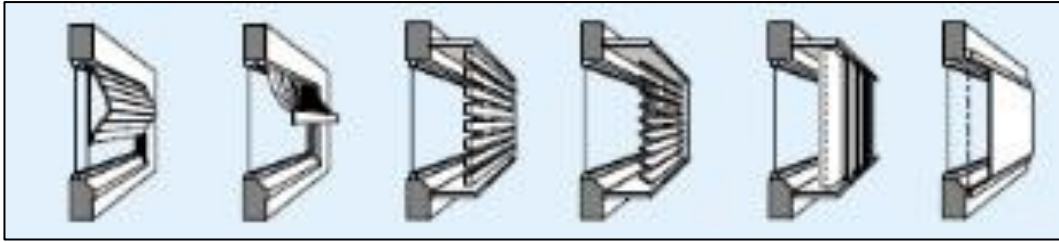


Şekil 2.31: Kafes tipi gölge elemanları (Olgay ve Olgay, 1957).

Kaset tipi ise, düşey ve yatay gölge elemanlarının küçük boyut ve aralıklarla birleştirilmesiyle oluşturulurlar. Bu sistemin çeşitli örnekleri eski Türk evlerinde görülebilir. Hem yüksek hem de alçak güneş geliş açlarına karşı koruma sağlar, ancak mekan içerisinde aydınlık seviyesini düşürür.

2.3.3.2 Hareketli dış gölge elemanları

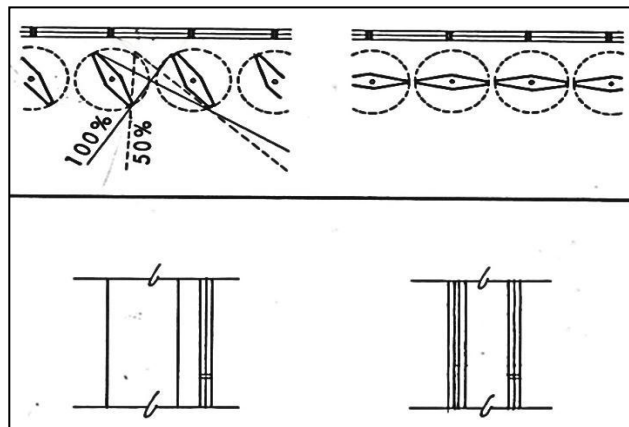
Hareketli gölge elemanları esnek oluşları sayesinde güneşin hareketine daha rahat uyum sağlayabilmektedir. Yaygın ışınım ve kamaşma kontrolü bakımından da sabit dış gölge elemanlarına göre daha verimlidir. Yüksek verim alınabilmesi için gölge elemanının uygun bir biçimde çalıştırılması gereklidir. Hareketli dış gölge elemanları panjurlar, tenteler, jaluziler, storlar olarak sıralanabilir ve bunlar iklim, mevsim şartlarına göre toplanabilir, tamamen devre dışı bırakılabilir ya da otomasyon ile ilişkilendirilebilirler (Şekil 2.32).



Şekil 2.32: Hareketli dış gölge elemanları (Stack ve diğ., 2002).

Hareketli düşey gölge elemanları

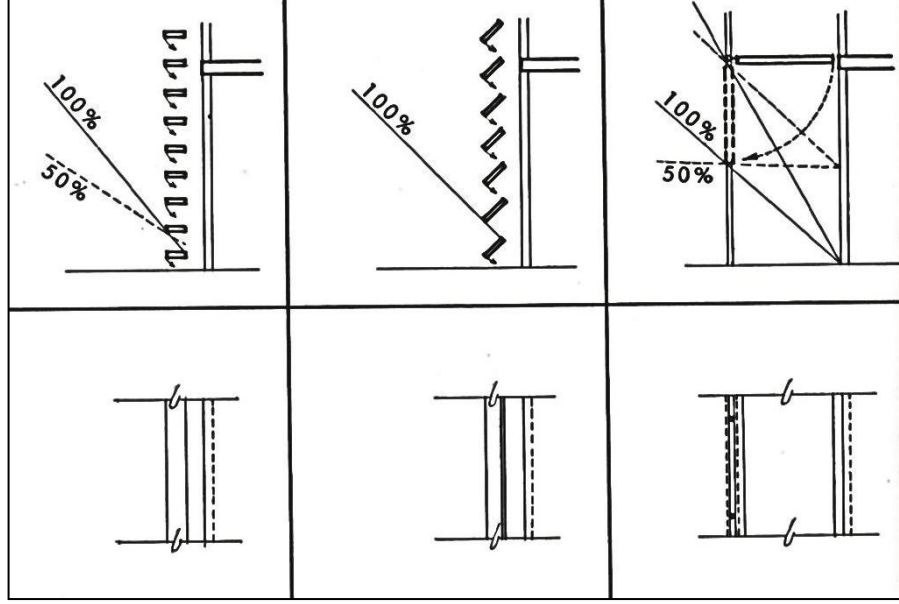
Sabit düşey gölge elemanlarının düşük güneş geliş açlarına bağlı olarak yetersiz kalma problemi, hareketli düşey gölge elemanları ile çözülebilir. Kullanıcıya bağlı olarak ya da otomasyonla ilişki biçimde çalıştırılabilen gölge elemanlarıdır. Kabuk yüzeyine paralel bir aks üzerinde hareket ederler (Şekil 2.33).



Şekil 2.33: Hareketli düşey gölge elemanları (Olgyay ve Olgyay, 1957).

Hareketli yatay gölge elemanları

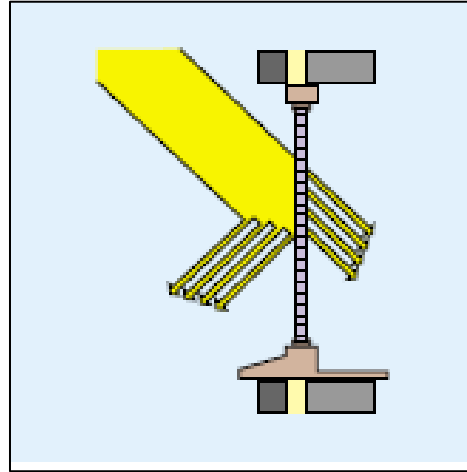
Hareketli yatay gölge elemanları, jaluziler, panjurlar (louvre) olarak sıralanabilir (Şekil 2.34). Bu tip gölge elemanları güneşin şiddetine ve geliş açısına bağlı olarak kullanıcı ya da otomasyon tarafından ayarlanabilir. Hareketli yatay gölge elemanlarıyla büyük ölçüde güneş ısı kazancı düşürülebilir, ancak ışık geçirgenlik ve görüş oldukça düşmekte, azalmaktadır.



Şekil 2.34: Hareketli yatay gölge elemanları (Olgay ve Olgay, 1957).

2.3.3.3 Çift cam arası gölge elemanları

Cam sistemine entegre edilerek, iki cam arasına, ara boşluğa, uygulanan jaluzi oluşturulurlar (Şekil 2.35).

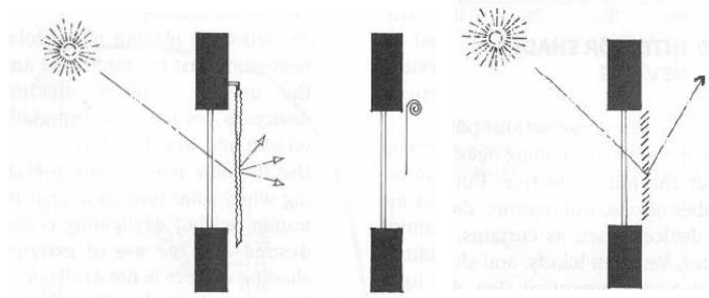


Şekil 2.35: Çift cam arası jaluzi (Stack ve diğ., 2002).

Özellikle kamaşma kontrolünde oldukça etki olan iki cam arası jaluziler, dışta ve içte jaluzilerin avantajlarını bünyesinde toplar. Bu tip gölge elemanları da kullanıcı tarafından veya otomasyonla bağlantılı bir şekilde kontrol edilebilirler (Stack ve diğ., 2002).

2.3.3.4 İç gölge elemanları

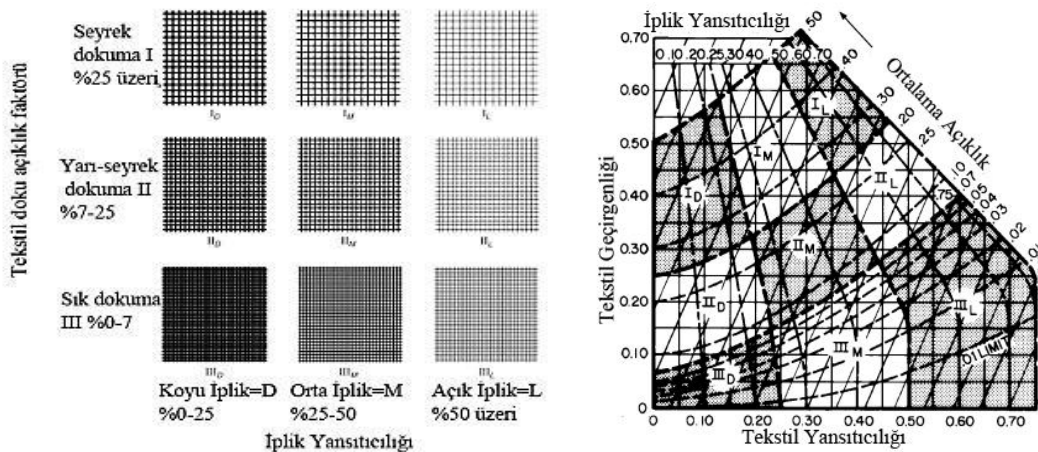
İç gölge elemanları perde, stor, jaluzi olarak sıralanabilir (Şekil 2.36). İçte gölge elemanlarının kontrolü, bakımı dıştakilere göre daha kolaydır. Işığı yayma ve yansıtma özelliğiyle kamaşma kontrolü oldukça etkindir .



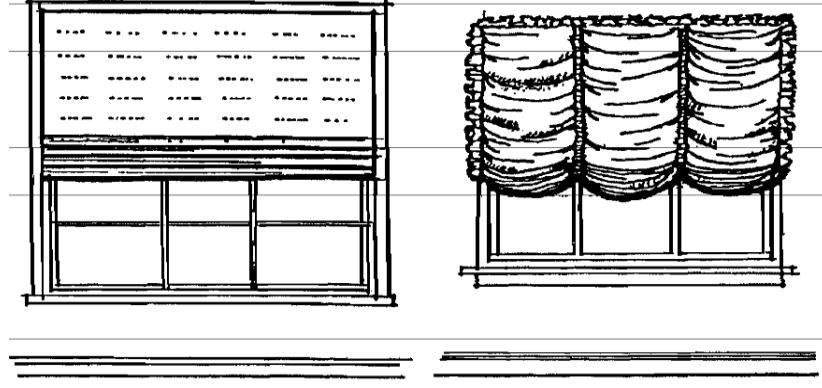
Şekil 2.36: İç gölge elemanları.

Perdeler

İç mekanda en yaygın olarak kullanılan gölge elemanı tipidir. Üretildiği tekstil ürününün özelliğine bağlı olarak optik özelliği değişkenlik gösterir (Şekil 2.37). Bu tekstiller farklı geçirgenlik ve yansıtıcılık özelliklerine sahiptir. Birincil olarak tekstil ürününün yansıtıcılığı, perdenin güneş ısı kazancını düşürmedeki performansını etkiler (ASHRAE, 2009). Şekil 2.38’de farklı tiplerde perdeler verilmektedir.



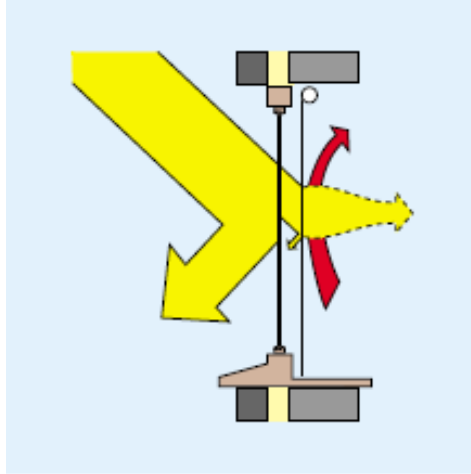
Şekil 2.37: Tekstil doku özelliğine bağlı olarak yansıtıcılık özellikleri (ASHRAE, 2009).



Şekil 2.38: Perde tipleri (Chiara ve diğ., 1996).

Storlar

Storlar yazın aşırı ısınma döneminde açık pozisyonda ısı kazancını önlerken, toplanabilme özelliği sayesinde, özellikle ofislerde, kışın ısı kazancına izin vermektedir. Ayrıca üretildiği malzemenin cinsine bağlı olarak ışık geçirgenliğine olanak tanıdığı için gün ışığından faydalanmaya izin vermektedir (Şekil 2.39).



Şekil 2.39: Stor (Stack ve diğ., 2002).

Jaluziler

Özellikle ofislerde yaygın kullanımı olan iç mekan jaluziler, genellikle kullanıcı tarafından kontrol edilir. Jaluziler direkt güneş ışınımını engellerken dağınık ışığı içeri almaktadır ve aynı zamanda açısı uygun olarak ayarlandığında her bir çitası ışık rafı gibi davranabilmektedir. Ancak kullanıcıya bağlı bir sistemde jaluzinin sunduğu yararlarından tam olarak faydalanılamaz.

Şekil 2.40'ta ASHRAE standardında bulunan jaluzi geometrileri verilmektedir. Buna göre w , şerit genişliği; s , şeritler arası mesafe; c , şerit kalınlığını ifade etmektedir.

Jaluzileri üretimi için standart olan katsayılar ise şu şekildedir: $w/s=1.2$ ve $w/c=16$ (ASHRAE, 2009).

Jaluzilerin şerit açılarının kontrolünün, güneş ışınımının şiddetine ve geliş açılarına bağlı olarak otomasyon ile gerçekleştirilmesi enerji ve konfor performansının uygun değerlere ulaşabilmesi için etkin bir çözümdür (Koo ve diğ., 2009).

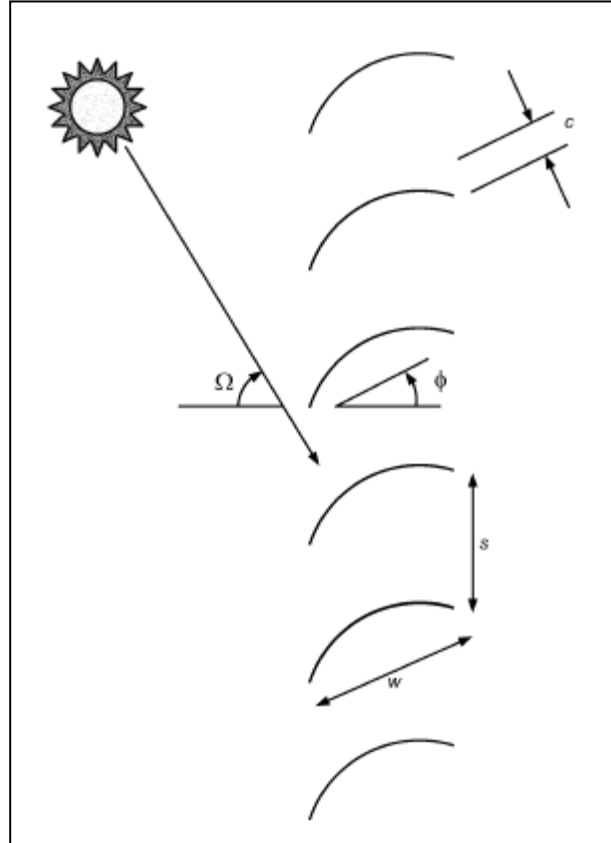
w: Şerit genişliği

s: Şeritler arası mesafe

c: Şerit kalınlığı

w/s: 1.2

w/c: 16



Şekil 2.40: Jaluzi geometrileri (ASHRAE, 2009).

2.3.3.5 Gölge elemanı olarak bitkilendirme

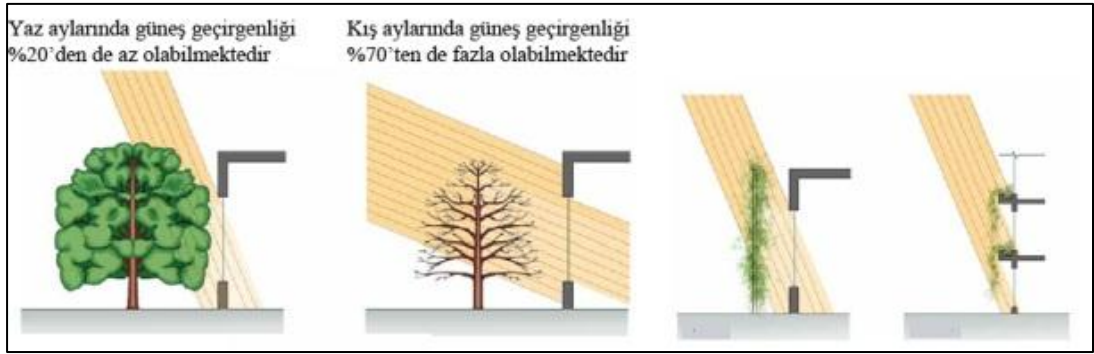
Ağaç, çalı, sarmaşık gibi bitkilerin planlı bir şekilde iç ya da dış ortamda kullanılması gölge ihtiyacını büyük ölçüde karşılayabilmektedir. Bir de cephelerin bitkilendirmesi ile soğutma yükleri azaltılır aynı zamanda ısı yalıtımı sağlanır (Şekil 2.41).

Yaprak döken bitkiler yaz boyunca gölge sağlarken, kışın güneş ısı kazancı sağlayacaktır (Şekil 2.42). Bu tür bitkilerin ılıman iklimlerde kullanımı oldukça

uygundur. Yaprak dökmeyen bitkilerse gölgelemeye, rüzgar kesmeye, yansıyan ışınlımları engellemeye yıl boyunca devam edecektir.



Şekil 2.41: Doğu ve batı cephelerinde bitkilendirme (Council House 2, Avustralya).



Şekil 2.42: Yaprak döken ağa lar, sarmaşık ve saksı bitkilerinin güneş kontrolüne etkisi (Stack ve diğ., 2002).

Gölgeleme etkisi, bitkinin tür, yaş faktörlerine bağılı olarak değışkenlik gösterir. Yaprak türü ve bitki yoğunluğu da bu faktörler tarafından tanımlanır. Yapraklı bitkilerin yoğunluğu mevsime göre değışir. Binanın doğı ve batı yönlerinde yapılacak bitkilendirme yazın etkin koruma sağlamaktadır. Binanın klima ünite sistemi çevresinde, uygun mesafede yapılacak bitkilendirme hem ortam sıcaklığını azaltacak, hem de sistem performansını olumlu yönde etkileyecektir. Bitkilendirilmiş cepheler ise güneş ışınlımlı ve diğ er alanlardan duvar boyunca yayılan uzun dalga boylu ışınlımları düş urerek güneş ve uzun dalga boylu ısı kazancını azaltır (Stack ve diğ., 2002).

2.3.3.6 Gelişmiş gölge elemanları

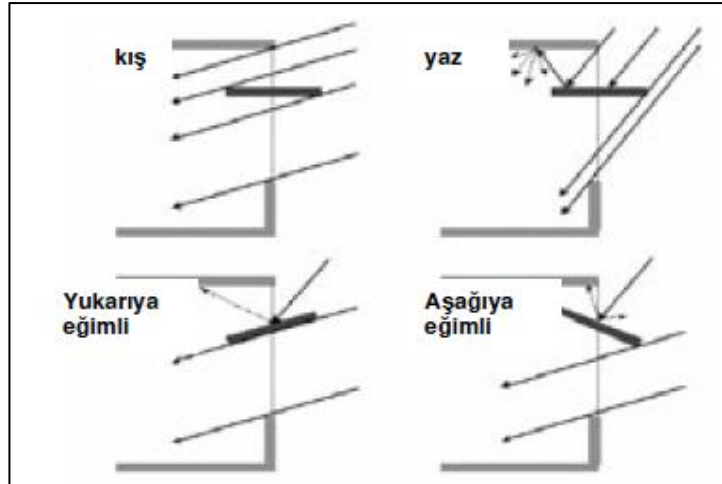
Gölge elemanlarının birincil işlevi ısı kazancını ve güneş ışığını kontrol edebilmektedir. Ancak bunlar sağlanırken ışık geçirgenlik değıerindeki ciddi düş üşler nedeniyle aydınlatma yük ü doğrudan etkilenmekte ve artmaktadır. Aydınlatma

cihazlarının yaydığı ısı da soğutma yükünde artışa neden olmaktadır. Bu noktada gelişmiş gölge elemanları doğal aydınlatmaya fırsat vererek, sorunu büyük oranda engellemektedir. Kamaşma olmaksızın, hem gölgeleme hem de yeterli doğal aydınlatmayı ışık rafları, prizmatik paneller, holografik filmler, gelişmiş jaluziler sağlayabilmektedir.

Işık rafları

Işık rafları hem gölge elemanı göreviyle soğutma yükünü; hem de elamanın üst yüzeyinin yansıtıcılığı sayesinde gün ışığını iç mekan tavanına yansıtarak aydınlatma yükünü düşürür. Bu özelliğiyle ışık rafları enerji tüketiminin azaltılması açısından oldukça elverişlidirler. Doğrudan gelen güneş ışınimleri mekan tavanına yansıtılır, dolaylı, homojen bir aydınlatma sağlanır. Gün ışığının iç mekana homojen biçimde aktarılmasıyla ve güneş kontrolünün sağlanmasıyla kamaşma da büyük ölçüde azalır. Görsel konfor performansı açısından oldukça verimlidirler.

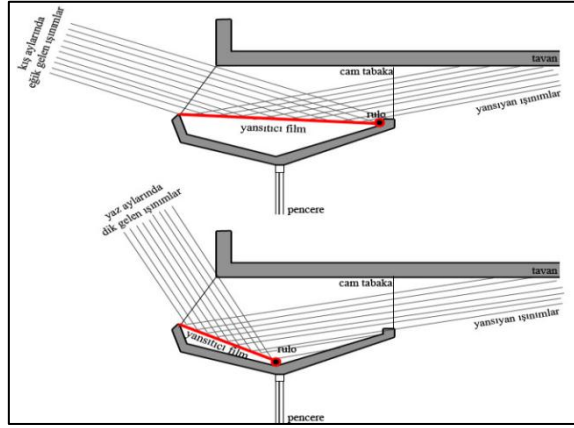
Işık rafları genellikle göz seviyesinin üzerinde konumlandırılır ve üzerinde de pencere bulunur (Şekil 2.43). İçte ya da dışta tasarlanabilir. Ancak normal bir pencereyle kıyaslandığında, içte ışık rafı mekanın aydınlık değerini düşürmekte; dışta ışık rafı ise aydınlık değerini arttırmaktadır. Işık raflarının, güneşlenme süresi yüksek illerde kullanımıyla daha fazla performans elde edildiği görülmüştür (Yener, 2008).



Şekil 2.43: Işık rafları (IEA, 2000).

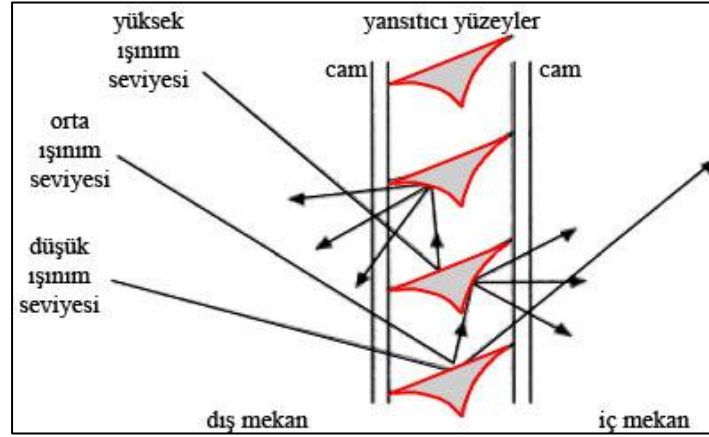
Hareketli yansıtıcı filmli ışık rafları

Işık raflarının üst kısmına, rulo ile uygulanmış yansıtıcı film iyileştirmesiyle doğal aydınlatma ve gölgelemeden aynı anda yararlanılabilir (Şekil 2.44). Farklı güneş geliş açılarına bağlı olarak yansıtıcı film uygun şekilde ayarlanabilir.



Şekil 2.44: Hareketli yansıtıcı filmlili ışık rafları (Matusiak, 1998).

Ayrıca yansıtıcı filmlerle iyileştirilmiş özel jaluziler de yaz aylarında yüksek geliş açılı ışınları engellerken, kış aylarında düşük geliş açılı ışınlarla izin vererek etkin bir gölge ve doğal aydınlatma sağlar (Şekil 2.45).



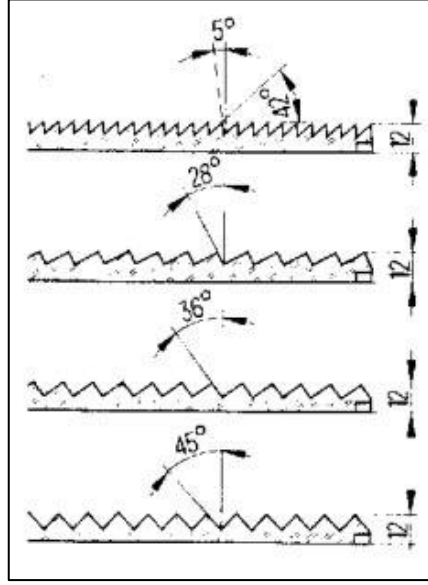
Şekil 2.45: Yansıtıcı şeritli jaluzi (Matusiak, 1998).

Prizmatik camlar

Prizmatik camlar direkt güneş ışığını kırarak ve yansıtarak hem güneş kontrolü hem de doğal aydınlatma sağlamaktadır (Şekil 2.46). Kamaşmaya karşı gösterdiği performans da oldukça etkindir. Ancak şeffaflık değil, saydamlık sunmaktadır. Bu nedenle üst pencerelerde kullanımı uygundur (Stack ve diğ., 2002).

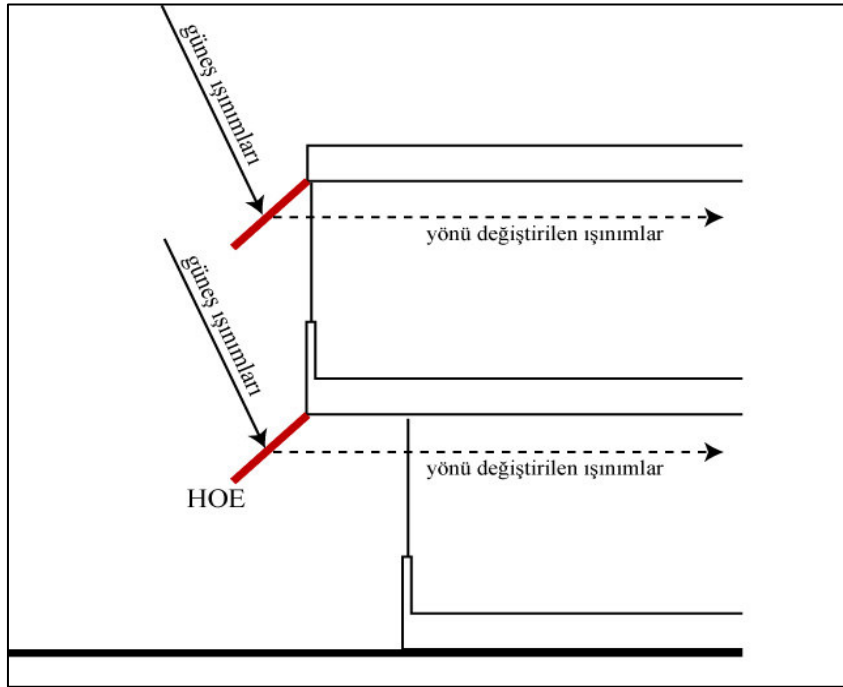
Holografik optik elemanlar

Holografik optik elemanlar (HOE) yüzeye gelen ışınları engellemek yerine kırarak dağıtır ve doğal aydınlatma ile güneş kontrolü bir arada sağlanır (Şekil 2.47). Gölgeleme veya batı cephesinde olduğu gibi düşük açılı dağınık ışınları yansıtmak için tasarlanabilir. HOE ile ışık kırınımı ızgaralar yoluyla ya da cama gömülmüş bölge plakaları tarafından gerçekleştirilir (Stack ve diğ., 2002).



Şekil 2.46: Prizmatik panel tipleri (IEA, 2000).

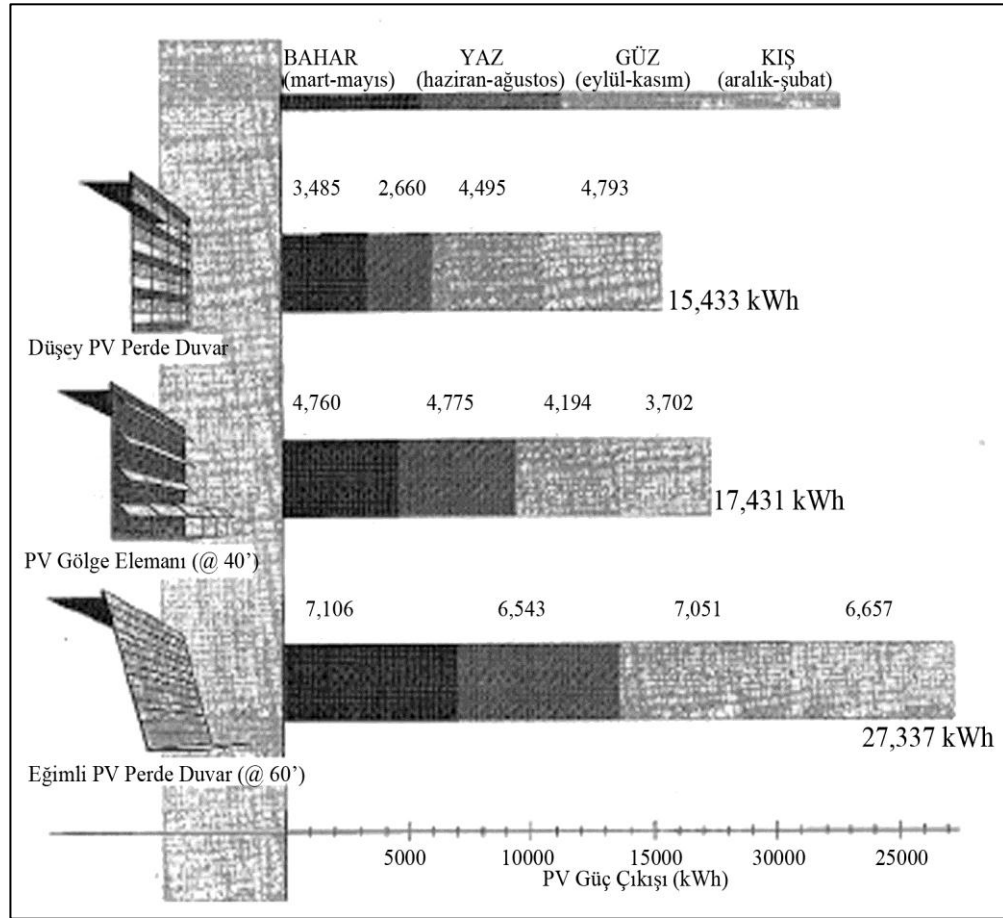
HOE dış jaluzi şeritlerine ve cam lamellere (louvre) uygulanabilmektedir. Jaluzi şeritlerine uygulandığında cam içindeki HOE, cam üzerindeki opak şeritlerde doğrudan güneş ışınımı yayılımını önler. Dağınık ışık içeri alınır, ancak manzara opak şeritlerce bir miktar engellenir. Şeffaf cam lamellere HOE uygulamasında ise, direkt ışınım kırılarak dağıtılır. Dağınık ışıkla birlikte manzara da sağlanır. Bu sistemlerden en iyi performansın eldesi için güneş takibi, otomasyon ile birlikte gerçekleştirilmelidir.



Şekil 2.47: Holografik cam kullanımı (Matusiak, 1998).

Güneş panellerinin (PV) gölge elemanı olarak kullanılması

Diğer gölge elemanlarında olduğu gibi temel olarak güneş panelli (fotovoltaik, PV) gölge elemanları da kamaşma ve güneş kontrolü, ısı kazanç kontrolü sağlar. Ancak bunlara ek olarak güneş enerjisi toplanarak elektrik enerjisi sağlanmaktadır. Şekil 2.48’de çeşitli PV uygulamaları ile gölge elemanı olarak uygulanan PV panellere ait enerji üretim miktarları verilmektedir. Bina kabuğundan bağımsız, özel taşıyıcı ile PV paneller mevcut ya da yeni binaya gölge elemanı olarak uygulanabilir (Şekil 2.49). PV’ler yatay ya da eğimli; opak veya yarı saydam olarak tasarlanabilir.



Şekil 2.48: Farklı PV uygulamaları ile gölge elemanı PV’lerin enerji üretim miktarları (Çelebi, 2002) .

2.3.4 Bölüm sonucu: Bileşen – performans matrisi

Yapılan literatür analizi sonucunda pencere sistem bileşenlerine ait performans matrisi oluşturulmuştur. Bu matris Çizelge 2.3’te verilmiştir. Yapılan literatür araştırması, bazı bileşenlerin her performans kriteriyle doğrudan ilişkisi olmadığını göstermektedir. Ara boşluk gazı ve çerçeveler ısıtma yükü performansını ve buna



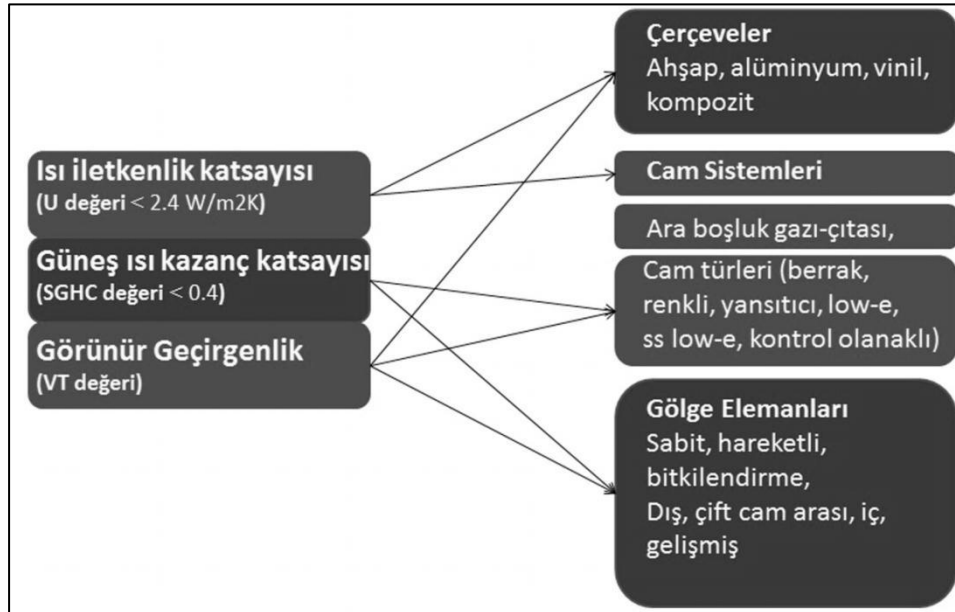
Şekil 2.49: Gölge elemanı olarak PV uygulaması, Hollanda.

bağlı olarak ısı konforu etkilemektedir. Fakat çerçeve ve ara boşluk gazlarının soğutma, aydınlatma, gün ışığı aydınlık değeri ve kamaşma değerlerine doğrudan etkileri yoktur. Tüm cam türleri ve gölge elemanları enerji ve konfor performans kriterlerinin tümüyle doğrudan ilişkilidir.

Şekil 2.50’de görüldüğü üzere çerçeveler U değeri ve VT değeri ile; gölge elemanları SHGC değeri ve VT değeri ile; cam türleri VT değeri, U değeri ve SHGC değeri ile; ara boşluğu oluşturan bileşenler ise U değeri ile doğrudan ilişkilidir. Çerçeveler kalınlıklarına bağlı olarak U değerini; genişliklerine ve buna bağlı olarak pencere yüzeyinde kapladığı alana bağlı olarak da VT değerini etkilemektedirler. Gölge elemanları cama etkiyen güneş ışınımını engellediği için SHGC değerini düşürmektedir. Gölge elemanının kapalılık oranına, tipine bağlı olarak VT değeri etkilenmektedir. Ara boşluk gazının, yalnız U değerine etkisi söz konusudur, sistemde yer alan gazın ısı iletkenliğine ve boşluk genişliğine bağlı olarak U değeri değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 2.3: Pencere sistem bileşenleri performans analiz matrisi.

