

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE ENERJİ ETKİN PENCERE**  
**TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Sibel MAÇKA**

**OCAK 2008**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE ENERJİ ETKİN PENCERE  
TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mimar Sibel MAÇKA**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Yüksek Mimar"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28. 12. 2007  
Tezin Savunma Tarihi : 25. 01. 2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yalçın YAŞAR  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Orhan AYDIN**

**Enstitü Müdürü V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

‘Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi’ isimli bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında yapılmıştır.

Pencereler, enerji etkin yapı tasarımında önemi gittikçe artan bir yapı elemanı haline gelmiştir. Bu yapı elemanları, doğru tasarlanmadıkları takdirde, yapının ısıtma ve soğutma yükünü, bulunulan bölgenin iklimsel koşullarına göre, önemli ölçüde artırmaktadırlar. Bu durum yapının enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, yapının ısıtma ve soğutma yükünü önemli miktarlarda azaltacak çok sayıda enerji etkin pencere seçenekleri geliştirilmiştir. Ancak bu seçeneklerin, iklim bölgelerine göre enerji etkinliğinin nasıl değerlendirileceği üzerine kapsamlı bir çalışma henüz yapılmamıştır. Bu çalışma, geliştirilen Win-Energy 1.0 bilgisayar programından elde edilen veriler kullanılarak, farklı tür pencere seçeneklerinin iklim bölgelerimize göre enerji etkinliğinin nasıl değerlendirileceği üzerine bir yöntem geliştirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca ilgi ve yardımlarını gördüğüm, fikir ve görüşlerinden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Yalçın YAŞAR’a, eleştiri ve önerileriyle bana yol gösteren hocalarım Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN ve Prof. Dr. Orhan AYDIN’a, tez çalışmam da kullandığım Win-Energy 1.0 programını geliştirmemde yardımlarını esirgemeyen ağabeyim İnş. Müh. Bülent MAÇKA’ya, zor olan her anımda yanımda ve bana destek olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Sibel MAÇKA

Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
1.3. Cam ve Pencereilerin Tarihsel Gelişimi.....	4
1.4. Enerji Etkin Pencere Tasarımına Etki Eden Kriterler.....	5
1.4.1. İklim Kontrolü.....	5
1.4.1.1. Güneş Kontrolü.....	5
1.4.1.2. Isı Korunumu.....	6
1.4.2. Yapı İşlevi.....	7
1.4.3. Yönlenme.....	7
1.4.4. Pencere Alanı.....	8
1.4.5. Pencere Konumu.....	8
1.4.6. İklimsel Faktörler.....	8
1.4.6.1. Deniz Seviyesinden Yükseklik (H-m).....	8
1.4.6.2. Hakim Rüzgar Şiddeti ve Yönü (v).....	9
1.4.6.3. Toplam Güneş Işınım Şiddeti ( $I_T-W/m^2K$ ).....	9
1.4.6.4. Dış Ortam Hava Sıcaklığı ( $T_d - C^0$ ).....	9
1.5. Pencereilerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi İçin Isıl Performans Kriterlerinin Hesaplanmasında Bilinmesi Gerekli Olan Kavramlar ve Tanımlar.....	10
1.5.1. Güneş Spektrumu ve Güneş Işınımı.....	10
1.5.2. Pencere Bileşenleri.....	11
1.5.2.1. Şeffaf Yüzeyler (Camlar).....	11

1.5.2.1.1. Camların Optik Özellikleri.....	12
1.5.2.1.2. Camların Termofiziksel Özellikleri .....	16
1.5.2.1.3. Gazların Termofiziksel Özellikleri .....	17
1.5.2.2. Opak Yüzeyler (Çerçeveler) .....	18
1.6. Pencere Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi İçin Hesaplanması Gerekli Katsayılar ve Tanımları.....	18
1.6.1. Isı Korunum Düzeyini Belirlemede Kullanılan Katsayılar .....	18
1.6.1.1. Isı Geçirgenlik Katsayısı ( $U - W/m^2K$ ) .....	18
1.6.2. Güneş Kontrol Düzeyini Belirlemede Kullanılan Katsayılar .....	19
1.6.2.1. Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (SHGC).....	19
1.6.2.2. Gölgeleme Katsayısı (SC).....	19
1.6.3. Günışığı Seviyesini Belirlemede Kullanılan Katsayılar .....	20
1.6.3.1. Serinlik İndeksi (coolness index, $D_x$ ).....	20
1.6.4. Pencere Gerçekleşen Anlık Isı Transferinin Katsayısının Belirlenmesi .....	20
1.6.4.1. Pencere Gerçekleşen Isı Transferi.....	20
1.6.4.2. Pencere Gerçekleşen Anlık Isı Transfer Katsayısının Hesaplanması ( $Q_{net}-W/m^2$ ).....	21
1.7. Bir Yapının Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanmasında Pencere Etkisinin İncelenmesi .....	22
1.7.1. Yapının Isıtma Enerjisi İhtiyacını Etkileyen Faktörler .....	23
1.7.2. Yapıların Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabında Adı Geçen Kavramlar ve Tanımları .....	23
1.8. Çalışmada Kullanılacak Pencere Bileşenleri ve Özellikleri .....	24
1.8.1. Cam Türleri .....	25
1.8.1.1. Float Camlar .....	25
1.8.1.2. Güneş Kontrol Camları .....	26
1.8.1.2.1. Renkli Camlar.....	26
1.8.1.2.2. Reflektif Kaplamalı Camlar .....	27
1.8.1.3. İklim Kontrol Camları.....	28
1.8.1.3.1. Low-e Kaplamalı Cam .....	28
1.8.1.3.2. Seçici-Geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlar .....	29
1.8.1.4. Güvenlik Camları .....	30
1.8.1.4.1. Isıyla Temperlenmiş Güvenlik Camı .....	30
1.8.1.4.2. Lamine Camlar .....	31

1.8.1.5.	Yalıtım Camları.....	32
1.8.1.5.1.	Yalıtım Camlarında Cam Tabakaları Arasında Kullanılan Gazlar .....	33
1.8.1.5.2.	Boşluk Çıtaları (spacer) .....	33
1.8.1.5.3.	Yalıtım Camları Kenar Kapatıcıları .....	36
1.8.1.6.	Çok Amaçlı Kullanılan Cam Kaplamalar ve Filmler .....	37
1.8.1.6.1.	Isı Aynası (Heat Mirror) .....	37
1.8.1.6.2.	Antireflektif Kaplamalar .....	37
1.8.1.6.3.	Açısal Seçici Kaplamalar .....	37
1.8.1.6.4.	Holografik Kırıcı Filmler .....	38
1.8.1.7.	Çevirimli Camlar.....	38
1.8.1.7.1.	Optik Özelliklerindeki Değişimlerle Oluşan Camlar .....	38
1.8.1.7.2.	Elektrik Akımı Etkisiyle Değişim Gösteren Camlar.....	40
1.8.1.7.3.	Gazokromik Camlar .....	41
1.8.2.	Çerçeve Türleri .....	41
1.8.2.1.	Alüminyum Çerçeveler .....	41
1.8.2.2.	Ahşap Çerçeveler .....	42
1.8.2.3.	PVC Çerçeveler.....	42
1.9.	Araştırmacılara Yönelik Kaynak Önerileri .....	42
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	46
2.1.	Geliştirilen Bilgisayar Yazılımı Win-Energy 1.0'ın Tanıtılması .....	48
2.1.1.	Cam Sistemleri .....	49
2.1.2.	Cam Kütüphanesi .....	51
2.1.3.	Gaz Kütüphanesi .....	52
2.1.4.	Gaz Karışımları .....	53
2.1.5.	Kayıt Kütüphanesi.....	54
2.1.6.	Çerçeve Kütüphanesi .....	55
2.1.7.	Gölgeleyici Kütüphanesi .....	56
2.1.8.	Pencere Sistemleri .....	57
2.1.9.	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı.....	59
2.1.10.	Çevresel Koşullar .....	60
2.2.	Win-Energy 1.0 Programında Kullanılan Hesaplama Yöntemleri .....	61
2.2.1.	Cam Sistemleriyle İlgili Hesaplamalar .....	62

2.2.1.1.	Görülebilir Işınım Geçirgenlik ( $T_{vis}$ ), Yansıtma ( $R_{vis}$ ) ve Soğurma ( $\alpha_{vis}$ ) Katsayılarının Hesaplanma Yöntemi – TS 11172 EN 410 .....	62
2.2.1.2.	Güneş Işınımı Geçirgenlik ( $T_{sol}$ ), Yansıtma ( $R_{sol}$ ) ve Soğurma ( $\alpha_{sol}$ ) Katsayılarının Hesaplanma Yöntemi – TS 11172 EN 410 .....	65
2.2.1.3.	Camların İç ve Dış Yüzeyinin Konveksiyon ve Işıma Yolları ile Isı Transfer Yeteneğini Belirleyen, $h_e$ ve $h_i$ Değerleri ve Hesaplanma Yöntemi .....	65
2.2.1.4.	Isı Geçirgenlik Katsayısının ( $U$ - W/m <sup>2</sup> K) Hesaplanma Yöntemi- TS EN 673 .....	66
2.2.1.5.	Solar Isı Kazanç Katsayısının (SHGC) Hesaplanma Yöntemi- ASHRAE.....	69
2.2.1.6.	Gölgeleme Katsayısının (SC) Hesaplanma Yöntemi-ASHRAE .....	70
2.2.1.7.	Serinlik İndeksi ( $D_x$ ) Hesaplanma Yöntemi .....	71
2.2.2.	Çerçeve Bileşeniyle İlgili Hesaplamalar - ASHRAE .....	71
2.2.3.	Pencere Sistemleriyle İlgili Hesaplamalar .....	71
2.2.3.1.	Pencere Sistemlerinin Isı Geçirgenlik Katsayılarının ( $U$ -W/m <sup>2</sup> K) Hesaplanma Yöntemi- ISO 15099 .....	72
2.2.3.2.	Pencere Sistemlerinin Solar Isı Kazanç Katsayılarının (SHGC) Hesaplanma Yöntemi- ASHRAE.....	73
2.2.3.3.	Pencere Sistemlerinin Güneş Işınımı Geçirgenlik Katsayısının ( $T_{vis}$ ) Hesaplanma Yöntemi-ASHRAE.....	74
2.2.3.4.	Çift Pencerelerin (Double Window) Isı Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanma Yöntemi- ISO 10077-1 .....	74
2.2.3.5.	İkiz Pencerelerin (Couple Window) Isı Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanma Yöntemi- ISO 10077-1 .....	74
2.2.3.6.	Pencere Sistem Bileşenlerinin Alanlarının Hesaplanma Yöntemi.....	75
2.2.4.	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanma Yöntemi-TS 825.....	76
2.3.	Win-Energy 1.0 Programı Hesap Sonuçları Paralelinde Yapılan Örnek Çalışma.....	79
2.3.1.	Örnek Çalışma Yöntemi.....	79
2.3.2.	Çalışmada Kabul Edilen Sınırlamalar .....	82
2.3.3.	Çalışmada Kullanılan Veriler.....	84
2.3.3.1.	İklimsel Veriler .....	84
2.3.3.2.	Pencere Bileşenlerine Ait Termofiziksel- Optik ve Boyutsal Özellikler .....	86
2.3.3.3.	Referans Binaya İlişkin Veriler.....	88
2.3.4.	İklim Bölgelerine Göre Win-Energy 1.0 Programından Alınan Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesinde İzlenen Yöntem .....	89
2.3.4.1.	İncelenen Pencerelere Ait Performans Değerlendirmesi .....	91

2.3.4.1.1. Tek Tabaka Camlı Pencereleler .....	91
2.3.4.1.2. Çift Tabaka Camlı Pencereleler .....	96
2.3.4.1.3. Üç Tabaka Camlı Pencereleler.....	109
2.3.5. Seçilen Pencerelelerin Dört İklim Bölgesi İçin Anlık Isı Transfer Katsayılarının (Qnet-W/m <sup>2</sup> ) Hesaplanması ve Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	120
2.3.5.1. Pencere Seçiminde İzlenen Yöntem .....	120
2.3.5.2. İklim Bölgelerine Göre Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi .....	121
2.3.6. Seçilen Pencerelelerin TS 825'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacına Etkisinin Analizi .....	127
2.3.7. Seçilen Pencerelelerin Isıl Performans Kriterlerinin Windows ve Win-Energy 1.0 Programı Hesap Sonuçları ve Karşılaştırılması .....	129
3. BULGULAR VE İRDELEME .....	131
3.1. Tek Tabaka Camlı Pencerelelerle İlgili Bulgular .....	131
3.2. Çift Tabaka Camlı Pencerelelerle İlgili Bulgular .....	133
3.3. Üç Tabaka Camlı Pencerelelerle İlgili Bulgular .....	136
4. SONUÇLAR... ..	138
5. ÖNERİLER .....	141
6. KAYNAKLAR .....	142
7. EKLER .....	145
ÖZGEÇMİŞ	



## ÖZET

Bu çalışma; farklı tür tek, çift ve üç camlı pencere seçeneklerinin, Türkiye iklim bölgelerine göre, geliştirilen win-energy 1.0 programından elde edilen veriler vasıtasıyla, enerji etkinliklerinin değerlendirilmesi ve uygun seçeneklerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Birinci bölümde, pencerelerin enerji etkin tasarlanabilmesi için dikkate alınması gereken tasarım kriterleri tanımlanmış, bir pencerenin enerji etkinliğinin değerlendirilebilmesi için, bilinmesi gerekli olan ısı geçirgenlik katsayısı, solar ısı kazanç katsayısı, gölgeleme katsayısı ve serinlik indeksi değerleri açıklanmıştır. Bu değerler ısı performans kriterleri olarak adlandırılmıştır. Bu kriterlerin hesaplanabilmeleri için gerekli olan kavramlar ve tanımlar hakkında genel bilgiler verilmiş, tek, çift, ve üç camlı farklı tür pencere bileşenleri tanıtılmıştır.

İkinci bölümde; tasarımcıya seçtiği pencere türünün, farklı iklimsel koşullara göre enerji etkinliğini değerlendirebilecek verileri sağlayan bilgisayar programı tanıtılmış, hesaplama yöntemleri açıklanmıştır. Seçilen 116 adet pencere win-energy 1.0 programından alınan sonuçlara göre, 4 iklim bölgesi için, ısı, güneş kontrolü ve gün ışığı yeterliliği açısından karşılaştırılmış, iklim bölgelerine göre konut ve ofis yapıları için enerji etkin pencere önerilerinde bulunulmuştur. İklim bölgeleri için konutlarda kullanılması için önerilen pencerelerden seçilen 13 adet pencerenin, yaz – kış koşullarında, anlık ısı transfer miktarları hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmış, iklim bölgelerine göre, ısı transfer miktarlarına bağlı olarak enerji etkinlikleri tartışılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde, tek, çift ve üç tabaka camlı, PVC çerçeveli örneklerden birer adet seçilmiş, bunların referans bina modelinde kullanıldıklarında alanlarına ve yönlerine bağlı olarak gösterdikleri performanslar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Etkin Pencere, Isı Kontrolü, Güneş Kontrolü, Günışığı Yeterliliği, Isı Transferi, Tek, Çift , Üç Tabaka Camlı Pencereler

## SUMMARY

### **Determination of Energy Efficient Window Types According to Turkish Climate Regions**

The aim of this study is to evaluate energy efficiency of different types windows alternatives, single, double and triple pane, in terms of data obtain from the developed win-energy 1.0 software and determine of appropriate window alternatives for Turkish climate regions.

In the first section, it is mentioned about the design criteria which effect energy efficient window design, and thermal transmittance coefficient, solar heat gain coefficient, shading coefficient, coolness index values are defined. These criteria need to be known for evaluation energy efficiency of windows in the best way. These values are called thermal performance criteria. The general information which need to be known while calculating these criteria are mentioned and different types single, double and triple pane windows components are clarified.

In the second section, computer software that provide necessary data to evaluated energy efficiency of the selected window types by designer, according to different climate conditions, is introduced, its calculating procedures are explained. According to results of win-energy 1.0 software, selected 116 windows, for four climate regions, are compared in terms of heat conservation, solar control and daylight performance. Appropriate energy efficient window alternatives is suggested for housing and office buildings according to climate regions. Instantaneous heat transfer coefficients of 13 window alternatives from energy efficient window suggestions for housing, in summer – winter conditions, are calculated. Depending on calculating results, for climate regions, it is discussed the energy efficiency of windows .

In the final section of this study, three different kinds of window alternatives are selected from single, double and triple pane and PVC frame. These alternatives are used in reference building model and depending on areas and directions of windows is compared to effect yearly heating energy requirement of building.

**Key Words** : Energy Efficient Window, Heat Conservation, Solar Control, Daylight Performance, Heat Transfer, Single, Double , Triple Pane Window.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Güneş kontrolü .....	6
Şekil 2. Isı kontrolü .....	6
Şekil 3. Güneş spektrumu .....	10
Şekil 4. 6 mm kalınlığındaki float camın 380-780nm dalga boyu aralığındaki görülebilir ışınım, geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları .....	13
Şekil 5. 6 mm kalınlığındaki float camın 280-2500nm dalga boyu aralığındaki güneş ışınımı geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları .....	13
Şekil 6. 1,2,3 ve 4 numaralı float camların, güneş ışınımının geliş acısı ve geçirgenlikleri arasındaki ilişki .....	14
Şekil 7. Pencere sisteminde gerçekleşen ısı transferi .....	21
Şekil 8. Float cam üretim süreci .....	26
Şekil 9. Standart float camın spektral geçirgenlik özellikleri .....	26
Şekil 10. Yeşil renkli camın spektral geçirgenlik özellikleri .....	27
Şekil 11. Reflektif kaplamalı camın spektral geçirgenlik özellikleri .....	28
Şekil 12. İşlenmemiş float cam ile Low-e camın spektral yansıtıcılıklarının karşılaştırılması .....	29
Şekil 13. Temperli güvenlik camı .....	30
Şekil 14. Lamine cam .....	32
Şekil 15. Çift tabakalı yalıtım camı konstrüksiyon detayı .....	33
Şekil 16. Kutu biçimli boşluk çıtası .....	34
Şekil 17. Isı tutuculu kutu biçimli boşluk çıtası .....	34
Şekil 18. Köpük tipi boşluk çıtası .....	35
Şekil 19. Oyuklu metal şeritli bütül boşluk çıtası .....	35
Şekil 20. Termo plastik boşluk çıtası .....	36
Şekil 21. Süper boşluk çıtası .....	36
Şekil 22. Termotropik yüzeylerin sıcaklıkla değişimi .....	39
Şekil 23. Elektrokromik yüzeylerin voltajla değişimi .....	41
Şekil 24. Win-Energy 1.0 programı ana ekranı .....	49
Şekil 25. Cam sistemleri menüsü .....	50
Şekil 26. Cam kütüphanesi menüsü .....	51

Şekil 27. Gaz kütüphanesi menüsü .....	52
Şekil 28. Gaz karışımları menüsü .....	53
Şekil 29. Kayıt kütüphanesi menüsü .....	55
Şekil 30. Çerçeve kütüphanesi menüsü .....	56
Şekil 31. Gölgeleyici kütüphanesi menüsü .....	57
Şekil 32. Pencere sistemleri menüsü .....	58
Şekil 33. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı menüsü .....	60
Şekil 34. Çevresel koşullar menüsü .....	61
Şekil 35. Çift katmanlı camlar .....	63
Şekil 36. Üç katmanlı camlar .....	64
Şekil 37. Çift katmanlı camlar .....	67
Şekil 38. Üç katmanlı camlar .....	68
Şekil 39. Gaz iletkenliğinin ( $h_s$ 'in) hesaplanması .....	68
Şekil 40. Program Tarafından İncelenmek Üzere Sunulan Pencere Sistem Seçenekleri-ISO 15099 .....	72
Şekil 41. Pencere bileşenlerinin alanların hesaplanması.....	75
Şekil 42. Dünyanın güneş etrafındaki hareketi (yıllık hareket) .....	84
Şekil 43. Örnek alınan referans bina ölçüleri .....	89
Şekil 44. Kullanılan tek tabaka camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması .....	95
Şekil 45. Kullanılan çift tabaka camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması .....	108
Şekil 46. Kullanılan üç tabakalı camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması.....	118
Şekil 47. İzmir ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net-W/m^2}$ ).....	123
Şekil 48. Trabzon ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net-W/m^2}$ ).....	124
Şekil 49. Ankara ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net-W/m^2}$ ).....	125
Şekil 50. Erzurum ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net-W/m^2}$ ).....	126