		Enerji Performansı Gereksinimleri			Konfor Performansı Gereksinimleri		
Pencere Bileşenleri		Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Gün Işığı	Kamaşma	Isıl Konfor
Çerçeve	Ahşap	√	-	-	-	-	√
	Metal	√	-	-	-	-	√
	Vinil	√	-	-	-	-	√
	Kompozit	√	-	-	-	-	√
Cam	Berrak	-	-	√	√	-	-
	Renkli	-	√	-	-	√	√
	Yansıtıcı	-	√	-	-	√	√
	Low-E	√	-	√	√	-	√
	SS Low-E	√	√	√	√	√	√
	Elektrokromik	-	√	√	√	√	√
Ara Boşluk Gazı	Hava	√	-	-	-	-	√
	Argon	√	-	-	-	-	√
Gölge Elemanı	Jaluzi (dış)	-	√	√	√	√	√
	Jaluzi (iç)	-	√	√	√	√	√
	Jaluzi (ara)	-	√	√	√	√	√
	Stor (iç)	-	√	√	√	√	√
	Saçak	-	√	√	√	√	√
	Işık rafı	-	√	√	√	√	√
Etkili: √, Etkisiz: -							

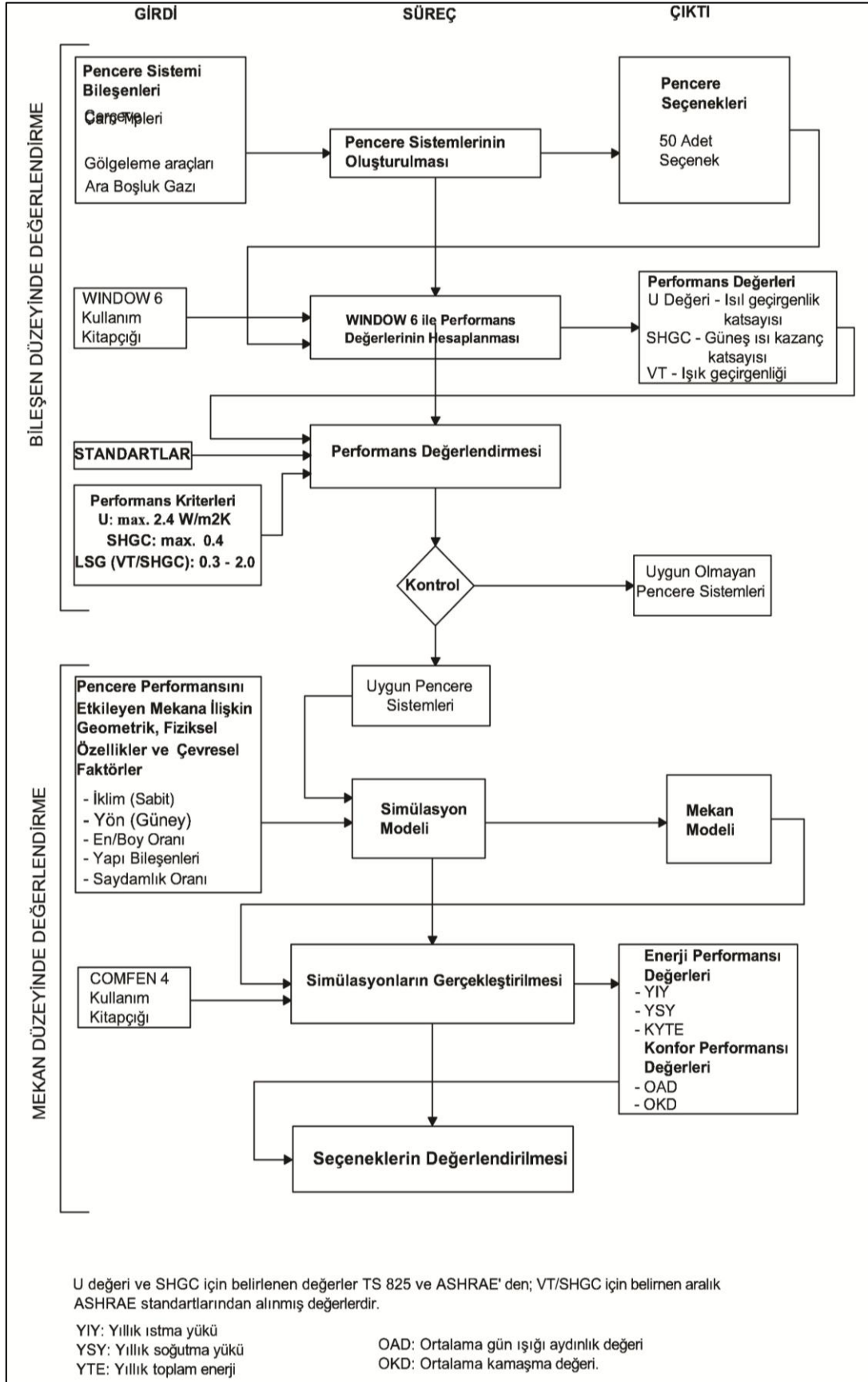


Şekil 2.50: Bileşen düzeyinde tanımlanan performans kriterleriyle pencere bileşenleri arasındaki ilişki.

3. FARKLI GÖLGE ELEMANLARI İLE OLUŞTURULAN PENCERE SEÇENEKLERİNİN BİLEŞEN DÜZEYİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Pencere sistemlerine ilişkin ısı ve görsel performans kriterleri, Bölüm 2’de açıklanmıştır. Pencere sisteminde en çok alan kaplayan iki bileşen, cam sistemi ve gölge elemanlarıdır. Pencere sistemlerinin ısı ve görsel performansları, gölge elemansız ya da gölge elemanı ile birlikte, cam sistemi kombinasyonuna bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu bölümde oluşturulan farklı pencere sistemleri, simülasyon programları ile bileşen ve mekan düzeyinde modellenerek hesaplamalar gerçekleştirilecek ve değerlendirilecektir.

Amaca uygun iki simülasyon programından ilki, bileşen düzeyinde, pencere sistemine ait ısı ve görsel performans değerlerinin hesaplandığı WINDOW 6 yazılımıdır. Bir diğeri ise mekan düzeyinde enerji ve konfor performans değerlerinin hesaplandığı COMFEN 4 programıdır. Tez çalışmasına ilişkin akış modeli Şekil 3.1’de verilmektedir. Buna göre kontrol basamağı öncesi olan ilk aşama, bileşen düzeyinde değerlendirmenin yapılabilmesi için öncelikle pencere sistem bileşenlerinin belirli parametrelere bağlı olarak seçilmesi, pencere sistem seçeneklerinin oluşturulmasıdır. WINDOW 6 simülasyon programında pencere sistem seçenekleri tanımlandıktan sonra performans değerleri hesaplanmaktadır. TS 825, NFRC ve ASHRAE standartlarında yer alan performans kriterlerine ait sınır değerlere göre simülasyon sonuçları değerlendirilmektedir. Sınır değerleri sağlayan, uygun seçenekler, kontrol basamağından ikinci aşamaya, doğrudan geçmektedir. Fakat bileşen düzeyinde yapılan değerlendirme ile enerji performansına ilişkin alınabilecek cevaplar ancak çıkarım düzeyinde kalacağından, ikinci aşama olan mekan düzeyinde performans değerlendirmesi yapılmaktadır. Kontrol basamağından geçemeyen bazı seçenekler de mekan düzeyinde beklenen performansı karşılayabilmesi ihtimali göz önünde bulundurularak ikinci aşamaya dahil edilmektedir.



Şekil 3.1: Çalışmanın akış modeli.

Pencere sistemlerinin enerji ve konfor performanslarını belirleyen parametreler Bölüm 2’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Pencere sistem seçenekleri oluşturulurken belirli performans gereksinimlerini karşılayacak şekilde ve mümkün olduğunca uygun, etkin bir sistem olması için bir takım kararlar alınmaktadır.

Bileşen düzeyinde, iklim ve binadan bağımsız olarak, pencere sistemlerinin ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri), güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC), ışık geçirgenlik (VT) değerlerinin karşılaştırmasını ve sınıflandırmasını yapan kurullar mevcuttur. Amerika’da National Fenestration Rating Council (NFRC); İngiltere’de British Fenestration Rating Council (BFRC) bu kurullardandır.

Bu bölümde Window 6 programı ile oluşturulmuş farklı pencere sistemlerinin ısı ve görsel performanslarının eleman düzeyinde değerlendirilmesi yapılacaktır.

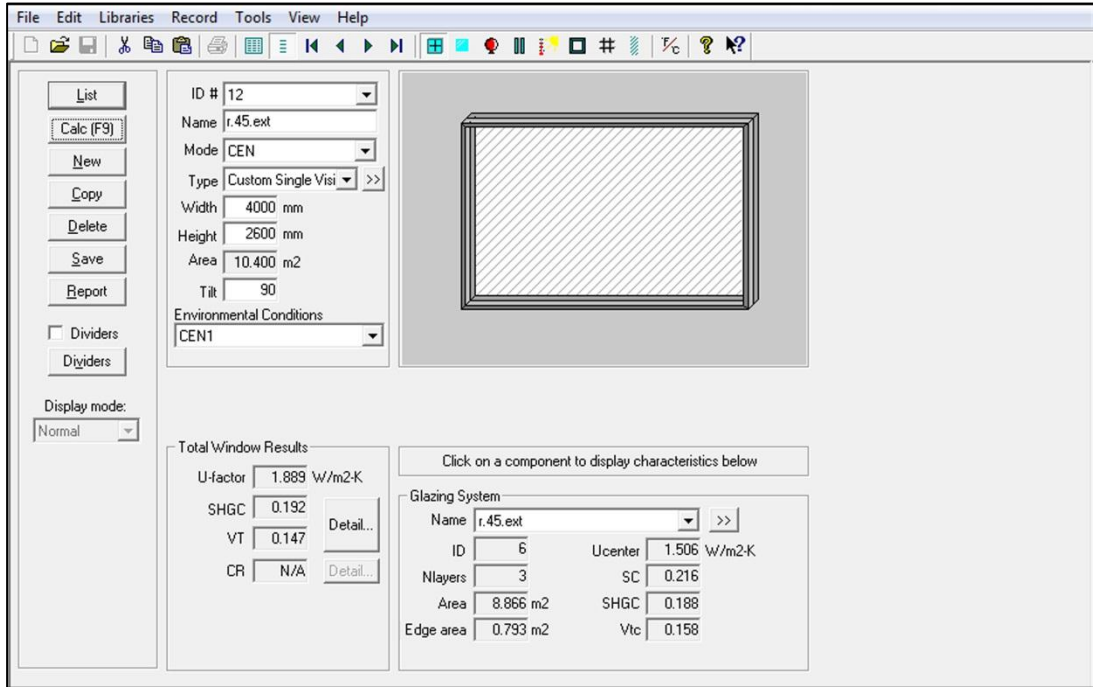
3.1 WINDOW 6 Programının Tanıtılması

Window 6 programı Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), tarafından hazırlanan, pencere sistemlerinin ısı performans değerlerini, ASHRAE SPC142, ISO 15099 standartları, National Fenestration Rating Council (NFRC) ölçütlerini esas alınmasıyla, hesaplanarak, elde edilmesine olanak tanıyan bir yazılımdır.

Uzunluk birimi olarak milimetre (SI) ve inç (IP) birimleri kullanılmaktadır. Programın camlara ait güncel veri kaynağı, 3800’ ün üzerinde cam ürününün optik verisine sahip olan International Glazing Database (IGDB)’ dir. IGDB US Department of Energy, LBNL ve NFRC desteğiyle oluşturulmuş bir veri tabanıdır. Veri tabanında kayıtlı tüm cam sistemleri, spektral optik verileri, ısı verileri, strüktürel detayları, açıklamaları ve ürün bilgilerini içerir. Bu veriler cam sistemleri, pencere tasarımı ve doğru enerji performans hesaplamaları yapabilmek için yeterlidir.

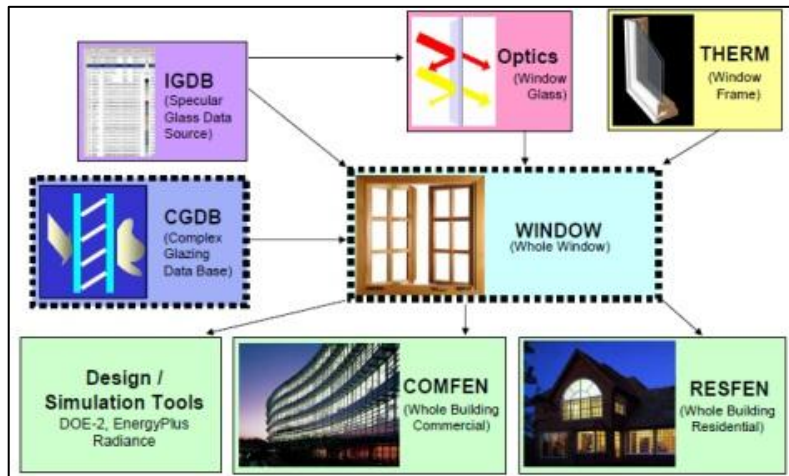
Programda pencere sistemine ait bileşenlerin kütüphaneleri mevcuttur. Gölge katmanı kütüphanesinde jaluzi ya da stor tipi gölge elemanları tanımlıdır ve yeni elemanlar oluşturulabilir. Gölge elemanları, cam sistemi oluşturma aşamasında katman olarak tanımlanır. Cam kütüphanesinde bir çok üreticiye ait camlar bulunmaktadır. Ayrıca tüm kütüphanelerde kullanıcı tanımlı yeni bileşenler tanımlanabilir. Cam sistemi kütüphanesinde ise cam, gölge elemanı, gaz kütüphanelerinden seçilen bileşenlerle cam sistemi oluşturulmaktadır. Son olarak

pencere kütüphanesinde, çevresel koşul ve çerçeve kütüphanesinden seçilen çerçeve ile pencereler oluşturulur . Programa ait arayüz Şekil 3.2’de verilmektedir.



Şekil 3.2: WINDOW 6 simülasyon programı arayüzü (Url-4).

Şekil 3.3’te verilen bağlantı şemasında görüldüğü üzere Window 6 programı, Therm, Optics, Comfen, Resfen, DOE-2, EnergyPlus, Radiance programlarıyla arasında veri paylaşımını desteklemektedir.



Şekil 3.3: WINDOW 6 programı ile bağlantılı programlar (Url-8).

Programın son versiyonunu, eski versiyonlarından ayıran en belirgin özelliği ise oluşturulan pencere sistemine gölge elemanının da dahil edilebilmesidir. Bileşen düzeyinde hesaplama yapan program, belirli parametrelerin tanımlanmasının

ardından, pencere sistemine ait U değeri, SHGC değeri ve VT değerlerini vermektedir.

3.2 WINDOW 6 Programı İle Pencere Seçeneklerinin Oluşturulması

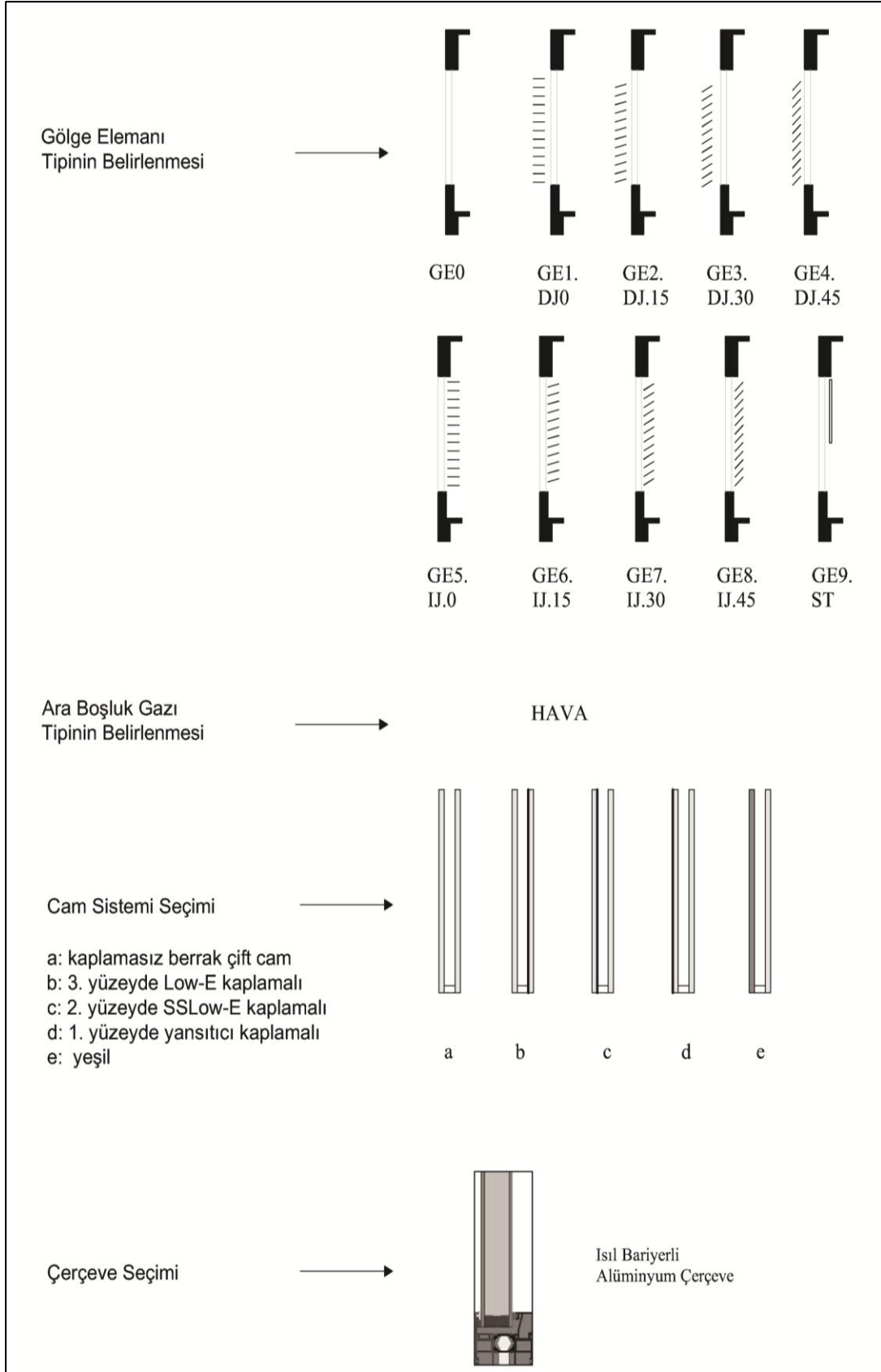
Farklı pencere sistemlerinin oluşturulması için WINDOW 6 programının kütüphanelerinden yararlanılacaktır. Bileşen düzeyinde yapılacak çalışma kapsamında parametreler tanımlanmaktadır.

Şekil 3.4'te verilen seçim parametrelerine göre pencere sistem seçeneklerinin oluşturulup WINDOW 6 simülasyon programında tanımlanması için farklı gölge elemanları, cam sistemleri, ara boşluk gazı ve çerçeve bulunmaktadır.

Yazılım, pencere sistemlerinin U değerini hesaplarken, iç ve dış ortam koşullarını göz önünde bulundurmaktadır. Çevresel koşullar kütüphanesinde mevcut iki seçenek bulunmaktadır, aynı zamanda kullanıcı kendi koşullarını da oluşturabilmektedir. Mevcut koşullardan biri Amerika Birleşik Devletleri'nde kabul edilen NFRC (National Fenestration Rating Council), diğeryse Avrupa'da kabul gören CEN (The European Committee for Standardization)' dir. Bu çalışma için çevresel koşullar kütüphanesinde yer alan, CEN' in oluşturmuş olduğu, ön tanımlı koşullar kabul edilmiştir. Bu koşullar Çizelge 3.1 'de belirtildiği gibidir.

Çizelge 3.1: WINDOW 6 programında tanımlı CEN çevresel koşullarına ait değerler.

Değişkenler	U değeri hesabı için değerler	SHGC ve VT hesabı için değerler
Dış ortam sıcaklığı	0°C	30°C
İç ortam sıcaklığı	20°C	25°C
Isı taşınımı için sabit katsayı	26 W/m ² K	15.2 W/m ² K
Gökyüzü yayını	1.00	1.00
Dış ortam rüzgar hızı	5.5 m/s	2.8 m/s



Şekil 3.4: WINDOW 6 simülasyon programında farklı pencere sistemlerinin oluşturulması için belirlenmiş parametreler.

Tüm pencere sistemleri alternatifleri için ısı bariyerli alüminyum çerçeve kullanılmıştır, Window 6 programı çerçeve kütüphanesinde bulunan çerçeve türünün, rengi gri olarak değiştirilmiştir. Çerçeve bileşenine ilişkin bilgiler Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.2: WINDOW 6 programı çerçeve kütüphanesinden yapılan seçime ait değerler.

İsim	U Değeri (W/m ² K)	Kaynak	Renk
Isıl Bariyerli Alüminyum Çerçeve	5.68	ASHRAE	Gri

3.2.1 Pencere boyutu

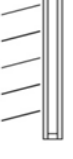
Kullanıcı tanımlı pencere sistemlerinin oluşturulabilmesi için, Window 6 programı pencere kütüphanesinde, pencere genişlik ve yükseklik bilgilerinin girilmesi gereklidir. Bunun için yüksekliği 2600 mm, genişliği 4000 mm boyutlarında açıklık oluşturulup, her kombinasyonda bu boyutlar sabit tutularak değerlendirmeler yapılacaktır. Window 6 programında farklı boyutlarda oluşturulan pencere sistemlerinin performans değerleri arasındaki farklılık, yok denecek düzeyde olduğu için değerlendirmelerde pencere boyutu sabit tutulmuştur.

3.2.2 Gölge elemanı seçenekleri

WINDOW 6 gölge katmanı kütüphanesinde bulunan, bir ofis mekanında kullanılabilecek gölge elemanı tipleri sınırlıdır, bunlar jaluzi ve storlardır. Bunun dışında kütüphanede frit cam gölge elemanı seçeneği olarak bulunmaktadır. Jaluziler dış ve iç ortamda olmak üzere pencere sistemleriyle kombine edilmiştir. Jaluzi şerit malzemesi olarak ise gri renge sahip, alüminyum kullanılmıştır. Şeritler arası mesafe ve şerit genişliği, Bölüm 2’de ayrıntıları ile verilen, ASHRAE standartlarından alınan sabit değerlere göre hesaplanarak oluşturulmuştur. Seçilen gölge elemanlarının özellikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’te yer almaktadır. İç ortamda kullanılan jaluzilerin şerit genişliği 16 mm, şeritler arası mesafe 13.3 mm; dış ortamda kullanılan jaluzinin ise şerit genişliği 50 mm, şeritler arası mesafesi 41.7 mm’dir. Oluşturulan tüm jaluziler için, şeritlerin yatay ile olan açıları 0°, 15°, 30°, 45° olacak şekilde alternatifler üretilmiştir. Storlar içinse açık renge sahip tekstil

doku kullanılmıştır. Çizelge 3.3'te verilmiş GE0 koduna sahip seçenek gölge elemanı bulundurmamaktadır ve referans olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 3.3: WINDOW 6 programında oluşturulan dış gölge elemanları (GE) özellikleri.

Kod	Şekil	Jaluzi Şerit Açısı	Gölge elemanı konumu	Jaluzi şerit genişliği	Şeritler arası mesafe	Gölge elemanı malzemesi	Jaluzi Şerit Kalınlığı
GE0		-	-	-	-	-	-
GE1. DJ0		0°	Dışta	50 mm	41.7 mm	Alüminyum, Gri	3.125 mm
GE2. DJ15		15°	Dışta	50 mm	41.7 mm	Alüminyum, Gri	3.125 mm
GE3. DJ30		30°	Dışta	50 mm	41.7 mm	Alüminyum, Gri	3.125 mm
GE4. DJ45		45°	Dışta	50 mm	41.7 mm	Alüminyum, Gri	3.125 mm

3.2.3 Cam sistemi seçenekleri

Cam sistemlerinin oluşturulması için cam kütüphanesinde bulunan Pilkington'ın ürettiği camlar seçilmiştir, ısı iletkenlik değerleri 1.0 W/mK' dir. Seçilen camların optik özelliklerine ait veriler Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Ara boşluk gazı olarak programın kütüphanesinde tanımlı, hava, argon, kripton ve bunların farklı oranlarda oluşturulmuş karışımları bulunmaktadır. Cam sistemi

seçeneklerinde ara boşluk gazı olarak hava kullanılmıştır. Cam sisteminde ara boşluk gazı olarak kullanılan havanın fiziksel özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Seçilen camlar, ara boşluk gazı ve ara boşluk genişliğiyle oluşturulan 5 farklı cam sistemi Çizelge 3.7’de verilmektedir. Son olarak oluşturulan farklı gölge elemanları cam sistemleri ile kombine edilerek seçenekler türetilmiştir. Çizelge 5 farklı cam sistemiyle bir araya gelen 9 farklı gölge elemanı ile 45 gölge elemanlı seçenek oluşturulmuş ve değ erlendirmenin yapılabilmesi için gölge elemansız 5 referans pencere seeneğ i ile toplam 50 seçenek programda tanımlanmıştır.

Çizelge 3.4: WINDOW 6 programında oluşturulan iç gölge elemanları (GE) özellikleri.

Kod	Ş ekil	Jaluzi Ş erit Açısı	Gölge elemanı konumu	Jaluzi ş erit genişliğ i	Ş eritler arası mesafe	Gölge elemanı malzemesi	Jaluzi Ş erit Kalınlığ ı
GE5. IJ0		0 ⁰	İçte	16 mm	13.3 mm	Alüminyum, Gri	1 mm
GE6. IJ15		15 ⁰	İçte	16 mm	13.3 mm	Alüminyum, Gri	1 mm
GE7. IJ30		30 ⁰	İçte	16 mm	13.3 mm	Alüminyum, Gri	1 mm
GE8. IJ45		45 ⁰	İçte	16 mm	13.3 mm	Alüminyum, Gri	1 mm
GE9. ST		-	İçte Stor	-	-	Tekstil, Açık renkli	

Çizelge 3.5: WINDOW 6 programı cam kütüphanesinden seçilen Pilkington camlarına ait değerler.

Kod	İsim	Kaynak	Kalınlık (mm)	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	emis1	emis2
C	Berrak	IGDB v11.4	6000	0.774	0.072	0.072	0.883	0.081	0.081	0,84	0.840
L	Low-E	IGDB v11.4	6000	0.662	0.113	0,1	0.819	0.108	0.102	0.157	0.840
S	SS Low-E	IGDB v17.4	6000	0.438	0.117	0.072	0.599	0.093	0.076	0.166	0.840
R	Yansıtıcı	IGDB v13.9	6000	0.580	0.227	0.186	0.665	0.285	0.254	0.209	0.840
T	Yeşil	IGDB v17.4	6000	0.456	0.055	0.055	0.764	0.071	0.071	0.840	0.840

Tsol: Güneş geçirgenlik değeri, **Rsol1:** Dış ortamdaki yüzeyin güneş ışımasını yansıtıcılık değeri, **Rsol2:** İç ortamdaki yüzeyin güneş ışımasını yansıtıcılık değeri, **Tvis:** Işık geçirgenliği, **Rvis1:** Dış ortamdaki yüzeyin ışık yansıtıcılık değeri, **Rvis2:** İç ortamdaki yüzeyin ışık yansıtıcılık değeri, **Tir:** Kızılötesi (uzun dalga) ışıma geçirgenlik değeri, **emis1:** Dış ortamdaki yüzeyin kızılötesi ışıma değeri, **emis2:** İç ortamdaki yüzeyin kızılötesi ışıma değeri

Çizelge 3.6: WINDOW 6 programı gaz kütüphanesinde bulunan hava ve argona ait değerler.

İsim	İletkenlik (W/mK)	Akma Direnci (kg/m-s)	Yoğunluk (kg/m ³)
Hava	0.024	0.000017	1.292
Argon	0.016	0.000021	1.781

3.3 Farklı Gölge Elemanlarının Pencerenin Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi

Window 6 programında modellenen 50 pencere seçeneğinin bileşen düzeyinde ısı ve görsel performanslarını tanımlayan U değeri, SHGC ve VT değerleri hesaplanmış ve uluslararası standartlara göre belirlenen sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

Cam sistemlerinde ara boşluk gazı olarak hava kullanılmıştır ve ara boşluk mesafesi 12 milimetredir.

Pencere sistemlerinin performans değerlendirmesinde en uygun pencere sistemlerinin belirlenebilmesi için standartlarda tanımlanan performans kriterleri kullanılmış, tanımlanan aralıkta olmayan veya beklenen performansı sağlamayan seçenekler elenmiştir. Buna göre TS 825'e göre pencere sistemlerinin ısı performansını belirleyen parametre olan U değerinin sınır değeri 2.4 W/m²K' dir.

Çizelge 3.7: WINDOW 6 programında oluşturulan cam sistemleri.

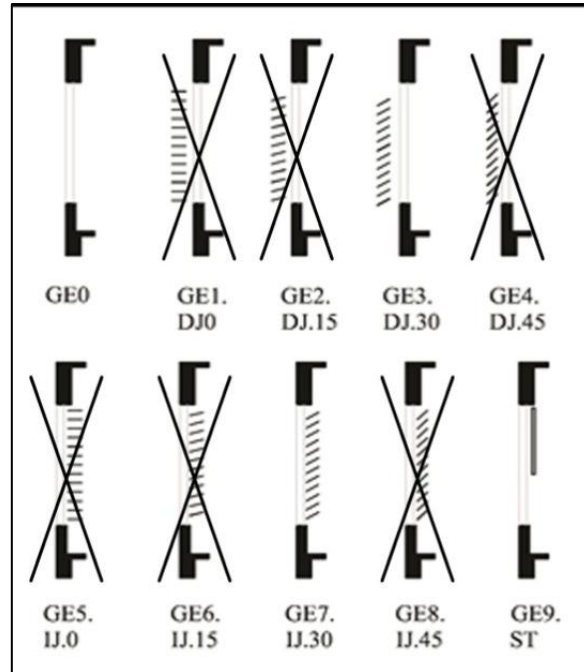
Kod	Cam Sistemi	Oluşum	Gaz	U Değeri W/m ² K	SHGC	SC	VT%
a		2 Berrak Katman (C+C) 6/12/6 mm	Hava	2.935	0.669	0.809	0.723
b		1 Berrak ve 1 Low-E Katman (C+L) 6/12/6 mm	Hava	2.164	0.632	0.763	0.674
c		1 Berrak ve 1 SS Low-E Katman (C+S) 6/12/6 mm	Hava	2.177	0.459	0.548	0.498
d		1 Yansıtıcı ve 1 Berrak Katman (R+C) 6/12/6 mm	Hava	2.91	0.538	0.642	0.559
e		1 Yeşil ve 1 Berrak Katman (T+C) 6/12/6 mm	Hava	2.756	0.463	0.554	0.62

ASHRAE'e göre İstanbul 4. iklim bölgesinde gösterilir. Buna göre "International Energy Conservation Code" IECC ve ASHRAE'nin bu iklim bölgesi için önerisi SHGC değerinin 0.40'a eşit ya da 0.40'tan küçük olması güneş ışıınım kazancı açısından uygun bir değer olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE, 2009).

VT değeri için standartlarda herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır, ancak VT değerinin yüksek olması gün ışığından maksimum fayda sağlamak açısından önem taşır ve mekan tipine bağlı olarak da ışık geçirgenlik gereksinimi farklılık göstermektedir. Ancak ofis mekanlarında yapay aydınlatmayı azaltmak için doğal aydınlatmadan yararlanırken güneşin ısıtıcı etkilerini de azaltmak önemlidir. Bu nedenle cam sisteminin spektral seçicilik düzeyini göstermek için LSG (light-to-

solar-gain ratio) yani VT/SHGC oranı önemli bir değerlendirme olanağı sunmaktadır. Buna göre LSG oranının 0.3 ile 2 değeri arasında doğal aydınlatma ve güneş ışınlam kazancı açısından uygun bir değer olduğunu göstermektedir. Çizelge 3.8’de ısı ve görsel performans kriterlerini sağlayan pencere sistem seçenekleri verilmektedir. Buradaki seçeneklerin tümü LSG kriteri bakımından uygun değerlere sahiptir. Bazı seçenekler yalnız U değeri ya da SHGC değeri; bazıları hem U değeri hem de SHGC değeri sınır değerlerini karşılamaktadır.

Şekil 3.5’te uygun ve uygun olmayan gölge elemanları verilmektedir. Çizelge 3.8’de verildiği gibi 15 adet pencere sistemi tüm performans kriterlerini sağlamaktadır. 0° şerit açılı jaluziler (GE1.DJ0 ve GE5.IJ0) bir araya geldiği hiç bir pencere ile uygun sınır değerlerini sağlayamamıştır. 15° şerit açılı jaluziler içinde sadece dış ortamda bulunan uygun değerleri sağlamıştır ve bir araya geldiği pencerede kullanılan cam türü spektral seçici low-E kaplamalıdır. 45° şerit açısına sahip jaluziler, VT değerinde büyük azalışa sebep oldukları için elenmişlerdir. Geriye 30° şerit açılı jaluziler ile storlarla oluşturulmuş 8 pencere sistemi kalmıştır. Ancak bu gölge elemanlarının mekan düzeyinde performansların farklı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle dış, iç jaluziler ve stor tipi gölge elemanları ve 5 referans pencere ile toplam 15 pencere sistemi ve 5 referans pencerenin performans değerlendirmeleri ikinci aşamada mekan düzeyinde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.5: Uygun performans kriterlerini sağlayamayan gölge elemanları.

Çizelge 3.8: Belirlenmiş performans kriterlerini karşılayan pencere sistemlerine ait değerler.

No	Pencere isimleri	Cam sistemi	Gölge elemanı konumu	Gölge elemanı açısı	U - değeri	SHGC	VT	VT/SHGC (LSG)
8	c.30.ext	Berrak + Hava	DIŞ JALUZİ	30 ⁰	2,307	0,375	0,358	0,955
9	c.45.ext			45 ⁰	2,297	0,212	0,183	0,863
12	l.30.ext	Low_E + Hava	DIŞ JALUZİ	30 ⁰	1,837	0,348	0,334	0,960
13	l.45.ext			45 ⁰	1,832	0,196	0,17	0,867
15	s.15.ext	SS_low_E + Hava	DIŞ JALUZİ	15 ⁰	1,849	0,392	0,37	0,944
16	s.30.ext			30 ⁰	1,846	0,273	0,241	0,883
17	s.45.ext			45 ⁰	1,84	0,160	0,12	0,750
20	r.30.ext	Yansıtıcı + Hava	DIŞ JALUZİ	30 ⁰	1,834	0,340	0,283	0,832
21	r.45.ext			45 ⁰	1,829	0,196	0,146	0,745
24	t.30.ext	Yeşil + Hava	DIŞ JALUZİ	30 ⁰	2,221	0,305	0,303	0,993
25	t.45.ext			45 ⁰	2,209	0,182	0,153	0,841
36	s.30.int	SS_low_E + Hava	İÇ JALUZİ	30 ⁰	2,097	0,389	0,26	0,878
37	s.45.int			45 ⁰	2,003	0,340	0,146	0,652
48	s.rol.l	SS_low_E + Hava	İÇ STOR	-	1,8	0,357	0,21	0,588
50	t.rol.l	Yeşil + Hava			2,192	0,341	0,26	0,762

3.3.1 Farklı gölge elemanlarının pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısına etkisi

Şekil 3.6’da iç jaluzi ve storların; Şekil 3.7’de dış jaluzilerin farklı pencerelerin U değeri üzerindeki etkisi verilmektedir. İç gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerin içinde U değeri en düşük olan seçenek, stor ile bir araya gelen low-E

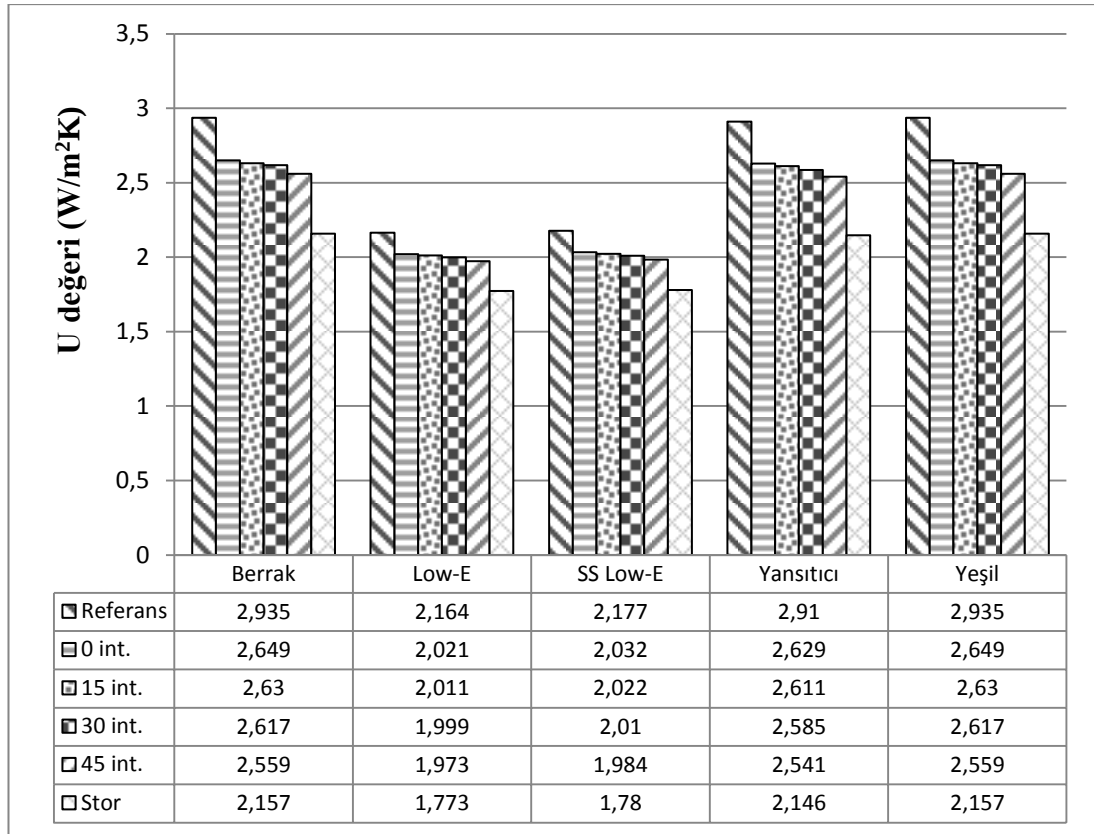
kaplamalı camlı pencere seçeneğidir. Low-E kaplamanın kullanım amacı berrak camın U değerinin iyileştirilmesidir, burada da U değeri açısından en uygun pencere olmuştur. Storlar ise bir araya geldiği tüm pencerelerin U değeri düşürme bakımından en etkin gölge elemanı türü olmuştur.

Şekil 3.8’ de farklı gölge elemanlarının, bir araya geldiği pencere seçeneklerinin U değerini azaltma oranları verilmektedir. Tüm gölge elemanı tipleri içinde U değerinde en az düşürme oranı sağlayan pencere low-E kaplamalı camlı olandır. Bunun sebebi ise low-E kaplamanın birincil özelliğinin ısı kontrol bakımından etkin olmasıdır. Low-E kaplamalı camlı pencereyi takip eden seçenek ise spektral seçici low-E kaplamalı camlı seçeneklerdir ve U değeri azaltma oranları birbirine çok yakındır.

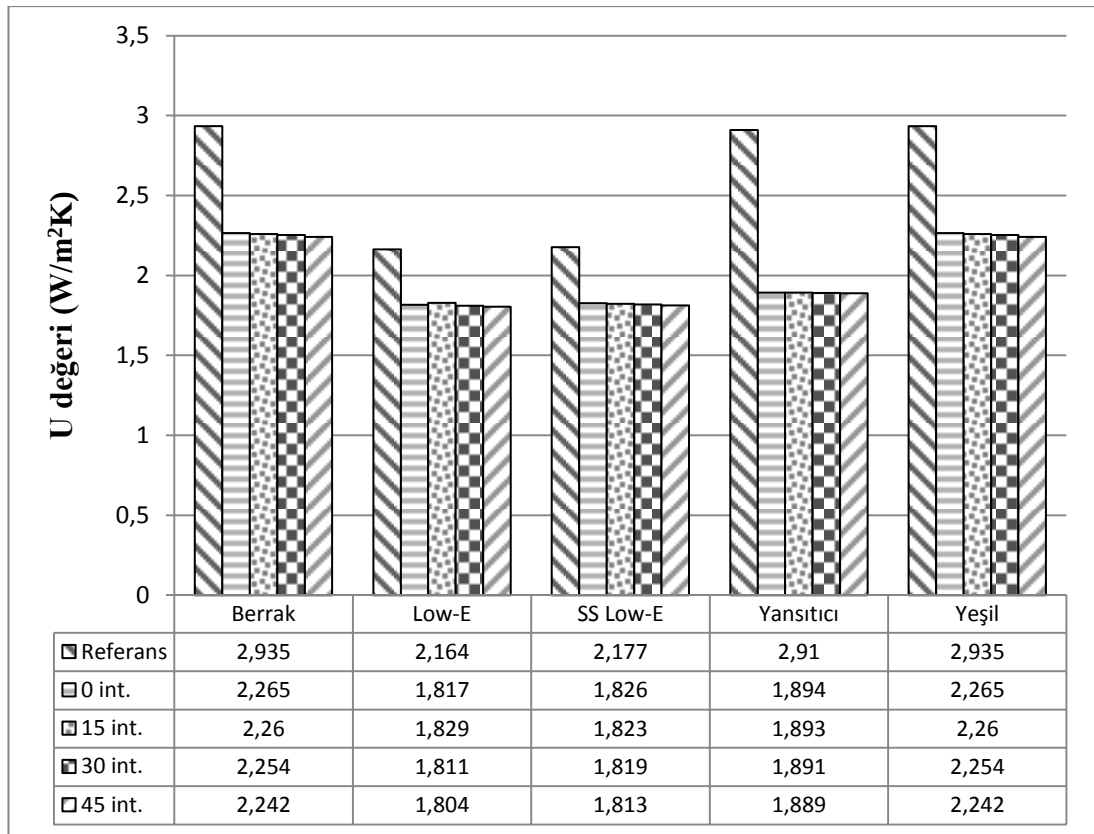
Dış ve iç jaluzi kullanılan sistemlerde berrak ve renkli camlı pencere kullanılan seçeneklerin U değeri azalma oranları eşittir. Çünkü camın renkli oluşu onun ısı performansını etkilememektedir. İç jaluzili sistemlerde berrak, yansıtıcı ve renkli camlı sistemlerin U değerleri birbirine çok yakındır ve U değerini azaltma oranları da aynı şekildedir. Ancak yansıtıcı kaplamalı camlı pencere ile dış jaluzilerin bir araya geldiği seçenekler de U değerindeki azalma oranı berrak ve yeşil camlı pencerelerle karşılaştırıldığında daha fazladır. Yansıtıcı kaplama cam sisteminin 1. yüzeyinde, yani dış jaluzinin arkasında kaldığı için ısı geçirgenlik değişmese de sunduğu ısı performans farklılaşmaktadır.

Storların sağladığı U değeri azaltma oranları ise diğer gölge elemanlarının sağladığının iki katına yakındır.

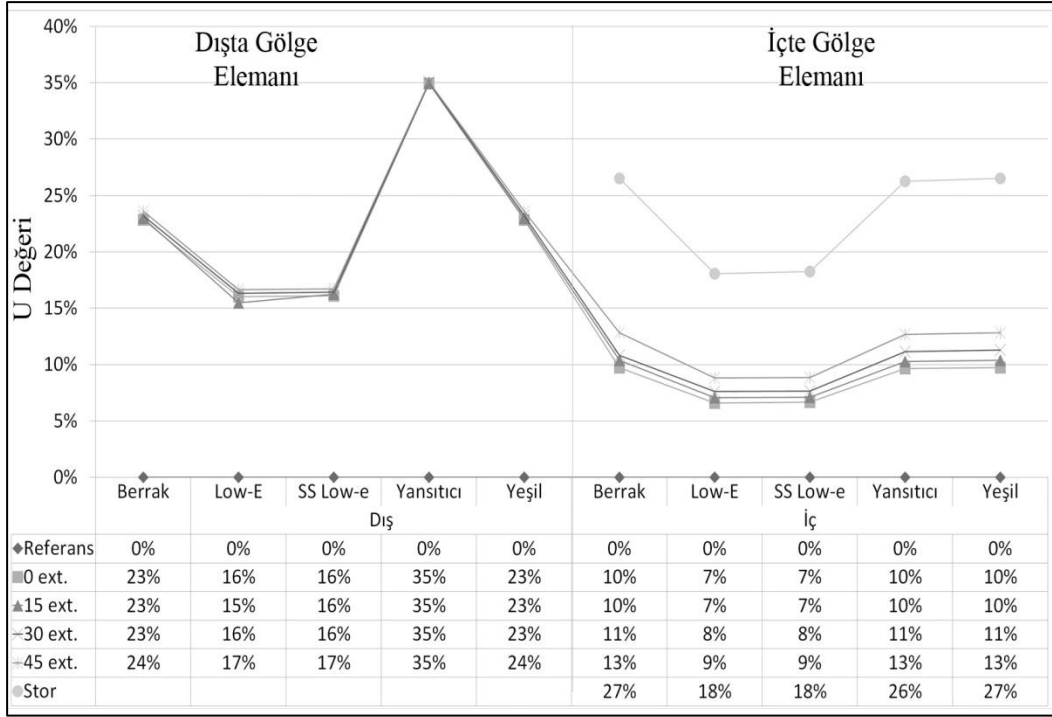
Dış jaluzilerin şerit açılarının değişiminin U değerini azaltmada %1-2 oranında etkisi vardır. İç ortamda kullanılan jaluzilerin şerit açıları arttıkça ise pencerelerin U değeri %2-3 oranında azalmaktadır. Dış jaluzilerin kalınlığı 50 mm; iç jaluzilerinse 16 mm’dir, malzemeleri aynıdır. U değeri hesaplamalarında kesit kalınlığı esas alınmaktadır. Buna bağlı olarak dış jaluzi kesit kalınlığının içtekinden fazla olması sebebiyle, dış jaluziler pencerelerin U değerini daha fazla azaltmaktadır. Jaluzilerin şerit açısının artmasıyla sistem gölge elemanı kesit kalınlığı azalır, ancak U değeri düşmektedir. Bunun sebebi alüminyum gölge elemanının kapanması ile sistem kesitindeki kalınlığının azalması olarak açıklanabilir ($U=\lambda/d$, U değeri= lambda/kalınlık).



Şekil 3.6: İç gölge elemanlarının farklı pencerelerin U değerine etkisi.



Şekil 3.7: Dış jaluzi şerit açılarının farklı pencerelerin U değerine etkisi.



Şekil 3.8: Gölge elemanlarının farklı pencerelerin U değerini azaltma oranları.

3.3.2 Farklı gölge elemanlarının pencerenin güneş ısı kazanç katsayısına etkisi

Şekil 3.9’da iç gölge elemanlarının; Şekil 3.10’da ise dış gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin SHGC değerlerine etkileri verilmektedir. Buna göre tüm seçenekler içinde en düşük SHGC değerine sahip pencere sistemi spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere ile bir araya gelen 45⁰ şerit açılı dış jaluzilerdir. İç jaluziler kendi içlerinde karşılaştırıldığında da spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere ile bir araya gelen 45⁰ şerit açılı jaluzili pencere sistemi en az SHGC değerine sahiptir. Spektral seçici (düşük kazanımlı) low-E kaplamalı camların birincil özelliği güneş kontrolüdür ve aynı zamanda diğer güneş kontrol özellikli camlarla kıyaslandığında etkin ısı performans göstermektedir.

Gölge elemanına sahip olmayan referans camlara bakıldığında ise spektral seçici low-E kaplamalı ve yeşil camlı pencerelerin SHGC değerleri, farklı gölge elemanları uygulanmış bir çok berrak ve low-E kaplamalı camlı pencereninkinden daha uygun düzeydedir. Pencere sistemlerinin SHGC değeri performansları yüksekten düşüğe doğru sırasıyla spektral seçici low-E kaplamalı, yeşil, yansıtıcı kaplamalı, low-E kaplamalı ve berrak cam ile oluşturulanlardır.

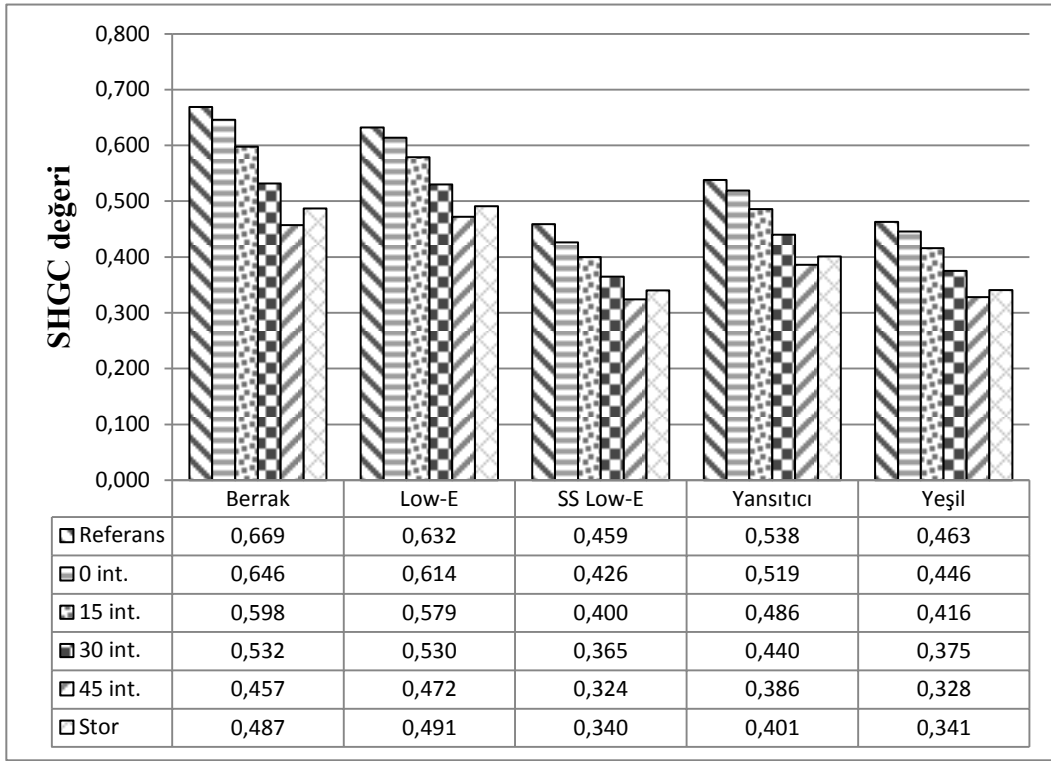
Pencere sisteminin SHGC değeri, alt bileşenlerin alanı ve SHGC değerleri ile hesaplanır (Anon, ASHRAE, 2009). Tüm jaluzili sistemlerde şerit açısının artışıyla

SHGC değeri düşmektedir. Bunun sebebi ise şerit açısının artışına bağlı olarak gölge elemanı yüzey alanının artışıdır. Dolayısıyla yüzey alanı arttıkça SHGC değeri azalmaktadır.

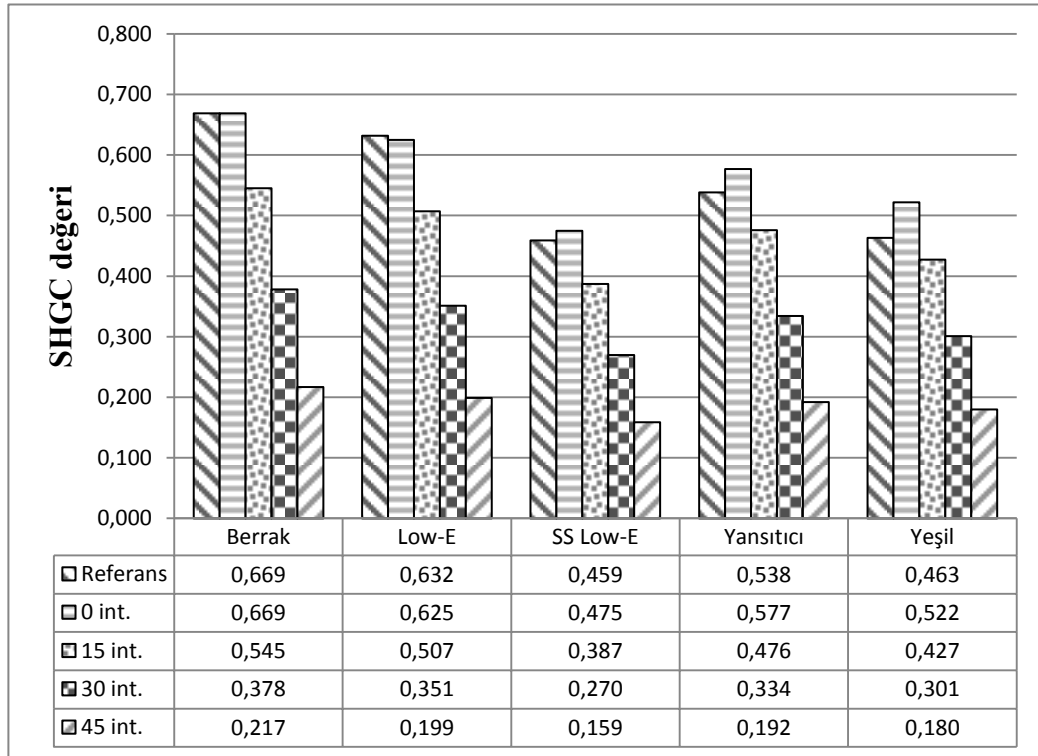
Farklı gölge elemanlarının bir araya geldikleri pencerelerin SHGC değerini azaltma oranları Şekil 3.11’ de verilmiştir. Tüm pencere sistemlerinde SHGC değerinde azalış görülürken; dış ortamda 0^0 şerit açılı jaluzi ile oluşturulmuş spektral seçici low-E kaplamalı, yansıtıcı kaplamalı ve yeşil camlı pencere sistemlerinde SHGC değerinde sırasıyla %3-7-13 oranlarında artış meydana gelmektedir. İç jaluzili seçeneklerde ise yeşil camlı pencere ile bir araya gelen seçeneklerin SHGC değerinde sırasıyla 0^0 ve 15^0 şerit açılı jaluziler için %12-5 oranında artış meydana gelmektedir. Artışlar haricinde 0^0 şerit açılı dış jaluzilerin bir araya geldiği pencerelerin SHGC değerini azaltma oranları %0-1; iç jaluzilerininse 3-7 aralığındadır.

Dış jaluziye sahip pencere sistemlerinin güneş ısı kazancı kontrolü açısından performanslarının iç gölge elemanlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yeşil camlı pencerelerle oluşturulan seçeneklerin SHGC değerleri spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere sistemlerinininkine çok yakın değerlere sahiptir. Berrak ve low-E kaplamalı camlı pencerelerin birincil işlevi güneş kontrolü sağlamak olmadığı için gölge elemanının SHGC değerini azaltma etkisi en belirgin biçimde bu seçeneklerde görülmektedir. Dış jaluziler şerit açılara bağlı olarak SHGC değerinin azaltma oranları karşılaştırıldıklarında %61-69 aralığıyla 45^0 şerit açısına sahip olanlar en etkin dış jaluzilerdir. İç gölge elemanları karşılaştırıldığında stor ve 45^0 şerit açılı iç jaluzilerin birbirlerine yakın azaltma oranlarına sahip oldukları görülmektedir. SHGC değerinin azaltma oranları 45^0 şerit açılı iç jaluziler için %17-32 aralığındadır.

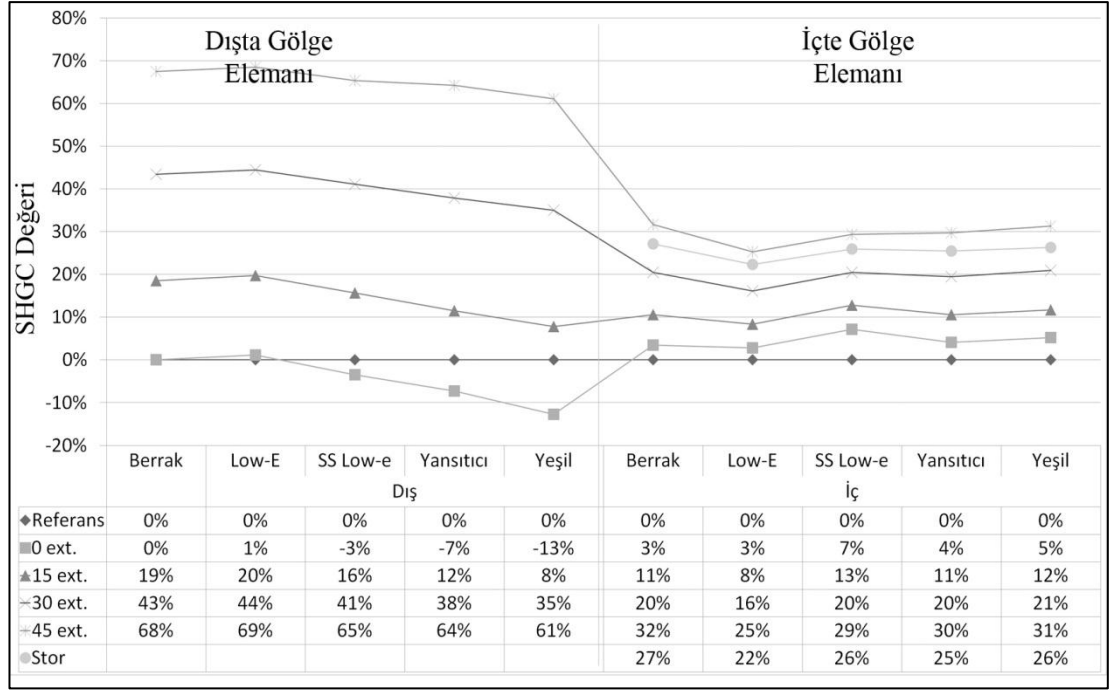
Storlar ise bir araya geldikleri pencereye bağlı olarak SHGC değerini % 22-27 oranında azalmaktadır.



Şekil 3.9: Cam tipinin ve iç gölge elemanı tipinin pencerenin SHGC değerine etkisi.



Şekil 3.10: Dış jaluzi şerit açılarının pencerelerin SHGC değerlerine etkisi.



Şekil 3.11: Gölge elemanlarının farklı pencerelerin SHGC değerini azaltma oranları.

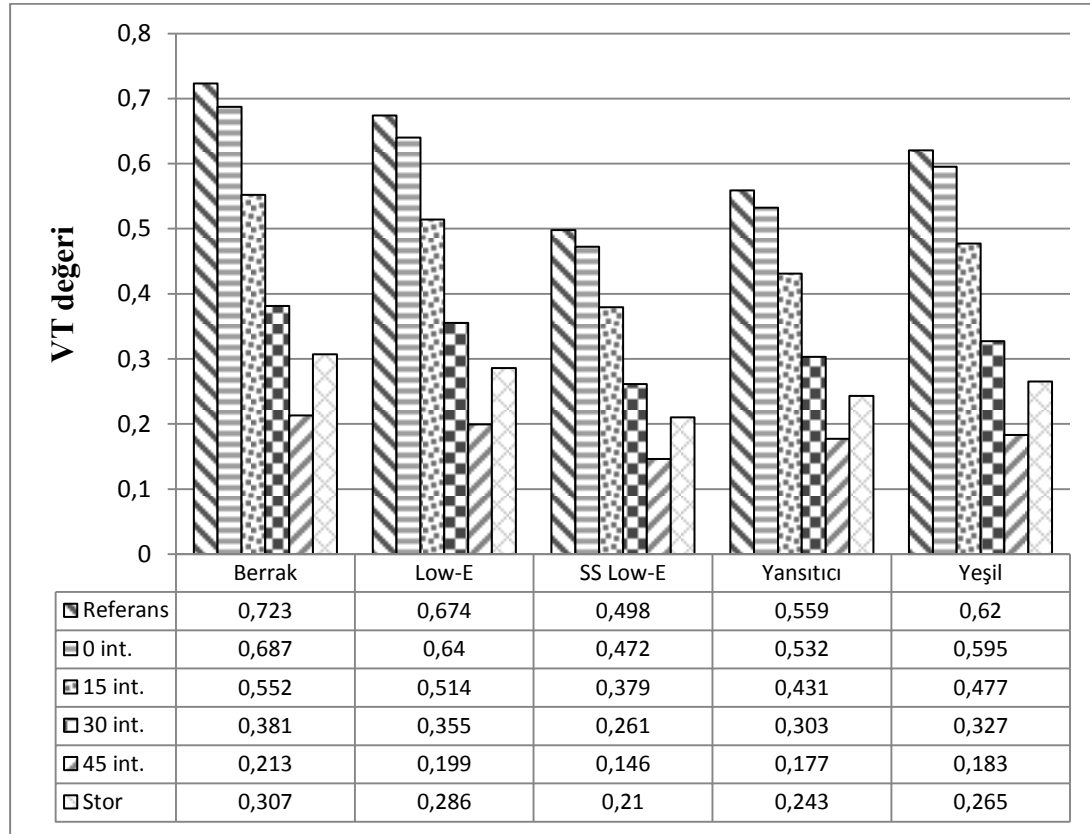
3.3.3 Farklı gölge elemanlarının pencerenin ısı geçirgenliğine etkisi

Şekil 3.12’de iç gölge elemanlarının; Şekil 3.13’te ise dış gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin VT değerlerine etkileri verilmektedir. Berrak camlar hiç bir kaplama ya da renge sahip olmadıkları için VT değeri diğer camlarınkinden yüksektir ve dolayısıyla bir araya geldiği gölge elemanlarıyla sağladığı performans da aynı yöndedir. Berrak cam ile oluşturulan pencere sistemlerinin VT değerini sırasıyla yeşil cam, low-E kaplamalı, yeşil, yansıtıcı kaplamalı ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencerelerle oluşturulan seçenekler izlemektedir. Berrak camın optik özelliklerine en yakın cam türü yeşil camın optik özellikleri olduğu için berrak camı yeşil cam takip etmektedir. Yansıtıcı kaplamalı cam yüzeyine etkiyen güneş ışığının bir kısmını geri yansıtıp iç ortama almadığı ve spektral seçici low-E kaplamalı cam da optik özellikleri nedeniyle VT değeri performansı en düşük pencerelerdir.

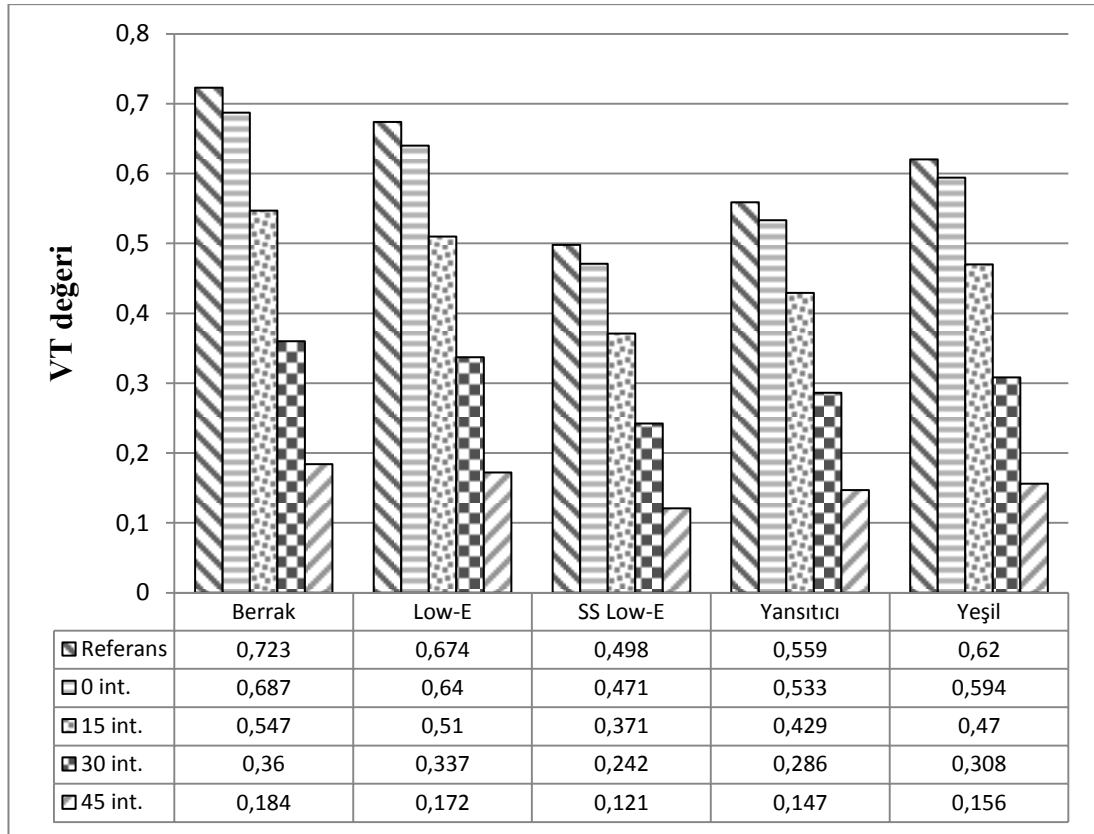
Pencere sisteminin VT değeri, alt bileşenlerin alanları ve VT değerlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır (ISO 15099, 2003). Dolayısıyla jaluzyi şerit açılarının artması yüzey alanını arttırdığı için VT değerinde azalma meydana gelir.

Farklı gölge elemanlarının bir araya geldikleri pencerelerin VT değerini azaltma oranları ise Şekil 3.14'te verilmiştir. Jaluzilerin iç ya da dış ortamda yer almasının VT değerine etkisi birbirine çok yakın, bazı seçeneklerde ise aynıdır. Buna göre 0° şerit açılı jaluziler VT değerini %4-5; 15° şerit açılılar %23-26; 30° şerit açılılar %46-51; 45° şerit açılılar ise %68-76 oranlarında azaltmaktadır. Storların VT değerini azaltma oranı ise %57-58 aralığındadır.

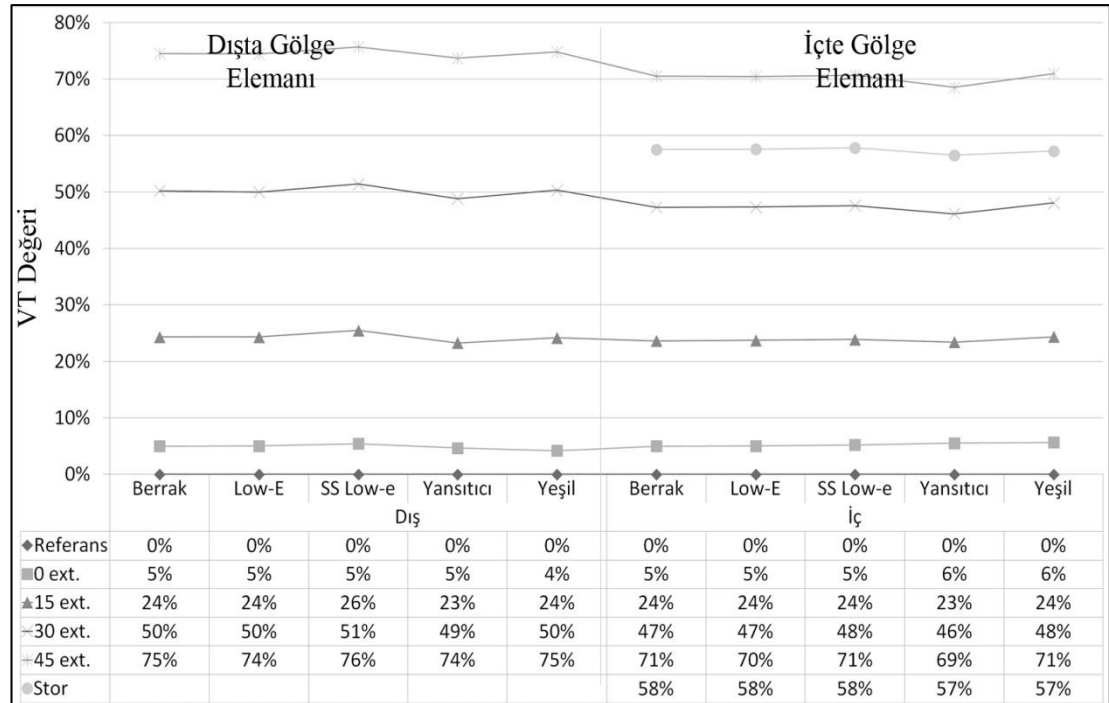
Dış ya da iç ortamda jaluziye sahip herhangi bir pencere sistemine bakıldığında şerit açısının değişimiyle VT değeri azalış oranlarının birbirine çok yakın değerler aldığı dikkat çekmektedir. Yaklaşık olarak tüm sistemlerde 30° şerit açılı jaluzili pencerelerin ışık geçirgenlik değeri yarı yarıya düşmüştür. 45° şerit açılılarda ise ışık geçirgenlik 3/4 oranında azalmaktadır. VT düşüşünden en az etkilenen pencereler ise az bir fark ile yansıtıcı camlı sistemlerdir.



Şekil 3.12: İç gölge elemanı tipinin pencerelerin VT değerlerine etkisi.



Şekil 3.13: Dış jaluzilerin pencerelerin VT değerlerine etkisi.

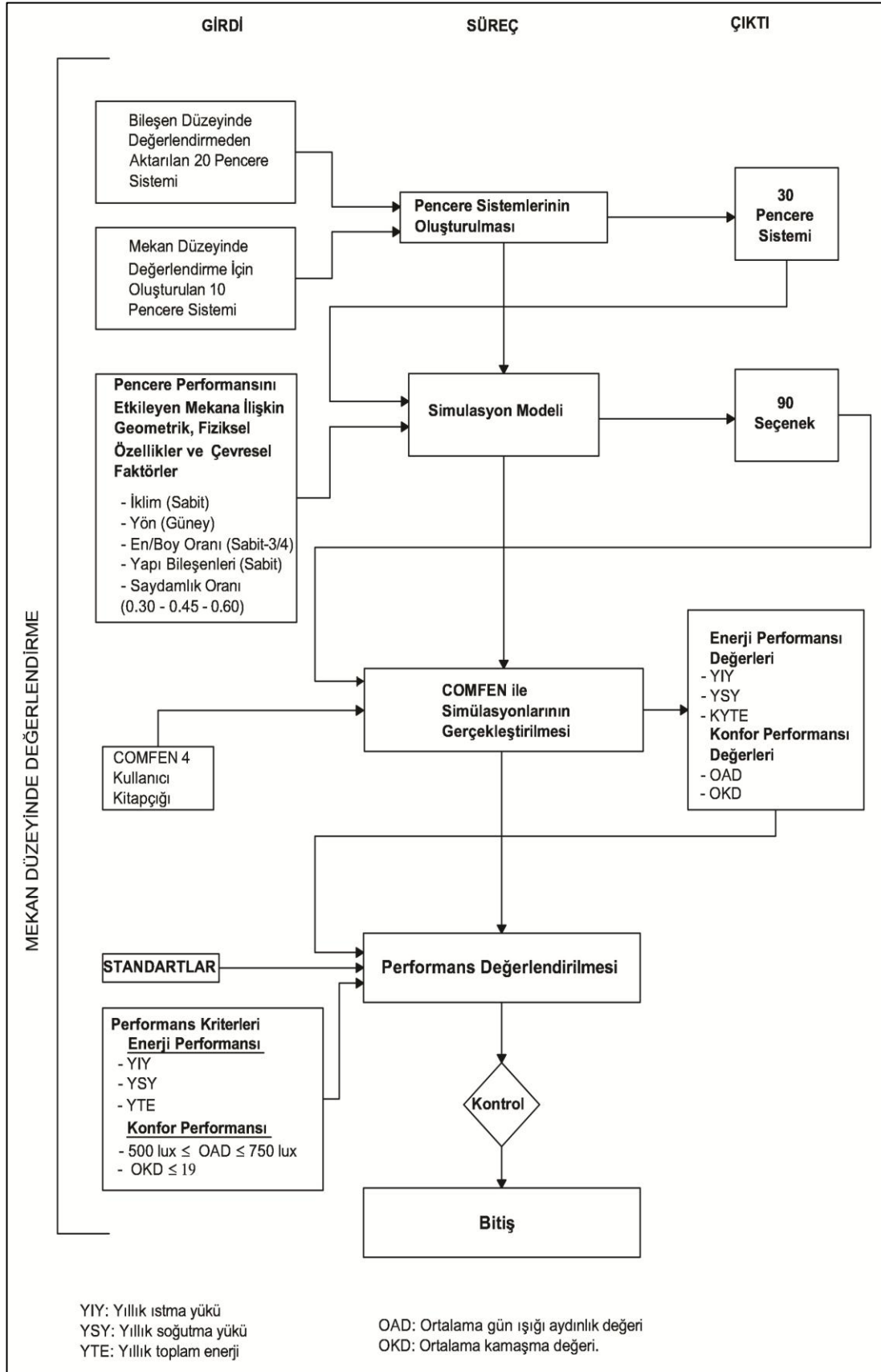


Şekil 3.14: Gölge elemanlarının farklı pencerelerin VT değerini azaltma oranları.

4. FARKLI GÖLGE ELEMANLARI İLE OLUŞTURULAN PENCERE SEÇENEKLERİNİN MEKAN DÜZEYİNDE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Uygun pencere sistemi seçimi için WINDOW 6 ile yapılan bileşen düzeyinde değerlendirme, mekan, iklim, yön gibi bilgilerden bağımsızdır ve sadece pencere sisteminin performans değerleri karşılaştırılabilmektedir. Enerji etkin yapı tasarımı için farklı gölge elemanlarıyla oluşturulmuş pencere sistemleri mekan düzeyinde enerji ve konfor performanslarıyla değerlendirilmesi önemlidir.

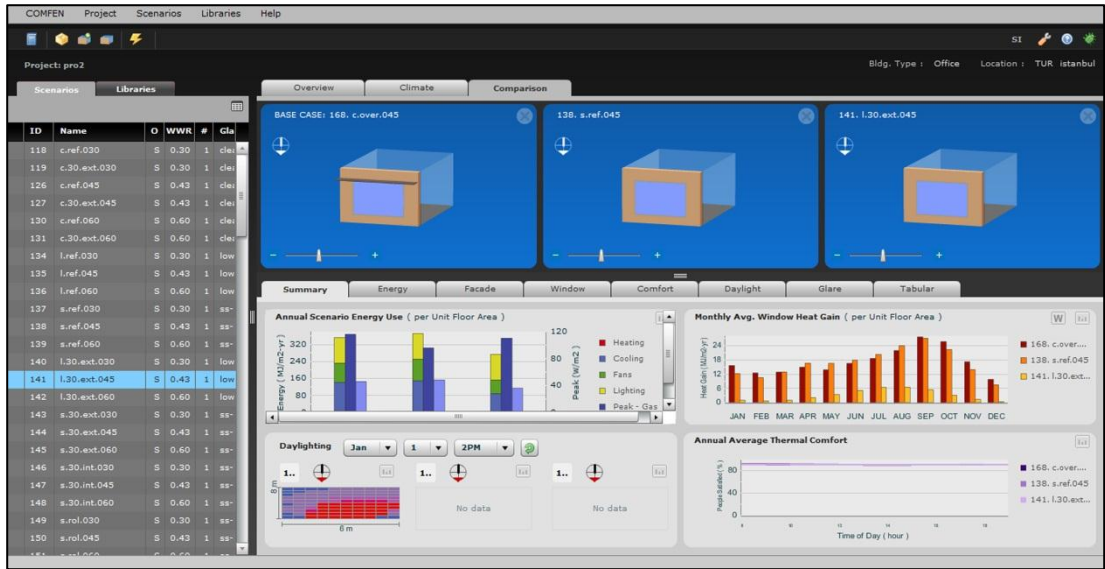
Bu bağlamda WINDOW 6 programında, farklı tiplerde gölge elemanlarıyla oluşturulan pencere sistemlerinin, bileşen düzeyinde yapılan performans değerlendirmesi sonucu uygun bulunan alternatiflerin, mekan düzeyinde ısı ve görsel performansının değerlendirilmesi çalışmanın bu aşamasında gerçekleştirilecektir. Mekan düzeyinde ısıtma, soğutma yükleri ile doğal aydınlatma ve kamaşma değerlerinin belirlenebilmesi için COMFEN 4 simülasyon aracından yararlanılmıştır. Programa pencere sistemine ilişkin bilgilerin yanı sıra, iklim, mekan geometrisi, yön, opak bileşenin boyutsal ve fiziksel özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Mekan düzeyinde simülasyon ve değerlendirme sürecini açıklayan akış şeması Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre bileşen düzeyinde değerlendirme sonucu uygun bulunan pencere seçenekleri ile bu aşamada eklenen Şekil 4.3’te verilen parametrelere bağlı olarak seçilip oluşturulan pencere seçenekleri, mekana ilişkin geometrik, fiziksel özellikler, çevresel faktörler COMFEN 4 simülasyon programında modellenmektedir. Mekanın bulunduğu iklim, konum, kullanım amacı, kullanıcı sayısı, yapay çevre kontrolleri, mekan biçim faktörü, saydamlık oranı seçenekleri, pencerenin bulunduğu cephenin yönü ve opak bileşen özellikleri de burada seçilip simülasyon modeli oluşturulmaktadır. Modellenen tüm mekanlar için simülasyonlar gerçekleştirilip, enerji ve konfor performans değerleri elde edilmektedir. Elde edilen değerler, ASHRAE ve EN-12646-1 standartlarında yer alan sınır performans değerlerine göre değerlendirilmektedir. Böylelikle çalışmanın ikinci aşaması olan mekan düzeyinde değerlendirme tamamlanmış olacaktır.



Şekil 4.1: Mekan düzeyinde değerlendirme akış modeli.