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Cam ve pencerelerin tarihsel gelişimi .....	4
Tablo 2. Farklı tip çerçevelerin termofiziksel ve optik özellikleri .....	18
Tablo 3. Windows ve Win –Energy 1.0 programlarının girdi ve çıktıları .....	47
Tablo 4. Windows programının hesaplamalarda kullandığı iklimsel veriler .....	48
Tablo 5. TS EN 673 ve ASHRAE’ye göre kabul edilen standart yaz-kış koşulları için, $h_e$ ve $h_i$ değerleri .....	66
Tablo 6. Örnek iterasyon işlemi .....	69
Tablo 7. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri, $W/m^2$ – TS 825 .....	78
Tablo 8. Bölgelere göre $A_t/V_b$ oranlarına bağlı olarak max. yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi .....	78
Tablo 9. TS 825 standardına göre binalarda kullanılacak pencerelere ait olması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayı değerleri ( $U_{max} - W/m^2K$ ).....	80
Tablo 10. İklim bölgelerimize ait,meteorolojiden alınmış, 21 Ocak ve 21 Temmuz tarihli son 10 yıllık iklim verilerinin ortalaması .....	85
Tablo 11. Kullanılan farklı tip çerçevelerin termofiziksel ve optik özellikleri .....	87
Tablo 12. Kullanılan boşluk çırasının cam kenarının ısı geçirgenlik katsayısına etki eden A,B,C katsayı değerleri .....	87
Tablo 13. Kullanılan farklı tür gazların termofiziksel özellikleri .....	87
Tablo 14. Referans binada kullanılan yapı elemanlarının termofiziksel ve boyutsal özellikleri.....	88
Tablo 15. Pencerelerin enerji etkinliklerinin değerlendirilmesinde ele alınan kriterler...	91
Tablo 16. Farklı tür çerçeveli, tek tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından alüminyum çerçeveli tek tabaka camlı pencere olan P17’ye göre performansındaki artış (%).....	91
Tablo 17. Tek tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans sıralaması .....	92
Tablo 18. Tek tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması .....	93
Tablo 19. İklim bölgelerine göre, konut ve ofis yapıları için önerilen enerji etkin tek tabaka camlı pencere seçenekleri .....	93
Tablo 20. T1’e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%).....	94
Tablo 21. Tek tabaka camların günışığı yeterliliği açısından performans sıralaması.....	95

Tablo 22. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam seçenekleri.....	96
Tablo 23. Farklı tür çerçevesi, çift tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından alüminyum çerçevesi tek tabaka camlı pencere olan P17'ye göre performansındaki artış (%).....	96
Tablo 24. Çift tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans Sıralaması ve P65'e göre aralarındaki % olarak performans artışı.....	100
Tablo 25. Çift tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması ve P65'e göre aralarındaki % olarak performans artışı.....	102
Tablo 26. İklim bölgelerimize göre, konut ve ofis yapıları için önerilen çift tabaka camlı pencere alternatifleri.....	105
Tablo 27. Ç3'e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%) .....	107
Tablo 28. Çift tabaka camların güneşliliği yeterliliği açısından performans sıralaması.....	108
Tablo 29. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam Seçenekleri .....	109
Tablo 30. PVC, ahşap ve ısı tutuculu alüminyum çerçevesi üç tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından-U değeri açısından- alüminyum çerçevesi tek tabaka camlı pencere olan P17'ye göre performansındaki artış (%) .....	109
Tablo 31. Üç tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans sıralaması ve P113'e göre aralarındaki % olarak performans artışı .....	112
Tablo 32. Üç tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması ve P113'e göre aralarındaki % olarak performans artışı .....	115
Tablo 33. İklim bölgelerimize göre, konut ve ofis yapıları için önerilen üç tabaka camlı pencere alternatifleri .....	116
Tablo 34. Ü3'e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%) .....	119
Tablo 35. Üç tabakalı camların güneşliliği yeterliliği açısından performans sıralaması .....	119
Tablo 36. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam Seçenekleri .....	120
Tablo 37. Seçilen pencerelerin yaz-kış koşulları için, iklim bölgelerimiz için, $Q_{net}$ , $Q_{sol}$ ve $Q_{\Delta T}$ değerlerinin hesaplanması .....	122
Tablo 38. İzmir ve Erzurum illerine göre seçilen pencerelerin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{yil} - kWh$ ) .....	128
Tablo 39. Pencerelerin ısı performans kriterleri için Windows ve Win-Energy 1.0 programından alınan hesap sonuçları.....	129

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Sabit
$A_D$	: Toplam duvar alanı, $m^2$
$A_f$	: Çerçeve alanı, $m^2$
$A_n$	: Binanın kullanım alanı, $m^2$
$A_p$	: Pencerenin toplam alanı, $m^2$
$A_s$	: Çerçeve yüzey alanı, $m^2$
$A_t$	: Toplam döşeme alanı, $m^2$
$A_T$	: Toplam tavan alanı, $m^2$
$A_{top}$	: Binanın toplam alanı, $m^2$
c	: Özgül ısı kapasitesi, $J/kg.K.10^{-3}$
d	: Kalınlık, m
$D_x$	: Serinlik indeksi
E	: Emissivite (yayınım-ışınım derecesi)
emis1	: Camın radyasyon yönündeki yüzeyinin emissivite değeri
emis2	: Camın radyasyona zıt yöndeki yüzeyinin emissivite değeri
Gr	: Grashof sayısı
$g_{i,ay}$	: Yönünde şeffaf yüzeylerin güneş enerjisi geçirme faktörü
h	: Deniz seviyesinden yükseklik, m
H	: Binanın özgük ısı kaybı, W/K
$h_c$	: Konveksiyon iletkenliği, $W/m^2K$
$h_e, \alpha_d$	: Dış yüzeysel ısı transfer katsayısı, $W/m^2K$
$h_g$	: Gaz iletkenliği, $W/m^2K$
$h_i, \alpha_i$	: İç yüzeysel ısı transfer katsayısı, $W/m^2K$
$H_i$	: İletimle olan ısı kaybı
$H_h$	: Havalandırmayla olan ısı kaybı
$h_r$	: Radyasyon iletkenliği, $W/m^2K$
$h_s$	: Gaz boşluğunun iletkenliği, $W/m^2K$
$I_g$	: Çerçeve kalınlığı, m
$I_{i,ay}$	: Yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ort. güneş ışınım şiddeti, $W/m^2$
$I_T$	: Toplam Güneş ışınım şiddeti, $W/m^2$

$KKO_{ay}$	: Kazanç kayıp oranı
$n$	: Üs
$n_h$	: Hava değişim debisi
$Nu$	: Nusselt sayısı
$Pfd$	: Çerçeve genişliği, m
$RHG$	: Bağlı ısı kazancı, $W/m^2$
$r_{i,ay}$	: Yönünde şeffaf yüzeylerin aylık ort. gölgeleme faktörü
$Pr$	: Prandtl sayısı
$Q_{ay}$	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı, $kj,kwh$
$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, $kj,kwh$
$Q_{net}$	: Anlık ısı transfer miktarı, $W/m^2$
$Q_{sol}$	: Güneş ışınımına bağlı olarak gerçekleşen ısı transferi, $W/m^2$
$Q_{\Delta T}$	: İç, dış sıcaklık farkına bağlı olarak gerçekleşen ısı transferi, $W/m^2$
$R_{sol}$	: Güneş ışınımı yansıtma katsayısı
$R_{sol1}$	: Camın radyasyon yönündeki yüzeyinin güneş ışınımı yansıtma katsayısı
$R_{sol2}$	: Camın radyasyona zıt yöndeki yüzeyinin güneş ışınımı yansıtma katsayısı
$R_{vis}$	: Görülebilir ışık yansıtma katsayısı
$R_{vis1}$	: Camın radyasyon yönündeki yüzeyinin görülebilir ışınımı yansıtma katsayısı
$R_{vis2}$	: Camın radyasyona zıt yöndeki yüzeyinin görülebilir ışınımı yansıtma katsayısı
$s$	: Boşluk genişliği, m
$SC$	: Gölgeleme katsayısı
$SHGC, g$	: Solar ısı kazanç katsayısı
$SHGC_p$	: Pencerenin solar ısı kazanç katsayısı
$T$	: Zaman, sn
$T_d, T_e$	: Dış hava sıcaklığı, $^{\circ}C$
$T_i$	: İç hava sıcaklığı, $^{\circ}C$
$T_m$	: Gaz boşluğunun ortalama mutlak sıcaklığı
$T_{sol}$	: Güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı
$T_{vis}$	: Görülebilir ışık geçirgenlik katsayısı
$U$	: Isı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$
$U_c$	: Cam merkezinin ısı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$
$U_e$	: Cam kenarının ısı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$
$U_f$	: Çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$



$U_p$	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$
$U_{max}$	: Olması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayısı, $W/m^2K$
$v$	: Rüzgar hızı, $m/s$
$V_h$	: Havalandırılan hacim
$V_{brüt}$	: Binanın brüt hacmi, $m^3$
$\alpha_{sol}$	: Güneş ışınımı soğurma (absorbe) katsayısı
$\alpha_f$	: Çerçevenin soğurma katsayısı
$\theta$	: Güneş ışınımının geliş açısı
$\phi$	: Solar azimut açısı
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık ort.iç kazançlar, $W$
$\Phi_{g,ay}$	: Aylık ort.güneş enerjisi kazancı, $W$
$\lambda$	: Isıl iletkenlik katsayısı, $W/mK$
$\rho$	: Yoğunluk, $kg/cm^3$
$\mu$	: Dinamik viskozite, $kg/(m.s).10^{-5}$
$\sigma$	: Stefan-Boltzman sabiti
$\eta_{ay}$	: Kazançlar için aylık ort.kullanım faktörü
$\eta_{ay}$	: Kazanç kullanım faktörü

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Günümüzde; yenilenemez enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz, kömür) giderek tükenmesi ve yanmaları sonucu açığa çıkardıkları gazlar vasıtasıyla yol açtıkları çevresel kirlilik ve küresel ısınma, yeni ve temiz enerji kaynak arayışlarını hızlandırmış ve enerji kullanımında verimliliği ön plana çıkarmıştır.

Bu bağlamda, Türkiye’de enerji tüketimiyle ilgili duruma bir göz atarsak, yapıların ısıtılması ve soğutulmasında tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı oldukça yüksektir. Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na bağlı Enerji İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü’nden alınan verilere göre ülkemizde konutlarda tüketilen enerjinin yaklaşık %15’ini elektrik enerjisi oluşturmakta, %85’i ise ısınma için harcanmaktadır. Ülke olarak kullandığımız enerjinin %72’sini ithal ettiğimiz ve ısıtma için bu şekilde enerji harcamaya devam ettiğimiz düşünülürse, nüfus artışı ve teknolojik gelişmelere paralel olarak daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacağımız ve daha fazla enerji ithal edeceğimiz açıktır. Kullanılan enerji kaynaklarının yenilenemez enerji kaynakları olduğu da göz önüne alınacak olursa bu aşırı enerji tüketiminin ülkemize sosyal, ekonomik ve çevresel açılardan yaratacağı sorunlar göz ardı edilemez. Tübitak verilerine göre, Türkiye’de binaların ısıtılmasında harcanan enerji miktarı, yeterli yalıtım önlemleri alınmadığından, Almanya’dan 2 kat, Amerika’dan 2.5 kat, Danimarka’dan 3 kat, İsveç’ten 3.6 kat daha fazladır [1]. Türkiye yukarıda belirtilen sorunlarla ilgili olarak, enerji kullanımına bağlı sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne 2004 yılında taraf olmuş, Avrupa Birliği sürecinde yapılarda enerji kullanımını azaltma amaçlı Enerji Verimliliği Yasa’sının hazırlanması çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalar çerçevesinde, enerjinin onu kullanan her sektörde tasarruf edilmesi ve etkin kullanılması gerekmektedir [2].

Enerjinin bu derece önemli olduğu günümüzde, enerjiyi en verimli şekilde kullanan yapılar tasarlamak en iyi çözüm olacaktır. Bu noktada, enerji etkin yapı tasarımı kavramı önem kazanmaktadır. Enerji etkin yapı ile kışın ısı kayıplarını minimuma indirmeyi ve kış güneşinden maksimum kazanç sağlamayı ve böylelikle ısıtma enerjisi tasarrufu, yazları güneşin ısı etkisini kontrol ederek iç mekanın aşırı ısınmasını önleyerek soğutma enerjisi

tasarrufunun sağlanması hedeflenirken yenilenemez enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz, kömür) yerine doğal kaynaklar (güneş, rüzgar, su) kullanılarak enerji elde edilmesinin sağlanmasına da katkı sağlanır.

Enerji etkin yapı tasarımında tüm yapı bileşenlerinin enerji korunumuna etkisi incelenmelidir. Bir yapıda gerçekleşen ısı kayıplarının %25'i çatıdan, %35'i dış duvardan, %15'i döşemeden ve %25'lik bir kısmı da pencerelerden gerçekleşmektedir [3]. Bu yüzdelik dilimler incelendiğinde pencerelerde alınacak yalıtım önlemleriyle, ısıtma-soğutma enerji giderlerinde önemli bir oranda iyileştirme sağlamak mümkün olacaktır. Türk Standardı TS 825 ülkemizi dört iklim bölgesine ayırmış, ve bu bölgelerde binalarda kullanılacak pencerelerde olması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayı değerlerini belirlemiştir. Ancak, bu bölgelerimizde binalarda kullanılan pencerelerin çoğu bu değerlere sahip değildir. Türkiye'de ki konut yapılarının %87'sinde yüksek ısı geçirgenlik katsayısına sahip tek tabaka camdan oluşturulmuş pencereler, %9'unda çift tabaka camdan ve yalnız %4'ünde low-e kaplama camdan oluşturulmuş pencereler kullanılmaktadır [4]. Yani kullanılan pencerelerin sadece %13'ü düşük ısı geçirgenlik katsayılarından dolayı enerji etkin performans göstermektedirler.

Pencereler sadece ısı korunumu değil aynı zamanda yazları iç mekanın aşırı ısınmasını önleyecek, yeterli güneş kontrol performansı da gösterebilmelidir. Güneş kontrolü özellikle sıcak iklim bölgelerimizde çok önemlidir. Bu bölgelerimizde sıcaklıkların yıl boyu çok yüksek seyretmesinden dolayı ısıtmadan çok soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutma enerjisi tasarrufu sağlayabilmek için güneş kontrol performansı yüksek pencere türleri seçilmesi önemlidir. Gündüz saatlerinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaması için pencereler yeterli günışığı geçirgenliğine sahip olmalıdırlar.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı, bulunan yerin iklim koşullarına göre, enerji etkin pencere kullanımı, iç mekan konfor koşullarının sürekliliği, enerji tasarrufu, yapı ekonomisi gibi nedenlerden dolayı büyük önem taşımaktadır.

## **1.2. Amaç ve Kapsam**

Bu çalışmada amaç, Türkiye'de farklı iklim bölgeleri için, farklı pencere seçeneklerinin enerji etkinliklerini karşılaştırabilmek için gerekli sayısal verileri tasarımcıya sağlayan bir bilgisayar programı geliştirerek, tasarımcıya binanın ısıtma-soğutma yükünü azaltacak en uygun pencere seçeneğini belirlemede yol göstermektir.

Geliştirilen Win-Energy 1.0 programı kullanılarak farklı pencere seçeneklerinin enerji etkinliğinin değerlendirilebilmesi için bilinmesi gerekli olan ısı performans kriterleri - ısı geçirgenlik katsayısı ( $U - W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC) ve serinlik indeksi ( $D_x$ ), pencereden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarı ve pencerenin binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi, Bölüm 2.2’de kapsamlı olarak açıklanan ulusal ve uluslar arası standartlardaki hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Dünyada, pencerelerin ısı performans kriterlerini hesaplayan birkaç bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanları Avrupa Birliği tarafından kabul gören WIS programı ve Amerika, Lawrence Berkeley Labaratuarı tarafından geliştirilen Windows programıdır. Türkiye’de pencerelerin ısı performans kriterlerini hesaplamak için Windows programı kullanılmaktadır. Ancak bu program Bölüm 2, Tablo 4’te belirtilen standart yaz-kış iklimsel koşullara göre hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Bu koşullar Türkiye’nin iklimsel koşullarına göre çok serttir.

Bu çalışmanın ilk bölümünde, pencerelerin enerji etkinliğine etki eden tasarım kriterleri tanımlanmış, konunun anlaşılması açısından gerekli literatür bilgileri verilmiştir. İkinci bölümünde, lisanslı Borland Delphi 7.0 Enterprise Edition programlama dili kullanılarak geliştirilen Win-Energy 1.0 programı tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde, iklim bölgelerine göre, geliştirilen Win-Energy 1.0 programından alınan sonuçlara göre örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Örnek çalışmanın ilk adımında; tek, çift ve üç tabaka camlı 116 adet pencere seçeneğinin ısı performans kriterleri, dört iklim bölgesine göre, Win-Energy 1.0 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesap sonuçlarına göre bu 116 adet pencere seçeneği, ısı geçirgenlik katsayısı ve solar ısı kazanç katsayısına göre ısı korunumu ve güneş kontrolü açısından değerlendirilmiş, iklim bölgelerine göre enerji etkin pencere önerilerinde bulunulmuştur. İkinci adımda; iklim bölgeleri için önerilen 12 adet pencere seçilmiş ve bu pencerelerden yaz-kış koşullarında gerçekleşen anlık ısı kayıp-kazanç miktarları, her bir iklim bölgesi için, hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Bu 12 adet pencere enerji etkinliği açısından daha iyi performans gösterdikleri için, PVC çerçeveli olarak seçilmiştir. Bu 12 adet pencereye ek olarak, ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli tek tabaka float camlı pencere örneği de, diğer örneklerin değerlendirilmesinde referans oluşturması açısından değerlendirilmiştir. 3. adımda referans yapı modeli üzerinde kuzey ve güney yönüne göre yerleştirilen farklı alanlara sahip 3 adet PVC çerçeveli, tek, çift ve üç tabaka camlı pencerenin yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi, 1. ve 4. iklim bölgesine göre incelenmiştir.

### 1.3. Cam ve Pencerelelerin Tarihsel Gelişimi

Camın tarihte ilk kez M.Ö 3500 yıllarında Mısır'da dekoratif amaçlarla kullanıldığı öne sürülmektedir. Bu bulgunun temeli, Mısır firavunlarının mezarlarında bulunan yeşil cam boncuklara dayanmaktadır. İnsanlar eski zamanlarda, dış ortamın konforsuz ve zararlı etkilerinden korunabilmek için ilkel yöntemlerle kendilerine barınaklar inşa etmişler, daha sonra bu barınaklara, dış ortam ile görsel teması sağlaması ve doğal aydınlatma ihtiyacını karşılaması için boşluklar açmışlardır [6]. Kış aylarında, konforlu iç ortam koşulları oluşturabilmek için dış duvardaki boşluklar hayvan derisi ve bez gibi çeşitli malzemelerle kapatılmıştır. Cam ilk kez pencerelerde M.Ö 1500 yıllarında Roma-Pompei'de kullanılmıştır [5]. 1800'lü yıllarda bir çok cam üretim tekniği geliştirilmiş ve bu sayede büyük boyutlarda pencere camı üretilebilmiştir. 20.yy'ın başlarında ise float cam üretim yöntemi keşfedilmiştir. Bu yöntem pürüzsüz ve 3210 x 6000 mm'lik cam üretimine imkan tanımıştır.1970'li yıllarda dünyada enerji krizi patlak vermiş ve bu, enerjiyi tasarruflu kullanma ihtiyacını doğurmuştur. Bu yıllarda özellikle enerji etkin camlar üzerine çalışılmıştır [5]. Tablo 1'de cam ve pencerelerin tarihsel gelişimindeki önemli olaylar kronolojik sıraya göre verilmiştir.

Tablo 1.Cam ve pencerelerin tarihsel gelişimi [6].

M.Ö 3500	Camın keşfi , Mısır
M.Ö 1500	Camın pencerelerde kullanılması, Roma-Pompei
M.Ö 200	Pipo adı verilen üfleme demirin icadı, Suriye
1687	Fransız Bernard Perrot,dökme cam yapım tekniğinin icadı
18.yy	Silindir tabaka cam prosesinin keşfi,1.0'a 1.3m'lik cam üretimi
1817	İlk antirefleksif cam kaplama keşfedildi
1851	Londra,kristal saray inşa edildi.İlk defa cam cephede oldukça büyük boyutlarda kullanıldı.
1856	Friedrich Siemens,eritilmiş camın fırınlanmasının patentini aldı
1905	Libbey-Owens çekme tabaka cam üretimi-yatay yönde çekme, Amerikalı Irving Colburn
1913	Belçikalı Emile Fourcalt çekme tabaka cam üretimi-düşey çekme
1959	Allastair Pilkington float cam üretimi
1970	Enerji krizine çözüm olarak üç katmanlı cam üretimi
1980	Enerji etkin camlar ve pencereler geliştirilmiş, talep artışı gözlenmiştir.

#### **1.4. Enerji Etkin Pencere Tasarımına Etki Eden Kriterler**

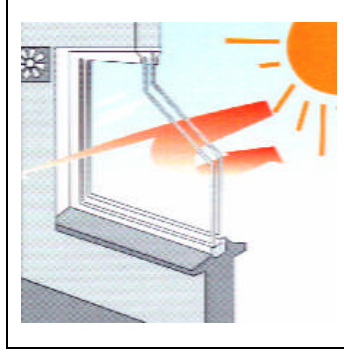
Enerji etkin pencere tasarımına etki eden kriterler altı başlık altında incelenmektedirler. Bunlar; iklim kontrolü, yapı işlevi, yönlenme, pencere alanı, pencere konumu ve iklimsel faktörlerdir [7].

##### **1.4.1. İklim Kontrolü**

Pencerelerin enerji etkin olarak değerlendirilebilmeleri için iklim kontrolü sağlamları gerekmektedir. İklim kontrolü; güneş kontrolü ve ısı korunumunu içinde barındıran bir ana başlıktır. Başka bir ifadeyle, iklim kontrolü, pencereler vasıtası ile dış ortam ile iç ortam arasındaki ısı alışverişinin düzenlenmesi ve böylece iç ortamdaki insanlar için en uygun yaşam koşullarının oluşturulmasına katkı sağlamak demektir [8]. İklim kontrolü sayesinde yazın iç ortamda istenmeyen ısı kazançları, kışınsa iç ortamdan dış ortama gerçekleşen ısı kayıpları engellenebilir.

##### **1.4.1.1.Güneş Kontrolü**

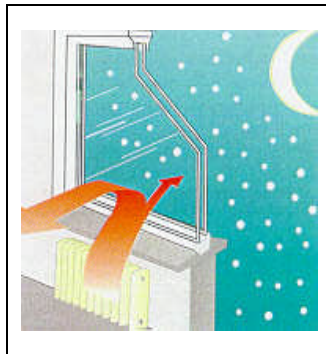
Güneş kontrolü, özellikle sıcak ve ılıman iklim koşullarında yaşam ve çalışma için en uygun iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında önemlidir. Pencerelerde, güneş kontrolü, düşük güneş enerjisi geçirgenliklerine sahip camlar ve cam kaplamalar kullanılarak sağlanmaktadır. Düşük güneş enerjisi geçirgenliği aynı zamanda düşük günışığı geçirgenliği demektir. Ancak, günümüzde üretilen seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlar, güneş ışınımının 380-780 nm dalga boyu aralığındaki görülebilir kısmını geçirirken, 780-2500nm dalga boyu aralığındaki ısı etkiye sahip kızılötesi ışınımına karşı opak özellik gösterdiklerinden güneş kontrolü ve gün ışığı geçirgenliği açısından yüksek performans göstermektedirler [5]. Güneş kontrolünde, pencerelerin solar ısı kazanç katsayı (SHGC) ve gölgeleme katsayı (SC) değerleri oldukça önemlidir. Bu değerler ne kadar düşükse, pencere o oranda iyi güneş kontrolü sağlar. Şekil 1’de güneş kontrol performansı yüksek bir pencerenin güneş enerjisinin büyük bir bölümünü yansıttığını görmekteyiz. Güneş kontrolüyle; soğutma enerjisi tüketimi, pencere önlerindeki bunaltıcı sıcaklık ve güneşin aşırı parlaklığı azaltılabilmektedir.



Şekil 1. Güneş kontrolü [9]

#### 1.4.1.2. Isı Korunumu

Isı korunumunda amaç, iç ortam ısısının dış ortama kaçışını yavaşlatarak, ısıtma enerjisi tüketimini azaltmak ve iç ortamın bütününde kullanıcı için uygun iç ortam konfor koşullarının sağlanmasına katkı yapmaktır. Kış aylarında iç ortam ısısının korunması, yaz aylarında ise istenmeyen ısı kazançlarını önlemek amaçlı ısı korunumu sağlanmalıdır. Isı korunumunda pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı ( $U\text{-}W/m^2K$ ) oldukça önemlidir.  $U$  değeri ne kadar düşükse o kadar iyi bir ısı korunumu sağlanmış olur. Şekil 2’de ısı korunum performansı yüksek bir pencerenin iç ortam ısısının büyük bir bölümünü iç ortama geri yansıttığını görmekteyiz. Isı korunumuyla; ısıtma giderleri ve pencere önlerindeki soğuk bölge olgusu azaltılabilir ayrıca cam ünitesinin odaya bakan yüzeyindeki terleme denetlenebilir [9].



Şekil 2. Isı kontrolü [9]

### 1.4.2. Yapı İşlevi

Yapının işlevi bu yapılarda yer alan pencerelerin enerji etkin tasarlanmasında çok önemli bir tasarım kriteridir. Yapıları, ısıtma yükü ve soğutma yükü fazla yapılar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

Birinci grup yapılar, yıl boyunca daha az insan tarafından kullanılan ve içsel ısı kazançları (iç ortamda bulunan fırın, çeşitli elektronik aletler vb. tarafından iç ortama nakledilen ısı miktarı) az olan yapıları kapsamaktadır. Bu grup yapılara örnek olarak konut yapılarını verebiliriz. Bu yapılarda, pencerelerde kullanılacak cam ve çerçevenin düşük ısı geçirgenlik katsayısına ( $U-W/m^2K$ ) sahip olmasına ve seçilen camın güneşten maksimum ısı kazancı sağlayacak özellikte olmasına dikkat edilmelidir. Düşük yayımlı (emissiviteli) camlar (Low-e kaplamalı), çok katmanlı camlar, cam tabakaları arasındaki boşluk argon ve kripton gazı ile doldurulmuş camlar bu amaçlarla kullanılabilir.

İkinci grup yapılar, yıl boyunca çok fazla insan tarafından kullanılan ve içsel ısı kazançları (iç mekanda bulunan fırın, çeşitli elektronik aletler vb. tarafından iç ortama nakledilen ısı miktarı) fazla olan yapıları kapsamaktadır. Bu grup yapılara örnek olarak ofis yapılarını verebiliriz. Bu yapılarda, pencerelerde kullanılmak için seçilen camın solar geçirgenliğinin düşük olması, düşük ısı geçirgenlik katsayısına ( $U-W/m^2K$ ) sahip olmasından çok daha önemlidir. Ancak doğal aydınlatma sağlanabilmesi için gümüşü geçirgenlik katsayısı ( $T_{vis}$ ) yeterli düzeyde olmalıdır. Bunu sağlamak için seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam kullanımı tercih edilebilir. Doğal aydınlatmayı azaltmakla birlikte solar kontrol sağlamada renkli ve reflektif camlardan faydalanılabilir [7].

Yukarıda bahsedilen iki grup yapı için kullanılması önerilen camlarla ilgili genel bilgiler bölüm 1.8.1'de verilmiştir.

### 1.4.3. Yönlenme

Yapılarda yer alacak pencerelerin mümkün olduğunca optimum yöne göre konumlandırılmaları, pencerelerin enerji etkinliği açısından büyük önem arz etmektedir. Kuzey yarımküre için güney yönü, güney yarımküre için kuzey yönü optimum yön olarak kabul edilmektedir. Optimum yön, kış aylarında maksimum güneş ışınımı alan, yaz aylarında ise minimum güneş ışınımı alan yön olarak tanımlanmaktadır [10].



#### 1.4.4. Pencere Alanı

Enerji etkin yapı tasarımlarında, pencerelerin uygun boyutlandırılması iç ortam konfor koşullarının sürekliliği bakımından çok önemlidir. Uygun boyutlandırılmayan ve gerekli önlemler alınmayan pencereler, iç ortamda yazları aşırı ısınmaya ve kışları ise aşırı ısı kaybına neden olmakta ve ısıtma - soğutma giderlerini artırmaktadır. Sıcaklığa bağlı olarak, her  $1\text{m}^2$ 'lik döşeme alanı için gerekli maksimum pencere alanı, 1979'da Mazria tarafından yapılan çalışmada belirlenmiştir [7]. Bu çalışmaya göre; soğuk iklim bölgesinde ortalama dış ortam sıcaklığı  $-9,4\text{C}^0$ 'de her  $1\text{m}^2$ 'lik döşeme alanı için olması gereken maksimum pencere alanı  $0,27-0,42\text{m}^2$  olarak bulunurken, ılıman iklim bölgesinde ortalama dış ortam sıcaklığı  $7,2\text{C}^0$ 'de  $0,11-0,17\text{m}^2$  olarak bulunmuştur.

#### 1.4.5. Pencere Konumu

Pencerelerin güneşten doğrudan ışıınım alabilecek şekilde konumlandırılması enerji etkinliği açısından büyük önem arz etmektedir. Yazın güneş ışınları yeryüzüne kışa oranla daha dik açıyla gelmektedir [10]. Bu nedenle yazın aşırı ısı kazançlarını engellemek, kışınsa güneşten maksimum ısı kazancı sağlayarak ısıtma yükünü azaltmak için pencerelerin düşey konumlandırılması gerekmektedir.

#### 1.4.6. İklimsel Faktörler

Enerji etkin pencere tasarımında iklimsel faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu faktörler sırasıyla; deniz seviyesinden yükseklik, hakim rüzgar şiddeti ve yönü, güneş ışıınım şiddeti ve dış ortam sıcaklığıdır [10].

##### 1.4.6.1. Deniz Seviyesinden Yükseklik (H-m)

Coğrafi konuma bağlı olarak deniz seviyesinden yükseklik artıka güneş ışıınım şiddetinde artış gözlenir. Her  $100\text{m}$ 'de %1 oranında bir artış gerçekleşmektedir. Bir yerin deniz seviyesinden yüksekliği güneş ışıınım şiddetine etkisinden dolayı pencerelerden

gerçekleşen ısı transferinde etkilidir. Bir başka ifadeyle bu iklimsel faktör dolaylı olarak pencerelerden gerçekleşen ısı transferini etkilemektedir [11].

#### **1.4.6.2. Hakim Rüzgar Şiddeti ve Yönü ( $v$ -m/s)**

Hakim rüzgar şiddeti ve yönü, pencerenin bulunduğu yere göre, dış yüzeysel ısı transfer katsayısının ( $h_e$ -W/m<sup>2</sup>K) hesaplanmasında gerekli bir parametredir [12]. Rüzgar hızı arttıkça, dış yüzeysel ısı transfer katsayısı da artmakta bu da konveksiyon yolu ile gerçekleşen ısı transfer miktarını önemli miktarda etkilemektedir.

#### **1.4.6.3. Toplam Güneş Işınım Şiddeti ( $I_T$ -W/m<sup>2</sup>K)**

Güneş ışınım şiddeti ışınım yeğniliği olarak da adlandırılmaktadır. 1 saniyede 1m<sup>2</sup> yüzeye gelen 1 Watt'lık enerjidir. Toplam güneş ışınım şiddeti; yüzeye doğrudan ulaşan dolaysız ışınım, bulutlar, duman, kirli hava içinde yayılarak yüzeye gelen yaygın ışınım, çeşitli yüzeylerden yansdıktan sonra yüzeye gelen yansımış ışınımın toplamı olarak değerlendirilir [11]. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmış son 10 yıllık iklim verilerinde günlük toplam güneş ışınım şiddeti değerleri verilmiş ve bu değerler pencerelerin enerji etkinliğinin değerlendirilmesi için, pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarının hesaplanmasında ve pencerelerin kullanıldıkları binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisinin analiz edilebilmesi için kullanılmıştır. Bu değer, pencerelerin güneşten ısı kazançlarına ait hesaplamalarda kullanılır.

#### **1.4.6.4. Dış Ortam Hava Sıcaklığı ( $T_d$ - C<sup>0</sup>)**

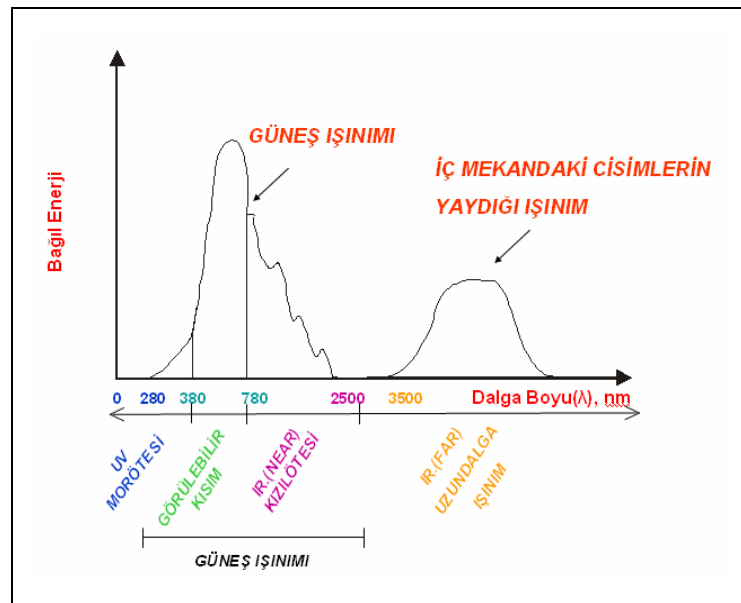
Isı transferi, sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama doğru gerçekleşir [12]. Dış ve iç ortam sıcaklıkları bundan dolayı ısı transfer miktarında çok önemli bir etkiye sahiptir. İç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkı arttıkça ısı transfer miktarı da doğru orantılı olarak artış gösterir [10]. Pencerelerin enerji etkinliğinin değerlendirilmesi için, pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarının hesaplanmasında ve pencerelerin kullanıldıkları binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisinin analiz edilebilmesi için dış ortam sıcaklığının bilinmesi gereklidir.

### 1.5. Pencere Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi İçin Isıl Performans Kriterlerinin Hesaplanmasında Bilinmesi Gerekli Olan Kavramlar ve Tanımlar

Pencerelerin enerji etkinliğinin değerlendirilebilmesi için, ısı performans kriterlerinin (ısı geçirgenlik katsayısı ( $U$ - $W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC) ve serinlik indeksi ( $D_x$ )) hesaplanması gereklidir. Bu kriterlerin hesaplanabilmesi için; güneş spektrumuna ait temel bilgilerin ve pencere bileşenlerinin termofiziksel ve optik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler bölüm 1.5.2.1.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

#### 1.5.1. Güneş Spektrumu ve Güneş Işınımı

Güneş ışınımı değişik dalga boylarında yayılır. Yayılan bu dalga boylarının sıralı görünümü de güneş spektrumu olarak isimlendirilir. Bilinen tam adı ise elektromanyetik güneş spektrumdur. Tam olarak ifade edilecek olursa; güneşten yayılan ve bilinen farklı dalga boylarındaki tüm elektromanyetik radyasyonun bütünü elektromanyetik güneş spektrumu olarak isimlendirilir [13]. Şekil 3'te farklı dalga boylarında gelen güneş ışınimleri ve sahip oldukları bağlı enerji miktarlarındaki değişim grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneş spektrumu [6]

Bu spektrumda güneş ışınımı dalga boylarına göre sıralanır. Bu dalga boyları sırasıyla; gama ışınımı, X ışınımı, ultraviyole (UV) ışınım, görünür (visible) ışınım, kızılötesi (infrared) ışınım ve uzun dalga ışınım olarak ifade edilir [13].

**Ultraviyole (UV) Işınım:**

Ultraviyole ışınım, güneş spektrumunun özel bir bölümüdür. Ultraviyole ışınım (UV), 0-380nm dalga boyu aralığındaki ışınım ve güneş ışınımının sahip olduğu toplam bağlı enerjinin %3'ünü içerir. Çıplak gözle görülemez [10].

**Görünür (Visible) Işınım:**

Ultraviyole ışınımdan biraz daha uzun dalga boyuna (380-780nm) sahip görünür ışınım, elektromanyetik spektrumun dar bir bölümünde yer almıştır. Güneş ışınımının sahip olduğu toplam bağlı enerjinin %53'ünü içermektedir [10]. Göz retinasındaki renk pigmentleri ile direk ilişkili olduğundan, görmemize yardımcı olur. İnsan gözü 380 nm ile 780 nm aralığında ki elektromanyetik ışımaya duyarlıdır. Bütün renkler bu dalga boyu aralığında görünen gökkuşağında bulunur (menekşe, çivit, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı). En kısa dalga boyları (en büyük foton enerjisi) menekşe rengi olarak algılanır, en uzun dalga boyu (en küçük foton enerjisi) ise kırmızı olarak algılanır [13].

**Kısal dalga Kızılötesi (Infrared) Işınım:**

Güneş spektrumunun 780-2500nm dalga boyu aralığındaki ışınımı kısa dalga kızılötesi ışınım olarak adlandırılır. Güneş ışınımının ısı etkiye sahip ışınımıdır ve güneş ışınımının sahip olduğu toplam bağlı enerjinin %44'ünü içermektedir [10].

**Uzundalga Kızılötesi Işınım-IR:**

Güneş spektrumunun 3500 nm dalga boyundan daha büyük dalga boylarında gerçekleşen ışınımıdır. Herhangi bir yüzey tarafından absorbe edilen güneş ışınımı çevreye yüzeyin özelliklerine göre uzundalga ışınım şeklinde yayılır [10].

## **1.5.2. Pencere Bileşenleri**

Pencereler şeffaf yüzeyler (camlar) ve opak yüzeyler(çerçeveler)'den oluşur.

### **1.5.2.1. Şeffaf Yüzeyler (Camlar)**

Cam malzeme; inorganik esaslı, amorf bünyeli, sabit erime noktası olmayan, çok yüksek sıcaklıklarda dahi, ağırlığını kaybetmeyip sıvı maddelerin özelliklerini taşıyan,

ayrıca normal sıcaklıklarda kristalleşme göstermeden, verilen biçimde hızla katılaşıp katı maddelerin özelliklerini de taşıyabilen bir malzemedir [14]. Pencerelem enerji etkinliklerini değerlendirebilmek için bu malzemenin optik ve termofiziksel özelliklerinin ve çift ve üç katmanlı cam tabakaları arasındaki gazların termofiziksel özelliklerini bilmek gereklidir. Bu amaçla bu bölümde bu özellikler açıklanmış ve gerekli bilgiler verilmiştir. Bu özelliklerin tanımlanmasıyla bölüm 2.2.'deki hesaplama yöntemleri çok daha iyi anlaşılacaktır.

### 1.5.2.1.1. Camların Optik Özellikleri

Bir pencere sistemine gelen güneş ışınımının bir kısmı, bu sistemin cam yüzeyleri tarafından geçirilir, bir kısmı yansılır ve bir kısmı da cam yüzeyler veya bu yüzeylerin ihtiva ettiği kaplamalar tarafından soğurur. Bir pencere için geçirgenlik katsayısı, yansıtma katsayısı ve soğurma katsayısı toplamı 1 numaralı eşitlikte belirtildiği gibi 1'e eşittir [10].