4.1 COMFEN 4 Programının Tanıtılması

COMFEN 4, Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) tarafından hazırlanan, ofis yapılarında, pencere sistem seçeneklerinin mekan düzeyinde enerji ve konfor performanslarının sistematik değerlendirmesini desteklemek amacıyla geliştirilmiş, ücretsiz bir simülasyon programıdır. Kolay bir kullanıcı arayüzüne sahiptir ve pencere sistem tasarımında temel noktalara odaklanmaktadır. Şekil 4.2’de programa ait arayüz verilmektedir. Cam sistemleri ve gölge elemanların ayrıntılı olarak modelleme olanağı sağlamaktadır. Program EnergyPlus yazılımı tabanlıdır ve mekana ait enerji tüketimi, ısı ve görsel konfor değerlerine ulaşmak için sümülasyonlar gerçekleştirmeye olanak tanır. Aynı anda birden fazla seçenek karşılaştırılarak değerlendirilebilmektedir. Karşılaştırmalar farklı cephe tasarımları, farklı yönlerde yer alan sistemler için de gerçekleştirilebilmektedir. Karşılaştırmalı grafikler, yıllık enerji tüketimi için oluşturulur ve yıllık ortalama gün ışığı aydınlık seviyesi, kamaşma indeksi, ısıl konfor değerleri raporlar halinde alınabilmektedir. Ancak şu an için program küçük, özel ofislerin hesaplamalarında kullanıma elverişlidir. İç yükler ve kullanım periyodu gibi değişkenler tanımlanamamaktadır. Ayrıca bir tek iklimlendirme sistem seçeneği programda tanımlanmıştır.



Şekil 4.2: COMFEN 4 simülasyon programı arayüzü (Url-5, 2012).

Programda öntanımlı ve simülasyonlarda kullanılmak üzere veri tabanı oluşturmaya olanak sağlayan kütüphaneler mevcuttur. Pencere sistemi, cam sistemi, gölge elemanı, çerçeve, cam, ara boşluk gazı, duvar, spandrel panel, malzeme yerleşimlere ait mevcut ve ilaveye açık kütüphaneler modellemelerde kullanılmaktadır.

4.2 Ofis Mekanının Ve Pencere Seçeneklerinin COMFEN Programında Modellenmesi

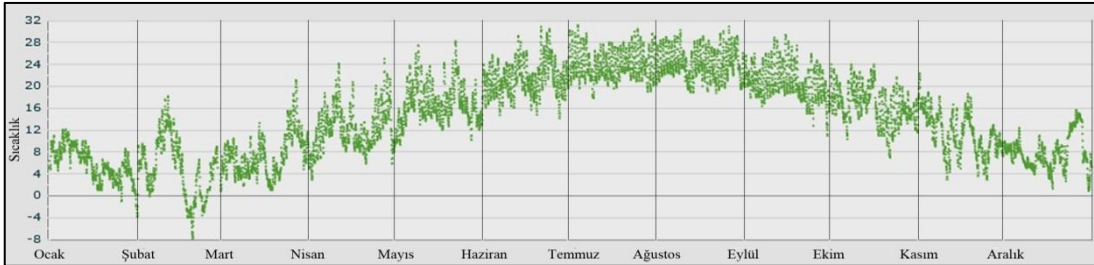
Ofis mekanına ait geometrik ve fiziksel özellikler ilişkin parametreler Şekil 4.3'te verilmiştir. Bu sıraya göre enerji ve konfor hesaplamaları yapılacak olan mekan programda tanımlanmaktadır. Öncelikle mekana ilişkin özellikler tanımlandıktan sonra, biçim faktörü, saydamlık oranı, cam sistemi, gölge elemanı, çerçeve gibi parametreler karar aşamasından geçecektir.

4.2.1 Mekana ilişkin geometrik ve fiziksel özellikler, çevresel koşullar

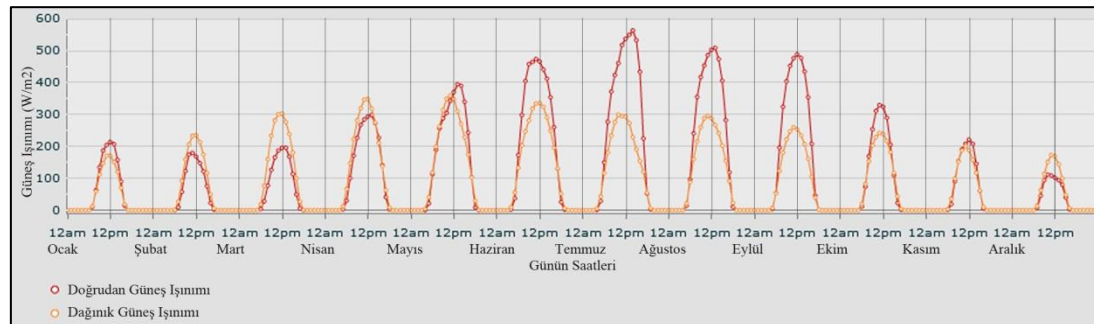
Mekanın modellenmesi aşamasında mekanın yer aldığı doğal çevreye ilişkin veriler; yapma çevreye ait geometrik ve fiziksel özellikler programda tanımlanacaktır.

İklimsel Özellikler:

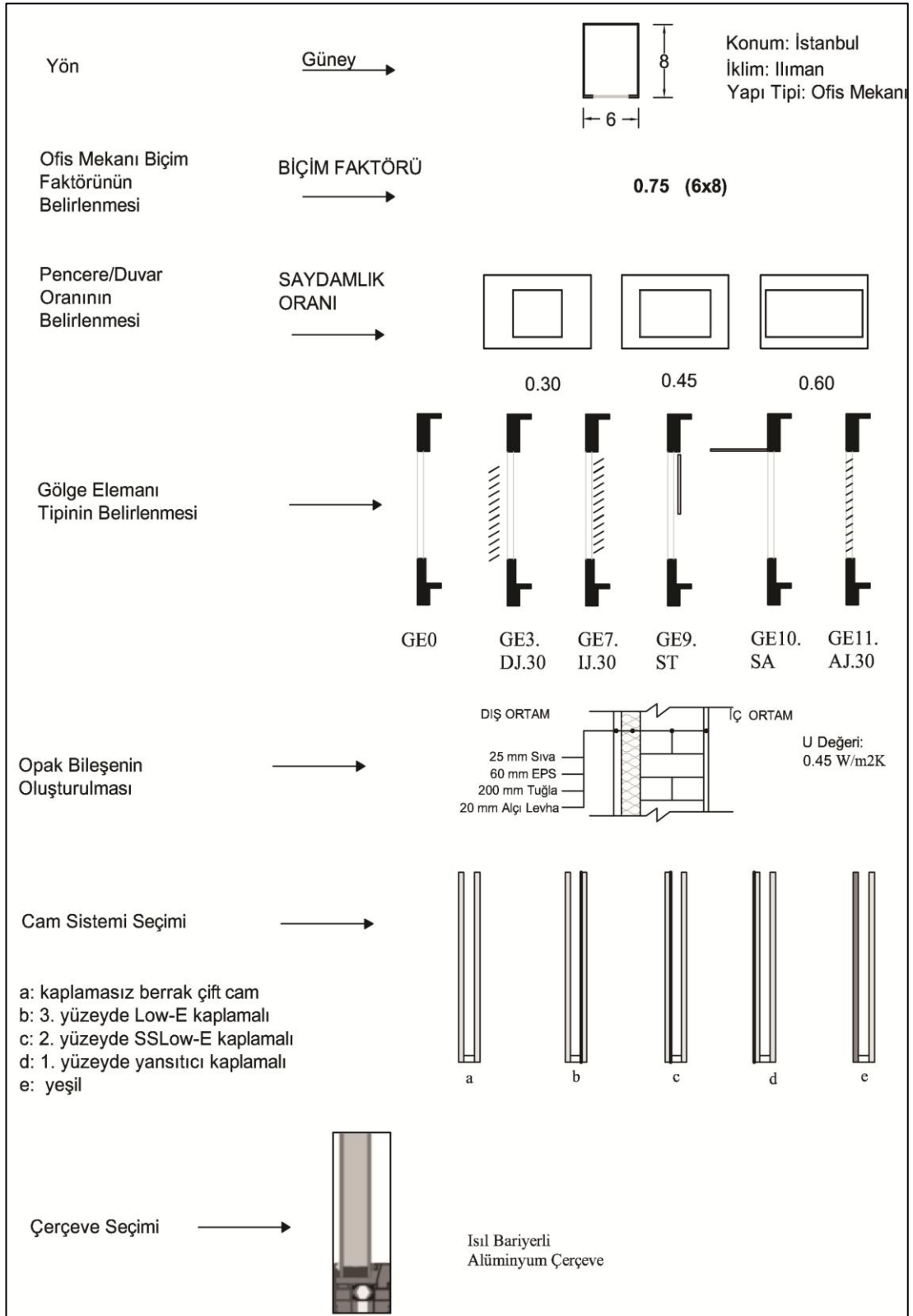
Mekanın enerji tüketiminde pencerelerin etkisi, binanın bulunduğu iklimin özelliğine göre değişir. Çalışma için tasarlanan bina İstanbul ilinde yer almaktadır. İstanbul iline ait iklimsel faktörlere ilişkin veriler “International Weather for Energy Calculations (IWEC)” dosyalarından alınmış ve hesaplarda “Tipik Meteorolojik Yıl (TMY)” dosyaları kullanılmıştır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ te TMY dosyalarından alınan kuru hava termometre sıcaklığı ve güneş ışıınımı günlük değişimi verilmektedir.



Şekil 4.3: COMFEN 4 programında yer alan iklime ait kuru hava termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$).



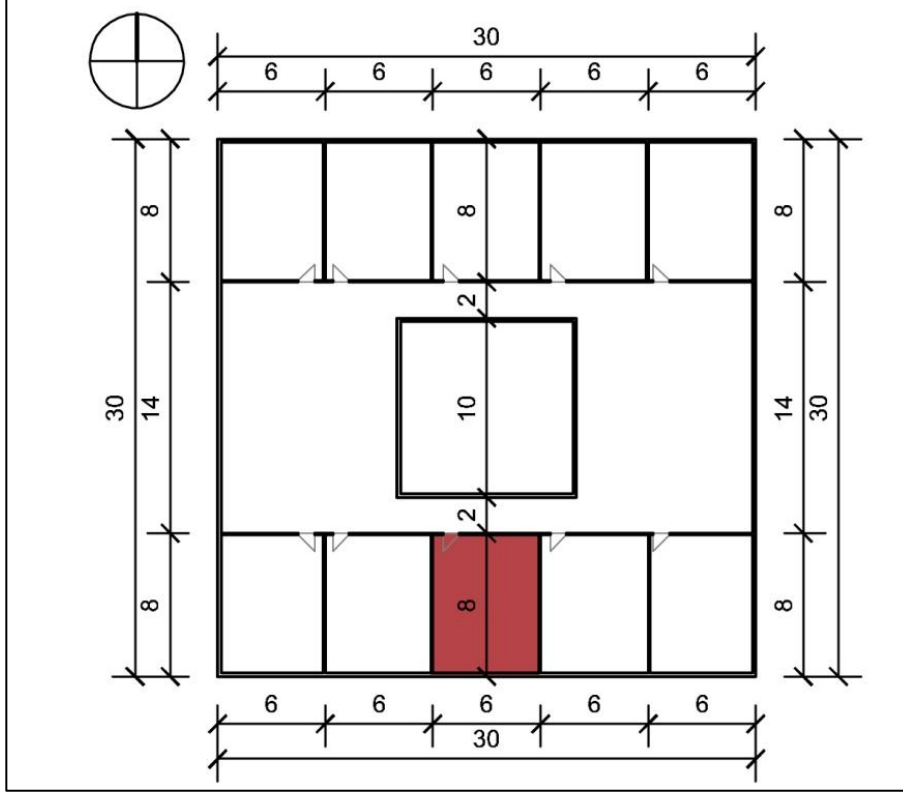
Şekil 4.4: COMFEN 4 programında yer alan iklime ait güneş ışıınım miktarı (W/m^2).



Şekil 4.5: COMFEN 4 simülasyon programında farklı pencere sistemlerinin oluşturulması için belirlenmiş parametreler.

Mekansal Özellikler:

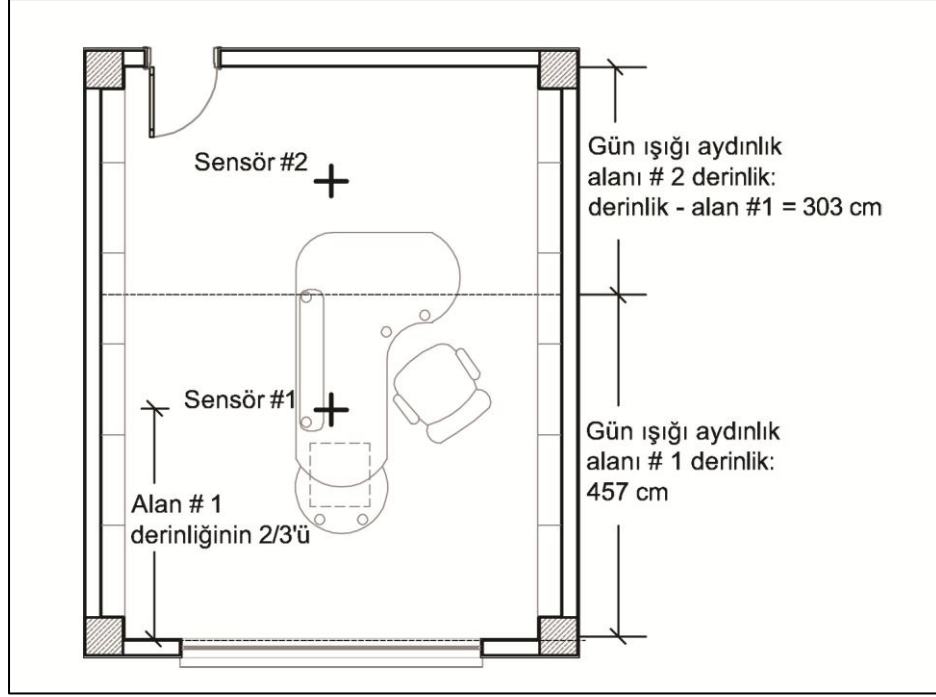
Hesaplamalar, plan şeması Şekil 4.6’de verilmiş ofis binasının güneye yönelmiş işaretli mekanı için yapılacaktır. Ofis mekanı, 6.00 x 8.00 m boyutlarında ve 48 m²’dir.



Şekil 4.6: Simülasyonlarda kullanılan örnek ofis binasının plan şeması.

Pencere alanlarının ofis mekanının enerji tüketimine ve konfor performansına etkisini değerlendirmek amacıyla hesaplar 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için yapılmıştır.

Simülasyonların modellenmesi esnasında, gün ışığı seviyesine bağlı olarak, “yapay aydınlatma kontrolü yok” seçeneği aktif edilmiştir. Yani oluşturulan seçeneklerde gün ışığı seviyesine bağlı olarak yapay aydınlatma kontrolü yapılmamaktadır. Şekil 4.7’de simülasyonlarda gün ışığı aydınlık seviyesinin belirlenmesinde mekanın hangi noktaların esas alındığı verilmektedir. Buna göre mekan, gün ışığı aydınlık alanı #1 ve gün ışığı aydınlık alanı #2 olarak ayrılmıştır. Alan #1 derinliği 457 cm (15 feet); alan #2 derinliği ise toplam mekan derinliğinden alan #1’in çıkartılmasıyla 303 cm olarak program tarafından oluşturulmuştur. Sensör #1, alan #1 derinliğinin üçte ikisi kadar dış duvardan uzaktadır. Sensör #2 ise, alan #2 derinliğinin merkezindedir. Sensörlerin zeminden yüksekliği ise 76 cm’dir.



Şekil 4.7: Simülasyonlarda kullanılan örnek ofis binasının plan şeması.

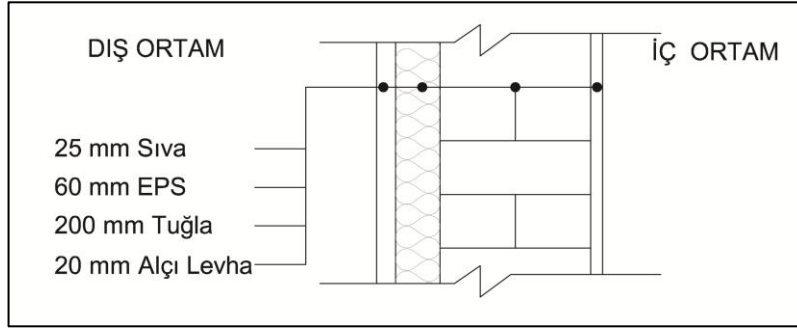
Mekanın yapay aydınlatma kullanım oranı ve periyodu hafta içi 08.00-17.00 saatleri arasında %90, 17.00-18.00 arasında %70; cumartesi günleri için 08.00-14.00 saat aralığında % 50, 14.00-17.00 için %15, 17.00-18.00 içinse %5; diğer tüm günlerde 08.00-18.00 için %5'tir.

Senaryo oluşturulması:

Senaryo oluşturulurken mekan geometrisine ait bilgiler girilir. Bunlar mekan en, boy ve derinliğidir. Pencere sisteminin yer aldığı cephenin yönü, aydınlatma ve teçhizatlara ait iç yükler ve mekanı kullanan kişi sayısı burada tanımlanır.

Opak Bileşenin Oluşturulması

Tüm senaryolar için sabit tutulacak olan opak bileşenin oluşturulması için COMFEN programının kütüphanesinde özellikleri tanımlanmış, sınırlı sayıda malzemelerden yararlanılmıştır. Ofis binasının opak bileşenini oluşturan katmanlar Şekil 4.8'de verilmiştir. TS 825 standardında İstanbul (2. Bölge) için opak bileşen sınır U değeri $0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Çalışma kapsamında oluşturulan opak bileşen U değeri ise $0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'tir ve katmanların özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 4.1'de verilmektedir.



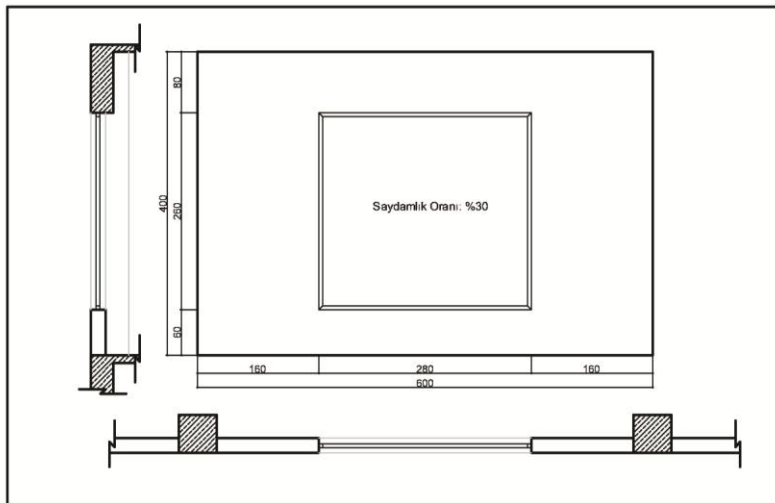
Şekil 4.8: Opak bileşeni oluşturan katmanlar.

Çizelge 4.1: Kabuk katmanlarına ait özellikler.

Malzeme	Kalınlık (mm)	İletkenlik (W/m²K)	Özgül Isı (KJ/kg-K)	Yoğunluk kg/m3	Kaynak
Sıva	25	28.394	0.837	2659,064	DOE 2.2 software (ASHRA E 1997)
EPS	60	0.598	1.465	20.023	
Tuğla	200	4.401	0.795	1922.215	
Alçı Levha	20	8.328	1.13	640.738	
U Değeri	0.45 W/m²K				

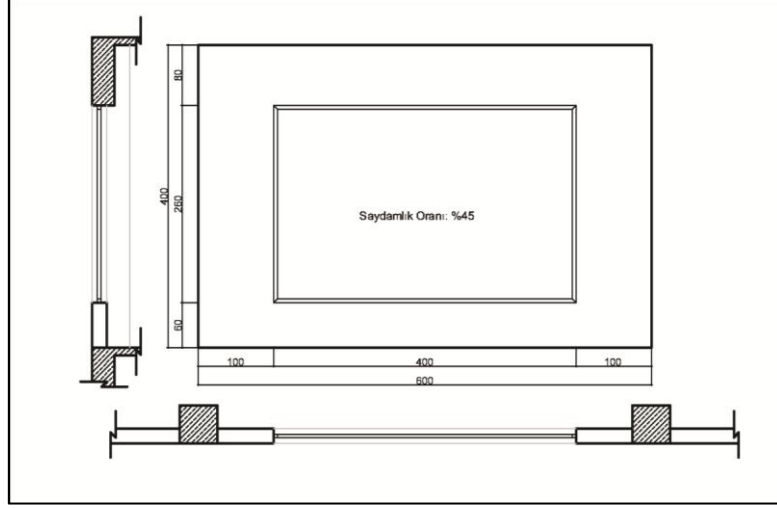
4.2.2 Pencere boyutu

Çalışmanın mekan düzeyinde değerlendirme aşaması için, ofis mekanına uygun, 3 farklı saydamlık oranı seçilmiştir. Şekil 4.9’da verilen 0.30 saydamlık oranına sahip yüzeyin sahip olduğu pencere boyutları 2600 x 2800 mm olarak belirlenmiştir.

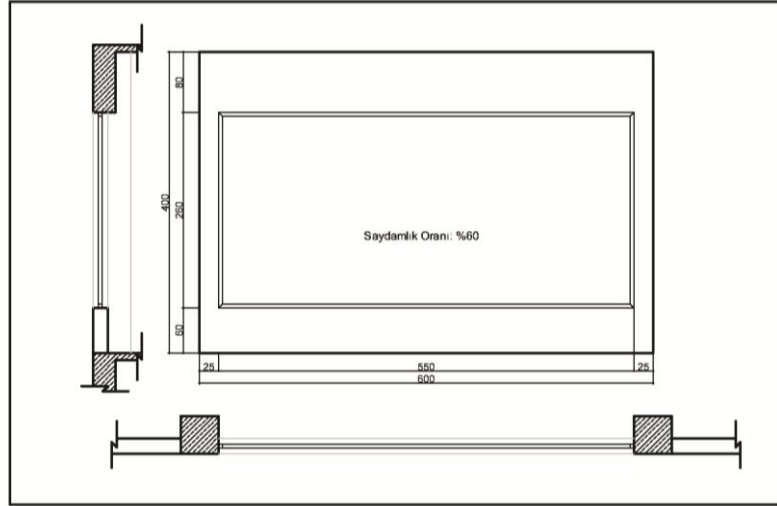


Şekil 4.9: Saydamlık oranı 0.30 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.

0.45 saydamlık oranına sahip yüzeyin pencere boyutları ise 2600 x 4000 mm'dir (Şekil 4.10). Saydamlık oranı 0.60 olan yüzeye ait pencere boyutları Şekil 4.11'de verildiği gibi 2600 mm'dir.



Şekil 4.10: Saydamlık oranı 0.45 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.



Şekil 4.11: Saydamlık oranı 0.60 olarak belirlenen yüzeye ait pencere.

4.2.3 Cam sistem seçenekleri

COMFEN'de cam sistemleri, WINDOW 6' dan farklı olarak gölge elemanı dahil edilmeden oluşturulur. Çerçeve, ara boşluk gazı seçimleri sabit tutulmuştur, bu seçimlerin sabit tutulmasının sebebi, farklı gölge elemanlarının pencere sistemlerinin ısı ve görsel performansına etkisini değiştirmemeleridir. Her iki programda da aynı cam sistemi bileşenleri kullanılmış ve bunlara ilişkin özellikler Bölüm 3'te, Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Bileşen düzeyinde yapılan değerlendirmede, beklenen performans kriterlerini karşılayan pencere sistemleri içinde WINDOW 6 programında oluşturulan tüm cam sistemleri COMFEN programına aktarılacaktır. WINDOW 6 ve COMFEN 4 programlarının cam kütüphanelerinde yer alan camların kaynağı IGDB (International Glazing Data Base) 'dir ve her ikisinde de aynı Pilkington camları kullanılmıştır, ısı iletkenlik değerleri 1.0 W/mK' dir.

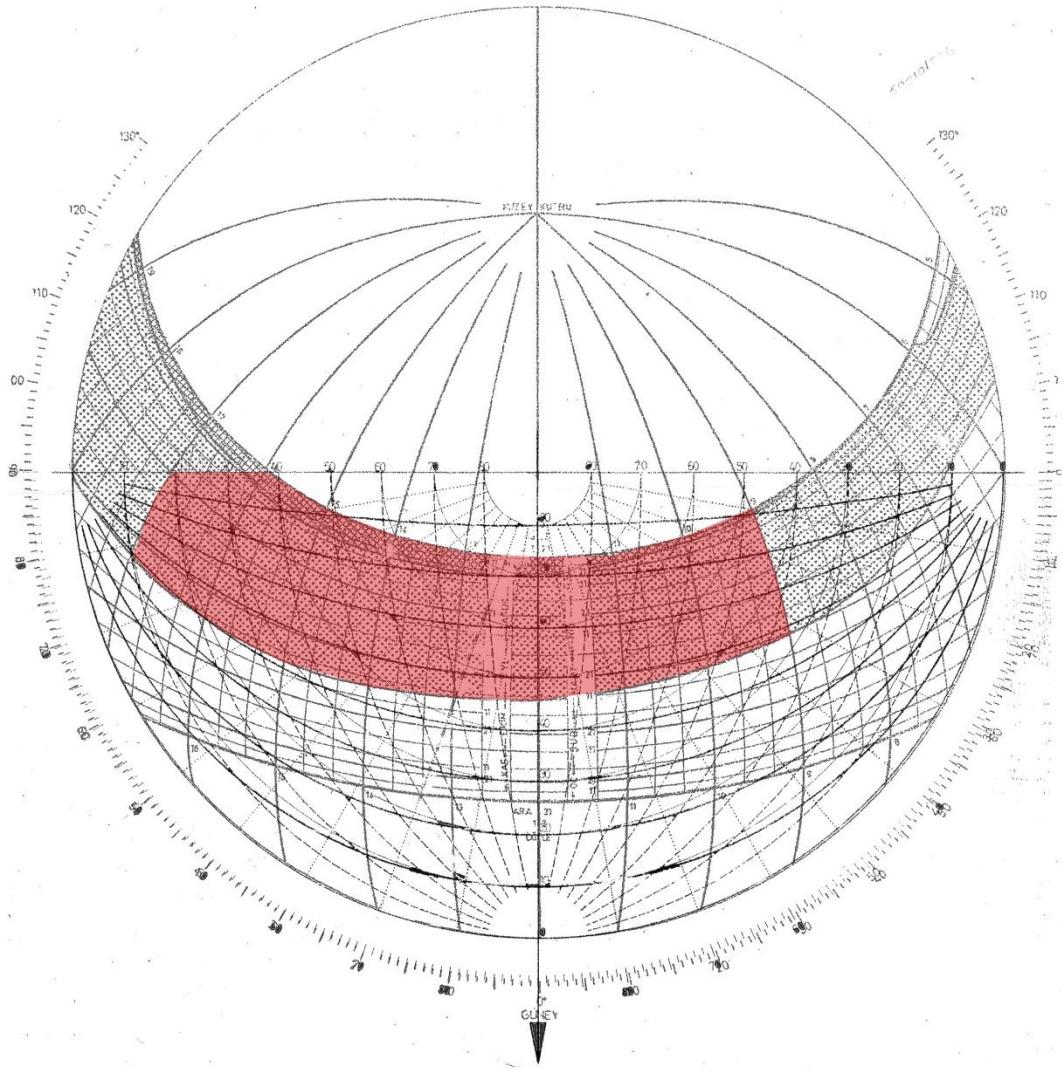
4.2.4 Gölge elemanı seçenekleri

WINDOW 6 ile yapılan çalışma sonucu tanımlanan performans kriterlerini sağlayan pencere sistemleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre aynı özellikleri taşıyan dış jaluzi, iç jaluzi ve stor program kapsamında bulunan gölge elemanı kütüphanesinde de oluşturulacaktır.

Çizelge 4.2: COMFEN 4 aşamasında hesaplara dahil edilen gölge elemanları.

Kod	Şekil	Jaluzi şerit açısı	Gölge elemanı konumu	Jaluzi Şerit Genişliği	Şeritler arası mesafe	Gölge elemanı malzemesi	Jaluzi şerit kalınlığı
GE10. SA		-	Dış	-	-	-	-
GE11. AJ30		30°	İki cam arası	10 mm	8.3 mm	Alüminyum, Gri	1.6 mm

COMFEN 4 programında farklı olarak gölge elemanı türlerine bir de sabit yatay gölge elemanı eklenmiştir. Sabit yatay gölge elemanı derinliğinin hesaplanması için gölgeleme maskesi yönteminden yararlanılmaktadır. Buna göre İstanbul (41°01' N, 28°58'E), gölgeleme istenen 21 Mart – 21 Eylül tarihleri arası için profil açısı 45°'dir (Şekil 4.12). Bu profil açısına göre yapılan çizimler sonucunda sabit yatay gölge elemanının boyutuna 88 cm olarak karar verilmiştir ve oluşturulan gölge elemanı yaz aylarında %35 gölge oranı sağlanmaktadır (Şekil 4.13).

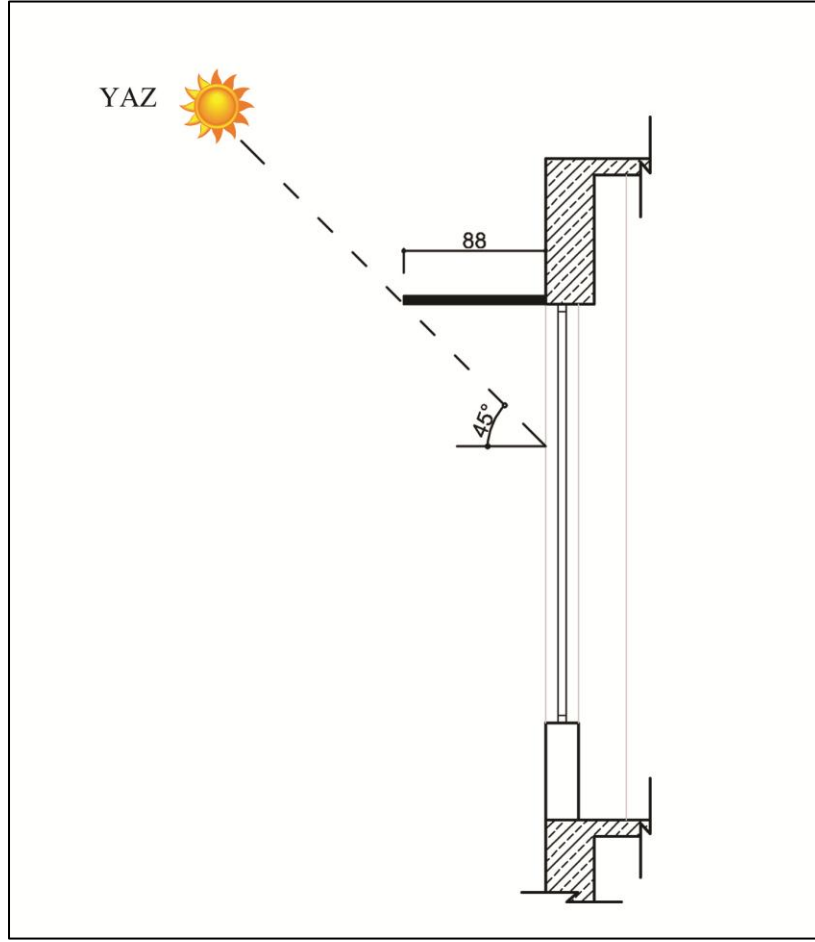


Şekil 4.12: Gölgeleme maskesi ve gölgelemenin istendiği dönem.

COMFEN 4 programı ile 3 farklı saydamlık oranı için modellenen, gölge elemanı olmayan, 5 farklı cam sistemi ile türetilmiş, toplam 15 referans pencere; 5 farklı türde gölge elemanının referans pencerelerle bir araya getirilmesiyle 75 pencere sistemi ve toplam 90 adet seçenek oluşturulmuştur.

4.3 Gölge Elemanlarının Pencerenin Enerji ve Görsel Konfor Performansına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi

Simülasyonları gerçekleştirilen 90 adet seçeneğe ait enerji performansları ısıtma/soğutma yükleri, yıllık toplam enerji; konfor performansları ortalama gün ışığı aydınlık değeri ve kamaşma değeri parametrelerine göre mekan düzeyinde, referans pencere sistemlerine göre karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.13: Sabit yatay gölge elemanının oluşturulması.

Karşılaştırmada kullanılan referans pencere sistemine ait cam sistemi bilgileri Bölüm 3'te Çizelge 3.6'da verilmektedir. Bileşen düzeyinde değerlendirmede kullanılan gölge elemanlarına, bu aşamada eklenen gölge elemanları ise Çizelge 4.2'de verilmektedir.

ASHRAE, EN 12464-1 standartlarında, enerji ve konfor performanslarına ilişkin sınır değerleri ile COMFEN 4 simülasyon sonuçları değerlendirilecek ve daha sonra oluşturulan pencere sistemleri referans pencereler ile karşılaştırılacaktır.

4.3.1 Farklı gölge elemanlarının enerji performansına etkisi

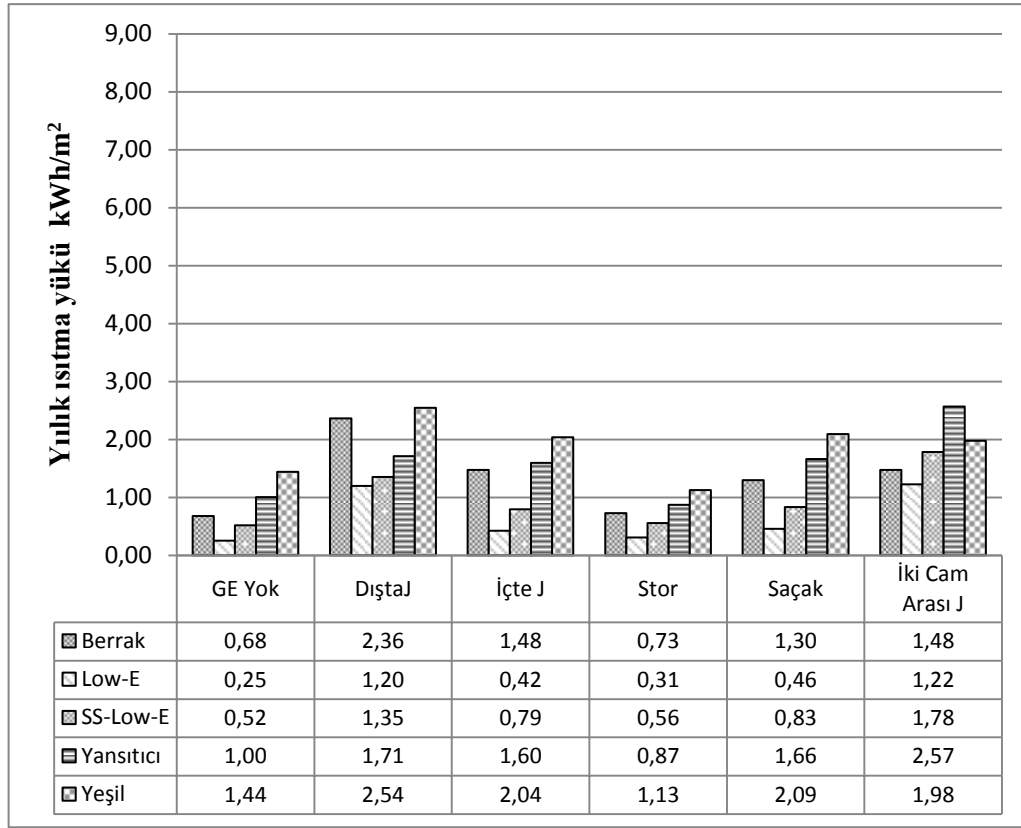
COMFEN 4 simülasyon programı ile yapılan hesaplamalar sonucu ısıtma yükü, soğutma yükü ve yıllık toplam tüketilen enerjiye ait değerler, referans pencere sistemiyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu sayede farklı gölge elemanlarının farklı pencerelerle bir araya getirildiğinde enerji performansını ne şekilde etkileyeceği görülmüştür.

4.3.1.1 Yıllık ısıtma yükü

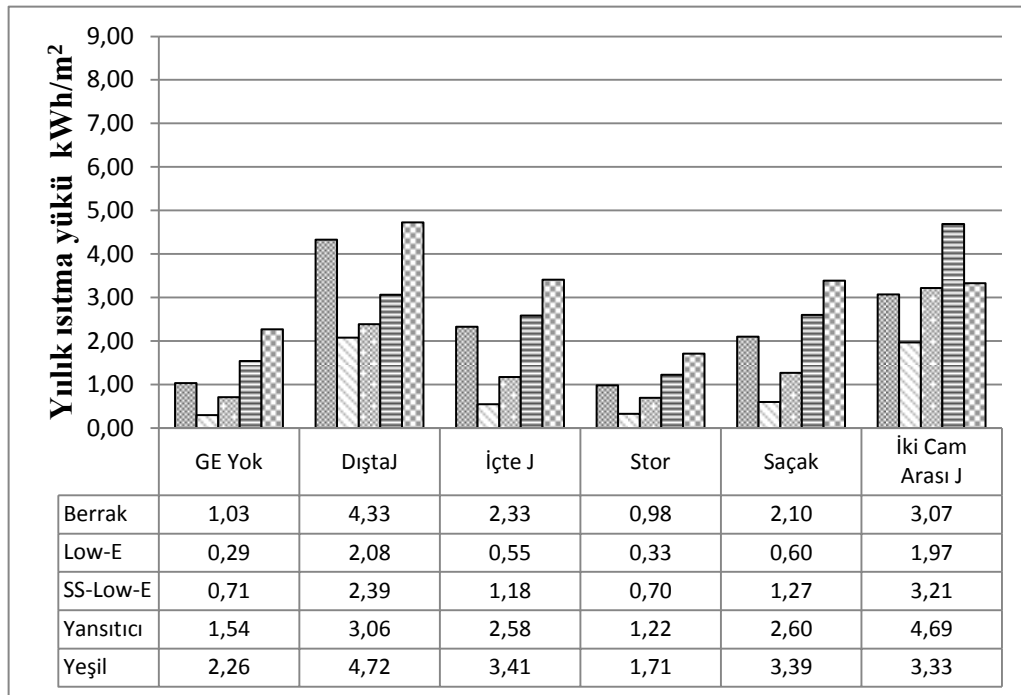
Farklı gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranının olduğu mekan seçeneklerine ait yıllık ısıtma yükü değerleri kW-h/m² cinsinden Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmektedir. Buna göre saydamlık oranının artışına bağlı olarak ısıtma yükü de artmaktadır.