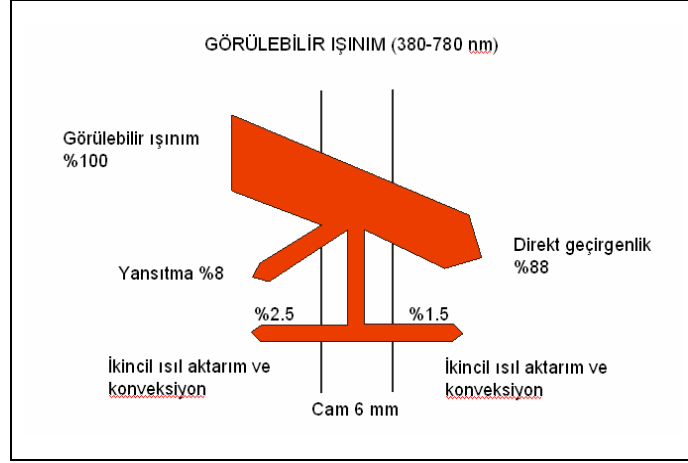
$$T + R + \alpha = 1 \quad (1)$$

T : Gelen ışınımı geçirme katsayısı

R : Gelen ışınımı yansıtma katsayısı

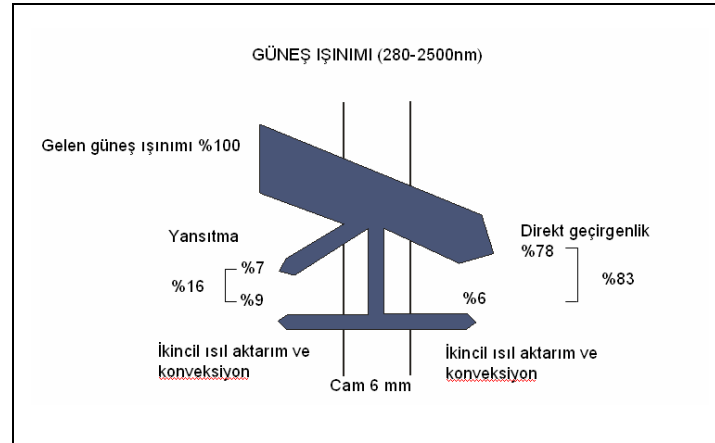
$\alpha$  : Gelen ışınımı soğurma katsayısı

Güneş ışığı geçirgenliğiyle ilgili hesaplamalarda, kullanılan cam türüne ait, 380-780nm dalga boyu aralığındaki görünebilir ışınım; geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları kullanılmaktadır. Şekil 4'te standart 6mm kalınlığındaki tek tabakalı renksiz float camın görünebilir ışınım, geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları verilmiştir.



Şekil 4. 6 mm kalınlığındaki float camın 380-780nm dalga boyu aralığındaki görülebilir ışınım, geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları [6].

Toplam güneş ışınımı ile ilgili hesaplamalarda, cam türüne ait, 280-2500 nm dalga boyu aralığındaki geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları dikkate alınır. Şekil 5’de standart 6mm kalınlığındaki tek tabakalı renksiz float camın güneş ışınımı geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları verilmiştir.

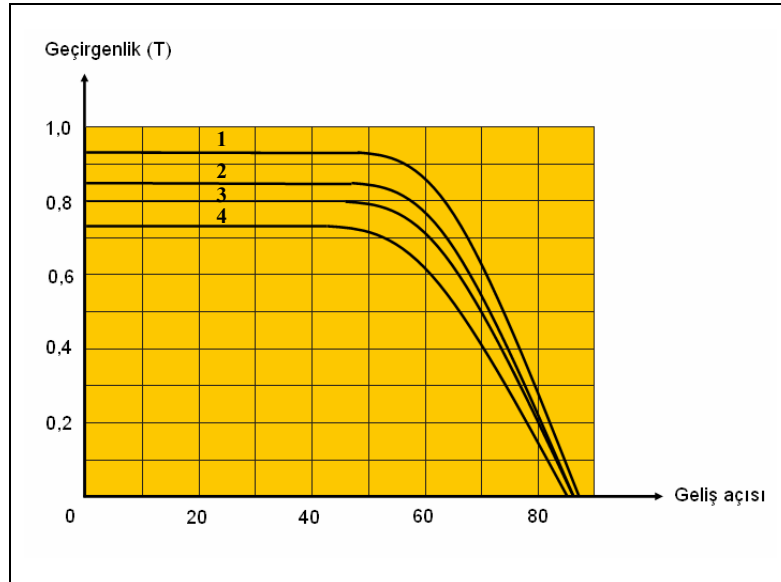


Şekil 5. 6 mm kalınlığındaki float camın 280-2500nm dalga boyu aralığındaki güneş ışınımı geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları [6].

Camların geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayılarını etkileyen değişkenler mevcuttur. Bunlar;

- Kullanılan camın kalınlığı ve fiziksel özellikleri (kalınlık arttıkça geçirgenlik azalır).
- Cam yüzeyine uygulanan film veya kaplama malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri,
- Güneş ışınımının geliş açısı (Geliş açısı arttıkça geçirgenlik değeri azalırken, yansımaya ve soğurma değeri artmaktadır) [10].

Şekil 6'da farklı geçirgenlik katsayısına sahip 4 tek tabaka float camın güneş ışınımının geliş açısına bağlı olarak geçirgenliklerindeki değişim grafik yardımıyla gösterilmiştir.



Şekil 6. 1,2,3 ve 4 numaralı float camların, güneş ışınımının geliş açısı ve geçirgenlikleri arasındaki ilişki [6]

Şekil 4, 5 ve 6'da standart tek tabakalı float cam kullanılmıştır. Buradaki amaç, çalışmada kullanılan tüm camların 6mm kalınlığında olması ve tek tabaka float camın incelenecek diğer örneklerle referans olmasıdır.

Güneş Işınımı Geçirgenlik Katsayısı –  $T_{sol}$  :

Güneş spektrumunun 280-2500 nm dalga boyu aralığındaki ışınımını kapsamakta olup (morötesi, kırsadalga kızılötesi ve görülebilir ışınım), güneş ışınımının cam veya cam tabakalarının tümü tarafından iç ortama geçirilen kısmıdır [6].

#### Güneş Işınımı Yansıtma Katsayısı - $R_{sol}$ :

280-2500 nm dalga boyu aralığındaki toplam güneş ışınımının cam yüzeyler tarafından geri yansıtılan kısmıdır. Yansıtma, iç ve dış ortama olmak üzere iki türlü değerlendirilmektedir [6]. Saydam katılarda yansıtma oranının düşük olduğu söylenilebilir.

#### Güneş Işınımı Soğurma (Absorbe) Katsayısı - $\alpha_{sol}$ :

Toplam güneş ışınımının cam yüzeyler tarafından bünyesine soğurulan kısmıdır. Cam tarafından soğurulan güneş ışınımının oluşturduğu ısı enerjisinin büyük bir kısmı daha soğuk olan ortama doğru olmak üzere iç ve dış ortama konveksiyon ve uzundalga boyundaki kızılötesi ışımaya ile geri verilir [6]. Cam için soğurma katsayısı yaklaşık % 5 civarındadır. Camın bünyesine farklı elementler katılarak bu değer azaltılabilir veya çoğaltılabilir [15].

#### Güneş Işığı Geçirgenlik Katsayısı - $T_{vis}$ :

Cam yüzeyinden, güneş ışığı geçirgenliği olarak adlandırılan görülebilir ışınım geçirgenliği 380-780 nm dalga boyu aralığında gerçekleşir ve iç mekanın aydınlatılmasında önemli bir rol oynar. Güneş enerjisi aydınlık duygusu olarak algılanır. Güneş ışığı geçirgenlik katsayısı camın kalınlığına göre değişir. Kalınlık arttıkça güneş ışığı geçirgenliği azalır. Bu değer özellikle güneş kontrol camlarında önemlidir. Çünkü güneşe karşı korumada kullanılan camlar, elektrikle aydınlatmanın güneşin parlaklığıyla aydınlanmanın yerine geçmemesi için düşük solar ısı kazancı (SHGC), yüksek ışık geçirgenliği göstermelidir [6]. Işık geçirgenliğinin çok düşük olması iç ortama gerekli güneş ışığı sağlanmasına engel olarak suni aydınlatma ihtiyacı doğurur. Fazla olması ise, güneş ışınlarından kaynaklanan parlaklığa ve homojen cephe görüntüsünün bozulmasına yol açar. Bunlardan dolayı iç mekanların kullanımında güneş ışığının yeterince kullanılıp fazlasının yansıtılmasının önemi büyüktür [14].

#### Güneş Işığı Yansıtma Katsayısı - $R_{vis}$ :

380-780 nm dalga boyu aralığında gelen görülebilir güneş ışınımının cam yüzeyler tarafından geri yansıtılan kısmıdır [10].

#### Güneş Işığı Soğurma Katsayısı - $\alpha_{vis}$ :

380-780 nm dalga boyu aralığında gelen görülebilir güneş ışınımının cam yüzeyler tarafından soğurulan ( emilen ) kısmıdır. Bu soğurulan kısım daha sonra cam yüzeyler tarafından iç ve dış ortama geri yansıtılır [10].



Emissivite (yayınım-ışınım katsayısı ,E) 0.85:

Bu değişken ışınım yoluyla enerji açığa çıkarabilme yeteneği olarak tarif edilir. İdeal enerji yayan cisim siyah cisim (black body) olarak adlandırılır ve emissivite değeri 1.0'dır [6]. Diğer cisimlerin E değerleri 0-1 arasındadır. Bu değer, herhangi bir cismin birim yüzey alanından eşit sıcaklıklarda ve eşit koşullarda yaydığı enerjinin, mutlak siyah bir cismin yaydığı enerjiye oranıdır [10]. Soğurma katsayısı yüksek olan cisimlerin emissivite değerlerinin yüksek; yansıtma katsayıları yüksek olan cisimlerin emissivite değerlerinin düşük olduğu bilinmekte ve bu 2 numaralı eşitlikteki Kirchoff kanunu ile açıklanmaktadır [6].

$$\alpha_{\lambda}(\theta, \phi) = E(\theta, \phi) \quad (2)$$

$\theta$  : Güneş ışınımının geliş açısı

$\phi$  : Solar azimut açısı

$\alpha_{\lambda}$  : Yüzeyin gelen ışınımın dalga boyuna bağlı olarak değişim gösteren soğurma katsayısı

E : Yüzeyin gelen ışınımın dalga boyuna bağlı olarak değişim gösteren emissivite değeri

#### 1.5.2.1.2. Camların Termofiziksel Özellikleri

Pencerelerin enerji etkinliklerinin değerlendirilebilmesi için gerekli olan ısı performans kriterlerinin hesaplanabilmesinde, pencereyi oluşturan cam türünün, ısı iletkenlik ( $\lambda$ -W/mK) ve ısı geçirgenlik katsayısı (U-W/m<sup>2</sup>K) gibi termofiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Isıl İletkenlik Katsayısı ( $\lambda$ -W/mK);

Isıl iletkenlik, iç ve dış arasındaki 1 kelvin (K) sıcaklık farkında belirli bir malzeme kalınlığında içeri geçen ısı akış miktarıyla belirlenir. Camın ısı iletkenliğini 1 W/mK'dir. Isı geçirgenlik katsayısının hesaplanmasında bilinmesi gerekli bir ölçüttür [6].

Isı Geçirgenlik Katsayısı (U – W/m<sup>2</sup>K);

Isı geçirgenlik katsayısı, bir malzeme içerisindeki ısı kaybını belirlemede anahtar bir rol oynar. İç ve dış ortam arasındaki 1 kelvin (K) sıcaklık farkında bir malzemenin 1m<sup>2</sup>'den geçen ısı miktarıyla belirlenir. U değeri ne kadar düşükse o kadar iyi bir ısı izolasyonu sağlanmış olur. Bir camın ısı geçirgenlik katsayısı, iç ve dış ortam yüzeysel ısı

transfer katsayılarına, camın kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağı olarak hesaplanır [16]. Tek, çift ve üç tabakalı camlara ait ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplanma yöntemi bölüm 2.2.1.4.'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### 1.5.2.1.3. Gazların Termofiziksel Özellikleri

Çift ve üç tabakalı camların ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplanması için, gazların; yoğunluk, dinamik viskozite, ısı iletkenlik katsayısı ve özgül ısı kapasitesi gibi değerlerine ihtiyaç vardır. Bu değerler aşağıda açıklanmıştır. Bu değerlerin kullanıldığı hesaplama yöntemleri ise bölüm 2.2.1.4.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Yoğunluk ( $\rho - \text{kg/m}^3$ ):

Yoğunluk, her bir elementin ve bileşiğın sahip olduğu termofiziksel bir özelliktir. SI birim sisteminde birimi  $\text{kg/m}^3$ 'tür. Gazların yoğunluğu birim hacimlerdeki molekül sayısına bağı olarak değişiklik gösterir. Molekül sayısı artıkça gaz yoğunluğu da artar. Gazlar farklı sıcaklık ve basınç altında farklı yoğunluklara sahiptirler. Sıcaklık artıkça gaz yoğunluğu ters orantılı olarak azalmaktadır [17].

Dinamik Viskozite ( $\mu - \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ):

Dinamik viskozitenin SI birimi pascal-saniye (Pa·s) olup  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  ye eşdeğerdir. Gazların viskozitesi, akış tabakaları arasında momentum taşınımını sağlayan moleküler difüzyondan kaynaklanır. Gazların dinamik viskozitesi basınçtan bağımsızdır, ancak sıcaklık artıkça artar [17].

Isıl İletkenlik Katsayısı ( $\lambda - \text{W/mK}$ ):

Bir gazın 1 kelvin (K) sıcaklık farkında, sıcaklığı yüksek olan ortamdaki sıcaklığı düşük olan ortama ilettiği ısı miktarıdır. Katı malzemelere oranla, gazlarda moleküller arası katılara oranla çok daha uzak olduğundan ısı iletimleri daha zayıftır. SI birim sisteminde birimi W/mK'dir [17].

Özgül Isı Kapasitesi ( $c - \text{J/kg}$ ):

Özgül ısı, bir gazın birim kütesinin sıcaklığını birim derece arttırmak için gerekli olan ısı enerjisi miktarıdır. Isınma ısısı, öz ısı veya özgül ısı kapasitesi olarak da ifade edilir. Özgül ısı gazların ayırt edici özelliklerinden biridir. Özgül ısı gazın bulunduğu fiziksel hal, basınç ve sıcaklığa göre az da olsa değişkendir. SI birim sisteminde birimi J/kg'dır [17].

### 1.5.2.2. Opak Yüzeyler (Çerçeveseler)

Pencerelerin enerji etkinliklerinin değerlendirilebilmesi için gerekli olan ısı performans kriterlerinin hesaplanabilmesinde, çerçevelere ait, ısı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), boyutsal ölçüler ve soğurma katsayısı gibi termofiziksel ve optik özelliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler Tablo 2’de verilmiştir. Çerçevelerle ilgili yapılan hesaplamalar bölüm 2.2.2.’de açıklanmıştır.

Tablo 2. Farklı tip çerçevelerin termofiziksel ve optik özellikleri [18]

Çerçeve Tipi	U-Değeri( $W/m^2K$ )	En(mm)	Kalınlık(mm)	Soğurma
Isı tutucusuz alüminyum	10,80	57,15	11	0,90
Isı tutuculu alüminyum	5,68	57,15	11	0,90
Ahşap	2,27	69,85	11	0,90
PVC	1,70	69,85	11	0,90

## 1.6. Pencerelerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi İçin Hesaplanması Gerekli Katsayılar ve Tanımları

### 1.6.1. Isı Korunum Düzeyini Belirlemede Kullanılan Katsayılar

#### 1.6.1.1. Isı Geçirgenlik Katsayısı ( $U - W/m^2K$ )

Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı, iç ve dış ortam arasındaki 1 kelvin (K) sıcaklık farkında pencerenin  $1m^2$ 'sinden geçen ısı miktarıyla belirlenen bir katsayıdır. Bir pencerenin sahip olduğu ısı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ) değeri ne kadar düşük olursa o kadar iyi bir ısı korunumu sağlanmış olur. Bir pencere sisteminin toplam ısı geçirgenlik katsayısı ayrı ayrı cam merkezinin, cam kenarının ve çerçevenin ısı geçirgenlik katsayılarına ve alanlarına bağlı olarak hesaplanır [19]. Tek, çift ve üç tabaka camlı pencereler için ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanma yöntemi bölüm 2.2.4.’te ayrıntılı olarak açıklanmıştır. TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standardında Türkiye dört iklim bölgesine ayrılmıştır. Her bir iklim bölgesinde pencereler için olması gerekli maksimum ısı geçirgenlik katsayıları belirlenmiştir. Bu değerler; 1.ve 2. iklim bölgelerinde  $2.8W/m^2K$ , 3. iklim bölgesinde  $2.6W/m^2K$ , 4. iklim bölgesinde  $2.4W/m^2K$ ’dir [20].

## **1.6.2. Güneş Kontrol Düzeyini Belirlemede Kullanılan Katsayılar**

### **1.6.2.1. Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (SHGC)**

Cam tarafından direkt iç ortama geçirilen ısı enerjisi ile cam ve çerçeve tarafından soğurulduktan sonra iç ortama verilen ısı enerjisi miktarlarının toplamı pencerenin toplam solar ısı kazanç katsayısını vermektedir. Güneşten ısı kazancının istendiği yerlerde SHGC değeri yüksek olan pencere tipleri, güneş kontrolünün istendiği yerlerde ise SHGC değeri düşük pencere tipleri tercih edilmelidir. Bir pencere sisteminin toplam solar ısı kazanç katsayısı camın geçirgenlik ve soğurma miktarına ve güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [10]. Tek, çift ve üç tabaka camlı pencerelere ait solar ısı kazanç katsayılarının hesaplanma yöntemi bölüm 2.2.3.2.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### **1.6.2.2. Gölgeleme Katsayısı (SC)**

Bu katsayı, incelenen pencere camının solar ısı kazanç katsayısının, aynı şekilde ışınım alan ve aynı çevresel koşullarda, şeffaf camlı standart referans bir pencere camının solar ısı kazanç katsayısına oranı olarak tanımlanır [6]. ASHRAE hesaplama yönteminde referans cam olarak 3mm kalınlığındaki düz cam alınmış, farklı pencere camlarına ait gölgeleme katsayı hesaplarında bu camın solar ısı kazanç katsayısı kullanılmıştır. Bu camın solar ısı kazanç katsayısı 0,87'dir. İncelenecek olan pencere sistemine ait şeffaf yüzeylerde bu değer 1'den büyük olması güneşten kazancın artırılmasında, 1'den küçük olması da güneşten kazancın azaltılarak güneş kontrolü yapılabilmesinde önemli bir kıstastır. Günümüzde, pencere sistemleri daha karmaşık hale geldiğinden gölgeleme katsayısına göre karşılaştırma yapmak yerine solar ısı kazanç katsayılarına göre karşılaştırma yapmak çok daha doğru sonuçlar vermektedir. Bundan dolayı bu çalışmada, pencerelerin güneş kontrol performans analizi solar ısı kazanç katsayıları karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Bölüm 2.2.1.6.'da pencerelere ait gölgeleme katsayısının hesaplanma yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmıştır [10].

### 1.6.3. Günüşğı Yerlilik Seviyesini Belirlemede Kullanılan Katsayılar

#### 1.6.3.1. Serinlik İndeksi (coolness index, $D_x$ )

Serinlik indeksi, incelenen cam sistemine ait, görülebilir ışık geçirgenliğinin ( $T_{vis}$ ) gölgeleme katsayısına (SC) oranı olarak ifade edilmektedir. Bu değer farklı tür, bölüm 1.8.1.'de ayrıntılı olarak açıklanan camların günüşğı yeterlilik düzeyini kontrol etmede kullanılır. 6mm'lik kaplamasız float camın serinlik indeksi ( $D_x$ ) değeri yaklaşık 1.0 olup günüşğı yeterliliği için sınır değerdir. 1'den yüksek  $D_x$  değerine sahip camlar yüksek günüşğı yeterlilik performansına sahiptirler [10].

### 1.6.4. Pencereleden Gerçekleşen Anlık Isı Transfer Katsayısının Belirlenmesi

#### 1.6.4.1. Pencereleden Gerçekleşen Isı Transferi

Bir pencere sisteminde ısı transferi üç yol ile gerçekleşir. Bunlar, sıcak olan ortamdaki soğuk olan ortama doğru, konveksiyon (taşınım), kondüksiyon (iletim) ve radyasyon (ışıma) şeklinde gerçekleşmektedir. Şekil 7'de çift tabaka camlı bir pencere örneğinde ısı transferinin hangi şekillerde gerçekleştiği gösterilmiştir.

##### Konveksiyon (Taşınım):

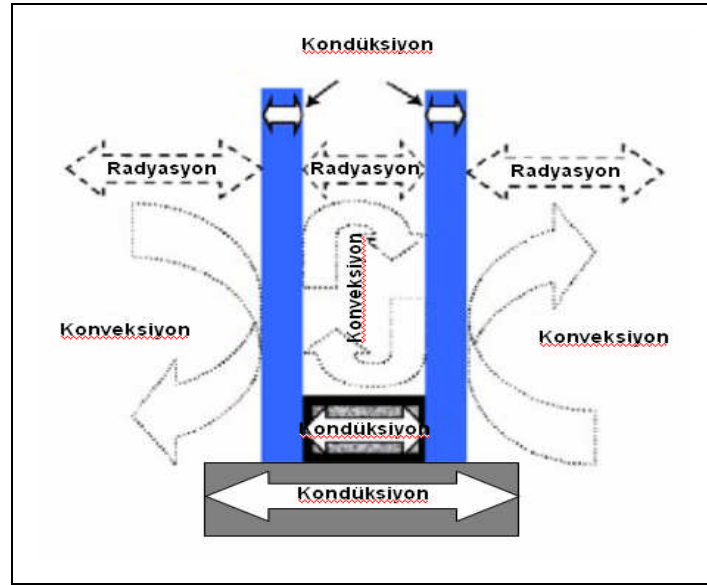
Konveksiyon, katı yüzey ile akışkan arasında gerçekleşen ısı transferinin bir çeşididir. Akışkan içindeki akımlar vasıtası ile ısı transfer edilir. Akışkan içindeki veya akışkanla sınır yüzey arasındaki sıcaklık farklarından ve bu farkın yoğunluk üzerinde oluşturduğu etkiden doğabilmektedir. Pencere sisteminde konveksiyon hava ile temas eden yüzeyler arasında ve çok katmanlı camlar kullanıldığı takdirde cam yüzey boşlukları arasındaki gazlarla boşluktaki yüzeyler arasında gerçekleşir [17].

##### Kondüksiyon (İletim):

Kondüksiyon, madde veya cismin bir tarafından diğer tarafına ısının iletilmesi ile oluşan ısı transferinin bir çeşididir. Isı transferi daima yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğrudur. Pencere sisteminde kondüksiyon, cam katmanların iç ve dış yüzeyleri arasında, çok katmanlı camlarda yer alan boşluk çitasının iç ve dış yüzeyleri arasında ve son olarak da çerçeve yüzeylerinde gerçekleşir [17].

Radyasyon (Işıma):

Radyasyon (ışık) ile ısı transferi, 3500 nm dalga boyundan yüksek dalga boylarında gerçekleşen uzundalga ışıma ve 780-2500 nm dalga boyu aralıklarında gerçekleşen kısdalga kızılötesi ışıma ile gerçekleşir. Uzundalga ışıma ile ısı transferi, cam yüzeyleri, çerçeveler veya iç mekandaki objeler tarafından absorbe edilen ısının daha sonra dışarı verilmesi şeklinde gerçekleşirken, kısa dalga kızılötesi ışıma direkt olarak güneşten pencere sistemine etkir [17].



Şekil 7. Pencere sisteminde gerçekleşen ısı transferi [21]

#### 1.6.4.2. Pencerelerde Gerçekleşen Anlık Isı Transfer Miktarının Hesaplanması ( $Q_{net} - W/m^2$ )

Pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarı  $Q_{net}$  ile belirtilir. Yaz ve kış koşulları için, seçilen pencere sistemlerinde, bu değer ayrı hesaplanarak yaz ve kış koşullarında gösterdiği enerji performansı karşılaştırılabilir.  $Q_{net}$  değeri iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkından meydana gelen, sıcak ortamdaki soğuk ortama olan, ısı kaybı ( $Q_{\Delta T}$ ) ve güneş ışınım şiddetinden kaynaklı ısı kazanç ( $Q_{sol}$ ) miktarlarının toplamı olarak ifade edilir. Aşağıdaki 3 ve 4 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır [10].

$$Q_{net} = Q_{\Delta T} + Q_{sol} \quad (3)$$

$$Q_{net}=U_p \cdot A_p \cdot (T_d - T_i) + SHGC_p \cdot A_p \cdot I_t \quad (4)$$

- $Q_{net}$  : anlık ısı transfer miktarı ( $W/m^2$ )  
 $U_p$  : pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı ( $W/m^2K$ )  
 $A_p$  : pencerenin toplam alanı ( $m^2$ )  
 $T_d$  : dış ortam sıcaklığı ( $C^0$ )  
 $T_i$  : iç ortam sıcaklığı ( $C^0$ )  
 $SHGC_p$  : pencerenin solar ısı kazanç katsayısı  
 $I_t$  : güneş ışınım şiddeti ( $W/m^2$ )

Pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarı bize o pencerenin yaz ve kış koşullarında enerji etkinliğiyle ilgili bilgiler sunmaktadır. Güneşten ısı kazancının ( $Q_{sol}$ ), ısı kaybından ( $Q_{\Delta T}$ ) büyük olduğu zaman, pencereden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarı pozitif bir değer almaktadır. Bu koşul kış ayları için, kayıpların önlenmesi ve kış güneşinden yararlanılması açısından idealdir. Bundan dolayı bu koşulu sağlayan pencere türleri, ısıtma yükünü azalttığı için, kış koşulları için enerji etkin olarak değerlendirilmektedir. Yaz koşullarında, soğutma giderlerini artırmamak için, güneşten minimum kazanç sağlayacak pencereler tercih edilir. Ancak bu koşulda sıcaklığı bağlı olarak gerçekleşen ısı kaybı ( $Q_{\Delta T}$ ) da önemlidir. Yazın dış ortam sıcaklığı iç ortam sıcaklığından yüksek olduğu için ısı transferi dış ortamdan iç ortama doğru gerçekleşmektedir yani sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ısı kaybı ( $Q_{\Delta T}$ ) iç ortama ısı kazancı şeklinde değerlendirilmektedir. Bundan dolayı yaz koşullarında  $Q_{sol}$  ve  $Q_{\Delta T}$  değerlerinin mümkün olduğunca küçük olması soğutma yükünün azaltılması açısından önemlidir. Yazın enerji etkinliğinin artırılması için pencerelerin anlık ısı transfer miktarının pozitif ve mümkün olduğunca küçük bir değer alması soğutma yükünün azaltılması açısından önemlidir.

### 1.7. Bir Yapının Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanmasında Pencerelerin Etkisinin İncelenmesi

Yapıların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825' teki hesaplama yöntemine göre gerçekleştirilmektedir. Bu hesaplama yöntemi bölüm 2.2.4.'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışmadaki amaç referans bir yapı modelinde kullanılan farklı tür pencerelerin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisini analiz edebilmektir. Bu nedenle bu bölümde, TS 825'teki hesaplama yönteminin anlaşılmasında kolaylık sağlanması açısından, yapının ısıtma

enerjisini etkileyen faktörler üzerinde durulmuş, hesaplama yönteminde adı geçen kavramlar açıklanmıştır.

### 1.7.1. Yapının Isıtma Enerjisi İhtiyacını Etkileyen Faktörler

- Yapı özellikleri; iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite,
- Isıtma sisteminin karakteristikleri; özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişmelere cevap verme süresi,
- İç ortam iklim koşulları; yapıyı kullananların istediği sıcaklık değeri, yapının farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişimler,
- Dış ortam iklim koşulları; dış ortam hava sıcaklığı, hakim rüzgarın yönü ve şiddeti,
- İç ısı kazanç kaynakları; ısıtma sistemi dışında, ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar,
- Güneş enerjisi; pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan ortama doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Yukarıdaki faktörlerden bu çalışma için dikkate alınan parametre pencerelerden iç ortama geçirilen güneş enerjisi miktarıdır [20].

### 1.7.2. Yapıların Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabında Adı Geçen Kavramlar ve Tanımları

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{i,ay} - J$ ); ısıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi J'dur.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{i,yıl} - J$ ); ısıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. J'dur.

Yapının özgül ısı kaybı ( $H - W/K$ ); iç ve dış ortamlar arasında 1 kelvin (K) sıcaklık farkı olması durumunda yapının dış kabuğundan iletim ve havalandırma yoluyla birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi W/K'dir.



Aylık ortalama dış ortam hava sıcaklığı ( $T_d - ^\circ\text{C}$ ); dış ortam hava sıcaklığının aylık ortalama değeridir. Birimi  $^\circ\text{C}$ 'dir.

Aylık ortalama iç ortam hava sıcaklığı ( $T_i - ^\circ\text{C}$ ); iç ortam hava sıcaklığının, aylık ortalama değeridir. Birimi  $^\circ\text{C}$ 'dir.

Yapının iç ısı kazançları ( $\phi - W$ ); yapının ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarıdır. Birimi  $W$ 'dir.

Güneş enerjisi kazançları ( $\phi_g - W$ ); ısıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarıdır. Birimi  $W$ 'dir.

Isı kazancı kullanım faktörü ( $\eta$ ); iç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranıdır. Birimsizdir.

Yapı kullanım alanı ( $A_n - m^2$ ); binanın net kullanım alanıdır. Birimi  $m^2$ 'dir.

Yapının brüt hacmi ( $V_{brüt} - m^3$ ); yapıyı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi  $m^3$ 'tür.

Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı ( $A_{top} - m^2$ ); dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur. Birimi  $m^2$ 'dir.

$A_{top} / V_{brüt}$  oranı ( $m^{-1}$ ); ısı kaybeden yüzeyin ( $A_{top}$ ) ısıtılmış yapı hacmine ( $V_{brüt}$ ) oranıdır. Birimi  $m^{-1}$ 'dir [20].

## 1.8. Çalışmada Kullanılacak Pencere Bileşenleri ve Özellikleri

Çalışmada kullanılan camlar ve filmler; float camlar, güneş kontrol camları, iklim kontrol camları ve ısı aynası filmler olmak üzere 4'e ayrılmaktadır. Bu camlarla birlikte ısı tutuculu veya tutucusuz alüminyum, ahşap ve PVC çerçeveler kullanılarak tek, çift ve üç tabaka camlı pencereler oluşturulmuş ve bu pencerelerin enerji etkinlikleri, ısı korunumu, güneş kontrolü, ve gün ışığı yeterliliği açısından değerlendirilmiştir. Bu bölümde, yapılan çalışmalar kısmındaki, tek, çift ve üç tabaka camlı pencerelerle ilgili değerlendirmelerin çok daha iyi anlaşılabilmesi için kullanılan cam ve çerçeve türleri tanıtılmış, ısı korunumu, güneş kontrolü, gün ışığı yeterliliği performansları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Bu bölümde, çalışmada incelemeye alınmamasına rağmen dünyada pencere sektöründeki gelişmeleri yakından takip edebilmek için güvenlik camları, çok amaçlı filmler ve kaplamalar ve çevirimli camlarla ilgili genel bilgilere de yer verilmiştir. Bu

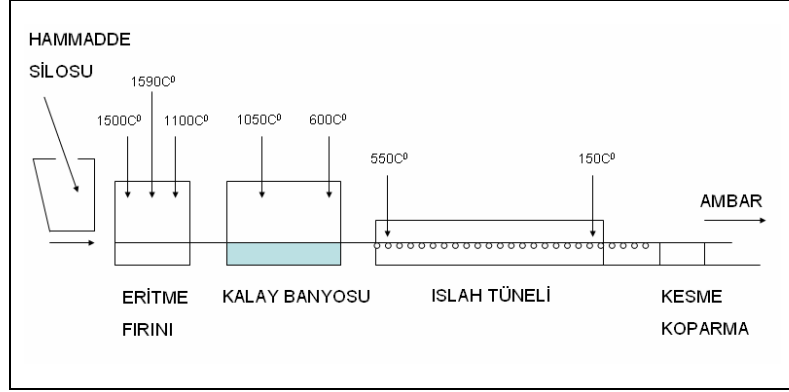
camlar maliyetlerinin yüksek olması ve Türkiye koşullarında yoğun uygulama olanağı bulamasından dolayı incelenmemiştir.

### **1.8.1. Cam Türleri**

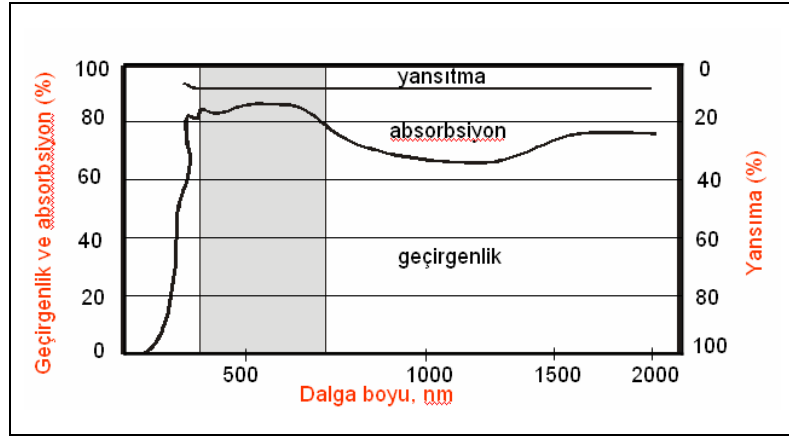
Camları float camlar, güneş kontrol camları, iklim kontrol camları, güvenlik camları, yalıtım camları (çift ve üç tabakalı camlar), ve çevirimli camlar olarak 6 gruba ayırabiliriz. Bu grup içerisinde cam üzerine uygulanan çok amaçlı kaplamalar ve filmlerde ilave edilerek açıklanmıştır.

#### **1.8.1.1. Float Camlar**

Ülkemizde, özellikle konutlarda yaygın olarak kullanılan cam türüdür. Çekme yöntemiyle elde edilen levha camın erimiş kalay üzerinden yüzdürülerek geçirilmesi tekniğiyle üretilir. Üretim süreci; 2mm'den 19mm kalınlığına kadar, pürüzsüz, büyük boyutlarda yüksek kalitede, berrak cam üretimine imkan tanımıştır. Şekil 8'de float camın üretim süreci gösterilmiştir. Modern float camın ölçüleri max. 3.2 – 6.0 m'dir. Float cam, üretim süreci esnasında renklendirilebilir. Işık iletim değerleri de ona göre değişim gösterir. Bileşimindeki demir oksit miktarının değiştirilmesiyle renklendirilebilir [22]. 6mm kalınlığındaki tek tabakalı bir float camın ısı geçirgenlik katsayısı yaklaşık 6 W/m<sup>2</sup>K'dir. Bu değer ısı korunumu açısından oldukça yüksek bir değerdir. Bu camların kullanımı, sıcak ortamdan soğuk olan ortama doğru ısı transferini artıracaktır. Şekil 9'da da görüldüğü üzere; float cam güneşin ise ısı etkiye sahip kızılötesi ışınımının yaklaşık %70'ini iç ortama geçirmektedir. Gün ışığı geçirgenlikleri ( $T_{vis}$ ) 0,8-1,0 arasında değişmektedir. Bu camlar tek tabakalı olarak kullanıldıklarında ısı korunumu ve güneş kontrolü açısından düşük performans gösterirler. Bu camları çift ve üç tabakalı olarak kullanmak çok daha iyi sonuçlar verir [23].



Şekil 8.Float cam üretim süreci [22].



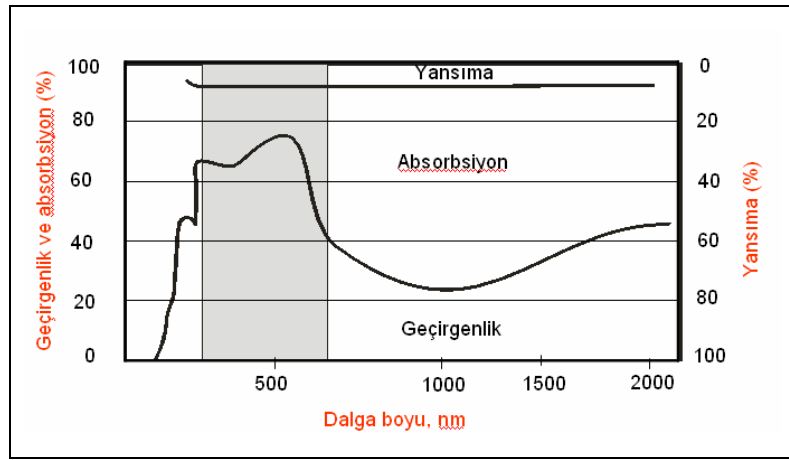
Şekil 9. Standart float camın spektral geçirgenlik özellikleri [24]

## 1.8.1.2. Güneş Kontrol Camları

### 1.8.1.2.1. Renkli Camlar

Flot camın yapısındaki demir miktarının değiştirilmesiyle veya bir takım metal oksitlerin eklenmesiyle farklı renklere cam elde etmek mümkündür. Renkli camlar, renksiz flot camlara oranla güneş ışınımını daha çok soğurur, bundan dolayı da cam yüzeylerinde sıcaklık artar. Renkli cam yüzeyler, gelen güneş ışınımının sadece 3'te 1'ni iç mekana geçirir. Solar ısı kazanç katsayıları düşüktür [24]. Bundan dolayı, soğutma dönem uzunluğu fazla olan illerde ve içsel ısı kazançları yüksek olan binalarda (ofis ) bu camların kullanımı istenmeyen ısı kazançlarını önlemesi açısından fayda sağlar. Günümüzde çoğunlukla, yeşil, pembe, mavi, bronz ve gri renkte flot cam üretimi yapılmaktadır [22].

Mavi renkli camlar yeşil renkli camlara oranla daha yüksek güneş kontrol performansı gösterir, ancak yeşil renkli cama oranla düşük günışığı geçirgenliğine sahiptir. Daha koyu renkler güneş ışınımını daha çok soğurmaktadırlar. Renk koyulaştıkça gün ışığı geçirgenlikleri de azalmaktadır [24]. Şekil 10'da renkli camların güneş ışınımına karşı nasıl davranış gösterdiğine örnek olması açısından yeşil renkli bir camın spektral geçirgenlik özellikleri verilmiştir. Bu camlar, güneşin ise ısı etkiye sahip kızılötesi ışınımının yaklaşık %30'unu iç ortama geçirirler. Gün ışığı geçirgenlikleri ( $T_{vis}$ ) 0,6-0,8 arasında değişmektedir [22].

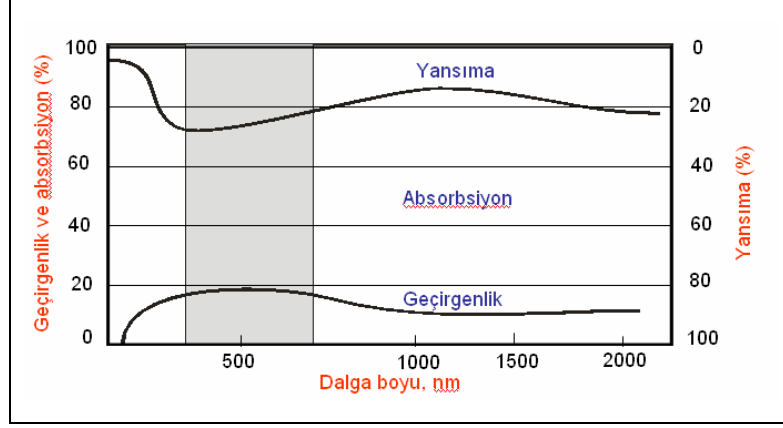


Şekil 10. Yeşil renkli camın spektral geçirgenlik özellikleri [24]

#### 1.8.1.2.2. Reflektif Kaplamalı Camlar

Reflektif kaplamalar güneş kontrolü sağlamada oldukça etkilidir. Güneş ışınımını yansıtma katsayısı yüksek, geçirgenlik katsayısı düşüktür. Bu kaplamalar hem berrak cama hem de renkli cama uygulanabilirler. Berrak camla karşılaştırıldığında renkli cama uygulanan bir reflektif kaplama daha yüksek bir soğurma katsayısına sahiptir [25]. Ülkemizde özellikle ofis yapılarında ve soğutma dönem uzunluğu fazla olan bölgelerimizde kullanımını güneş kontrol performansı açısından uygundur. Ancak bu camlar günışığı geçirgenlikleri çok düşük olduğundan gündüz saatlerinde yapay aydınlatma ihtiyacı doğurur [22]. Şekil 11'de reflektif kaplamalı camların güneş ışınımına karşı nasıl davranış gösterdiğine örnek olması açısından renksiz reflektif bir camın spektral geçirgenlik özellikleri verilmiştir. Bu camlar, güneşin ısı etkiye sahip kızılötesi ışınımının yaklaşık %15'ini iç ortama geçirirler. Gün ışığı geçirgenlikleri ( $T_{vis}$ ) 0,1-0,30 arasında

değişmektedir. Renksiz float cama oranla solar ısı kazanç katsayısını %50 oranında azaltır [24].