Pencerelere farklı gölge elemanları uygulanması ile birlikte yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarları ise sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için kW-h/m² cinsinden Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da verilmektedir. Buna göre referans pencereler ile karşılaştırıldığında ısıtma yükünde, belirli saydamlık oranlarında ve farklı pencerelerde, artışa neden olmayan, aksine ısıtma yükünü azaltan tek gölge elemanı tipi stordur. Stor ile oluşturulan 0.30 saydamlık oranına sahip seçeneklerde sırasıyla yansıtıcı kaplamalı ve yeşil camlı pencerelerde 0,13-0,31 kW-h/m² azalış sağlamıştır. Yıllık ısıtma yükünde stor ile bir araya gelen 0.45 saydamlık oranına sahip seçenekler için sırasıyla berrak, spektral seçici low-E kaplamalı, yansıtıcı kaplamalı ve yeşil camlı pencerelerde 0,05-0,01-0,32-0,56 kW-h/m²; 0.60 saydamlık oranı içinse 0,16-0,09-0,57-1,01 kW-h/m² miktarlarında azalma söz konusudur. En yüksek ısıtma yükü artışı ise, tüm saydamlık oranları için berrak camlı pencere ile dışta jaluzi ve iki cam arasında jaluzi ile oluşturulan sistemlerde gerçekleşmektedir. Sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için dış jaluzi ve bir araya gelen berrak camlı pencerelerde yıllık ısıtma yükü artış miktarları, 1,68-3,30-5,87 kW-h/m²; iki cam arasında jaluzi ile ise 0,79-2,04-6,51 kW-h/m²'dir. Isıtma yükü azaltma açısından karşılaştırıldığında, tüm saydamlık oranları ve pencereler için sırasıyla en verimli 3 gölge elemanı stor, iç jaluzi ve saçaklardır. İki cam arası jaluzi ve dış jaluzinin ısıtma yüküne etkisi ise saydamlık oranına ve bir araya geldiği pencerenin cam türüne bağlı olarak farklı sıralamalarda olmaktadır.

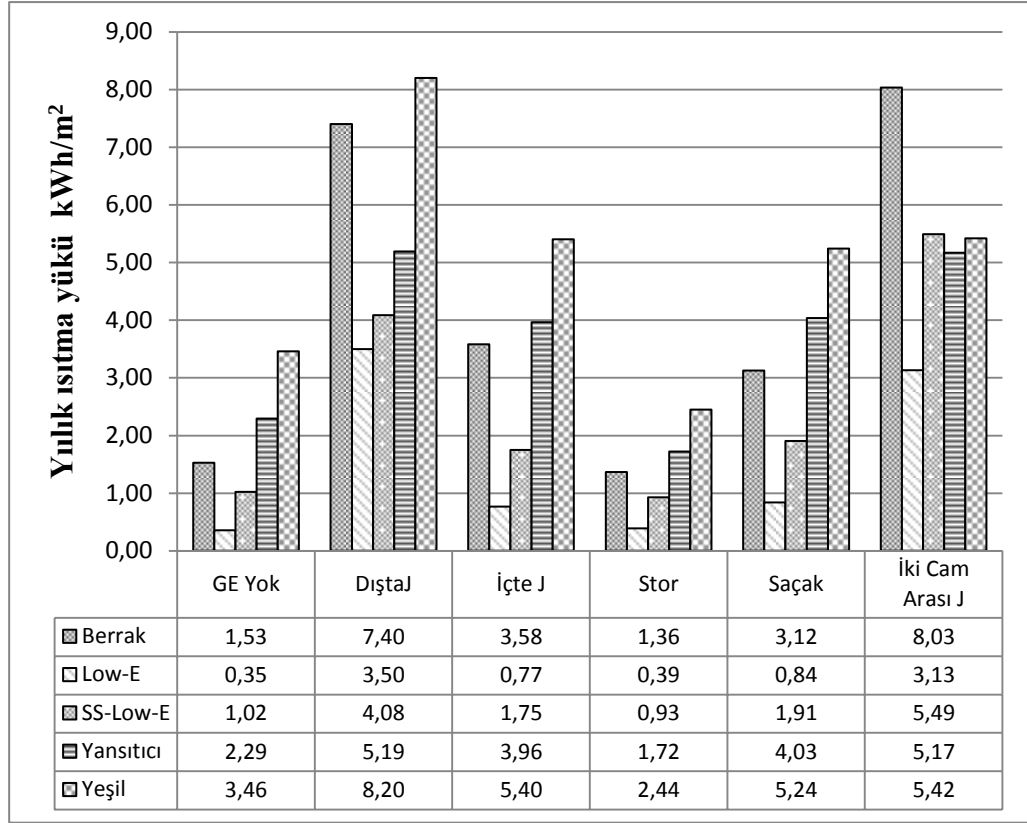
Bölüm 3'te bileşen düzeyinde yapılan değerlendirmeye göre dış jaluzi kullanımı ile U değerlerindeki azalma, iç jaluzi kullanımına göre daha fazla olmuştur. Ancak mekan düzeyinde ısıtma yükünü azaltma açısından bakıldığında ise durumun tam tersi olduğu görülmektedir. Bunun sebebi U değerinin pencere sistemi kesit kalınlığına; ısıtma yükünün ise hem düşük ısı geçirgenlik katsayısı, hem de güneş ısı kazancıyla düşmesine bağlı olmasıdır. İç jaluziye sahip pencere sistemlerinde güneş ışınımları jaluziden önce pencere yüzeyine etkimektedir. Stor ve saçak ile bir araya getirilen pencere seçeneklerinde de aynı durum söz konusudur.



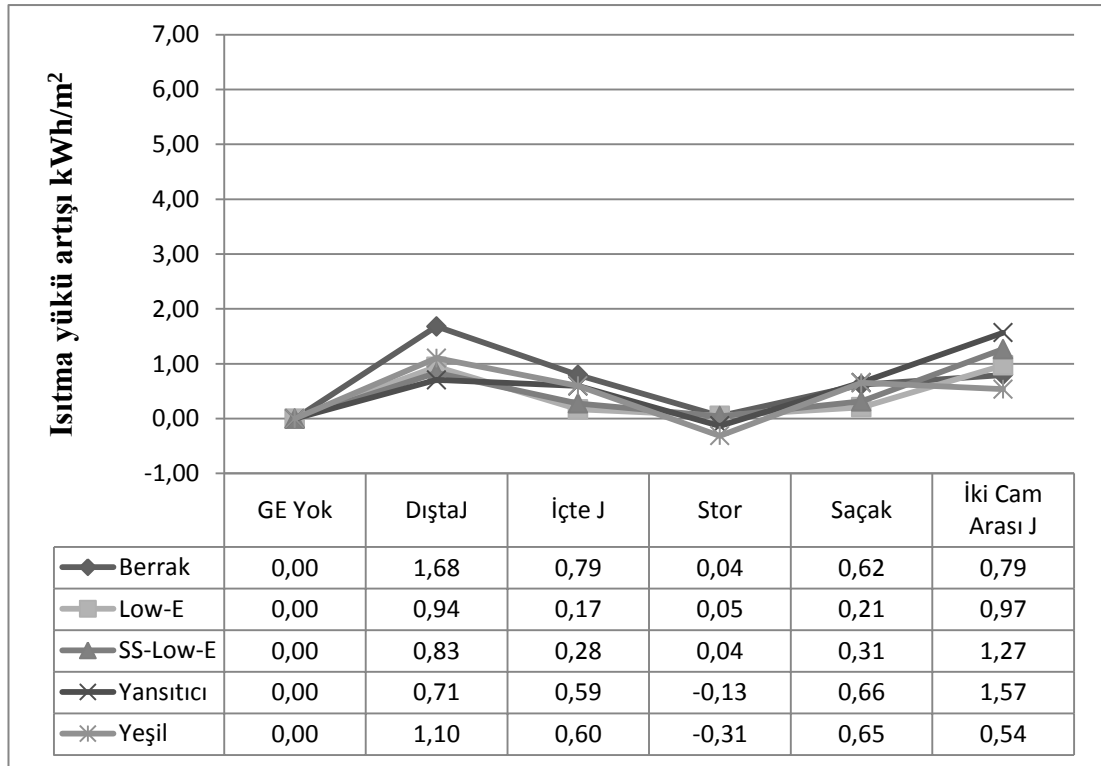
Şekil 4.14: 0.30 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m²).



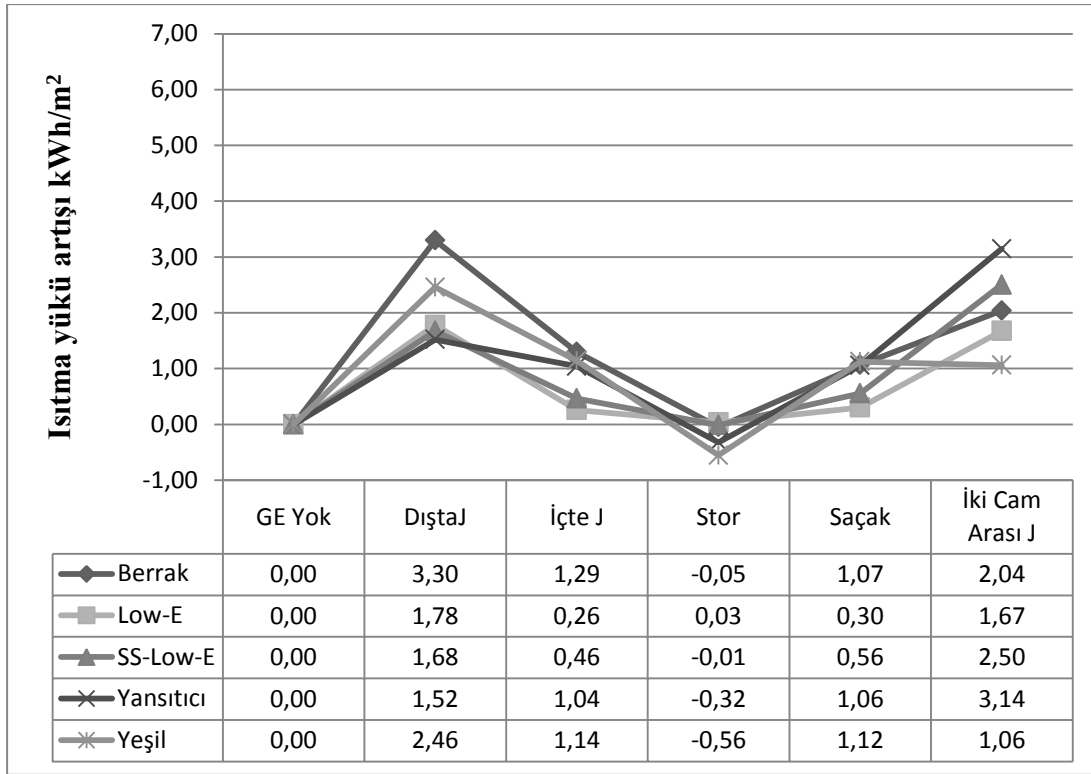
Şekil 4.15: 0.45 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m²).



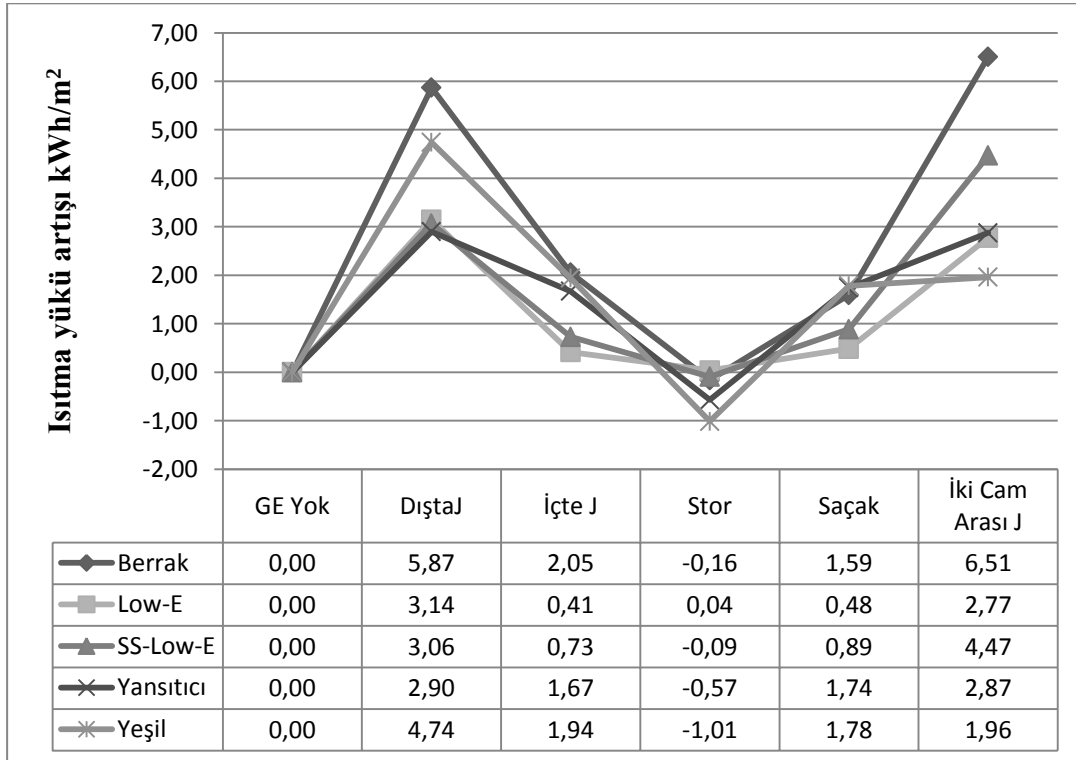
Şekil 4.16: 0.60 saydamlık oranı için yıllık ısıtma yükleri (kWh/m²).



Şekil 4.17: 0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.



Şekil 4.18: 0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.



Şekil 4.19: 0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ısıtma yüklerindeki artış miktarı.

4.3.1.2 Yıllık soğutma yükü

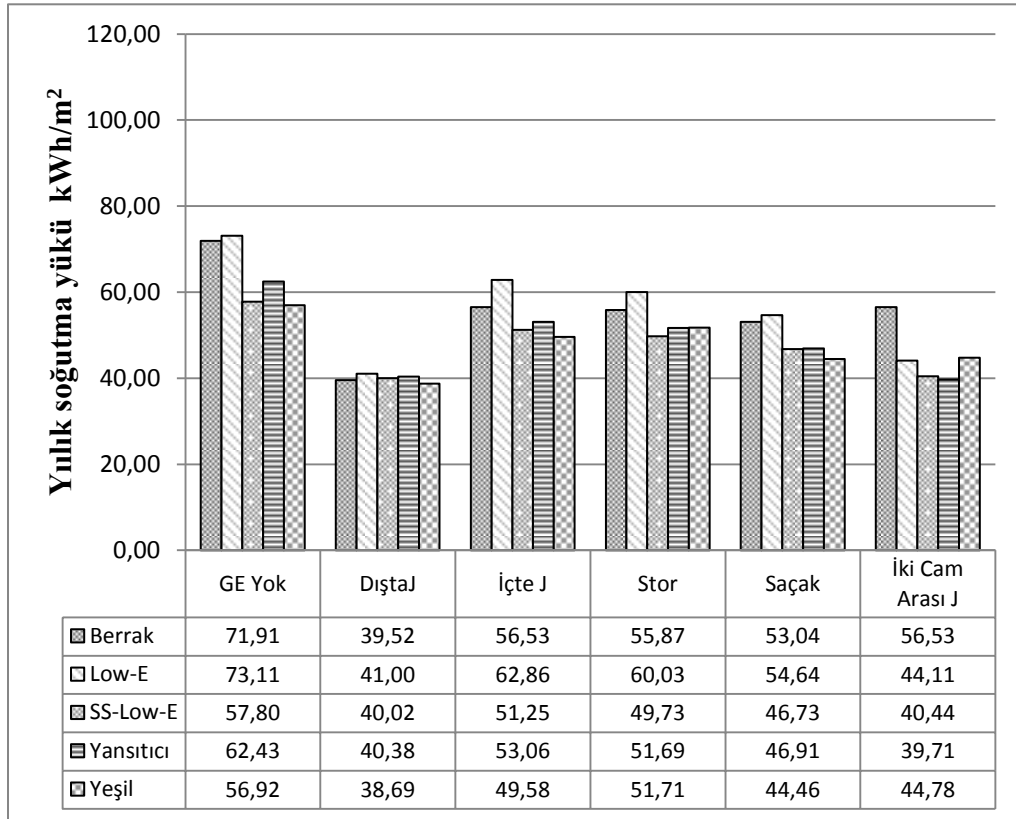
Yıllık soğutma yükü değerlendirmesi için, havalandırma ve soğutmanın yapıldığı kaynağın aynı olması sebebiyle havalandırma ve soğutma yüklerinin toplamı göz önünde bulundurulmuştur. Gölge elemanlarının birincil işlevinin soğutma yükünü azaltması oluşuna bağlı olarak , gölge elemanlarının bir araya geldikleri pencerenin soğutma yükü üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi önemlidir.

Farklı gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranının olduğu seçeneklere ait yıllık soğutma yükü değerleri kW-h/m² cinsinden Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmektedir. Buna göre saydamlık oranın artışına bağlı olarak soğutma yükü de artmaktadır. Ancak farklı olarak dış jaluzi ile bir araya getirilen pencerelerin boyutu arttıkça yıllık soğutma yükü azalmaktadır. Bu diğer gölge elemanlarından farklı olarak, dış jaluzilerin pencereye yüzeyine etkiyen güneş ışınımının büyük bir kısmını engellemesiyle açıklanabilir. Bir çok low-E kaplamalı camlı pencere ile oluşturulan seçeneğin soğutma yükü diğerleriyle karşılaştırıldığında en fazladır. Bunun sebebi low-E kaplamalı camın iç ortam sıcaklığını, dış ortama en az geçiren camlar olmasıdır. Ancak 0.30 ve 0.45 saydamlık oranına sahip seçeneklerde iki cam arası jaluzi ile bir araya gelen berrak camlı pencerelerin soğutma yükü performansı en az olmuştur.

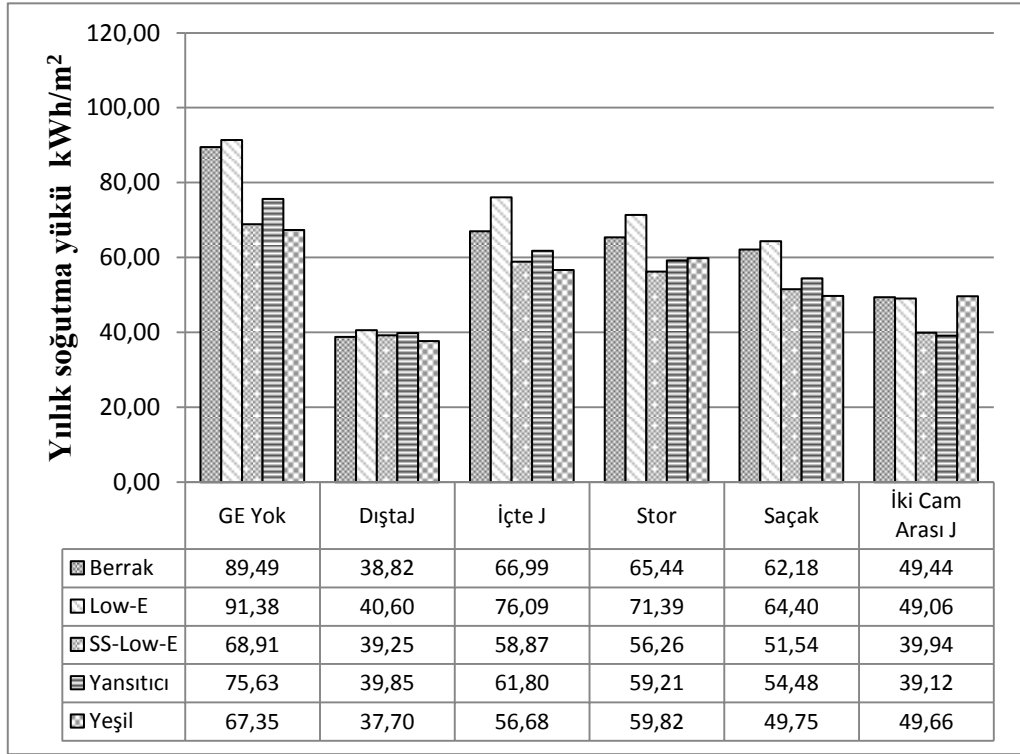
Pencerelere farklı gölge elemanları uygulanması ile birlikte yıllık soğutma yüklerindeki azalma oranları ise sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’te verilmektedir. Sırasıyla 0.30, 0.45, 0.60 saydamlık oranları için soğutma yükündeki azalış yüzdeleri, dış jaluzili sistemler için %31-45, %43-57 ve %53-66; içte jaluzili sistemlerde %11-21, %15-25, %17-28; iki cam arasında jaluzi ile oluşturulan sistemler için %21-40, %26-48, %31-64; storlar için %9-22, %11-22, %13-30; saçak kullanılan sistemlerde ise %19-26, %25-31, %29-32 aralıklarında gerçekleşmiştir. Saydamlık oranı arttıkça gölge elemanının soğutma yükünü azaltma etkisi de artmaktadır.

Soğutma yükündeki en belirgin azalma oranı dış jaluzi ile bir araya gelen berrak camlı pencere sistemlerinde; en az düşüş ise stor ile bir araya gelen yeşil camlı pencere sistemlerinde gerçekleşmektedir. Dış jaluzi ve berrak camlı pencere sisteminin soğutma yükü azaltma oranının en yüksek olmasının sebebi, etkin bir gölge elemanı olan dış jaluzinin, güneş kontrolü olmayan berrak camla bir araya

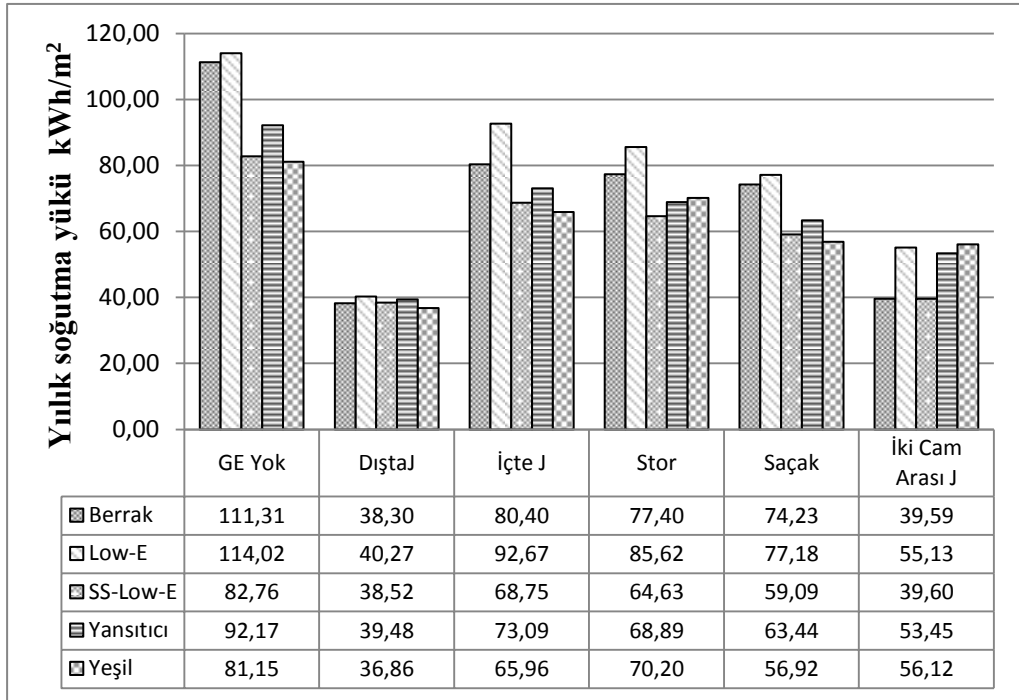
gelişidir. Stor ve yeşil camlı pencere sisteminin soğutma yükünü azaltmada en düşük orana sahip oluşunun nedeni ise yeşil camın etkin güneş kontrolü açısından bir araya geldiği bir çok gölge elemanı ile verimli oluşudur. Spektral seçici low-E kaplamalı, yansıtıcı kaplamalı ve yeşil camlı pencerelerle oluşturulmuş seçenekler üzerinde gölge elemanlarının soğutma yükünü azaltma oranı, camların güneş kontrol özelliği nedeniyle diğerlerine göre daha azdır. Örneğin referans, gölge elemanı olmayan spektral seçici low-E camlı bir pencereli seçeneğin soğutma yükü, iç jaluzi ve storla bir araya gelen low-E kaplama camlı seçeneklerden daha düşüktür. Bu da gölge elemanının tek başına değil, pencere ile bir sistem olarak değerlendirilmesi gerektiğinin altını çizmektedir.



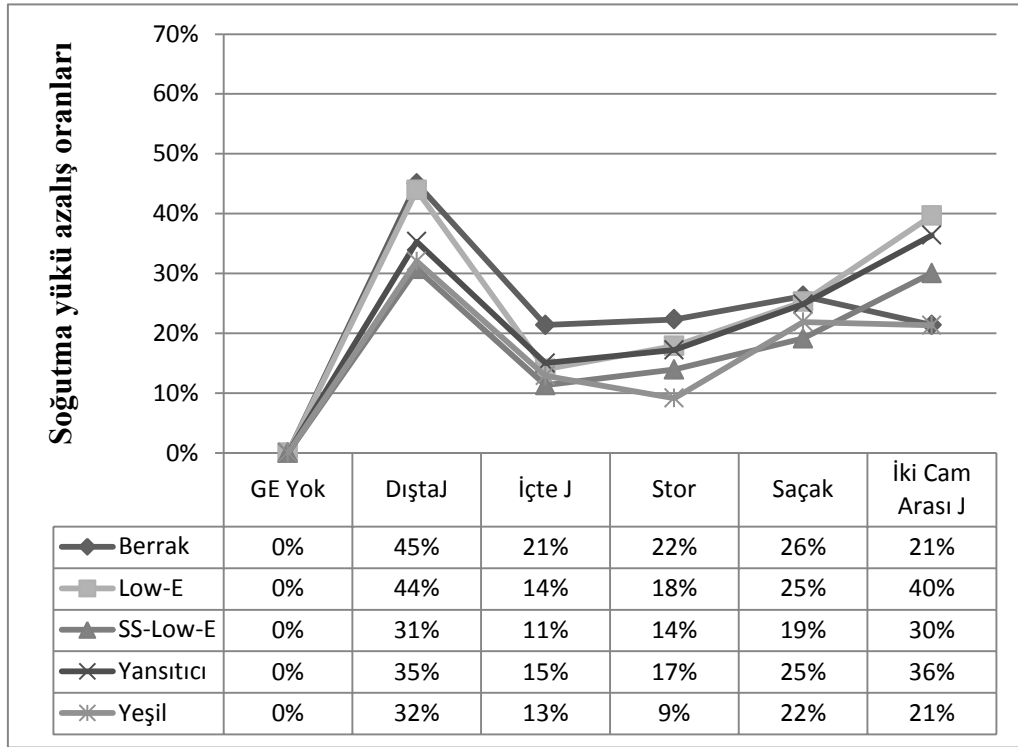
Şekil 4.20: 0.30 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m²).



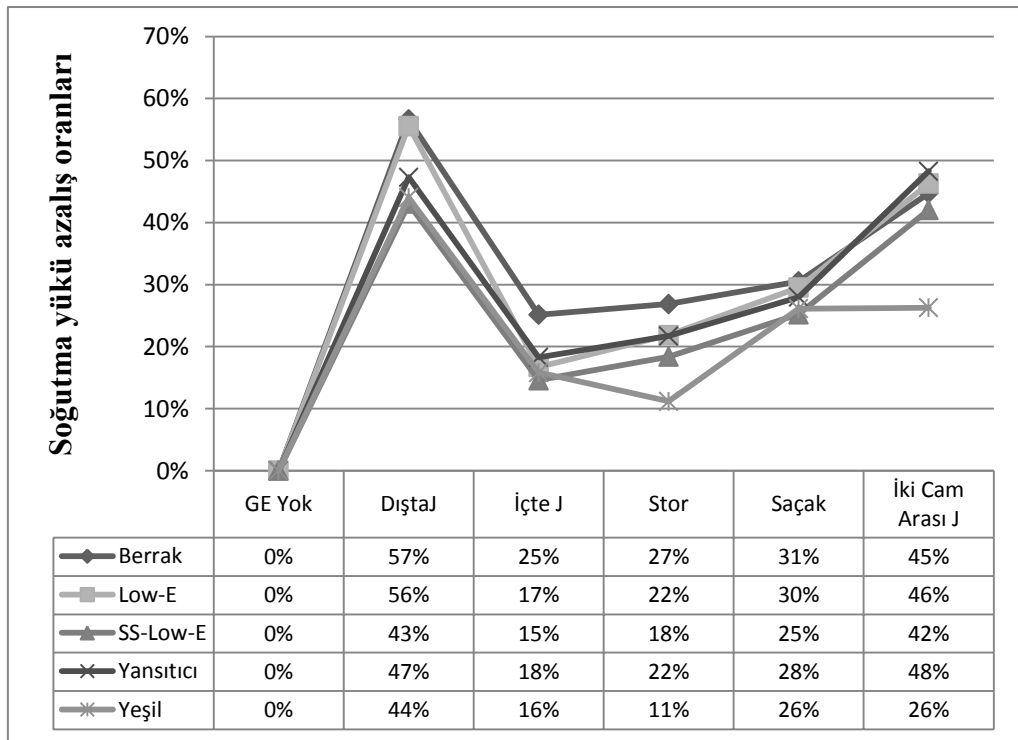
Şekil 4.21: 0.45 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m²).



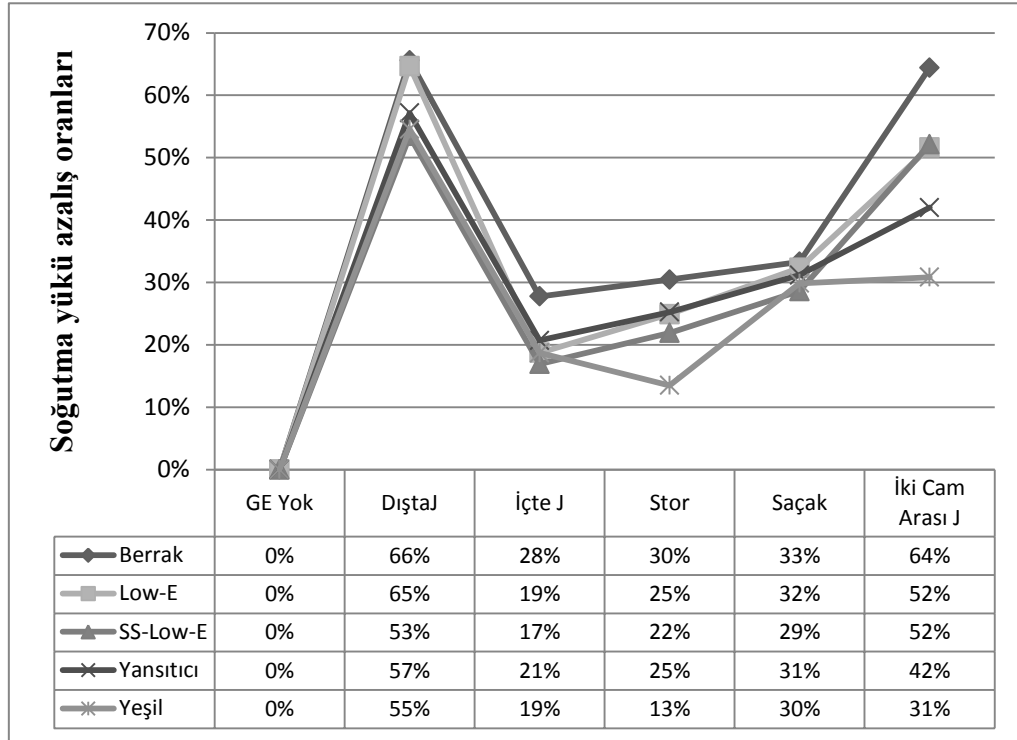
Şekil 4.22: 0.60 saydamlık oranı için yıllık soğutma yükleri (kWh/m²).



Şekil 4.23: 0.30 saydamlık oranı için farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.



Şekil 4.24: 0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.



Şekil 4.25: 0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık soğutma yüklerindeki azalış oranları.

4.3.1.3 Yıllık toplam enerji

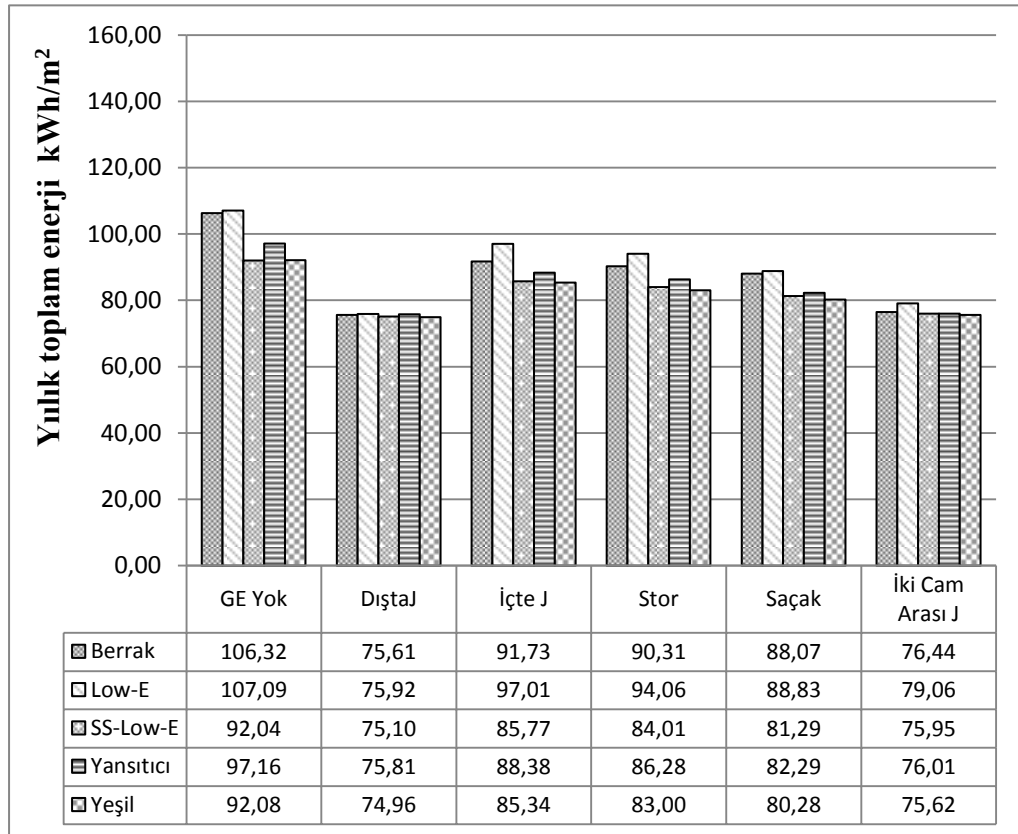
Yıllık toplam tüketilen enerjiyi oluşturan temel yükler ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma yükleridir. Isıtma ve soğutma ile birlikte havalandırma yüklerine ait değerlendirmeler ayrıntılı olarak yapılmıştır. Aydınlatma yükü, oluşturulan tüm mekanlar için aynı aydınlatma sistemi seçildiği için yıllık $33,73 \text{ kW-h/m}^2$ 'dir ve sabit bir yük olarak kabul edilmiştir. Referans, gölge elemansız pencereler, farklı saydamlık oranları için, aralarında karşılaştırıldıklarında en yüksek yıllık toplam enerji miktarına sahip pencerenin low-E kaplamalı camlı olduğu görülmektedir. Low-E kaplamalı camlı pencereler bir araya geldiği bir çok gölge elemanı ile, en yüksek enerji tüketimine sahip seçenekleri oluşturmaktadır.

Farklı gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranının olduğu seçeneklere ait yıllık toplam enerji değerleri kW-h/m^2 cinsinden Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de verilmektedir. Buna göre saydamlık oranının artışına bağlı olarak yıllık toplam enerji de artmaktadır.

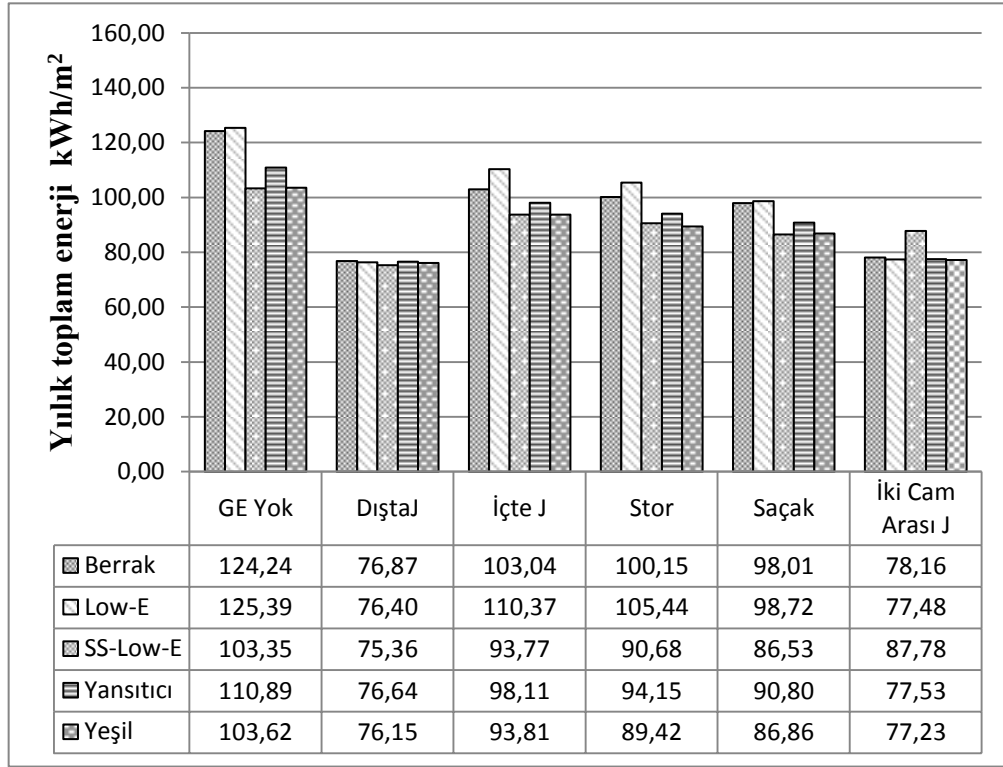
En belirgin kullanılan toplam enerji azalmaları dış jaluzi ve iki cam arası jaluzi ile bir araya gelen pencere sistemlerinde görülmektedir. Enerji performansı en yüksek

seçenek ise, tüm saydamlık oranları için dış jaluzi ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere sistemidir. Düşük güneş kazancı sağlayan spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere, soğutma yüklerinin baskın seçeneklerde uygun performans kriterlerini sağlamaktadır. Dış jaluziler ise yine kullanılan toplam enerjide soğutma yüklerinin baskınlığı nedeniyle enerji performansı en yüksek gölge elemanıdır.

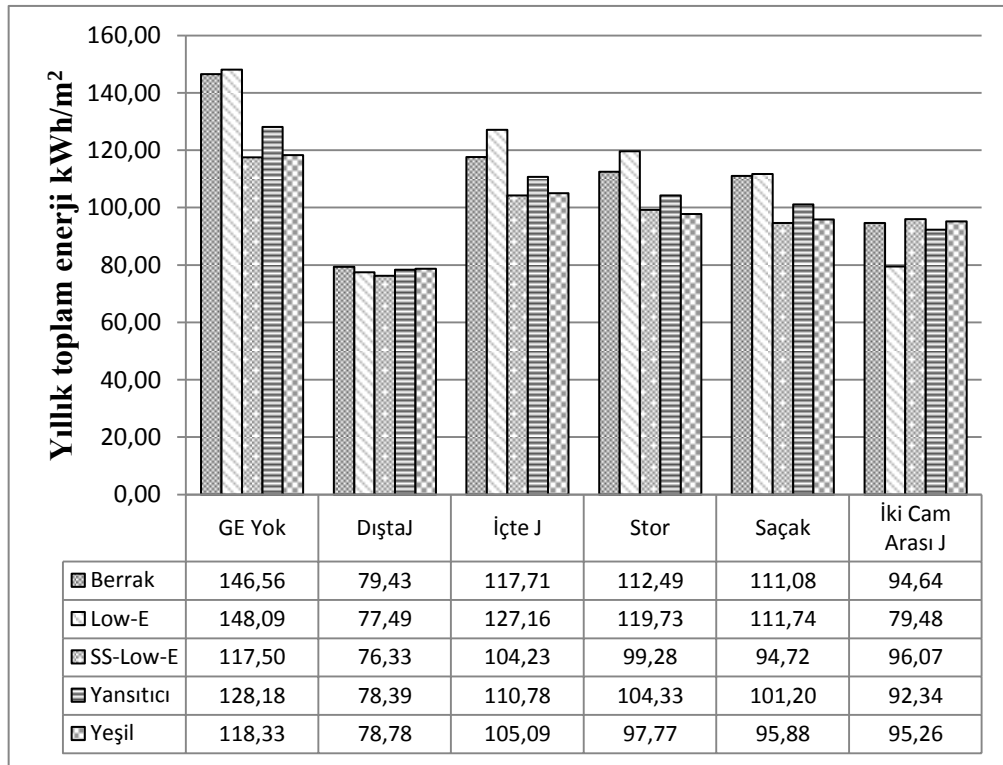
Pencerelere farklı gölge elemanları uygulanması ile birlikte yıllık toplam enerjideki azalma oranları ise sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için kW-h/m^2 cinsinden şekil 4.29, şekil 4.30 ve şekil 4.31’de verilmektedir. Sırasıyla 0.30, 0.45, 0.60 saydamlık oranları için yıllık toplam enerjide azalış oranları, dış jaluzili sistemler için %18-29, %27-39 ve %33-48; i jaluzili sistemlerde %7-14, %9-17, %11-20; iki cam arası jaluzi ile oluşturulan sistemler için %17-28, %15-38, %18-46; storlar için %9-15, %12-19, %16-23; saçak kullanılan sistemlerde ise %12-17, %16-21, %19-25 aralıklarında gerçekleşmiştir.



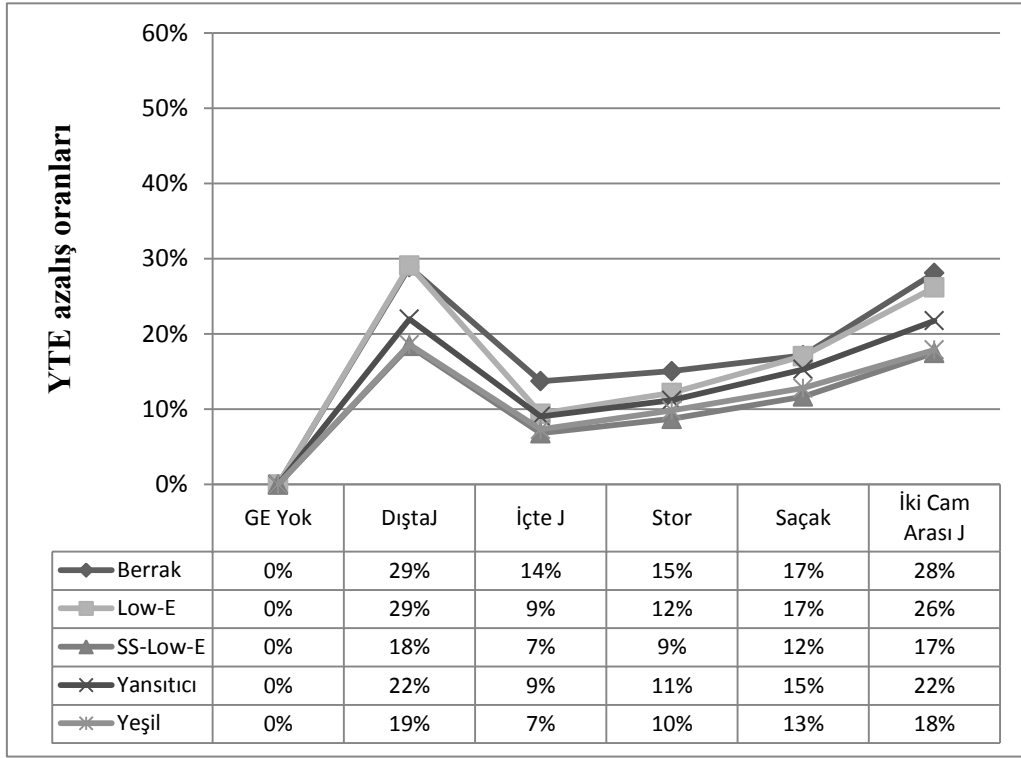
şekil 4.26: 0.30 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m^2).



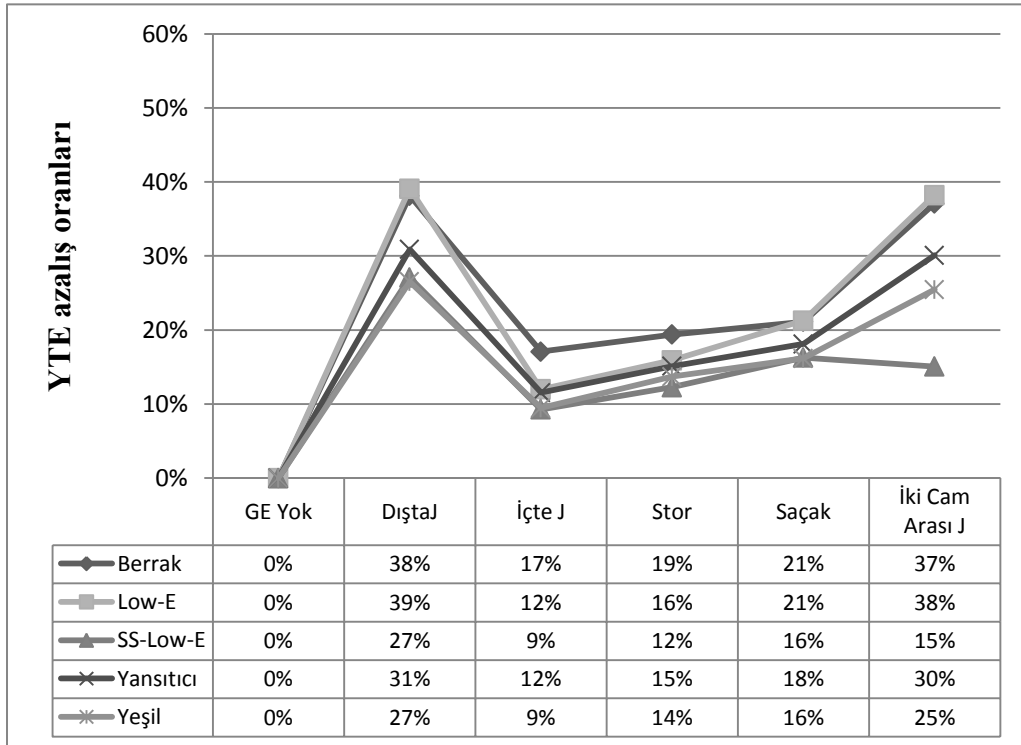
Şekil 4.27: 0.45 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m2).



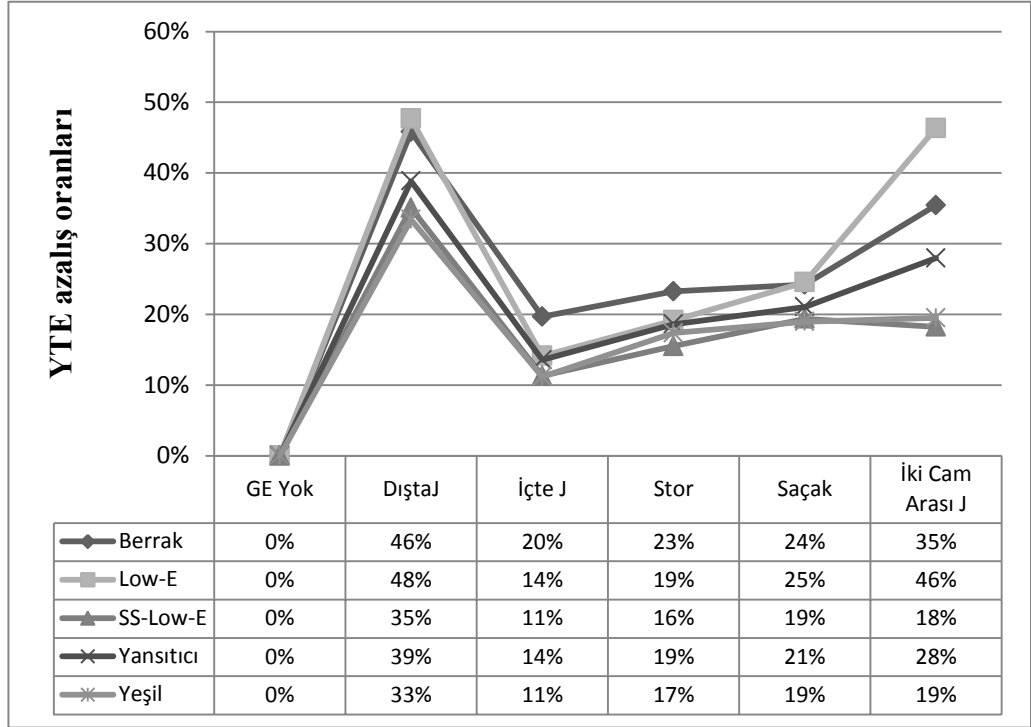
Şekil 4.28: 0.60 saydamlık oranı için yıllık toplam enerji (kWh/m2).



Şekil 4.29: 0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.



Şekil 4.30: 0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.



Şekil 4.31: 0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık toplam enerjilerdeki azalış oranları.

4.3.2 Farklı gölge elemanlarının pencerenin konfor performansına etkisi

COMFEN 4 simülasyon programı hesaplamaları sonucunda, konfor performansı ile ilişkili olarak ortalama gün ışığı aydınlık değerleri ve ortalama kamaşma değerlerine ait veriler elde edilmiştir. Bu aşamada sistemler arası karşılaştırmanın yanı sıra belirli standartlarda yer alan sınır değerlere göre de değerlendirme yapılmıştır.

4.3.2.1 Gün ışığı aydınlık değeri

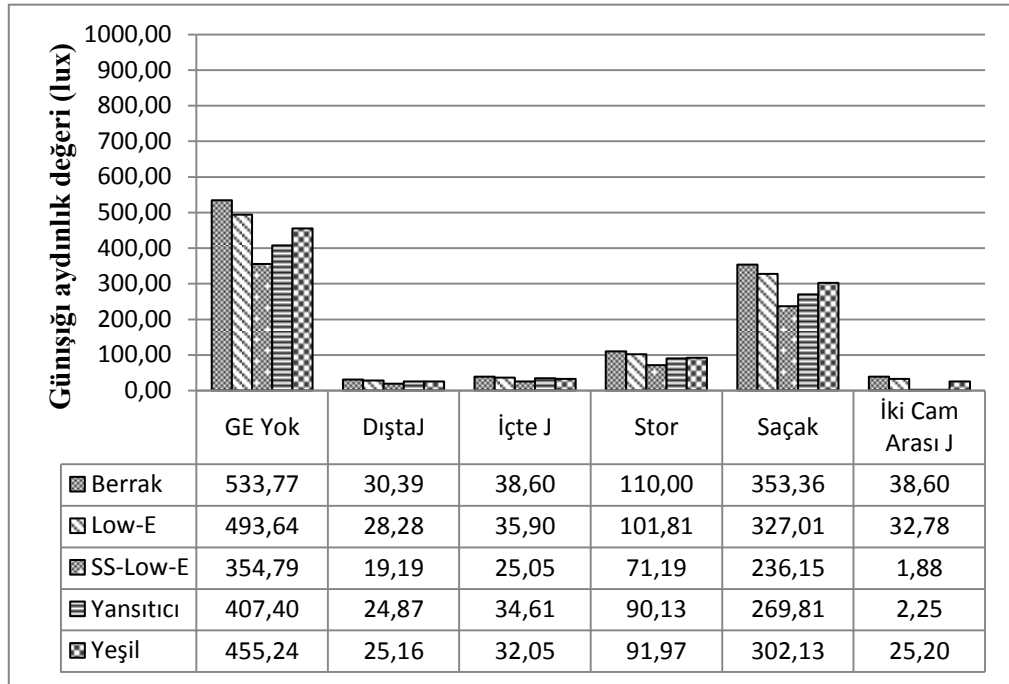
Gün ışığı değerinin gün içinde ve yıl içinde farklı gerçekleşmesinden dolayı görsel konfor ve enerji performansı açısından aydınlatma kontrolünün gün ışığına bağlı bir sistem olarak seçilmesi gerekmektedir. Bu şekildeki bir sistemin aydınlatma yüklerinde sağlayacağı azalma bu çalışma kapsamında ele alınmamış, aydınlatma belirli zaman dilimlerine bağlı olarak sürekli aktif olarak kabul edilmiştir. Ancak seçilen pencere sistemleri içeride oluşan gün ışığı açısından değerlendirilmiştir.

Farklı gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranının olduğu seçeneklere ait yıllık gün ışığı aydınlık değerleri lux cinsinden Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te verilmektedir. Buna göre saydamlık

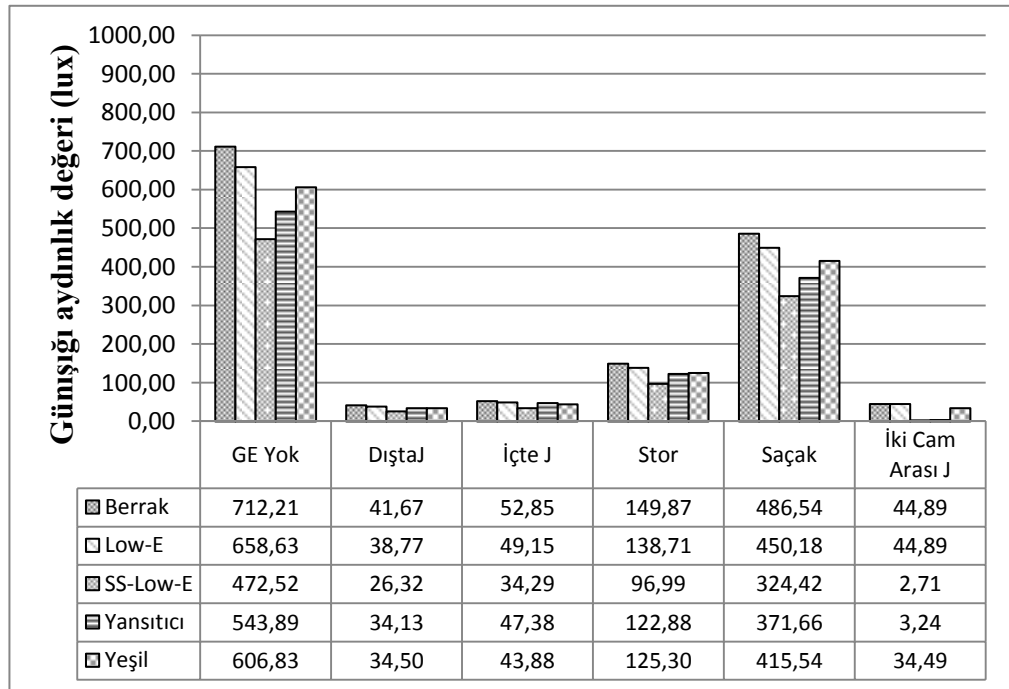
oranın artışına bağılı olarak bütün pencerelerde gün ışığı aydınlık değeri de artmaktadır.

EN 12464-1 standardında yer alan, özel bir ofis mekanın sahip olması gereken minimum aydınlık seviyesi 500-750 lux değeri aralıklarında olmalıdır. Buna göre 0.30 saydamlık oranına sahip seçenekler arasında sınır değeri sağlayabilen tek pencere, referans, gölge elemanı olmayan, berrak cam ile oluşturulandır. 0.45 saydamlık oranına sahip seçeneklerde, referans pencerelerden spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere hariç diğer tüm referans pencereler sınır değeri sağlamaktadır. 0.60 saydamlık oranına sahip seçeneklerde ise tüm referans pencereler ile saçak ve berrak, low-E kaplamalı, yeşil camlı pencerelerle oluşturulan sistemler sınır değeri karşılamaktadır. Saçakla oluşturulan pencere sistemleri diğer gölge elemanlarıyla oluşturulanlarla karşılaştırıldığında uygun gün ışığı aydınlık seviyesi sağlamaktadır. En düşük gün ışığı aydınlık değeri sahip pencere sistemi ise 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için sırasıyla 1,88-2,71-3,72 lux değeri ile iki cam arası jaluzi ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere ile oluşturulanlardır. Enerji performansı en uygun olan pencere sistemi burada, görsel konfor açısından yetersiz olmaktadır.

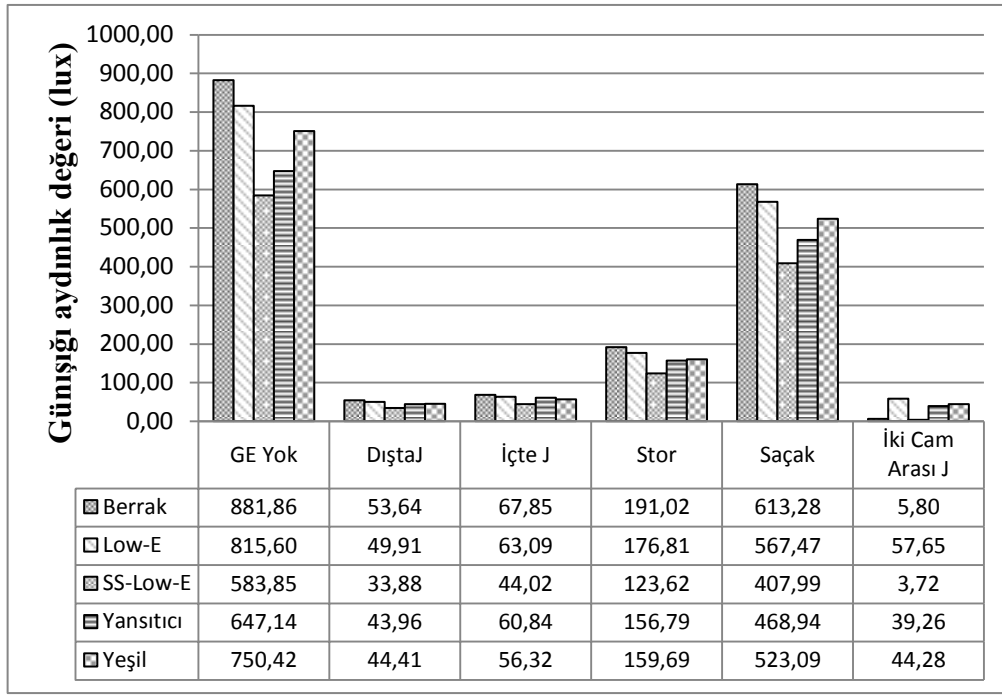
Pencerelere farklı gölge elemanları uygulanması ile birlikte gün ışığı aydınlık değeriindeki azalma oranları ise sırasıyla 0.30, 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için lux cinsinden Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de verilmektedir. En fazla gün ışığı aydınlık değeri düşüş oranı, tüm saydamlık oranları için % 93-99 aralığına sahip iki cam arası gölge elemanı ile bir araya getirilen pencere sistemlerinde gerçekleşmiştir. İki cam arasında jaluziyi, %93-95 aralığında azalmaya neden olan dış jaluzi ile oluşturulan pencere sistemleri takip etmektedir. İç jaluzi ile oluşturulan sistemlerin gün ışığı aydınlık değeri düşürme oran aralığı %91-93; stor ile oluşturulanların %77-80; saçak ile oluşturulan sistemlerinse %28-34’tür. Tüm seçeneklere bakıldığında cam türüne bağılı olarak gün ışığı aydınlık değeri birbirlerine yakındır.



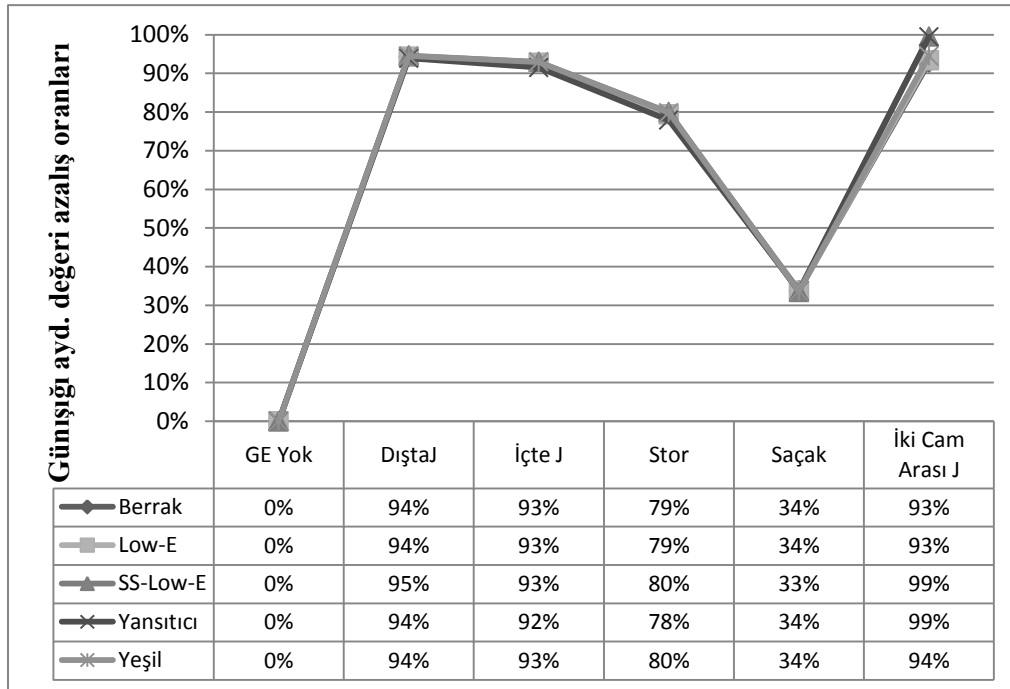
Şekil 4.32: 0.30 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).



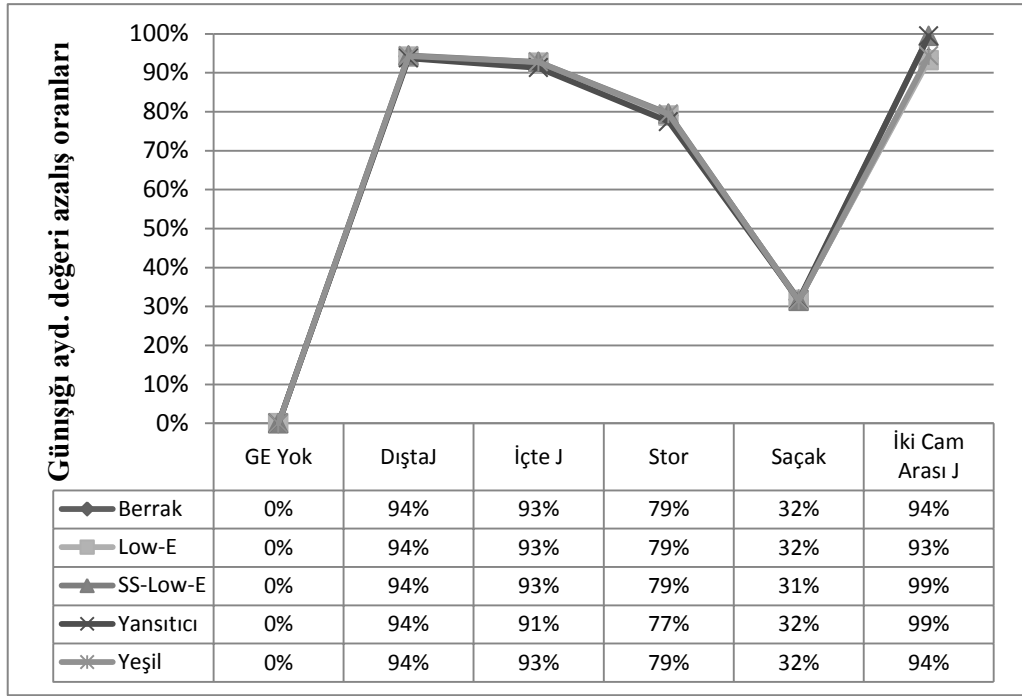
Şekil 4.33: 0.45 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).



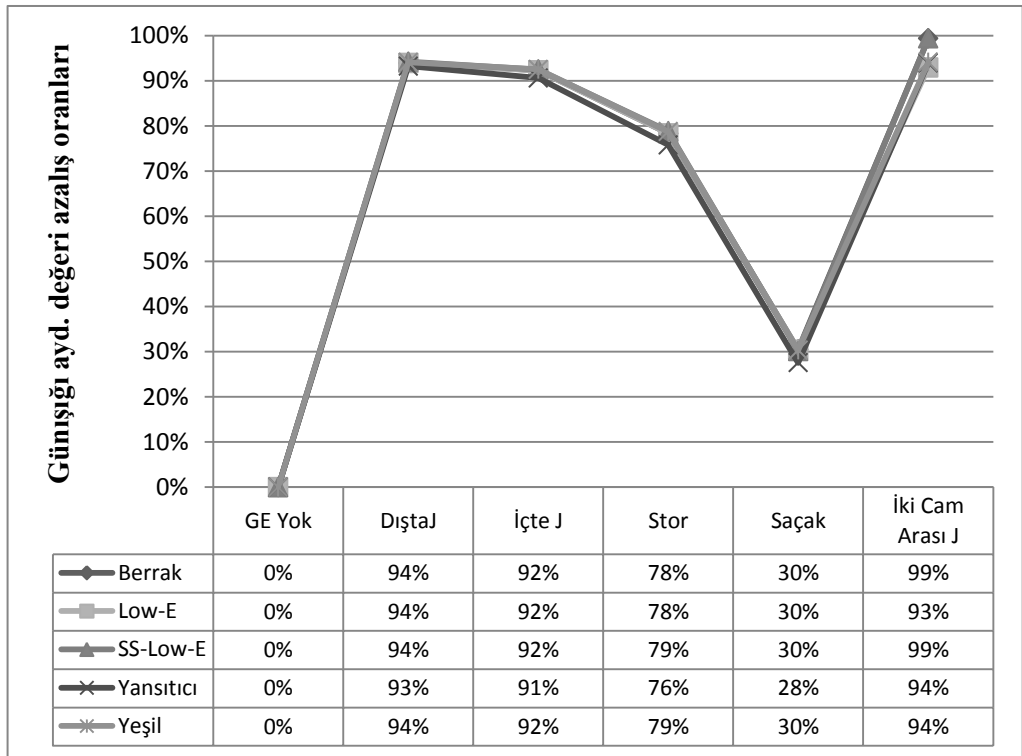
Şekil 4.34: 0.60 saydamlık oranı için yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değeri (lux).



Şekil 4.35: 0.30 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.



Şekil 4.36: 0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.



Şekil 4.37: 0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama gün ışığı aydınlık değerlerindeki azalış oranları.

Günlük gün ışığı aydınlık değeri

Yıllık değerlendirmeler ortalama değerlere göre gerçekleştirildiğinden, farklı mevsimler için günlük performansları hakkında bir sonuca varılamamaktadır. Bu nedenle yaz ve kış için belirlenen tasarım günleri için günlük gün ışığı aydınlık değeri değerlendirilmiştir.

Farklı gölge elemanlarının görsel konfora etkisinin belirlenmesi yıllık ortalama değerlere göre yapılmıştır ancak pencere sistemlerinin gün boyunca doğal aydınlatma seviyelerinin de belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle 1 ağustos yaz ve kış günleri için tanımlanan 2 şubat günleri için saatlik değerlendirmeler de yapılmıştır. Değerlendirmeler için sadece 0.45 saydamlık oranına sahip seçenekler seçilmiştir.

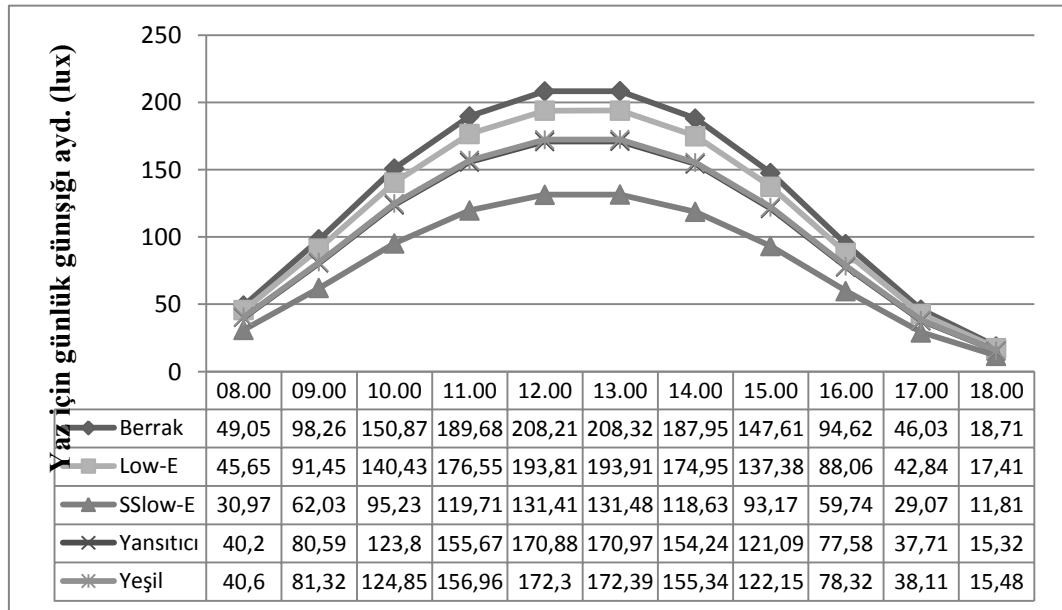
Dış jaluzi ile bir araya getirilen pencerelere ait sırasıyla yaz ve kış için günlük gün ışığı aydınlık değerleri Şekil 4.38 ve Şekil 4.39'da verilmektedir. Buna göre dış jaluzi ile oluşturulan seçenekler yaz ve kış olmak üzere günün herhangi bir saatinde standartlarca verilen sınır değerleri sağlayamamaktadır. Yaz ayları için en düşük ve en yüksek değerler lux cinsinden sırasıyla 11,81 (spektral seçici low-E) ve 208,32 (berrak cam)'dir. Kış ayları için en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 4,93(spektral seçici low-E) ve 82,91 (berrak cam)'dir.

İç jaluzi ile oluşturulan sistemlere ait sırasıyla yaz ve kış için günlük gün ışığı aydınlık değerleri Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de verilmektedir. Buna göre iç jaluzi ile oluşturulan seçenekler yaz ve kış olmak üzere günün herhangi bir saatinde standartlarda yer alan referans aralığı sağlayamamaktadır. Yaz ayları için en düşük ve en yüksek değerler lux cinsinden sırasıyla 14,91 (spektral seçici low-E) ve 276,31 (berrak cam)'dir. Kış ayları için en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 5,94 (spektral seçici low-E) ve 105,5 (berrak cam)'tir.

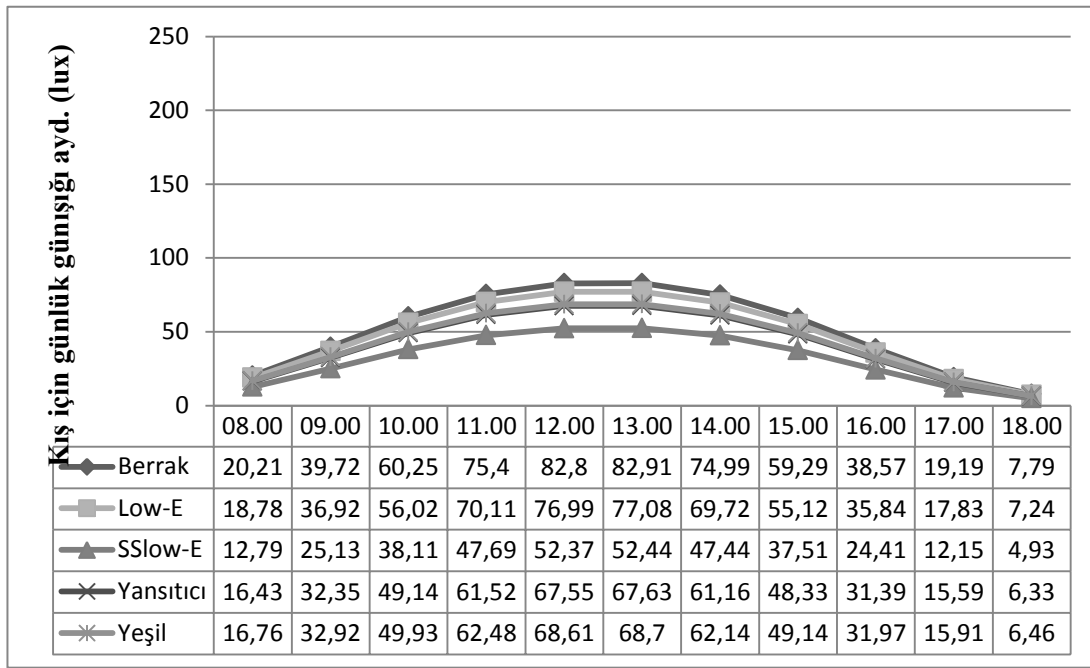
Storlar ile bir araya getirilen pencerelere ait sırasıyla yaz ve kış için günlük gün ışığı aydınlık değerleri Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te verilmektedir. Stor ile bir araya getirilen berrak ve low-E kaplamalı camlı pencereler ile oluşturulan pencere sistemleri yaz ayları için 10.00-15.00; spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere seçeneği 12.00-13.00; yansıtıcı kaplamalı ve yeşil camlı pencereye sahip seçenekler ise 11.00-14.00 saatleri arasında standartlarca ortaya konan sınır değerleri sağlamaktadırlar. Kış aylarında ise storlarla bir araya gelen, sınır değerlere uygun pencere ve saat aralığı bulunmamaktadır.

Saçak ile bir araya getirilen pencerelere ait sırasıyla yaz ve kış için günlük gün ışığı aydınlık değerleri Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te verilmektedir. Buna göre saçak ile oluşturulan seçeneklerden, yaz ayları için, tüm pencereler ile saat 09.00-16.00 arasında sınır değerler sağlanmaktadır. Kış aylarında ise berrak camlı pencere sistemi 10.00-15.00; low-E kaplamalı camlı pencere sistemi 10.00-14.00; spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere sistemi 12.00-13.00; yansıtıcı ve yeşil camlı pencere sistemleri ise 11.00-14.00 saatleri arasında sınır değerleri sağlamaktadır. Ancak yaz aylarında saçak ile oluşturulan sistemlerde öğle saatlerinde 3000 lux değerlerine ulaştığı için bu saatlerde kamaşma riski söz konusudur.