Şekil 11. Reflektif kaplamalı camın spektral geçirgenlik özellikleri [24]

### 1.8.1.3. İklim Kontrol Camları

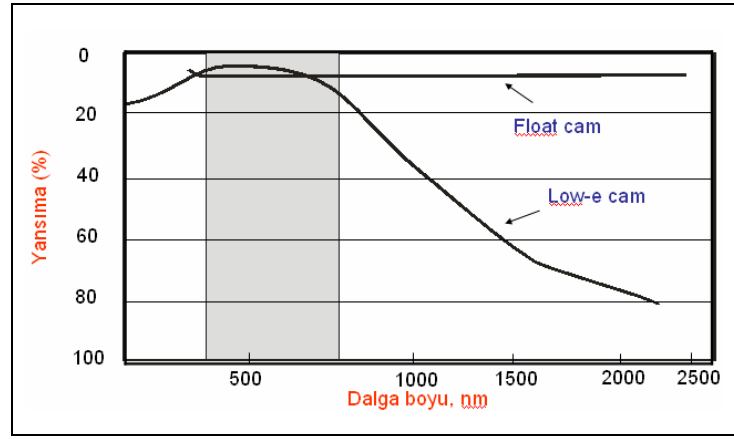
#### 1.8.1.3.1. Low-E Kaplamalı Cam

Low-e kaplama, float cam yüzeylerinden biri üzerinde oluşturulan düşük yayımlı (emissiviteli) bir kaplamadır. Low-e kaplamalı camları sert (prolytic) ve yumuşak (soft) low-e kaplamalı camlar olarak ikiye ayırabiliriz. Sert (prolytic) kaplama, float cam üretimi esnasında cam yüzeyine spreylenecek, yüksek sıcaklıklarda uygulanan ince bir film kaplamadır [26]. Mevcut yapılardaki eski pencerelerin güçlendirilmesinde hem performans hem de maliyet açısından en ideal kaplama türüdür. Kimyasal yapısı bozulmadığı için bu kaplamalar tek cam olarak kullanılabilirler. Yumuşak (soft) kaplama, cam üretimi sırasında bir metal oksit cam yüzeyine yayılması sonucu oluşan kimyasal bir prosesdir. Bu kaplama türü çift ve üç tabaka camların iç ortama bakan yüzeylerinde kullanıma uygundur. Dış ortam ile teması kimyasal yapısını bozacağından performansını düşürecektir [27].

Low-e kaplamalı camların uzun dalga kızılötesi geçirgenliği sıfıra yakındır. Ancak kısa dalga kızılötesi yansıtıcılığı düşüktür. Solar enerjinin çoğu kısa dalga boyundaki kızıl ötesi ışınım ile sağlanır. Low-e cam solar geçirgenliğin yüksek olduğu yerde seçici bir reflektif gibi davranır, solar yansıtıcılığı düşük ve içerdeki objelerden yayılan uzun dalga

kızılötesi ışınımı yansıtıcılığı yüksektir. Low-e kaplamalar genellikle metal oksit bir kaplamadan oluşturulur. Bu kaplamalar 10nm kalınlığından daha azdır ve solar şeffaflık gösterirler [28].

Tek tabakalı bir float camdan oluşturulmuş bir penceredeki ısı kaybının %60'ı uzun dalga kızılötesi ışınım ile gerçekleşir [22]. Şekil 12'de kaplamasız bir float cam ile low-e kaplamalı camın spektral yansıtıcılık özellikleri karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi low-e cam ve float camın gün ışığı yansıtıcılıkları %0-20 arasında değişmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken low-e kaplama camın uzundalga ışınımı %80-%100 arasında yansıtmasıdır. Float cam uzundalga ışınımı sadece %0-20 arasında yansıtılmaktadır.



Şekil 12. İşlenmemiş float cam ile Low-e camın spektral yansıtıcılıklarının karşılaştırılması [24]

### 1.8.1.3.2. Seçici-Geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam

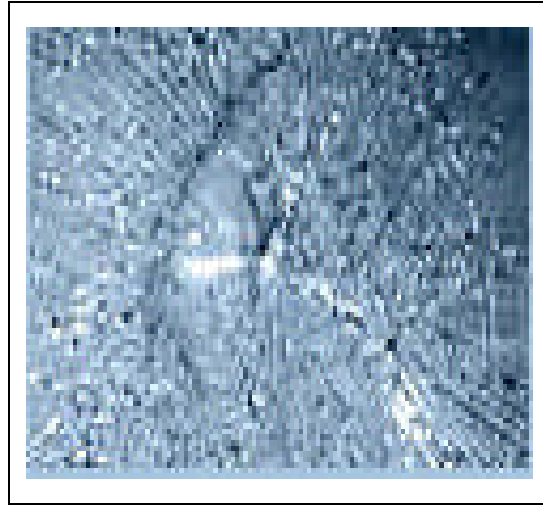
Güneş spektrumunun görülebilir ışınımını geçirmekte, ısıl etkiye sahip kızılötesi ışınımına karşı ise opak özellik göstermektedirler. Low-e kaplama camlardan farkı kızılötesi ışınımı yansıtarak güneş kontrolü sağlamasıdır. Bu camlarda düşük yayımlı (emissiviteli) bir kaplama ile kaplanır. Optik özellikleri paralelinde tüm iklim koşulları ve bina tipleri için amaca uygun seçici geçirgen cam tipi bulunmaktadır. Düz cam veya renkli cam üzerine uygulanan türleri vardır. Güneşin kırsadalga kızılötesi ışınımını, iç ve dış ortamdaki uzundalga kızılötesi ışınımını geri yansıtıcı özellikte yapılabilmeleri nedeniyle binalarda güneş kontrolü amaçlı veya ısı kayıplarını azaltmaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Çift tabakalı float camlardan oluşturulmuş hava dolgululu standart bir yalıtım camına göre ısı

korunumunda % 14, güneş kontrolünde % 42 performans artışı sağlamaktadır. Bu tip camlar insan gözünün duyarlı olduğu 0,43-0,69  $\mu\text{m}$ .’lik kısmını geçirir, kalan kısmını yansıtma yetenekleri paralelinde doğal aydınlatma açısından da yüksek performansa sahiptir ( $D_x \geq 1,0$ ). Çok katmanlı kombinasyonlarda gerek güneş kontrolü, gerekse ısı korunumu açısından camın performansını, kaplamanın doğru konumlandırılması belirlemektedir. Seçici geçirgen kaplamanın yıpranmasını engellemek amacıyla, genellikle çift camlı kombinasyonlarda dış camın iç yüzeyinde (#2 numaralı ) kullanılırlar [10].

#### 1.8.1.4. Güvenlik Camları

##### 1.8.1.4.1. Isıyla Temperlenmiş Güvenlik Camı

Bu cam, temperli güvenlik camı olarak adlandırılır. Float camın transformasyon noktasına (min  $640\text{C}^0$ ,ye) kadar ısıtılarak bu sıcaklığa gelen cam kütesinin aniden soğuk hava verilerek soğutulmasına dayalı bir prosesdir. Şekil 13’te bir temperli cam örneği gösterilmiştir.



Şekil 13. Temperli güvenlik camı [24]

Temperli cam üretim prosesi sonucunda, camın dış yüzeyi içine oranla daha hızlı soğur ve büzülür. Bu da yüzeylerde, daha güçlü bir cam oluşmasına neden olan, ek basınç gerilmeleri yaratır, eğilmeye dayanımı artırır. Temperli güvenlik camı aşırı yüke maruz

kalırsa, genellikle çok keskin olmayan küçük parçalar halinde kırılabilir veya çatlayabilir. Temperli cam eğilmeye karşı çok yüksek dayanıma sahiptir, insan darbelerine karşı dayanıklıdır. Cam bağlantıları yük taşıyabilir nitelikte yapılmalıdır. Tüm konstrüksiyonlar için camın kalınlığı, pencere camının ölçülerine bağlı olarak en az 6mm olmalıdır [24].

#### 1.8.1.4.2. Lamine Camlar

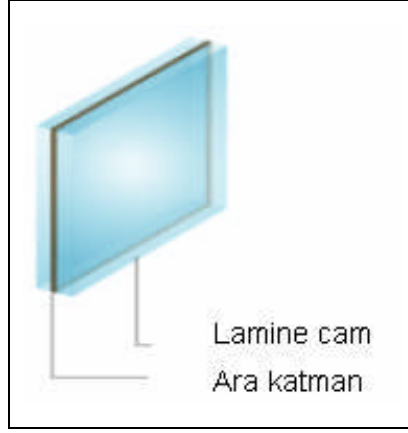
Lamine cam, cam yüzeylerin birbirine bağlanarak kullanılmasıyla, sınırsız kombinasyonda kaplamalı veya kaplamasız camlar elde edilmesini mümkün kılmakta, aynı zamanda cam yüzeyler arasındaki farklı ölçülerde düzenlenebilen boşluklarda, solar ve termal koruma önlemleri alınabilmesini sağlamaktadır [24]. Lamine cam, en az iki cam tabakadan ve bir ara katmandan oluşur, cam tabakalar, üretim esnasında birbirine bağlanır. Şekil 14'te bir lamine cam örneği gösterilmiştir. Güvenlik özelliği olmayan lamine camlar, dekoratif veya gürültü izolasyonu amaçları için kullanılabilir. Burada, iç katman, diğer organik veya inorganik bileşiklerin yanında, dökme reçinelerden de yapılabilir. Cam üniteleri neme ve solar radyasyona dayanımlı olmalıdır. Örneğin; belirli bir radyasyona veya belirli bir nem yüküne maruz kalma onların mekanik ve optik özelliklerini değiştirmemelidir. Özel bazı lamine camlar, voltaj uygulamasıyla değişebilen özellikli iç katmanlı olarak üretilebilirler. Bu, cam ünite de saydamlık veya yarısaydamlığı mümkün kılar ancak her iki durumda da ışık geçişine izin verilir [6].

##### Lamine Güvenlik Camı

Bir lamine camın güvenlik camı olarak değerlendirilmesi için genellikle iki cam yüzeyin polivinil bütiral (PVB) kullanılarak bağlanmış olması gerekmektedir [24]. Bu camlar bir güvenlik camıdır ve kırılmaları halinde cam parçaları birlikte tutulur. Polivinil bütiral folyo, uygun dökme reçineler veya diğer organik veya inorganik malzemeler cam ile bağlantıyı sağlamak amacıyla ara katman olarak kullanılabilirler. Bir polivinil bütiral ara katmanlı bir lamine güvenlik camının kenarındaki bağlantı şayet devamlı bir neme maruz kalırsa zarar görebilir. Folyo başlangıçta çok kuru olduğu için, nemi absorbe edebilir ama bu kenar bağlantısını zayıflatır. Nakil ve depolama esnasında, kenarların aşırı nemden korunmasına dikkat edilmelidir. Ancak bu sadece optik bir kusurdur ve bir tüm olarak ünitenin fonksiyonuna herhangi bir etkisi yoktur [6]. Bir lamine camdan float camın sağladığı dayanımdan daha yüksek bir dayanım isteniyorsa, cam yüzeyler, temperli camdan yapılabilir. Lamine camın yüzeyleri arasına, ısı korunumu, güneş kontrolü,



güvenlik ve mahremiyet sağlama gibi pek çok gereksinmeyi karşılayabilmesi için, şeffaf, renkli veya desenli filmler, ısı izolasyonu, ultraviyole ışını emici veya yansıtıcı film, tel ağı gibi malzemeler yerleştirilebilir [14]. Bu malzemelerden tel ağı güvenlik, diğerleri ısı korunumu ve güneş kontrolü sağlamak için kullanılır.

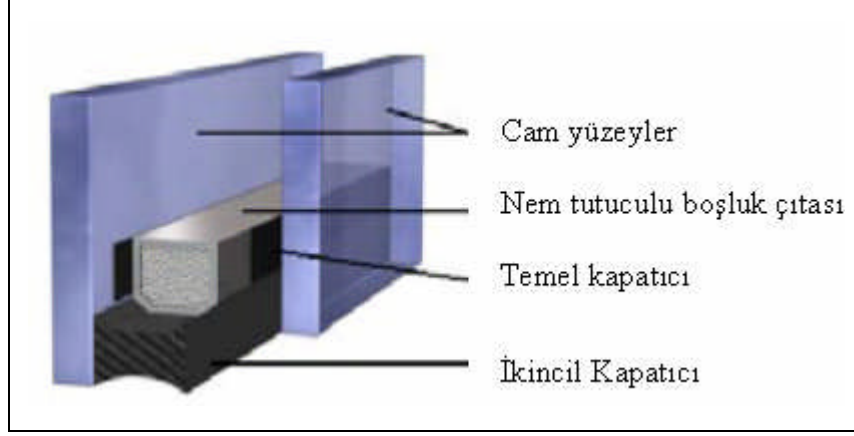


Şekil 14. Lamine cam [24]

#### 1.8.1.5. Yalıtım Camları

Yalıtım camları, minimum kaplamalı veya kaplamasız iki cam tabakadan ve bu tabakaların arasında, nem tutucu malzeme içeren boşluk çitası ve kenar kapatıcı (sızdırmazlık) malzemesinden oluşur [29]. Bu malzemeler bölüm 1.7.1.5.3'te açıklanmıştır. Şekil 15'te kaplamasız çift tabakalı bir yalıtım camının konstrüksiyon detayı gösterilmiştir. Bu çalışmada çift ve üç tabakalı yalıtım camları incelenmiştir. Cam tabakalar arasındaki boşluk ısı tampon olarak görev görür ve bu boşluklar havanın yanında, daha düşük ısı iletkenlik değerine sahip, argon (Ar), kripton (Kr), zenon (Xe), SF6 gibi gazlarla doldurulabilir [22]. Bu camlarda, kenar kapatıcı malzeme olarak silikon kullanılacağı zaman cam tabakaları arasındaki boşluk yukarıda belirtilen gazlarla doldurulmamalıdır çünkü silikonun bu gazlara karşı geçirgenliği oldukça yüksektir [21]. Yalıtım camlarında ısı kayıpları; konveksiyon, kondüksiyon ve ışımaya yollarıyla gerçekleşir. Bu camlarda güneş kontrolü sağlamak için, dış cam tabaka, renkli ve reflektif kaplama cam olabilir, tabakalar arasındaki boşlukta güneş kontrolünün yanında ısı korunumuda sağlayan ısı yansıtıcı filmler kullanılabilir, tabakaların iç ortam yüzeylerinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanılabilir. Isı korunumu için, özellikle cam

tabakalarının iç ortam yüzeylerinde low-e kaplamalar, tabakalar arası boşlukta kripton ve argon gibi düşük ısı iletkenlikli gazlar kullanılabilir.



Şekil 15. Çift tabakalı yalıtım camı konstrüksiyon detayı [21]

#### 1.8.1.5.1. Yalıtım Camlarında Cam Tabakaları Arasında Kullanılan Gazlar

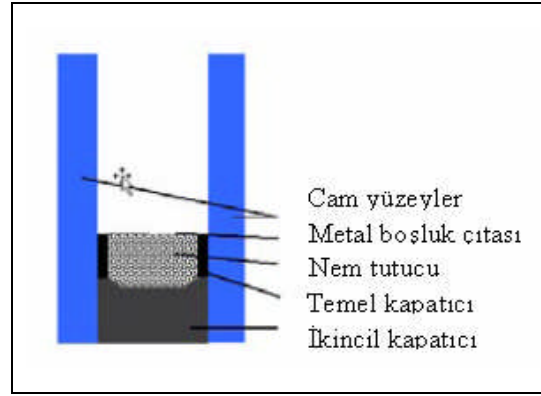
Hava dolgulu yalıtım camlarının ısı iletkenlikleri düşüktür. Ancak cam tabakalar arasındaki boşluğun, argon (Ar), kripton (Kr) gazlarıyla doldurulması halinde yalıtım camının ısı iletkenliği daha da düşer. Bunun nedeni, bu gazların, normal havadan daha düşük ısı iletkenliğe ve konveksiyon özelliklerine sahip olmasıdır. Yalıtım camlarında cam tabakaları arasındaki boşlukta hangi gazın kullanılacağına ekonomik faktörler oldukça önemlidir. Argon elde etmesi ucuz bir gazdır, çünkü havada %1 oranında bulunmaktadır; diğer yandan kripton %0.0001 oranında bulunduğu için elde etmesi pahalı bir gazdır [7]. 12mm boşluklu, low-e kaplamalı, çift tabaka camlı, hava dolgulu bir yalıtım camının ısı geçirgenlik katsayısı yaklaşık  $1.9 \text{ W/m}^2\text{K}$  iken, aynı yalıtım camı argon ile doldurulursa bu değer  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kripton doldurulursa  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  olmaktadır.

#### 1.8.1.5.2. Boşluk Çıtaları (spacer)

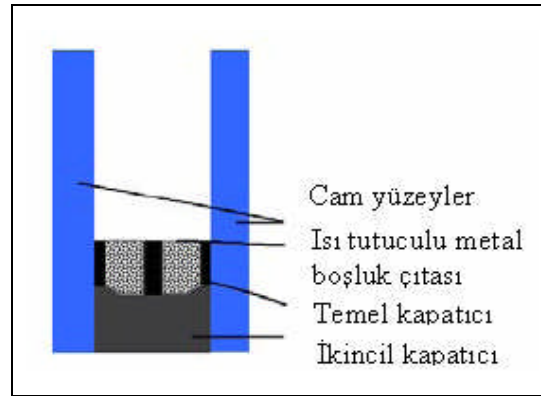
Rijit Boşluk Çıtaları:

Alüminyumdan yapılmış, kutu biçimli boşluk çıtaları, yıllardır, pazarlarda ana ürün olarak satılmaktadır. Poliüretandan yapılmış ısı tutuculu, metal boşluk çıtaları da

geliştirilmiştir. Bunlar düşük ısı iletkenliğe sahiptirler. Isı tutucusuz alüminyum boşluk ıtasının  $0.5W/m^2K$  olan ısı geçirgenlik katsayısını ısı tutuculu alüminyum boşluk çıtası kullanarak  $0.4W/m^2K$ 'e düşürmek mümkündür. Bu sayede, kenar kapatıcıdaki iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı azaltılabilir [21]. Şekil 16 ve 17'de çift tabakalı yalıtım camlarında kullanılan ısı tutucusuz ve ısı tutuculu alüminyum boşluk ıtalrı ve bunların bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 16. Kutu biçimli boşluk ıtası [21]



Şekil 17. Isı tutuculu kutu biçimli boşluk çıtası [21].

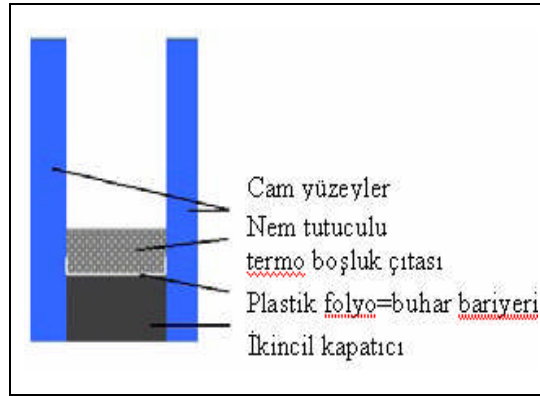
#### Organik Boşluk ıtalrı:

Plastik malzemelere oranla, metaller daha yüksek bir ısı iletkenliğe sahiptirler. Bu yüzden, ısı performansını arttırmak için, metal boşluk çıtalarının yerine nem tutuculu organik boşluk çıtalarının kullanımı çok daha iyi sonuç verir. Plastik katmanlar ve alüminyum kompozit filmlili köpük boşluk çıtası veya oyuklu metal şeritli bütül boşluk çıtası

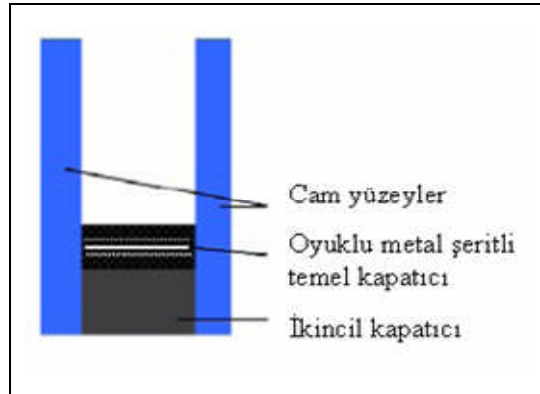
organiktir. Şekil 18’de köpük tipi boşluk çıtası, Şekil 19’da oyuklu metal şeritli bütül boşluk çıtası ve bileşenleri gösterilmiştir.

Boşluk çıtalarının uygulanmasında çok farklı bir yaklaşım, termo plastik boşluk çıtalarının (TPS) geliştirilmesidir. Özel bir bitül malzeme kullanılarak oluşturulur. Çıta genişlikleri 20mm ile sınırlandırılmıştır. Temel ve ikinci kapatıcı arasındaki uyum son derece önemlidir. Bükülmüş camlarda kullanıldığında en yüksek esnekliği ve mukavemeti gösterirler. Bu boşluk çıtası ve bileşenleri Şekil 20’de gösterilmiştir.