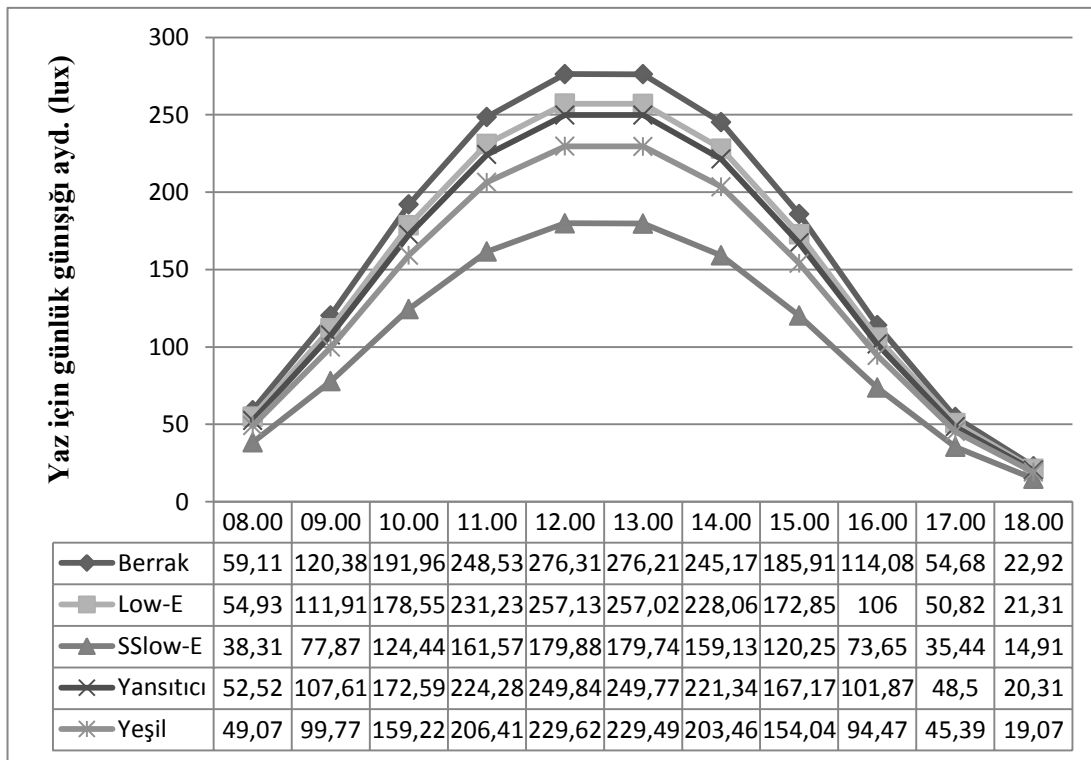
İki cam arası jaluzi ile bir araya getirilen pencerelere ait sırasıyla yaz ve kış için günlük gün ışığı aydınlık değerleri Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de verilmektedir. Buna göre iki cam arasında jaluzi ile oluşturulan pencere seçenekleri de dış ve iç jaluziye sahip sistemlerde olduğu gibi standartlarca verilen sınır değerleri sağlamamaktadır. Ancak farklı olarak spektral seçici low-E ve yansıtıcı kaplamalı camlı pencereler ile oluşturulan sistemlerde gerçekleşen günlük gün ışığı aydınlık değeri düşüşü diğer pencere sistemleriyle karşılaştırıldığında hem yaz hem de kış ayları için daha fazladır. Öyle ki, yaz ayları için berrak, low-E kaplamalı, yeşil camlı bir pencere sistemlerinin öğle saatleri için gün ışığı aydınlık değeri sırasıyla 232-232-178 lux iken, spektral seçici low-E kaplamalı camlı sistemlerde 9; yansıtıcı kaplamalı camlı sistemlerde 11 lux'tür.



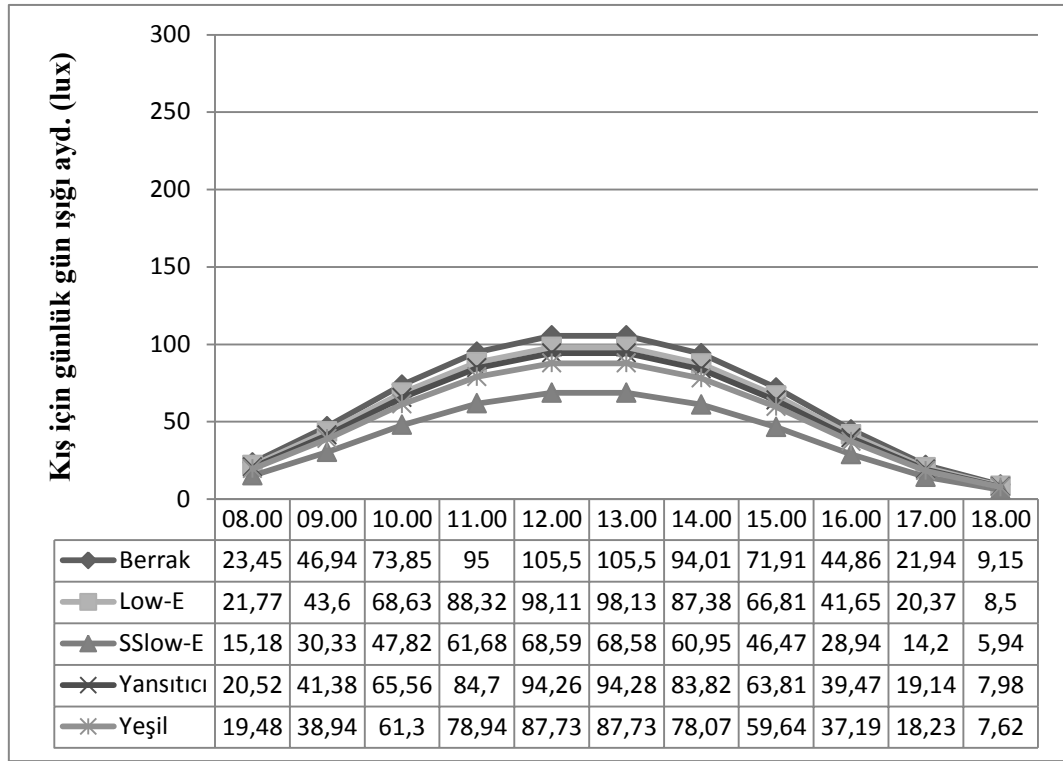
Şekil 4.38: Dış gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



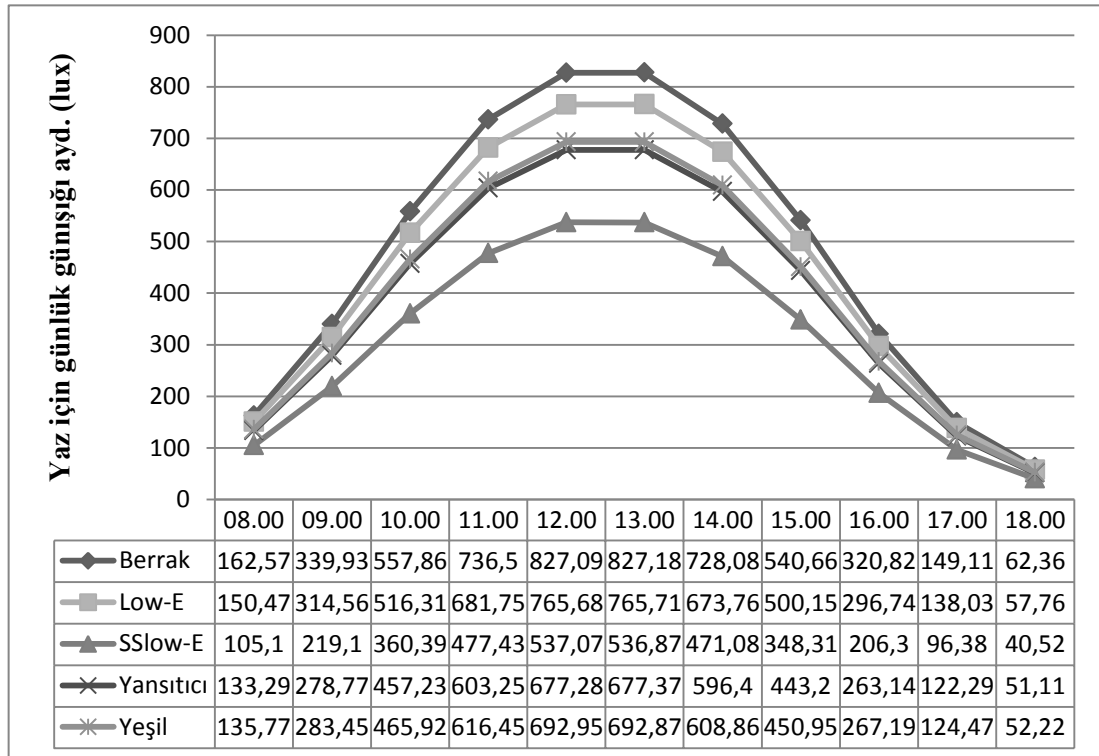
Şekil 4.39: Dış gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



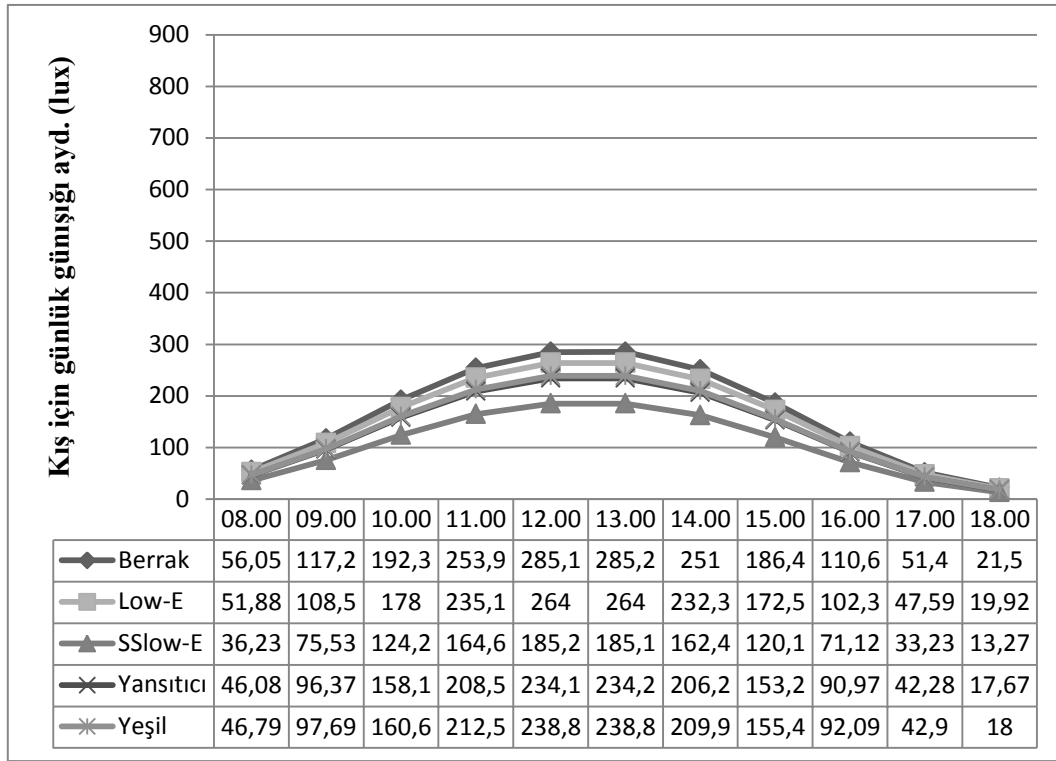
Şekil 4.40: İç gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



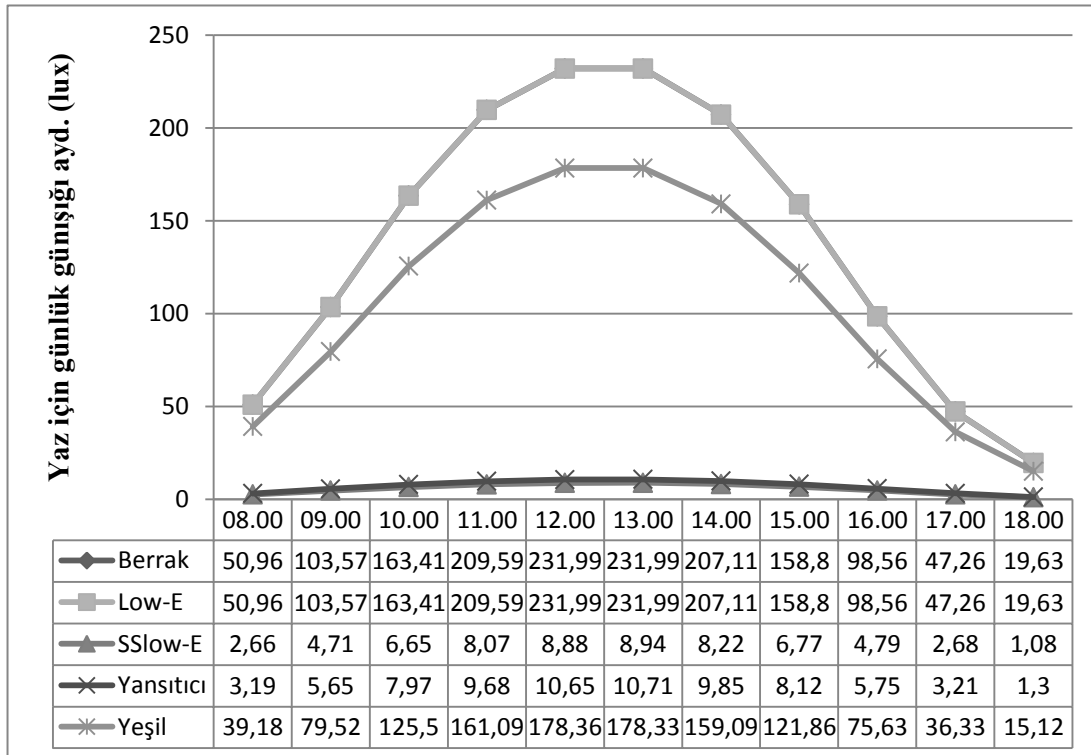
Şekil 4.41: İç gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



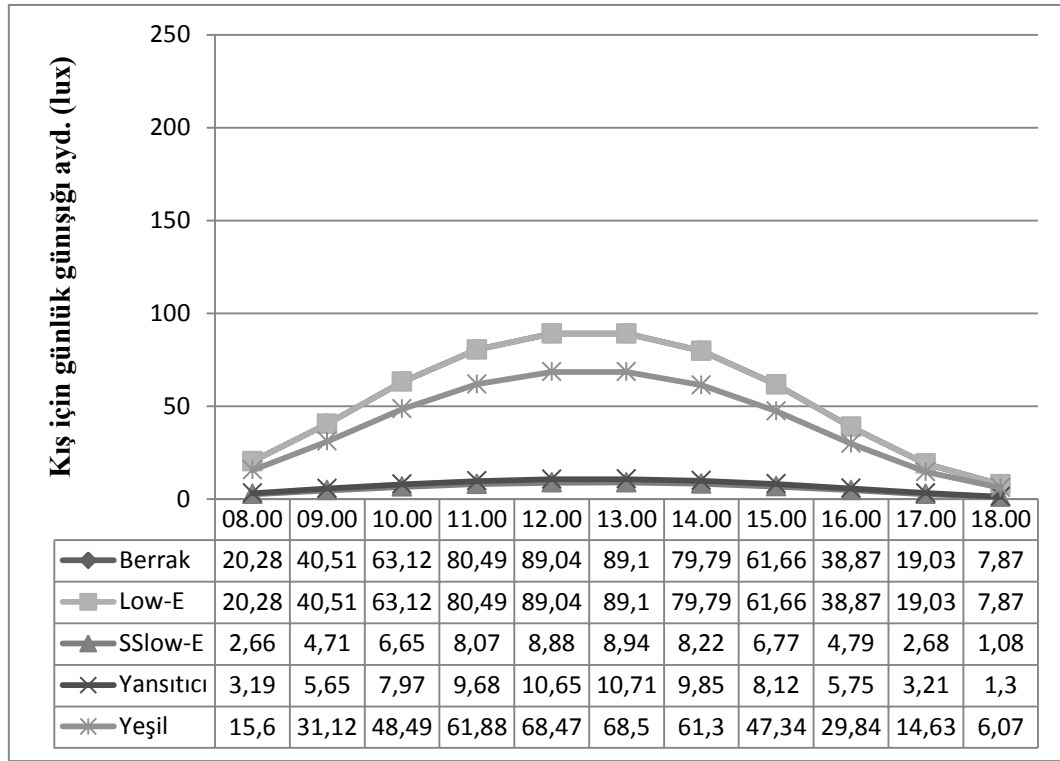
Şekil 4.42: Stor ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



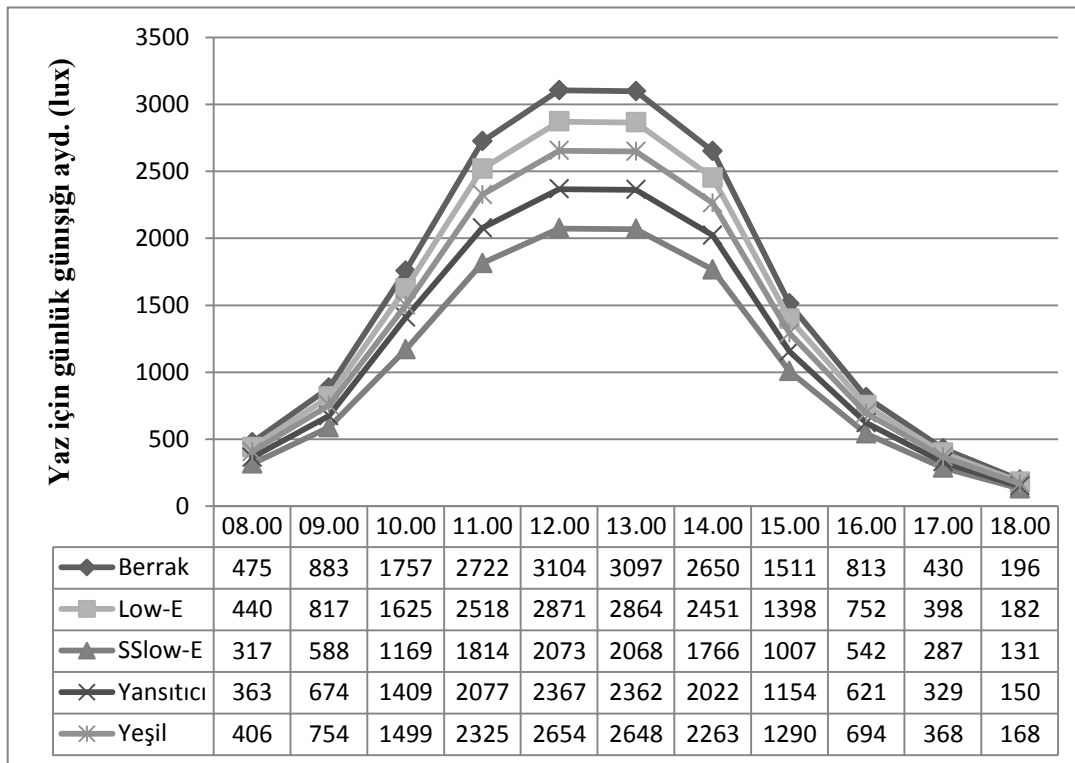
Şekil 4.43: Stor ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



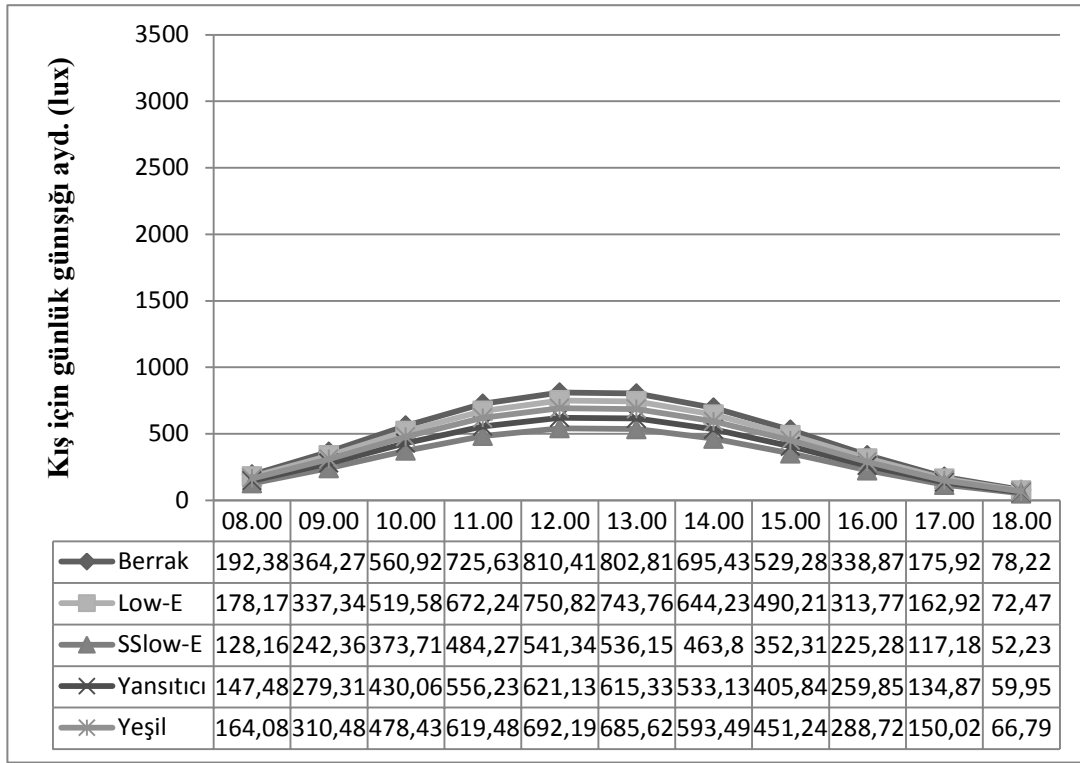
Şekil 4.44: İki cam arası gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



Şekil 4.45: İki cam arası gölge elemanı ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



Şekil 4.46: Saçak ile oluşturulan pencere sistemlerine ait yaz için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).



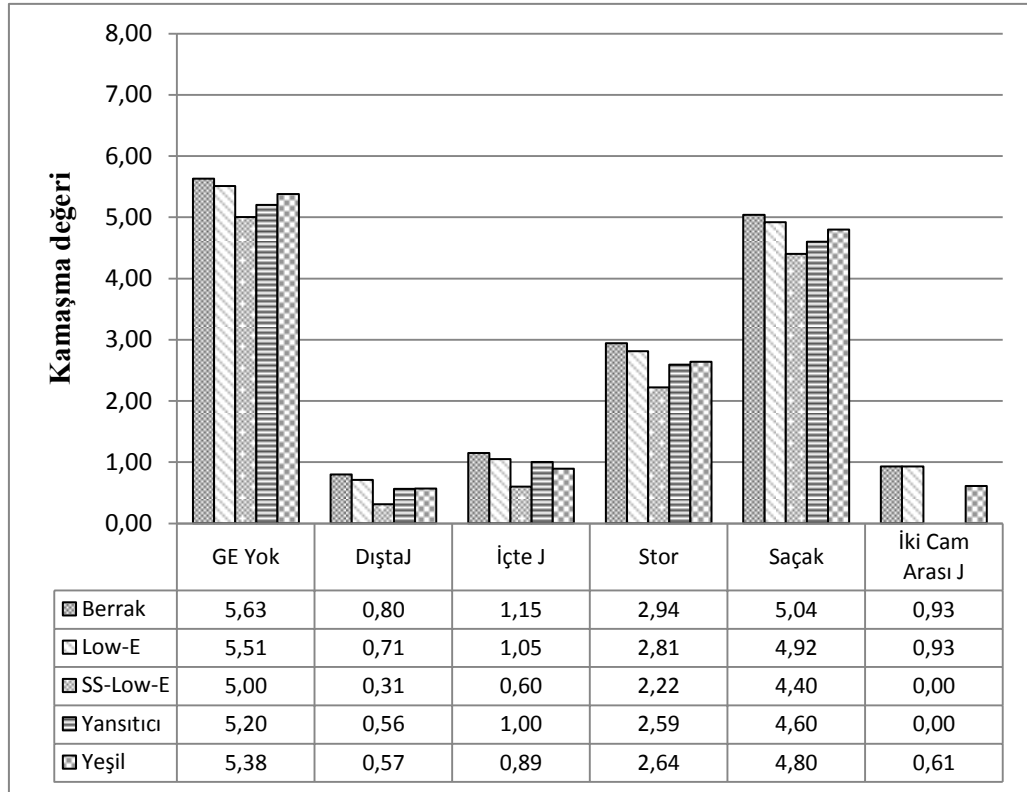
Şekil 4.47: Saçak ile oluşturulan pencere sistemlerine ait kış için günlük gün ışığı aydınlık değeri (lux).

4.3.2.2 Kamaşma değeri

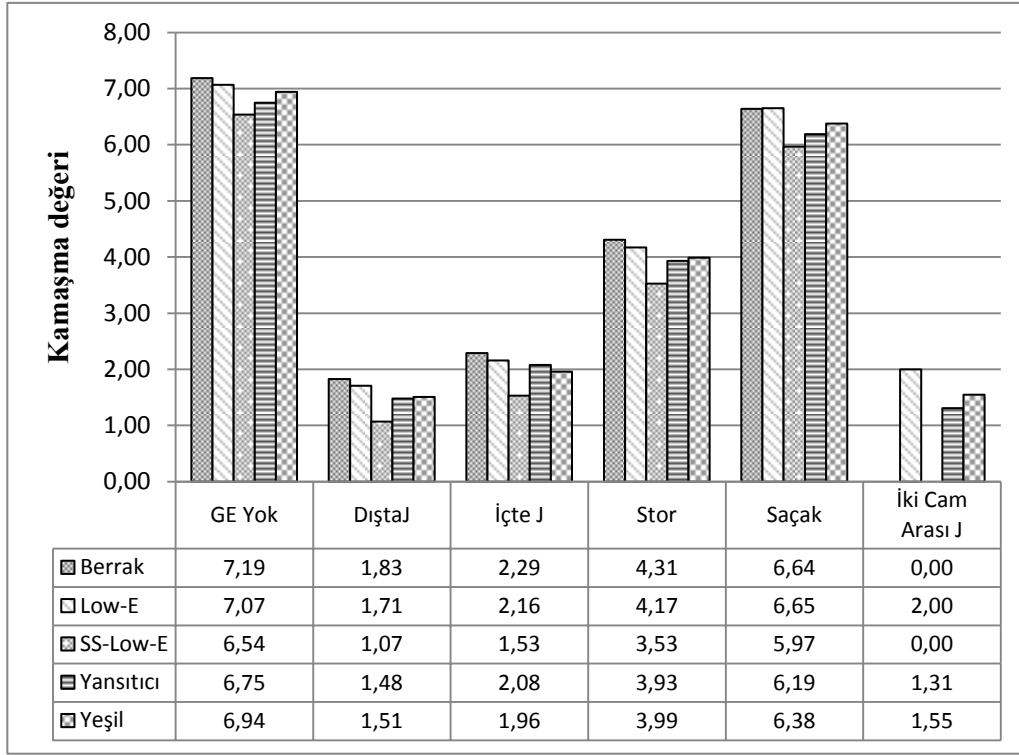
Kamaşmanın kullanıcıyı rahatsız etmemesi için sınır değerler, özel bir ofis mekanında, yapılan işe bağlı olarak 16-19' u aşmaması gerekmektedir. Farklı gölge elemanlarının bir araya geldiği pencerelerin sırasıyla 0.45 ve 0.60 saydamlık oranının olduğu seçeneklere ait yıllık kamaşma değerleri Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da verilmektedir. 0.30 saydamlık oranına sahip tüm seçeneklerin kamaşma değeri 0 olduğu için bu seçenekler değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Buna göre saydamlık oranının artışına bağlı olarak kamaşma değerleri de artmaktadır. 0.45 ve 0.60 saydamlık oranına sahip pencere seçeneklerinin hepsi, 0.30 saydamlık oranlı olanlarda olduğu gibi, kamaşmaya ait sınırları aşmamaktadırlar. Etkin yıllık gün ışığı aydınlığı sağlayan seçeneklerin kamaşma değerinin yüksek olduğu görülmektedir. 0.45 ve 0.60 saydamlık oranına sahip seçenekler için gölge elemanlarının kamaşma değerleri azaltıcı etkisi yüksekten düşüğe sırasıyla iki cam arası jaluzi, dış jaluzi, iç jaluzi, stor ve saçak olarak sıralanmaktadır. Dış ve iki cam arası jaluzileri kamaşma değerine etkileri birbirine yakındır. 0.45 saydamlık oranına sahip seçeneklerde, iki cam arası jaluzi ile bir araya gelen spektral seçici low-E ve yansıtıcı kaplamalı camlı

pencere sistemlerinin kamaşma değeri 0'dır. 0.60 saydamlık oranına sahip seçeneklerde ise spektral seçici low-E kaplamalı ve berrak camlı pencereler ile oluşturulan sistemlerin kamaşma değeri 0'dır. Dolayısıyla 0 kamaşma değerine sahip iki cam arası jaluzi ile oluşturulan bu seçenekler kamaşma değeri açısından en etkin seçeneklerdir. Tüm seçeneklerde en iyi kamaşma kontrolü sağlanan pencere, spektral seçici low-E kaplamalı cama sahip olandır.

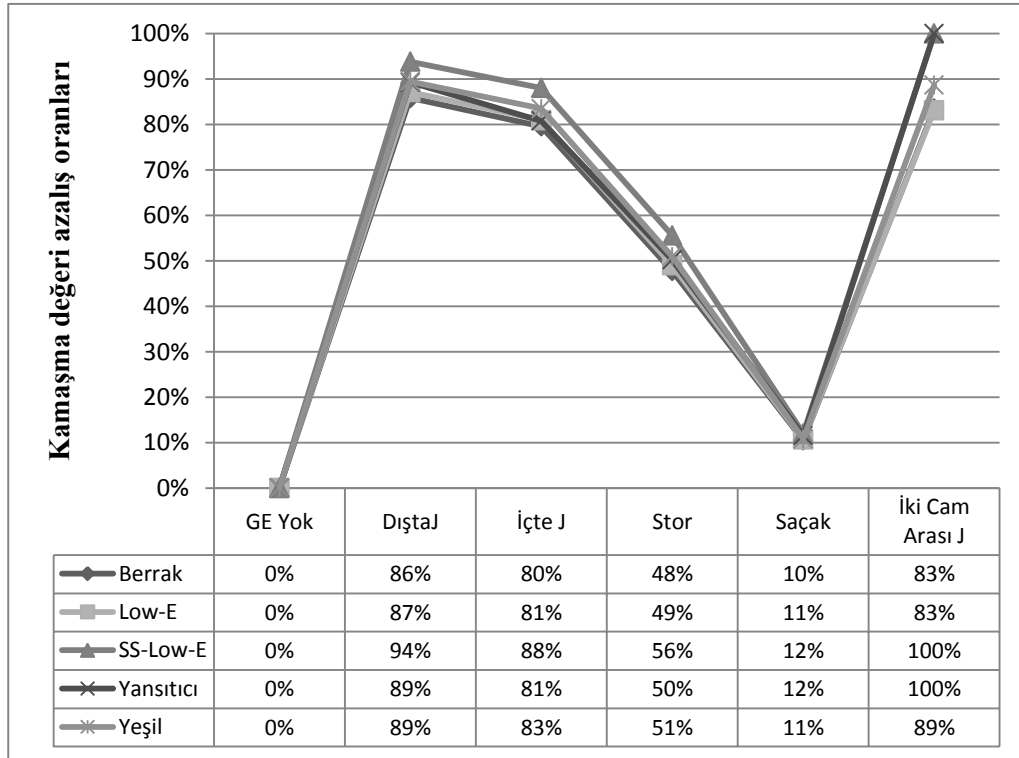
Pencerelere farklı gölge elemanları uygulanması ile birlikte kamaşma değerlerindeki artma oranları ise sırasıyla 0.45 ve 0.60 saydamlık oranları için Şekil 4.50 ve Şekil 4.51'de verilmektedir. Buna göre sırasıyla 0.45 ve 0.60 saydamlık oranı için dış jaluzilerle oluşturulan sistemlerde kamaşma değeri azalış oranları %86-94, %75-84; iç jaluzilerde %80-88, %68-77, iki cam arası jaluzilerde %83-100, %72-100; storlarda %48-51, %40-46; saçaklarda ise %10-12, %6-9 olarak görülmektedir.



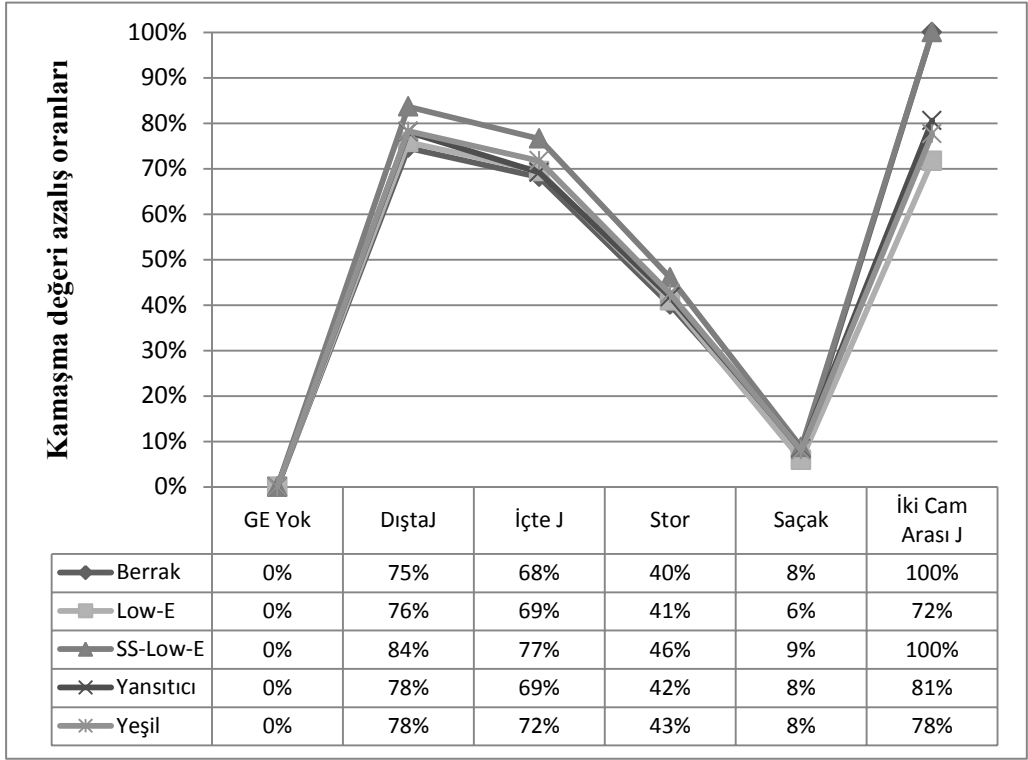
Şekil 4.48: 0.45 saydamlık oranı için ortalama yıllık kamaşma değeri.



Şekil 4.49: 0.60 saydamlık oranı için ortalama yıllık kamaşma değeri.



Şekil 4.50: 0.45 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama kamaşma değerlerindeki azalış oranları.



Şekil 4.51: 0.60 saydamlık oranı için pencerelere farklı gölge elemanları uygulanmasıyla yıllık ortalama kamaşma değerlerindeki azalış oranları.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİ

Bu çalışma, yapı kabuğunda ısı akışlarının en fazla gerçekleştiği pencerelerin iyileştirilmesi, ısı kazancının azaltılması ve aynı zamanda görsel performansın uygun düzeye taşınabilmesi bakımından önem taşımaktadır. Enerji etkinliğinin önemi ve teknolojik gelişmelerle birlikte pencere sistemlerinin sağlaması gereken enerji performans gereksinimleri artmıştır. Fakat sadece enerji performans gereksinimlerinin sağlanması yeterli olmamakta ve kullanıcı konforunun da sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle gölge elemanı ve pencere seçiminde göz önünde bulundurulması gereken parametreler bulunmaktadır.

Tez kapsamına bağlı olarak, farklı gölge elemanları ve pencerelerle oluşturulan toplam 50 pencere sistemi için bileşen düzeyinde, ısı ve görsel performanslarının değerlendirilmesi için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, 50 pencere sistemine ait ısı geçirgenlik katsayısı, güneş ısı kazanç katsayısı ve ışık geçirgenlik değerleri standartlarca ortaya konan, sınır değerlere göre değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Farklı gölge elemanlarıyla bir araya gelen pencerelerin mekanın enerji ve konfor performansına olan etkisi, bileşen düzeyinde yapılan değerlendirme ile kesin olarak saptanamayacağından, ikinci aşama olan mekan düzeyinde değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Beş referans pencere, ilk aşamadan geçen 15 seçenek ve bu aşamada dahil olan 10 seçenek, üç farklı saydamlık oranı için modellenmiş ve toplam 90 seçenek için simülasyonlar yapılmıştır. Bu seçeneklere ait yıllık ortalama ısıtma/soğutma yükleri, kullanılan yıllık toplam enerji ile gün ışığı aydınlık değeri ve kamaşma değeri, standartlarda belirtilmiş sınır değerlere göre değerlendirilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu yollarla, ılımlı nemli iklime sahip İstanbul'da konumlanan, güneye yönelmiş bir ofis mekanı için en uygun gölge elemanı ve pencere sistemi belirlenmektedir.

Bundan sonraki çalışmalar, farklı gölge elemanlarının pencerenin enerji ve konfor performansına etkisinin birden fazla iklimde karşılaştırılması ve değerlendirilmesi olarak geliştirilebilir ve bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapılabilir.

Çizelge 5.1’de 0.45 saydamlık oranına sahip toplam 25 seçenekle gerçekleştirilen bileşen ve mekan düzeyinde karşılaştırmaları içermektedir. Mekan düzeyinde enerji performansı karşılaştırmaları aynı gruptaki seçeneklerin ortalamalarından yararlanarak yapılmıştır.

Çizelge 5.1: Bileşen ve mekan düzeyinde performans değerlendirmeleri karşılaştırması.

		Bileşen Düzeyinde Değerlendirme				Mekan Düzeyinde Değerlendirme					
	Cam Sistemi	U	SHG C	LSG	Performans (3)	YIY	YSY	YTE	OGAD	OKD	Performans (5)
Dış jaluzi	a	+	+	+	3 - %100	-	+	-	-	+	2 - %40
	b	+	+	+	3 - %100	+	+	-	-	+	3 - %60
	c	+	+	+	3 - %100	+	+	+	-	+	4 - %80
	d	+	+	+	3 - %100	-	+	+	-	+	3 - %60
	e	+	+	+	3 - %100	-	+	+	-	+	3 - %60
İç jaluzi	a	-	-	+	1 - %33	+	-	-	-	+	2 - %40
	b	+		+	2 - %67	+	-	-	-	+	2 - %40
	c	+	+	+	3 - %100	+	-	-	-	+	2 - %40
	d	-	-	+	1 - %33	-	-	-	-	+	1 - %20
	e	-	+	+	2 - %67	-	-	+	-	+	2 - %40
İki cam arası jaluzi	a	x				-	+	+	-	+	3 - %60
	b					-	+	-	-	+	2 - %40
	c					+	+	+	-	+	4 - %80
	d					-	+	+	-	+	3 - %60
	e					-	+	+	-	+	3 - %60
Stor	a	+	-	+	2 - %67	+	-	-	-	+	2 - %40
	b	+	-	+	2 - %67	+	-	-	-	+	2 - %40
	c	+	+	+	3 - %100	+	-	+	-	+	3 - %60
	d	+	-	+	2 - %67	+	-	+	-	+	3 - %60
	e	+	+	+	3 - %100	+	-	-	-	+	2 - %40
Saçak	a	x				+	-	-	+	+	3 - %60
	b					+	-	+	+	+	4 - %80
	c					+	+	+	+	+	5 - %100
	d					-	-	+	+	+	3 - %60
	e					-	+	-	+	+	3 - %60
+ uygun, - uygun değil, x değerlendirme dışı											
U: Isıl geçirgenlik katsayısı, SHGC: Güneş ısı kazanç katsayısı, VT: Işık geçirgenlik, LSG: VT/SHGC											
YIE: Yıllık Isıtma Enerjisi, YSE: Yıllık Soğutma Enerjisi, YTE: Yıllık Toplam Enerjisi, OGAD: Ortalama Gün Işığı Aydınlatlık Değeri, OKD: Ortalama Kamaşma Değeri											

İki cam arası jaluzi ve saçak tipi gölge elemanları ile bileşen düzeyinde değerlendirme gerçekleştirilmemiştir, sadece mekan düzeyinde performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Ortalamalara bakılarak yapılan karşılaştırmanın

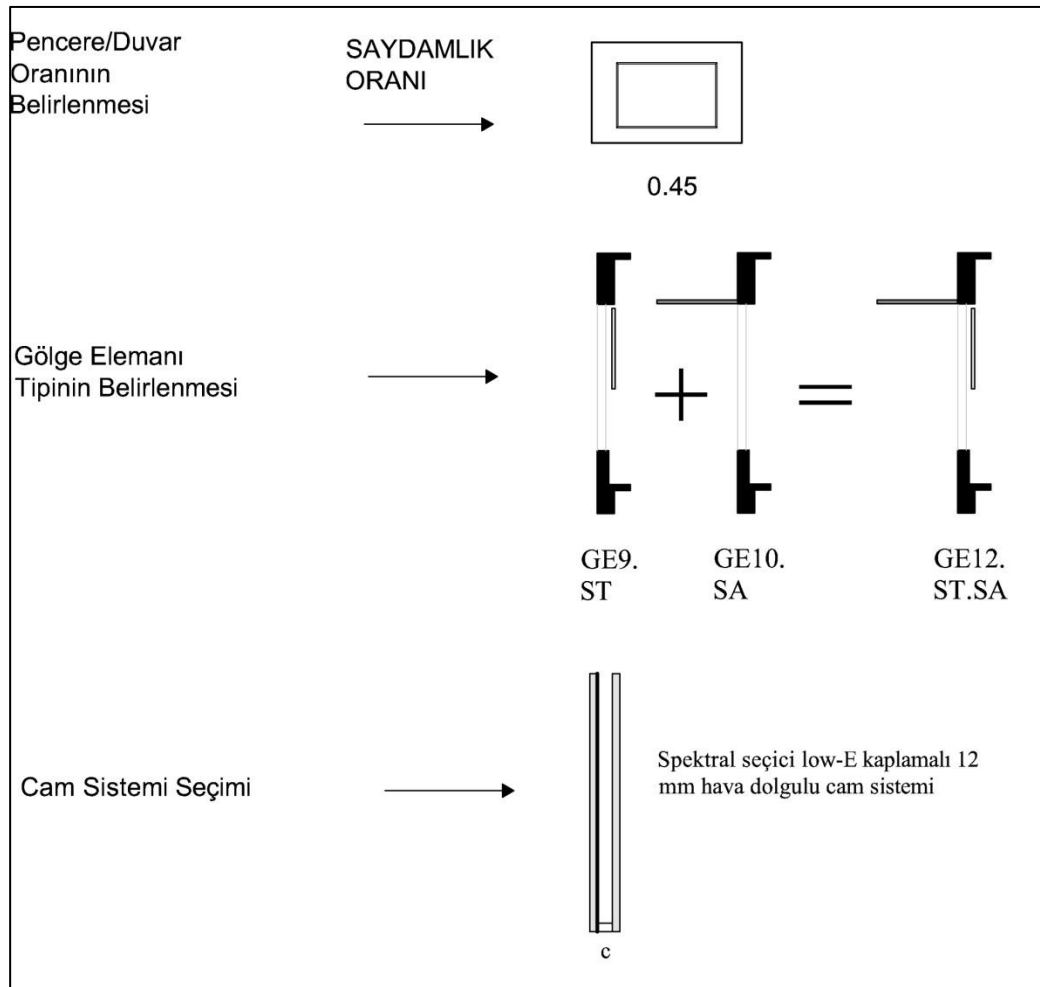
yanı sıra bir de sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre hem enerji hem de konfor performansları içinde en uygun ilk 10 seçenek içinde olanlar saptanmıştır.

- Sınıflandırma ile yapılan değerlendirme sonucu en uygun seçenekler, saçak ile bir araya gelen spektral seçici low-E ve low-E kaplamalı camlı pencere sistemleri, stor ile bir araya gelen yansıtıcı ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere sistemleridir.
- Tüm seçenekler uygun kamaşma değerini sağlamıştır, ancak gün ışığı aydınlık değerini saçak kullanılan seçenekler dışındaki diğer seçenekler karşılamamaktadır.
- Dış jaluziye sahip tüm seçenekler bileşen düzeyinde tüm performans kriterlerini sağlamıştır. Mekan düzeyinde ise spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencereyle gün ışığı aydınlık değeri hariç olmak üzere, diğer performans kriterlerinin tümünü ortalamanın üzerinde karşılamıştır.
- İç jaluzili seçeneklerden sadece biri bileşen düzeyinde tüm kriterleri sağlamaktadır. İç jaluzi ile oluşturulan seçeneklerin mekan düzeyinde ise soğutma yükünü azaltmadaki etkisi ortalamanın altında kalmaktadır.
- İki cam arası jaluzi ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere ile oluşturulan seçenek gün ışığı aydınlık değeri hariç, diğer performans kriterlerini ortalamanın üzerinde bir değerle sağlamıştır. Ayrıca iki cam arası jaluzi ile oluşturulan seçeneklerin tümü soğutma yükünü azaltmada ortalamanın üzerinde performansa sahiptirler.
- Storla oluşturulan iki seçenek bileşen düzeyinde tüm kriterleri sağlamıştır. Soğutma yükünü azaltmada tüm seçeneklere bakıldığında, storlar ortalamanın altındadır, ancak ısıtma yükünü azaltmadaki performansı diğer seçeneklere oranla oldukça yüksektir.
- Mekan düzeyinde tüm performans kriterlerini karşılayan tek seçenek saçak ve spektral seçici low-E kaplamalı camlı pencere birleşimidir.

Çalışma kapsamında gün ışığı aydınlık değerini yıllık bazda uygun bir düzeyde sağlayabilen tek gölge elemanı saçaktır. Ancak günlük bazda yapılan değerlendirme, saçakların gün ışığı aydınlık değerini sınır değerini aşabildiğini göstermektedir. Bu sebeple yaz ayları için hareketli, gerektiğinde kaldırılabilen bir iç gölge elemanı ile kombinasyonu ile etkin enerji ve görsel konfor koşulları sağlanabilir. Yıllık toplam enerji ve yıllık gün ışığı aydınlık değeri performanslarının her ikisini de ortalamanın

üzerinde değerlerle karşılayan seçeneklere bakıldığında iki performansı da sağlayan 4 adet seçenek bulunmaktadır. Bunlar saçakla bir araya getirilen spektral seçici low-E camlı ve low-E camlı pencereler ile storlarla bir araya getirilen spektral seçici low-E ve yansıtıcı camlı pencerelerde gerçekleşmektedir. Bunun için önerilen pencere sistemi saçak ve stor tipi gölge elemanı ile spektral seçici low-E camlı pencere kombinasyonudur (Şekil 5.1). Oluşturulan pencere sistemine ait yıllık soğutma yükü, yıllık toplam enerji ile yıllık ve günlük gün ışığı değerleri ve kamaşma değeri Çizelge 5.2’de verilmektedir. Buna göre soğutma yükü ve yıllık toplam enerji performansı ile kamaşma değeri performansları ortalamanın üzerindedir ve bu performans kriterleri açısından uygundur. Yıllık gün ışığı aydınlık değeri ise storun devre dışı bırakıldığı sürede, ortalamanın üzerinde performans sağlamaktadır. Şekil 5.2’de verilen grafikte görüldüğü gibi yaz aylarında stor kullanımı ile standartlarca ortaya konan sınır değerlerin altında kalıyor olsa dahi, jaluzilerle oluşturulan sistemlerle karşılaştırıldığında etkin bir performans sağladığı dikkat çekmektedir. Şekil 5.3’te verilen grafikte ise kış aylarında storun devre dışı bırakılması ile etkin doğal aydınlatma performansı sağlandığı görülmektedir. Kışın sadece saçığın varlığıyla gün ışığı aydınlık sınır değerleri sağlanmaktadır.

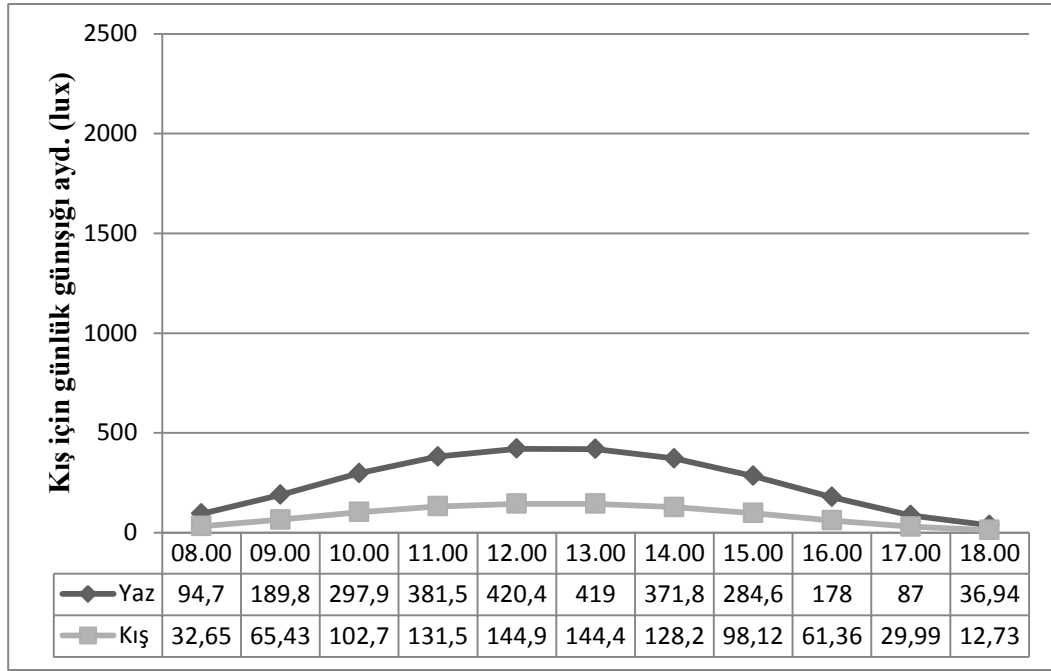
Saçak ile ve önerilen seçeneğe ait yıllık ısıtma, soğutma yükleri ile yıllık toplam enerji ve yıllık gün ışığı aydınlık değeri ile kamaşma değerleri Çizelge 5.2’ de verilmektedir. Buna göre saçak ile oluşturulan pencere sistemine storun eklenmesi ile soğutma yükü, yıllık toplam enerji ve kamaşma değeri yaz ayları için azaltılmaktadır. Kış aylarındaysa storun kullanımına devam edildiğinde ısıtma yükünde azalma sağlanmaktadır.



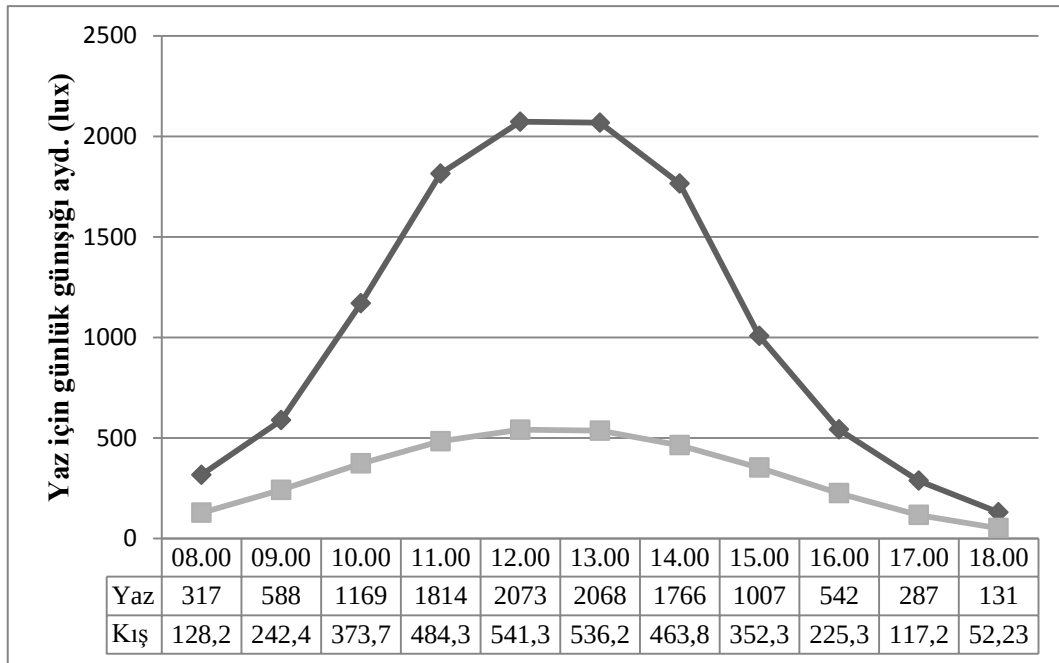
Şekil 5.1: Önerilen pencere sisteminin oluşturulması için seçilen parametreler.

Çizelge 5.2: Öneri pencere sistemine ait enerji ve konfor performans değerleri.

No	Pencere İsimleri	Saydamlık Oranı	Cam Tipi	Gölge Elemanı	Isıtma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Soğutma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Kullanılan Toplam Enerji (kW h/m2-yıl)	Ort. Gün ışığı Aydınlık Seviyesi (lux)	Ort. Kamaşma Değeri
91	s.over.ro l.045	0.45	SS-Low-E	Saçak+ Stor	1,025	45,675	80,425	79,01	1,94
68	s.over.0 45	0.45	SS-Low-E	Saçak	1,267	51,541	86,533	324,42	4,4



Şekil 5.2: Önerilen, saçak ve stora sahip, pencere sistemine ait günlük gün ışığı aydınlık değerleri.



Şekil 5.3: Saçak ile oluşturulan pencere sistemi için günlük gün ışığı aydınlık değeri.

KAYNAKLAR

- Anon, ASHRAE,** (2009). *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, Fenestration, Chapter 15 Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Anon, ASHRAE,** (2006). *ASHRAE Standard 169 Weather Data For Building Design Standards*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Anon, IEA,** (2000). *Daylight in Buildings*, Report IEA SHC Task 21, Washington.
- Anon, IECC,** (2009). *International Energy Conservation Code*, USA.
- Anon, ISO 15099,** (2003). *Thermal Performance Windows, Doors and Shading Devices – Detailed Calculations*, International Organization for Standardization, Switzerland.
- Anon, BS EN 12464-1: 2011,** (2011). *Light and Lighting - Lighting of work places - Part1: Indoor work places*, European Committee for Standardization, Brussels.
- Bayraktar, N.T., Ok, V.,** (2009). A method for evaluating external shading device influences on zone gains by Energyplus simulation programme, Eleventh IBPSA Conference, Glasgow.
- Beck, A, Körner, W.,** (1999). Making Beter Use of Natural Light a Light-Redirecting Double Glazing System, *Solar Energy*, Vol: 66, No: 3, s.215-221.
- Berge, B.,** (2001). *The Ecology of Building Materials*, Architectural Press, United Kingdom.
- Bostancı, C.,** (2006). *Akıllı Kinetik Güneş Kontrol Sistemi Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ.
- Carmody J., Selkowitz S., Lee E., Aratesh D., Wilmert T.,** (2003). *Windows Systems for High Performance Buildings*, W.W. Norton & Company, New York.
- Carmody J., Selkowitz S., Aratesh D., Heschong, L.,** (2000). *Residential Windows – A Guide to New Technologies and Energy Performance*, W.W. Norton & Company, New York.
- Chiara, D.J., Panero, J., Zelnik, M.,** (1992). *Time-Saver Standards for Interior Design and Space Planning*, Singapore.
- Çelebi, G.,** (2002). Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panallerin Kullanım İlkeleri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 17, No 3, 17-33, Ankara.
- Fanger, P.O.,** (1970). *Thermal Comfort*, McGraw Hill.
- Kalemci B.,** (2003). *Türkiyede Farklı Yönlere Bakan Pencerelelerin Dış Gölgeleme Elemanı Tasarımı İçin Pratik Bir Yöntem*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ.

- Karakurt, H.,** (2008). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Doğrama Seçeneklerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koo S.Y., Yeo M.S., Kim K.W.,** (2009). Automated blind control to maximize the benefits of daylight in buildings, *Building and Environment*, Elsevier, United Kingdom.
- Küçükdoğu, M., Ş,** (1976). İklimsel Konfor ve Aydınlık Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından; Pencere Tutarlarının Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, İ.T.Ü. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- Lyons, A.,** (2007). *Materials for Architects and Builders*, Elsevier, United Kingdom.
- Matusiak, B.,** (1998). Daylighting Systems, *Linear Atrium Buildings at High Latitudes*. Daylight '98 conference, Canada.
- Mitchell, R., Kohler, c., Kleus, J., Rubun, M., Arasteh, D.,** (2008). WINDOW 6.2/THERM 6.2 User Manual for Analyzing Window Thermal Performance, LBNL-941, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA.
- Mitchell, R., Yazdani, M., Zellany, K., Curcija, C., Bjornstad, B.,** (2011). COMFEN 4.0 Program Description for Calculating the Energy Demand and Comfort Impacts of Windows in Commercial Buildings, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA.
- NFRC-100,** (2010). Procedure for Determining Fenestration Products U-factors, *National Fenestration Rating Council, Inc., USA*.
- NFRC-200,** (2010). Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence, *National Fenestration Rating Council, Inc., USA*.
- Olgyay V., Olgyay A.,** (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Rosencrantz, T., Bülow-Hübe, H., Karlsson B., Roos, A.,** (2005). Increased solar energy and daylight utilisation using anti-reflective coatings in energy-efficient windows, *Solar Energy Materials & Solar Cells*.
- Seckin, N.P.** (2007). *Ekolojik Tasarımda Güneş ve Rüzgar Kontrolü*, Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyumu, 27-28 Nisan, ss 89-94, Antalya
- Stack A., Goulding, J., Lewis, O.,** (2002). Shading Systems – Solar Shading for the European Climates, European Commission, Energie, Ireland.
- Tavil, A.,** (2004). Cephe Sistemlerinde Yeni Teknolojiler - Elektrokromik Pencere Tutarları, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, 6-8 Ekim, Taşkışla, s.111-116.
- TS-825** (2008). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Tuncer, K.,** (2006). Isıl Konforun Fanger Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv., Ankara.

Yener, A.K., (2008). Binalarda Gün Işığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, 25-28 Ekim, İzmir.

Yurttakal Ö., (2007). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman Ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Url-1 <http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1b.html>, alındığı tarih: 28.04.2012.

Url-2 <<http://www.efficientwindows.org/gtypes.cfm>>, alındığı tarih: 27.11.2011.

Url-3 <http://windows.lbl.gov/software/window/6/w6_download6_3_54.asp?>, alındığı tarih: 28.04.2012.

Url-4 <http://windows.lbl.gov/software/comfen/4/comfen_download.asp>, alındığı tarih: 28.04.2012.

Url-5 <<http://www.efficientwindows.org/ftypes.cfm>>, alındığı tarih: 29.04.2012.

Url-6 <http://www.levolux.com/L_case_studies/case_studies.htm>, alındığı tarih: 29.04.2012.

Url-7 <http://www.creategreenhome.com/Select_Windows.htm>, alındığı tarih: 01.05.2012.

Url-8 <<http://windows.lbl.gov/software/window/6/WINDOW6-ComplexGlazingSummary.pdf>>, alındığı tarih: 01.05.2012.

Url-9 <<http://www.zeroenergyhomes.gr/page13.php>>, alındığı tarih: 01.05.2012.

Url-10 <<http://www.commercialwindows.org/thermochromic.php>>, alındığı tarih: 01.05.2012.

EKLER

EK –A: WINDOW 6 Simülasyon Sonuçları

Çizelge A.1: Pencere sistemlerine ait U, SHGC ve VT değerleri

No	Pencere İsimleri	Cam Sistemi	Gölge Elemanı Konumu	Gölge Elemanı Açısı	U - Değeri	SHGC	VT	VT/SHG C (LSG)
1	ref.c	Ref. Hava Berrak	-	-	2,935	0,669	0,723	1,081
2	ref.l	Ref. Hava Low-E			2,164	0,632	0,674	1,066
3	ref.s	Ref. Hava SSLow			2,177	0,459	0,498	1,085
4	ref.r	Ref. Hava Yansıtıcı			2,91	0,538	0,559	1,039
5	ref.t	Ref. Hava Yeşil			2,935	0,463	0,62	1,339
6	c.0.ext	Berrak Hava +	DIŞTA JALUZİ	0 ext.	2,316	0,663	0,682	1,029
7	c.15.ext			15 ext.	2,312	0,540	0,543	1,006
8	c.30.ext			30 ext.	2,307	0,375	0,358	0,955
9	c.45.ext			45 ext.	2,297	0,212	0,183	0,863
10	l.0.ext	Low_E Hava +	DIŞTA JALUZİ	0 ext.	1,842	0,619	0,636	1,027
11	l.15.ext			15 ext.	1,84	0,504	0,507	1,006
12	l.30.ext			30 ext.	1,837	0,348	0,334	0,960
13	l.45.ext			45 ext.	1,832	0,196	0,17	0,867
14	s.0.ext	SS_low_E Hava +	DIŞTA JALUZİ	0 ext.	1,851	0,481	0,469	0,975
15	s.15.ext			15 ext.	1,849	0,392	0,37	0,944
16	s.30.ext			30 ext.	1,846	0,273	0,241	0,883
17	s.45.ext			45 ext.	1,84	0,160	0,12	0,750
18	r.0.ext	Yansıtıcı +	DIŞTA	0 ext.	1,835	0,584	0,529	0,906

No	Pencere İsimleri	Cam Sistemi	Gölge Elemanı Konumu	Gölge Elemanı Açısı	U - Değeri	SHGC	VT	VT/SHGC (LSG)
19	r.15.ext	Hava	JALUZİ	15 ext.	1,834	0,483	0,425	0,880
20	r.30.ext			30 ext.	1,834	0,340	0,283	0,832
21	r.45.ext			45 ext.	1,829	0,196	0,146	0,745
22	t.0.ext	Yeşil + Hava	DIŞTA JALUZİ	0 ext.	2,234	0,527	0,584	1,108
23	t.15.ext			15 ext.	2,229	0,432	0,463	1,072
24	t.30.ext			30 ext.	2,221	0,305	0,303	0,993
25	t.45.ext			45 ext.	2,209	0,182	0,153	0,841
26	c.0.int	Berrak Hava +	İÇTE JALUZİ	0 int.	2,731	0,648	0,683	0,745
27	c.15.int			15 int.	2,71	0,602	0,548	1,108
28	c.30.int			30 int.	2,826	0,547	0,378	1,072
29	c.45.int			45 int.	2,611	0,461	0,212	0,993
30	l.0.int	Low_E Hava +	İÇTE JALUZİ	0 int.	2,053	0,615	0,636	0,841
31	l.15.int			15 int.	2,042	0,582	0,511	1,054
32	l.30.int			30 int.	2,084	0,541	0,353	0,910
33	l.45.int			45 int.	1,992	0,476	0,198	0,691
34	s.0.int	SS_low_E Hava +	İÇTE JALUZİ	0 int.	2,064	0,446	0,47	0,460
35	s.15.int			15 int.	2,054	0,421	0,377	1,034
36	s.30.int			30 int.	2,097	0,389	0,26	0,878
37	s.45.int			45 int.	2,003	0,340	0,146	0,652
38	r.0.int	Yancıtıcı Hava +	İÇTE JALUZİ	0 ext.	2,437	0,516	0,528	0,416
39	r.15.int			15 ext.	2,517	0,481	0,428	1,054
40	r.30.int			30 ext.	2,491	0,433	0,301	0,895
41	r.45.int			45 ext.	2,449	0,378	0,176	0,668
42	t.0.int	Yeşil + Hava	İÇTE JALUZİ	0 ext.	2,554	0,439	0,585	0,429
43	t.15.int			15 ext.	2,534	0,409	0,649	1,023

No	Pencere İsimleri	Cam Sistemi	Gölge Elemanı Konumu	Gölge Elemanı Açısı	U - Değeri	SHGC	VT	VT/SHG C (LSG)
44	t.30.int			30 ext.	2,507	0,366	0,322	0,890
45	t.45.int			45 ext.	2,464	0,318	0,18	0,695
46	c.rol.l	Berrak Hava +	İÇTE STOR	Açık Renk	2,192	0,488	0,305	0,625
47	l.rol.l	Low-E Hava +			1,792	0,492	0,284	0,577
48	s.rol.l	SS_low_E Hava +			1,8	0,357	0,21	0,588
49	r.rol.l	Yansıtıcı Hava +			2,18	0,404	0,241	0,597
50	t.rol.l	Yeşil + Hava			2,192	0,341	0,26	0,762

EK –B: COMFEN 4 Simülasyon Sonuçları

Çizelge B.1: Pencere sistemlerine ait enerji ve konfor performans değerleri

No	Pencere İsimleri	Saydamlık Oranı	Cam Tipi	Gölge Elemanı	Isıtma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Soğutma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Kullanılan Toplam Enerji(source) (kW h/m2-yıl)	Ort.Gün ışığı Aydınlık Seviyesi (lux)	Ort. Kamaşma Değeri
1	c.ref.030	0.30	Berrak	-	0,68	71,91	106,32	533,77	0,00
2	c.ref.045	0.45	Berrak	-	1,03	89,49	124,24	712,21	5,63
3	c.ref.060	0.60	Berrak	-	1,53	111,31	146,56	881,86	7,19
4	l.ref.030	0.30	Low-E	-	0,25	73,11	107,09	493,64	0,00
5	l.ref.045	0.45	Low-E	-	0,29	91,38	125,39	658,63	5,51
6	l.ref.060	0.60	Low-E	-	0,35	114,02	148,09	815,60	7,07
7	s.ref.030	0.30	SS-Low-E	-	0,52	57,80	92,04	354,79	0,00
8	s.ref.045	0.45	SS-Low-E	-	0,71	68,91	103,35	472,52	5,00
9	s.ref.060	0.60	SS-Low-E	-	1,02	82,76	117,50	583,85	6,54
10	r.ref.030	0.30	Yeşil	-	1,00	62,43	97,16	407,40	0,00
11	r.ref.045	0.45	Yeşil	-	1,54	75,63	110,89	543,89	5,20
12	r.ref.060	0.60	Yeşil	-	2,29	92,17	128,18	647,14	6,75
13	t.ref.030	0.30	Yansıtıcı	-	1,44	56,92	92,08	455,24	0,00
14	t.ref.045	0.45	Yansıtıcı	-	2,26	67,35	103,62	606,83	5,38
15	t.ref.060	0.60	Yansıtıcı	-	3,46	81,15	118,33	750,42	6,94
16	c.30.ext.030	0.30	Berrak	Dışta Jaluzi	2,36	39,52	75,61	30,39	0,00
17	c.30.ext.045	0.45	Berrak		4,33	38,82	76,87	41,67	0,80
18	c.30.ext.060	0.60	Berrak		7,40	38,30	79,43	53,64	1,83
19	l.30.ext.030	0.30	Low-E		1,20	41,00	75,92	28,28	0,00
20	l.30.ext.045	0.45	Low-E		2,08	40,60	76,40	38,77	0,71
21	l.30.ext.060	0.60	Low-E		3,50	40,27	77,49	49,91	1,71
22	s.30.ext.030	0.30	SS-Low-E		1,35	40,02	75,10	19,19	0,00
23	s.30.ext.045	0.45	SS-Low-E		2,39	39,25	75,36	26,32	0,31
24	s.30.ext.060	0.60	SS-Low-E		4,08	38,52	76,33	33,88	1,07
25	r.30.ext.030	0.30	Yeşil		1,71	40,38	75,81	24,87	0,00
26	r.30.ext.045	0.45	Yeşil		3,06	39,85	76,64	34,13	0,56
27	r.30.ext.060	0.60	Yeşil		5,19	39,48	78,39	43,96	1,48

No	Pencere İsimleri	Saydamlık Oranı	Cam Tipi	Gölge Elemanı	Isıtma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Soğutma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Kullanılan Toplam Enerji(source) (kW h/m2-yıl)	Ort.Gün ışığı Aydınlık Seviyesi (lux)	Ort. Kamaşma Değeri
28	t.30.ext.030	0.30	Yansıtıcı		2,54	38,69	74,96	25,16	0,00
29	t.30.ext.045	0.45	Yansıtıcı		4,72	37,70	76,15	34,50	0,57
30	t.30.ext.060	0.60	Yansıtıcı		8,20	36,86	78,78	44,41	1,51
31	c.30.int.030	0.30	Berrak	İçte Jaluzi	1,48	56,53	91,73	38,60	0,00
32	c.30.int.045	0.45	Berrak	İçte Jaluzi	2,33	66,99	103,04	52,85	1,15
33	c.30.int.060	0.60	Berrak	İçte Jaluzi	3,58	80,40	117,71	67,85	2,29
34	l.30.int.030	0.30	Low-E	İçte Jaluzi	0,42	62,86	97,01	35,90	0,00
35	l.30.int.045	0.45	Low-E	İçte Jaluzi	0,55	76,09	110,37	49,15	1,05
36	l.30.int.060	0.60	Low-E	İçte Jaluzi	0,77	92,67	127,16	63,09	2,16
37	s.30.int.030	0.30	SS-Low-E	İçte Jaluzi	0,79	51,25	85,77	25,05	0,00
38	s.30.int.045	0.45	SS-Low-E	İçte Jaluzi	1,18	58,87	93,77	34,29	0,60
39	s.30.int.060	0.60	SS-Low-E	İçte Jaluzi	1,75	68,75	104,23	44,02	1,53
40	r.30.int.030	0.30	Yansıtıcı	İçte Jaluzi	1,60	53,06	88,38	34,61	0,00
41	r.30.int.045	0.45	Yansıtıcı	İçte Jaluzi	2,58	61,80	98,11	47,38	1,00
42	r.30.int.060	0.60	Yansıtıcı	İçte Jaluzi	3,96	73,09	110,78	60,84	2,08
43	t.30.int.030	0.30	Yeşil	İçte Jaluzi	2,04	49,58	85,34	32,05	0,00
44	t.30.int.045	0.45	Yeşil	İçte Jaluzi	3,41	56,68	93,81	43,88	0,89
45	t.30.int.060	0.60	Yeşil	İçte Jaluzi	5,40	65,96	105,09	56,32	1,96
46	c.rol.030	0.30	Berrak	Stor	0,73	55,87	90,31	110,00	0,00
47	c.rol.045	0.45	Berrak	Stor	0,98	65,44	100,15	149,87	2,94
48	c.rol.060	0.60	Berrak	Stor	1,36	77,40	112,49	191,02	4,31
49	l.rol.030	0.30	Low-E	Stor	0,31	60,03	94,06	101,81	0,00
50	l.rol.045	0.45	Low-E	Stor	0,33	71,39	105,44	138,71	2,81
51	l.rol.060	0.60	Low-E	Stor	0,39	85,62	119,73	176,81	4,17
52	s.rol.030	0.30	SS-Low-E	Stor	0,56	49,73	84,01	71,19	0,00
53	s.rol.045	0.45	SS-Low-E	Stor	0,70	56,26	90,68	96,99	2,22
54	s.rol.060	0.60	SS-Low-E	Stor	0,93	64,63	99,28	123,62	3,53
55	r.rol.030	0.30	Yansıtıcı	Stor	0,87	51,69	86,28	90,13	0,00
56	r.rol.045	0.45	Yansıtıcı	Stor	1,22	59,21	94,15	122,88	2,59

No	Pencere İsimleri	Saydamlık Oranı	Cam Tipi	Gölge Elemanı	Isıtma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Soğutma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Kullanılan Toplam Enerji(source) (kW h/m2-yıl)	Ort.Gün ışığı Aydınlık Seviyesi (lux)	Ort. Kamaşma Değeri
57	r.rol.060	0.60	Yansıtıcı	Stor	1,72	68,89	104,33	156,79	3,93
58	t.rol.030	0.30	Yansıtıcı	Stor	1,13	51,71	83,00	91,97	0,00
59	t.rol.045	0.45	Yansıtıcı	Stor	1,71	59,82	89,42	125,30	2,64
60	t.rol.060	0.60	Yansıtıcı	Stor	2,44	70,20	97,77	159,69	3,99
61	c.over.030	0.30	Berrak	Saçak	1,30	53,04	88,07	353,36	0,00
62	c.over.045	0.45	Berrak	Saçak	2,10	62,18	98,01	486,54	5,04
63	c.over.060	0.60	Berrak	Saçak	3,12	74,23	111,08	613,28	6,64
64	l.over.030	0.30	Low-E	Saçak	0,46	54,64	88,83	327,01	0,00
65	l.over.045	0.45	Low-E	Saçak	0,60	64,40	98,72	450,18	4,92
66	l.over.060	0.60	Low-E	Saçak	0,84	77,18	111,74	567,47	6,65
67	s.over.030	0.30	SS-Low-E	Saçak	0,83	46,73	81,29	236,15	0,00
68	s.over.045	0.45	SS-Low-E	Saçak	1,27	51,54	86,53	324,42	4,40
69	s.over.060	0.60	SS-Low-E	Saçak	1,91	59,09	94,72	407,99	5,97
70	r.over.030	0.30	Yansıtıcı	Saçak	1,66	46,91	82,29	269,81	0,00
71	r.over.045	0.45	Yansıtıcı	Saçak	2,60	54,48	90,80	371,66	4,60
72	r.over.060	0.60	Yansıtıcı	Saçak	4,03	63,44	101,20	468,94	6,19
73	t.over.030	0.30	Yeşil	Saçak	2,09	44,46	80,28	302,13	0,00
74	t.over.045	0.45	Yeşil	Saçak	3,39	49,75	86,86	415,54	4,80
75	t.over.060	0.60	Yeşil	Saçak	5,24	56,92	95,88	523,09	6,38
76	c.30.btw.030	0.30	Berrak	İki Cam Arası	2,58	40,14	76,44	2,93	0,00
77	c.30.btw.045	0.45	Berrak	İki Cam Arası	4,70	39,74	78,16	4,21	0,00
78	c.30.btw.060	0.60	Berrak	İki Cam Arası	5,04	55,88	94,64	57,65	2,00
79	l.30.btw.030	0.30	Low-E	İki Cam Arası	1,22	44,11	79,06	32,78	0,00
80	l.30.btw.045	0.45	Low-E	İki Cam Arası	2,99	40,77	77,48	3,88	0,00
81	l.30.btw.060	0.60	Low-E	İki Cam Arası	5,06	40,69	79,48	5,35	0,00
82	s.30.btw.030	0.30	SS-Low-E	İki Cam Arası	1,78	40,44	75,95	1,88	0,00
83	s.30.btw.045	0.45	SS-Low-E	İki Cam Arası	1,96	52,10	87,78	20,78	0,19
84	s.30.btw.060	0.60	SS-Low-E	İki Cam Arası	3,01	59,33	96,07	26,66	0,78
85	r.30.btw.030	0.30	Yansıtıcı	İki Cam Arası	2,57	39,71	76,01	2,25	0,00

No	Pencere İsimleri	Saydamlık Oranı	Cam Tipi	Gölge Elemanı	Isıtma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Soğutma Yüğü (kW h/m2-yıl)	Kullanılan Toplam Enerji(source) (kW h/m2-yıl)	Ort.Gün ışığı Aydınlık Seviyesi (lux)	Ort. Kamaşma Değeri
86	r.30.btw.045	0.45	Yansıtıcı	İki Cam Arası	4,69	39,12	77,53	3,24	0,00
87	r.30.btw.060	0.60	Yansıtıcı	İki Cam Arası	5,17	53,45	92,34	39,26	1,31
88	t.30.btw.030	0.30	Yeşil	İki Cam Arası	2,83	39,06	75,62	2,45	0,00
89	t.30.btw.045	0.45	Yeşil	İki Cam Arası	5,23	38,28	77,23	3,53	0,00
90	t.30.btw.060	0.60	Yeşil	İki Cam Arası	5,42	56,12	95,26	44,28	1,55

EK-C: Isıtma ve soğutma için başlangıç noktası bilgileri**Çizelge C.1:** COMFEN 4 simülasyon programınca ısıtma ve soğutma için kabul edilen başlangıç noktası

	Hafta içi	Pazar	Diğer Günler
Soğutma	06.00-22.00 24 ⁰ C	06.00-18.00 24 ⁰ C	26.7 ⁰ C
	22.00-06.00 26.7 ⁰ C	18.00-06.00 26.7 ⁰ C	
Isıtma	06.00-22.00 21 ⁰ C	06.00-18.00 21 ⁰ C	15.6 ⁰ C
	22.00-06.00 15.6 ⁰ C	18.00-06.00 15.6 ⁰ C	

EK-D: Sınır Aydınlık Değerleri**Çizelge D.1:** Ofis mekanlarına ait sınır aydınlık değerleri (EN 12464-1)

Alan, görev, aktivite türü	Aydınlık değeri (lux)	Kamaşma değeri	Aydınlık Bağdaşıklığı
Kopyalama, vb.	300	19	0,40
Yazma, okuma, veri işleme	500	19	0,60
Teknik çizim	750	16	0,70
CAD çalışma yeri	500	19	0,60
Toplantı salonu	500	19	0,60
Resepsiyon	300	22	0,60
Arşiv	200	22	0,40

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Selin ŞAHİNOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: ORDU - 05.05.1988

Adres: Beşiktaş Dikilitaş Mah. Barış Sok. No: 2-1/20 İSTANBUL

E-Posta: selinsahinoglu@gmail.com

Lisans: Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
2005-2010

Yüksek Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana
Bilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi 2011 -

Mesleki Deneyim ve Ödüller: -