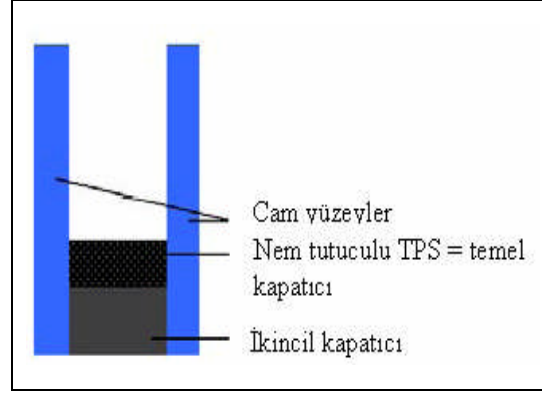
Bir başka yeni gelişme, süper boşluk çıtalarının geliştirilmesidir. Sistem, bir buhar koruyucu folyo ile kaplanmış bir tip silikon köpükten oluşturulur. Bu bükülmüş camlarda kullanıma da esneklik sağlar. Boşluk çıtasının T biçimli kesiti, hem bir argon koruyucu hem de bir buhar koruyucu olarak hareket eden bir bitül şeridin uygulanmasına imkan tanır. Bu boşluk çıtası ve bileşenleri Şekil 21’de gösterilmiştir [21]



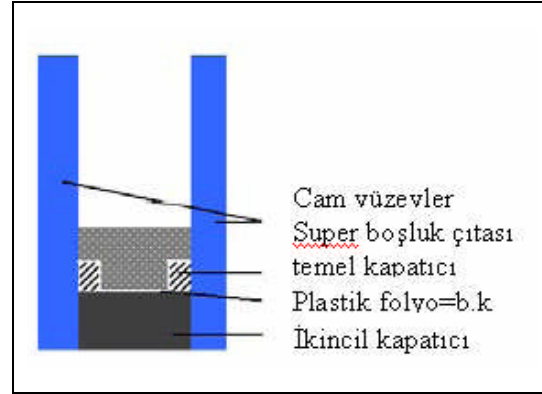
Şekil 18. Köpük tipi boşluk çıtası [21]



Şekil 19. Oyuklu metal şeritli bütül boşluk çıtası [21].



Şekil 20. Termo plastik boşluk çitası [21]



Şekil 21. Süper boşluk çitası [21]

### 1.8.1.5.3. Yalıtım Camları Kenar Kapatıcıları

Yalıtım camlarının çoğu iki kapatıcılı olarak düzenlenmektedirler. Polyizobütilen (PIB) temel kapatıcı olarak kullanılmaktadır. PIB, neme karşı en iyi koruyucu ve gaz ile doldurulmuş sistemlerde, en etkili gaz bariyeridir. Kimyasal etkilere ve ultraviyole radyasyona dayanımı oldukça yüksektir. Ancak, PIB elastik değil plastik davranışı gösterir. Bu yüzden yalıtım camı kenar kapatıcılarında, mekanik etkilere karşı dayanımlı olması için ikincil elastik bir kapatıcı kullanılmalıdır. İkincil kapatıcı için; polisülfid, poliüretan, sıcak eriyik ve silikon kullanılabilir. Yalıtım camlarının %90'ında polisülfid ve poliüretanlı ikincil kapatıcılar az bir kısmında da sıcak eriyik kullanılmaktadır. Silikon ise strüktürel cam cephelerde kullanılmaktadır [21].

### **1.8.1.6. Çok Amaçlı Kullanılan Cam Kaplamalar ve Filmler**

#### **1.8.1.6.1. Isı Aynası (Heat Mirror)**

Güneşin görülebilir ışınımına karşı şeffaf, ısı etkiye sahip kızılötesi ışınımına karşı opak özellik gösteren bir pencere yalıtım malzemesidir. Yalıtım camlarında cam tabakaları arasındaki boşluğa yerleştirilir. Çift tabakalı float camdan oluşturulmuş hava dolgululu bir yalıtım camında, cam tabakaları arasındaki boşlukta ısı aynası film kullanımı önemli ölçüde ısı kaybını azaltır ve kondüksiyon ve ışıma yolları ile ısı kazancı sağlar. UV ışınlarının %99.5'ünü yok eder [22]. Bu filmlerin güneş kontrolünün istendiği soğutma dönemi fazla olan bölgelerde veya içsel ısı kazancı yüksek yapı tiplerinde kullanımı uygundur. Soğuk olan bölgelerde ve içsel ısı kazancı düşük yapı tiplerinde kış güneşinden yararlanmayı engelleyeceğinden tercih edilmemelidir.

#### **1.8.1.6.2. Antirefleksif Kaplamalar**

Antirefleksif kaplamalar, renksiz float camın yansıtıcılığını 0.09'dan 0.02-0.03'e azaltır ve böylece güneş ışınımı geçirgenliği artırır [22]. Coğrafik konuma ve iklime bağlı olarak, yıllık %3.5-4 oranında güneşten enerji elde edilmesini sağlar [30]. Mekanik, kimyasal ve termal bozulmalara dayanıklıdır. 100nm kalınlığında, küçük gözenekli bir kaplamadır. Solar termal kolektörlerle elde edilen ısı miktarını %8-10 oranında artırır. Fotovoltaiklerde, solar termal kolektörlerde, sera evlerinde ve koruma amaçlı tarihi binalarda kullanılırlar [31].

#### **1.8.1.6.3. Açısal Seçici Kaplamalar**

Güneşin geliş açısına bağlı olarak güneş kontrolü sağlayan bir kaplama türüdür. Yaz esnasında veya yapının soğutma sezonlarında direkt gelen güneş ışığını ve solar ısı kazançlarını yansıtır veya bloke ederler, ancak içeri günışığı alınabilmesi için yaygın gök ışığını kabul ederler. Açısal seçici kaplamaların geliştirilmesi için birçok araştırma yapılmış, çaba sarf edilmiştir, buna rağmen hala ticari bir ürün olamamışlardır [24]. Bu kaplamaların, enerji ve günışığı performansları 1998'de Sullivan tarafından

değerlendirilmiştir [32]. Görülebilir ışınının dalga boyundan daha küçük bölgelerde soğurma kabiliyetleri yüksektir [33]. Enerji etkin yapı tasarımında kullanımları oldukça faydalı olmasına rağmen henüz ticari bir ürün haline gelememesinden dolayı bu çalışmada incelenmemiştir.

#### **1.8.1.6.4. Holografik Kırıcı Filmler**

Güneş ışınının kontrol edilmesinde, holografik kırıcı film kullanımı yeni bir tekniktir. Işığın yönünü değiştirmede, aynalar, lensler, prizmalar ve diğer görsel öğelerdekine benzer bir şekilde, kırılımın fiziksel etkisinden faydalanılır. Holografik kırıcı filmler, lamine camın, cam yüzeyleri arasına yerleştirilen yüksek çözünürlüklü fotografik film üzerinde oluşturulan lazer ışık modelinin üç yönlü yazılımıdır. Işık kırıcı ızgara, ışığın geliş açısının yönünü değiştirerek iç mekanın ilerilerine doğru ışık sağlar. Mimaride, holografik kırıcı filmler, hologram gösteriminin yanında, ışık yönünü değiştirmede, gölgelemede ve görsel perdelemede kullanılabilir. İlk olarak hologram gösterimi kredi kartlarında kullanılmış, daha sonra bilgilendirici olarak cepheye transfer edilmiştir. Cepheye, ışığın yansıtılmasıyla harfler veya semboller oluşturulmuştur. 1993'te, 13×13 cm standart ölçülerinde, solar hücrelerin kullanımını mümkün kılan, döner cam panjurların prototipleri geliştirilmiştir. Bu panjurlar, geleneksel bir fotovoltaik sisteme oranla yarım kat daha fazla enerji üretir [24].

#### **1.8.1.7. Çevirimli Camlar**

Elektrikle güçlendirilmiş, termal hareketlerden etkilenen, ışığa duyarlı, karar verme yeteneğine sahip kimyasal ve optik teknolojileri içerirler. Çevirimli camlar düzenli sırlamada görünmeyen optik değişimler gösterirler [29].

##### **1.8.1.7.1. Optik Özelliklerindeki Değişimlerle Oluşan Camlar**

Cam malzemenin şeffaflık özelliğinden dolayı ışık geçişlerinin optik kontrolü yine güneşten gelen ışınımın ultraviyole veya radyoaktif özelliklerine bağlı olarak değişim

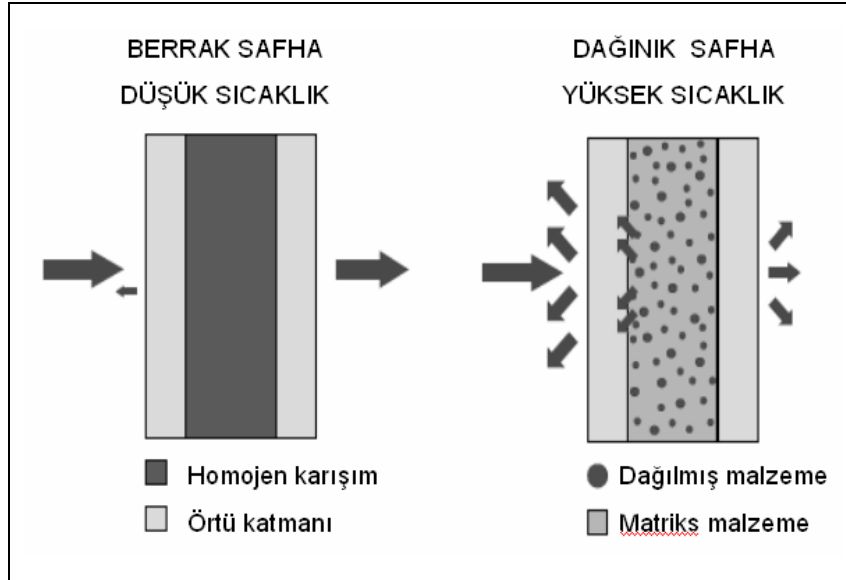
göstermektedir. Günümüzde bu özelliklerin değişiminde ulaşılan nokta, güneşin ısı ve ışık kontrolüne karşı duyarlı hale getirilen cam kurgulardır [29].

#### Fotokromik Camlar;

Bu camlar, kaplama olmaksızın kendi kimyasal yapılarıyla ultraviyole ışınlar ve kısa dalga boylarında görülebilir ışınlarla açığa çıkan etkilere karşı, otomatik olarak cevap verebilir yetenektedirler. Çok dayanıklıdır ve kimyasallara karşı dirençleri iyidir. Ancak her mevsim yüzeyinde kararma meydana gelebilir. Bu da camların az bir ışık seviyesinde dahi karararak, ısıtma problemi olan yerlerde kış güneşinden maksimum yararlanma sağlanmasına engel olur [29].

#### Termotropik Camlar;

Isının yükselmesiyle birlikte yapısında bulunan elektronlar dağılarak, şeffaf halden opak hale dönüşürler. Malzemenin temeli, ışınların yansıtıcı özelliklerini farklılaştıran iki önemli yapı içerir; bunlar, su ve polimerden kurulu olan hidrojel yapılardır. Termotropik yüzeyler düşük ısılarda şeffaf görünümünü korurken, yüksek ısılarda ise hidrojel içerisindeki polimerlerin konfigürasyonu ile ışık saçan kümeler dönüşür. Bu da yüzeyin opak hale gelmesini sağlar [29]. Şekil 22'de termotropik camların sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 22. Termotropik yüzeylerin sıcaklıkla değişimi [34].



Termokromik Camlar;

Isı etkisiyle geçirgenliğinde değişim olan cam yüzeylerdir. Renk değişimi sırasında uygulanan küçük voltajlar, oluşumu hızlandırmaktadırlar. Düşük emissiviteli (Low-E) kaplamaların yardımıyla uzun dalga boylarında ısı kaybını azaltmaktadırlar. Bu oluşumlarda kullanılan en uygun metal oksit, vanadyum oksittir ( $VO_2$ ) [34].

#### 1.8.1.7.2. Elektrik Akımı Etkisiyle Değişim Gösteren Camlar

Bu camlar bir miktar voltaj uygulanması sonucunda ışık yada güneş enerjisi geçişlerinde değişim gösteren cam yüzeylerdir. Bu camların çalışma prensipleri merkezi bina kontrol sistemleri ile ya da cam yüzeyine yerleştirilen mikroçiplerin kontrolüyle gerçekleştirilmektedir [29].

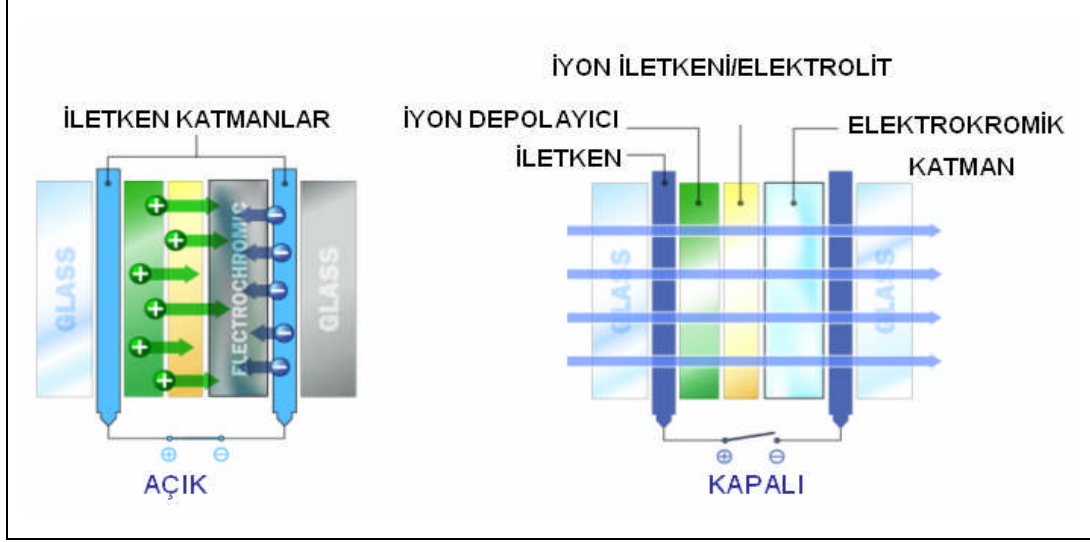
Sıvı-Kristal Camlar;

Bu camlar güneş ışığında polarize olmuş elektronlarla aynı özelliği gösterirler fakat elektrik enerjisiyle çalışırlar. Voltaj uygulanması olmadığı durumlarda, moleküller tesadüfî olarak hareket ederler. Voltaj uygulanması sonucunda ise moleküller kendilerini sıraya dizerler, bu da camı opaklaştırır. Daha çok dış duvarlarda dijital ekranlar olarak ve özellikle iç mekan bölücülerinde kullanılması tercih edilmektedir [35].

Elektrokromik Camlar;

Elektrokromik katmanlar bir akümülatör gibi görev görürler. Bir iyon depolayıcı, iyon ileticisi ve cam veya plastikten yapılmış, iki malzeme arasına yerleştirilen, şeffaf ileticili, elektrokromik katmandan oluşturulur. İyonlar, voltaj uygulanmasıyla ileri ve geriye doğru atıldığında, kimyasal bir reaksiyon meydana gelir. Voltaj uygulanması, iyon değişim prosesi esnasında gereklidir. Elektrokromik sistemler, uçaklarda, karayolu araçlarında ve trenlerdeki camlarda da binadakiler gibi parlaklığı gidermede ve güneşten korumada idealdir. Bu kaplamalar, Donnelly ve Gentex tarafından, arabalar için, aktif olarak kontrol edilebilen arka görüş aynalarının prototiplerinde ve Nisan Motors, Donnelly, Daimler-Benz-Dornier tarafından arabalar için geliştirilen cam sunrooflar için prototip olarak üretilmiş ve pazara sunulmuştur. Yapılar için kullanımı,  $max.0.5m^2$  ölçülü elektromik katmanlı lamine camın geliştirilmesiyle sınırlı kalmıştır. California, Lawrence Berkeley Labaratuvarında, Dr. Carl Lampert'e göre, kontrol edilebilir geçirgenlik aralığı, renklendirildiğinde, yakın kızılötesinde 0.10-0.70 arasında, görülebilir dalga boyunda 0.10-

0.20 arasında; berrak durumda, 0.60-0.80 arasında değişmektedir [36]. Şekil 23'te elektrokromik camların voltaj uygulanmasıyla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 23. Elektrokromik yüzeylerin voltajla değişimi [35].

### 1.8.1.7.3. Gazokromik Camlar

Termokromik sistemlerin çalışmasına benzer bir şekilde oluşturulmuştur. Yüzeydeki renk değişimleri yüzeyler arasındaki gaz kitlelerinin hareketiyle sağlanmaktadır. Gazokromik sistemler, içeriğindeki boşluklar yaratmaya yardımcı olan  $H_2$  ve  $O_2$  bulunan ve renk değişiminde yardımcı olan azot ( $N_2$ ) ve vanadyum oksit ( $VO_2$ )'ten kurulmuş hafif sulandırılmış gaz karışımlarıyla oluşturulmuş cam kurgulardır. Katmanların kesitlerindeki gaz konsantrasyonu ısı ve ışık değişiminin geçiş değişimini belirlemektedir. Çok pahalı bir sistem olduğundan kullanım alanı sınırlıdır. Deneysel çalışmaları halen devam etmektedir [37].

## 1.8.2. Çerçeve Türleri

### 1.8.2.1. Alüminyum Çerçeveler

Alüminyum çerçeveler ısıl geçirgenlik katsayısının diğer çerçevelere oranla çok yüksek olmasından dolayı çok fazla tercih edilmemektedir. Ancak günümüzde giydirme

cephelerde bu tür çerçeve kullanımında gözle görülür bir artış gözlenmektedir. Bu da alüminyum çerçeve kullanımını gündeme getirmektedir. Bu cephelerde mümkün olduğunca iyi ısı korunumu sağlayabilmek için alüminyum çerçeve ısı tutuculu olarak kullanılmaktadır. Bu ısı korunumunda yaklaşık %8'lik bir iyileşme sağlamaktadır.

### **1.8.2.2. Ahşap Çerçeveler**

Ahşap çerçeveler hem çevre dostu hem de iyi bir ısı korunumu sağladığı için özellikle konut yapılarındaki pencerelerde tercih edilmektedir. Alüminyum çerçeveye göre ısı geçirgenlik katsayısı önemli ölçüde daha düşüktür. Alüminyum çerçeveye oranla penceredeki ısı korunumunda yaklaşık %15 oranında bir iyileşme sağlar.

### **1.8.2.3. PVC Çerçeveler**

Ahşap çerçevelere oranla daha iyi ısı korunumu sağlar. Isı geçirgenlik katsayısı daha düşüktür. Konut yapılarında kullanımı en çok tercih edilen çerçeve malzemesidir. Özellikle çift camlı pencere uygulamalarında firmalar tarafından tercih edilmektedir. Ahşap çerçeveye oranla penceredeki ısı korunumunda yaklaşık %2'lik bir iyileşme sağlar.

## **1.9. Araştırmacılara Yönelik Kaynak Önerileri**

Literatür araştırması esnasında, konuyla ilgili ulusal ve uluslar arası standart, prosedür, araştırma raporu, makale, bildiri, tez ve kitap olmak üzere pek çok yayın incelenmiştir. Bu yayınların bir kısmı tez içerisinde numaralandırılarak kaynaklar bölümünde verilmiştir. Kaynaklar bölümünde verilmeyen, ancak bu konuyla ilgili çalışacak araştırmacılara faydalı olacağına inandığımız yayınlar aşağıda listelenmiştir.

- TS EN 12898, Cam Yapılarda Kullanılan Yayma Gücü Katsayısının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- tst EN ISO 14438, Cam Yapılarda Kullanılan Enerji Dengeleme Değerinin Tayini – Hesaplama Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.

- Arsoy, A., Şen, O., Şaylan, L., Toros, H., Türkiye İklim Verileri Proje Raporu, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınları, Ankara, 2000.
- Fissore, A., Fonseca, N., Experimental Study of The Thermal Balance of a Window, Design Description, Building and Environment, Volume 42 (2007), 3309-3321.
- NFRC 101-2006, Procedure for Determining Thermophysical Properties of Materials For Use in NFRC - Approved Software Programs, National Fenestration Rating Council, Inc., USA, 2006.
- NFRC 100-2004, Procedure for Determining Fenestration Product U-Factors, National Fenestration Rating Council, USA, 2004
- NFRC 200-2004, Procedure for Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence, National Fenestration Rating Council, USA, 2004.
- Gugliermetti, F., Bisegna, F., Saving Energy in Residential Buildings: The Use of Fully Reversible Windows, Energy, Volume 32 (2007), 1235,1247.
- Rijal, B. H., Tuohy, P., Humphreys, A. M., Nicol, F. C., Samuel, A., Clarke, J., Using Result from Field Surveys to Predict the Effect of Open Windows on Thermal Comfort and Energy Use in Buildings, Energy and Buildings, Volume 39 (2007), 823-836.
- Ayçam, İ., Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Isıtma Gerektiren Dönem İçin Alçak Katlı Konut Binalarında Uygun Cam Tiplerinin Saptanmasına Yönelik Bir Yöntem, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- Çetiner, İ., Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
- Oral, K.G., Appropriate window type concerning energy consumption for heating, Energy and Building, Volume 32 (2000), 95-100.
- Aydın, O., Conjugate heat transfer analysis of double pane windows, Building and Environment, Volume 41 (2006), 109-116.
- Tavil, A., Enerji Etkin Pencere Sistemlerinin Türkiye Koşullarında Değerlendirilmesi, Yalıtım, Mayıs-Haziran (2007), 81-86.

- Utkutuğ, G., Enerji Etkin Yapı Tasarımı, Sorunları ve Tasarım Stratejisi, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, 2 (1993), 69-93.
- Platzer, J. W., Performance Assessment for Solar Shadings – State of The Art, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2005.
- Wruk, N., Energy Balance of Coated Double Glazings, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 1997.
- Persson, L. M., Energy Efficiency of Switchable Glazing in Office Buildings, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2005.
- Rubin, M., Powles, R., Optical Properties of Glazing Materials at Normal Incidence, Revista della Statzione Sperimentale del Vetro, (2001), 13-16.
- Lyons, P., Arasteh, D., Window Performance for Human Thermal Comfort, ASHRAE Winter Meeting Paper, Dallas, 2000.
- Selkowitz, E. S., High Performance Glazing Systems: Architectural Opportunities for the 21<sup>st</sup> Century, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 1999.
- Uuttu, S., Study of Current Structure in Double - skin Façades, The Master of Thesis, Helsinki University of Technology, Civil and Environmental Engineering, 2001.
- Weidtmann, E., Yüksek Binalarda Güneş Enerji Kontrolü ve Reflektif Cam Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Giydirmeye Cepheler Sempozyumu, 1991.
- Ilgaz, T., Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, Bayındırlık Bakanlığı ve KTÜ Araştırma Proje Raporu, Trabzon, 1979.
- Yaşar, Y., Pehlevan, A., Maçka, S., Trabzon İklim Koşullarına Göre Isıl Performans Açısından Uygun Pencere Tiplerinin Belirlenmesi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2007.
- Özdeniz, M., Yaşar, Y., Pehlevan, A., ‘Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması Araştırması, İkinci Bölüm: Pencereler, Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Raporu, 1992.
- Yaşar, Y., Paralel Yüzeyle Isı Köprüsü İçeren Yapı Elemanında Yüzeyle Sıcaklıklarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.

- Pehlevan, A., Türkiye’de Hıgro - Termik Koşullar Açısından Dış Duvarlarda Yoğuşma-Buharlaşma - Adaptasyon Sürelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1986.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma farklı tür pencerelerin Türkiye iklim bölgelerine göre enerji etkinliğini değerlendirebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Genel bilgiler bölümünde pencerelerin enerji etkinliğine etki eden faktörler açıklanmış, pencerelerin ısı korunumu, güneş kontrolü ve gün ışığı yeterlilik seviyesi performanslarını değerlendirebilmek için hesaplanması gerekli kriterler, bu kriterlerin hesaplanabilmesi için gerekli olan veriler açıklanmıştır. Bu bilgiler ışığında pencerelerin ısı performans kriterlerini hesaplayan mevcut programlar belirlenmiş, bu programların kullandığı veriler ve hesaplama yöntemleri titizlikle incelenmiştir. Bu inceleme sonunda Türkiye’de pencerelerin ısı performans kriterlerini (ısı geçirgenlik katsayısı-  $U$  ( $W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), serinlik indeksi ( $D_x$ )) hesaplayan kapsamlı bir bilgisayar programının geliştirilmediğini, Türkiye’deki cam firmalarında Amerika, Lawrence Berkeley Laboratuvarı tarafından geliştirilen Windows programını kullanarak alınan sonuçlara göre enerji etkinlik değerlendirmesi yaptıkları saptanmıştır.

Windows programı Tablo 4’te belirtilen dört iklimsel koşula göre hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Kullanıcı bu koşullardan istediğini seçerek oluşturduğu pencere bileşeniyle ilgili hesapların yapılmasını sağlamaktadır. Windows programının hesaplamalarda kullandığı iklimsel koşullar Türkiye için çok sert koşullardır. Bu programı kullanarak elde ettiğimiz sonuçlar Türkiye iklim bölgeleri için çok da güvenilir olmayabilir. Örneğin, pencerenin ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanmasında, kullanılan camın ısı geçirgenlik katsayısı değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Camın ısı geçirgenlik katsayısı dış yüzeysel ısı transfer katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Dış yüzeysel ısı transfer katsayısı da bölüm 2.2.1.3’de belirtildiği gibi dış ortam rüzgar hızına bağlı olarak değişmektedir. Oysa ki Windows programı dış yüzeysel ısı transfer katsayısını, NFRC (National Fenestration Rating Council) yaz-kış iklimsel koşulları için ASHRAE standardında belirtilen sabit  $29 W/m^2K$  olarak, CEN (European Committee for Standardization) iklimsel koşulu için, EN 673’te belirtilen  $23W/m^2K$  olarak kabul etmektedir. Dış ortam sıcaklığı ve güneş ışınım şiddeti değerleri pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer katsayısının belirlenmesinde gerekli parametrelerdir ve iklim bölgelerine göre değişiklik gösterirler. Win-Energy 1.0 programı, Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan illerimize ait son 10 yıllık iklim verilerinin

ortalamalarını kullanarak, pencerenin bulunduğu yerin iklimine göre en doğru ısı performans kriterlerini hesaplayabilmek için geliştirilmiştir. İklim bölgelerimize göre yaz-kış koşulları için kullanılan iklimsel veriler Bölüm 2.3.3.1’de Tablo 5’de verilmiştir. Win-Energy 1.0 programının işleyiş şeması ve hesapladığı değerler Ekler bölümünde Ek 1 olarak verilmiştir. Windows ve Win-Energy 1.0 programları arasında karşılaştırma yapılabilmesi için Windows programı ve Win-Energy 1.0 programının hesapladığı değerler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Windows ve Win –Energy 1.0 programlarının girdi ve çıktıları

Şeffaf Bileşen İle İlgili Yapılan Hesaplamalar		
	GİRDİLER	ÇIKTILAR
Windows	Cam tabaka sayısı, cam türü seçimi, cam tabakaları arasındaki boşlukta kullanılan gaz seçimi, boşluk genişliği, cam boyutları, gölgeleyici seçimi, standart iklim koşulları	Isı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), görülebilir ışınım geçirgenliği (Tvis)
Win-Energy 1.0	İl seçimi, ay seçimi, yön tayini, cam tabaka sayısı, cam türü seçimi, cam tabakaları arasındaki boşlukta kullanılan gaz seçimi, boşluk genişliği, gölgeleyici seçimi, iç yüzeyel ısı transfer katsayısı ( $hi-W/m^2K$ ), iç sıcaklık ( $Ti-^0C$ )	Isı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), görülebilir ışınım geçirgenliği (Tvis), Güneş ışınımı geçirgenliği (Tsol), serinlik indeksi ( $Dx$ ), dış yüzeyel ısı transfer katsayısı ( $he- W/m^2K$ ), dış ortam sıcaklığı ( $Te-^0C$ )
Pencerelerle İlgili Yapılan Hesaplamalar		
Windows	Çerçeve malzeme seçimi, kayıt var mı, yok mu? varsa yatay ve düşey kayıt sayısı, örnekte kullanılan cam sistem seçimi	Isı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), görülebilir ışınım geçirgenliği (Tvis),
Win-Energy 1.0	Pencere sistem seçimi, pencere tipi seçimi, örnekte kullanılan cam seçimi, çerçeve malzeme seçimi, kayıt var mı yok mu? varsa yatay – düşey kayıt sayısı, kayıt kalınlığı, kayıt yüksekliği, pencere boyutu.	Isı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), görülebilir ışınım geçirgenliği (Tvis), Güneş ışınımı geçirgenliği (Tsol), cam kenar alanı, cam merkez alanı, cam merkezinin U-değeri, cam kenarının U-değeri, çerçeve alanı, çerçeve kenar alanı, çerçeve merkez U-değeri, çerçeve kenar U-değeri, kayıt alanı, kayıt kenar alanı, kayıt U-değeri



Tablo 4. Windows programının hesaplamalarda kullandığı iklimsel veriler [18]

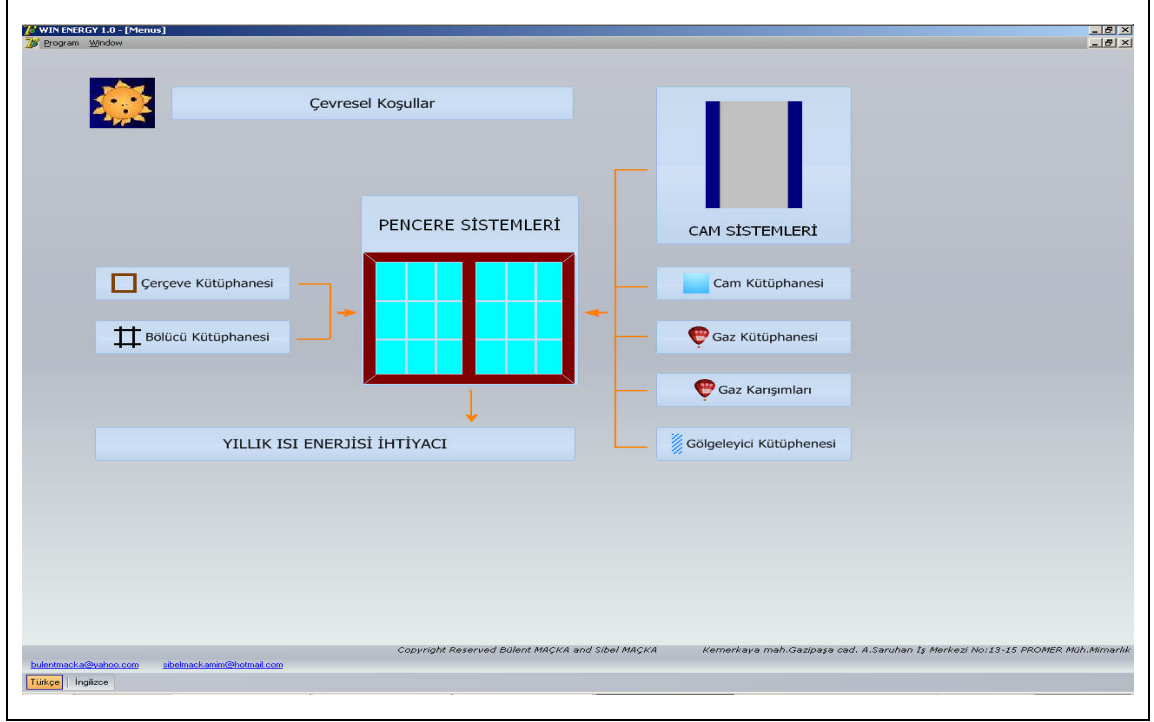
İklimsel Koşul Seçenekleri	KIŞ		YAZ		GÜNEŞ IŞINIM ŞİDDETİ- W/m <sup>2</sup>
	T <sub>iç</sub> - °C	T <sub>dış</sub> - °C	T <sub>iç</sub> - °C	T <sub>dış</sub> - °C	
NFRC100-2001	21,0	-18,0	24,0	32,0	783
NFRC100-2001 kış	21,0	-18,0	21,0	-18,0	0
NFRC100-2001 yaz	24,9	32,0	24,0	32,0	783
CEN	20	0	25,0	30,0	500
NFRC100-1997	21,1	-17,8	23,9	31,7	783

Bu bölümün ilk kısmında geliştirilen Win-Energy 1.0 programı tanıtılmış, programın menülerinde hesaplanan değerler verilmiştir. İkinci kısmında bu programın hesapladığı değerler için kullandığı eşitlikler verilmiştir. Son kısmında ise Türkiye iklim bölgelerine göre seçilen pencerelerin Win-Energy 1.0 programından alınan sonuçlara göre enerji etkinliğini değerlendirmeye yönelik örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu örnek çalışmanın yöntemi, çalışmada kabul edilen sınırlamalar, kullanılan veriler kapsamlı bir şekilde bölüm 2.3'te açıklanmıştır.

### 2.1. Geliştirilen Bilgisayar Programı Win-Energy 1.0'm Tanıtılması

Win-Energy 1.0 programı çok kolay kullanılabilir bir ana ekrana sahiptir. Bu ana ekranda hangi adımdan başlayıp sonuca nasıl ulaşılabileceği, Şekil 24'de görüldüğü üzere kolay anlaşılması açısından, grafiksel bir yöntemle anlatılmaya çalışılmıştır. Ana ekranda çeşitli verilerin depolandığı kütüphaneler yer almaktadır. Bunlar; cam kütüphanesi, çerçeve kütüphanesi, bölücü kütüphanesi, gaz kütüphanesi ve gölgeleyici kütüphanesidir. Bu kütüphanelerde hesaplama yapılmamaktadır. Bunların görevi, yeni bir eleman oluşturma ve bu oluşturulan yeni elemanı kütüphane içerisine kaydederek hesaplamalara katılabilmesini sağlamaktır. Diğer yandan bu kütüphanelerde kayıtlı birçok cam, çerçeve, gölgeleyici, gaz ve kayıtların verilerine bu butonlara tıklanarak erişim sağlanabilmektedir. Hesaplamalar, sırasıyla; cam sistemleri, pencere sistemleri ve son olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı butonlarına basılarak gerekli verilerin girilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, bu ana ekranda bir de çevresel koşullar butonu yer

almaktadır. Burada, tüm illerimize ait son 10 yıllık iklim verilerinin ortalamaları yer almaktadır. Bu ekran sadece bilgi içeriklidir; herhangi bir hesap yapılamaz. Bu iklimsel veriler cam sistemleri kısmına aktarılmış ve orada hesaplamalara katılması sağlanmıştır.

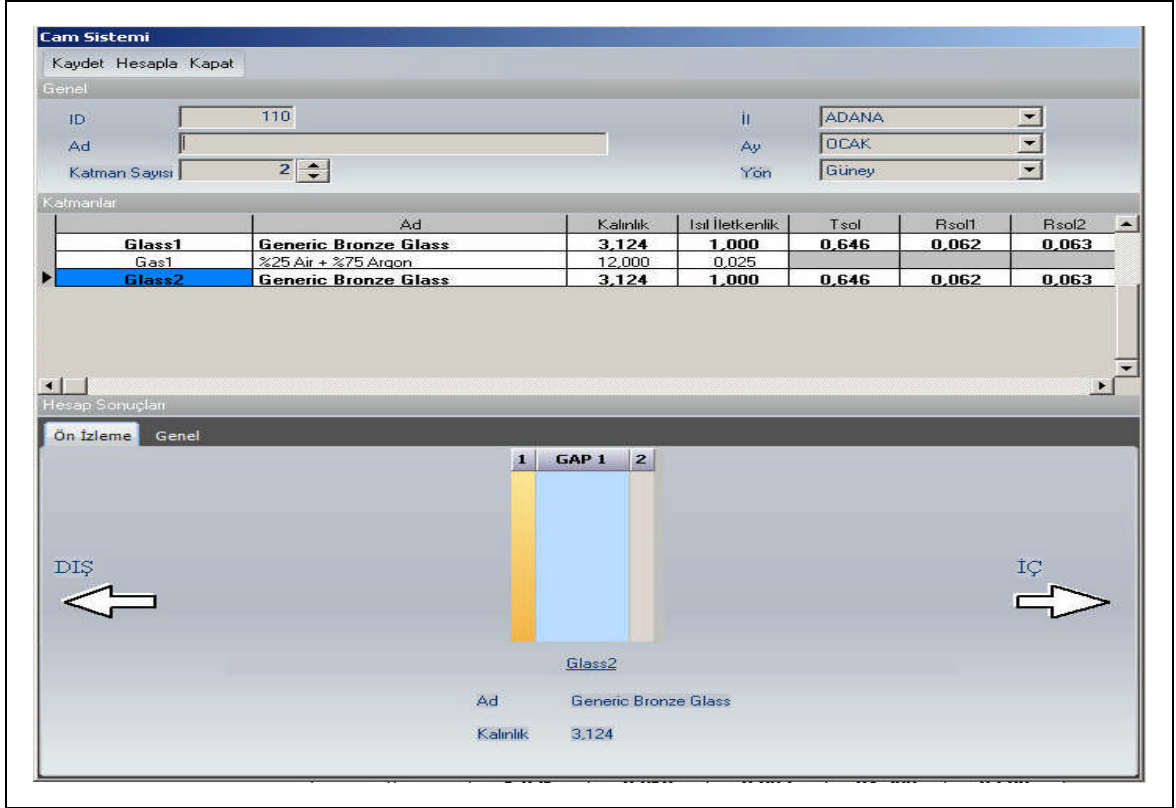


Şekil 24. Win-Energy 1.0 programı ana ekranı

### 2.1.1.Cam Sistemleri

Bu bölümde, kullanıcı tarafından seçilecek, bölüm 1.7.1’de kapsamlı olarak anlattığımız, tek, çift ve üç katmanlı cam sistemlerine ait, ısıl geçirgenlik katsayısı ( $U$ - $W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı(SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), serinlik indeksi ( $D_x$ ), bağlı ısı kazancı (RHG- $W/mK$ ), cam sisteminin sahip olduğu güneş ışığı geçirgenliği ( $T_{vis}$ ), solar enerji geçirgenliği ( $T_{sol}$ ) değerleri hesaplanmaktadır. Bu hesaplamaların program tarafından, bu ara yüzde gerçekleştirilmesi için bir takım verilerin kullanıcı tarafından girilmesi gerekmektedir. İlk olarak kullanıcı, oluşturulacak cam sistemine bir ID numarası ve bir isim tanımlar daha sonra cam sisteminin katman sayısını belirler, cam sistemi en fazla üç tabakadan oluşturulabilir. Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra cam sisteminin performans analizinin yapılacağı il, ay ve yön belirlenerek işleme devam edilir. Katman sayısının belirlenmesinden sonra cam sistemleri ara yüzünün tabaka sekmesinde tüm cam

tabakalar ve boşluklar belirir, hesap sonuçları sekmesinin ön izleme alt sekmesinde ise oluşturulan cam sistemine ait görsel bir model oluşur. Şekil 25’de cam sistemleri menüsünü ve oluşturulan cama ait görsel model gösterilmiştir.



Şekil 25.Cam sistemleri menüsü

Analizini gerçekleştireceğimiz cam sisteminde yer alan cam yüzeyleri ve boşluktaki gaz dolguyu belirlemek için katmanlar sekmesinde oluşan her yüzeye çift tıklanır. Bu işlem sonunda cam yüzeyler için içerisinde binlerce farklı türde cam bileşeninin bulunduğu cam kütüphanesi menüsüyle, boşluklar için ise içerisinde farklı tür gazların yer aldığı gaz karışımları menüsüyle bağlantı kurulur. Bu menülerden, oluşturulacak cam sistemi için cam türü ve boşlukta kullanılacak gaz türü veya gaz karışımı seçilir. Son olarak bu arayüzün hesap sonuçları sekmesinde yer alan genel sonuçlar alt sekmesi tıklanır ve açılan ara yüzde iç sıcaklık ( $T_i-C^0$ ) ve iç yüzeysel ısı transfer katsayısı ( $h_i-W/m^2K$ ) değerleri kullanıcı tarafından el ile girilir. Bu bölümde yer alan dış yüzeysel ısı transfer katsayısı ( $h_e-W/m^2K$ ) ile dış hava sıcaklığı ( $T_e-C^0$ ) değerleri program tarafından, seçilen ilin, seçilen aya göre sahip olduğu son 10 yıllık iklimsel verilerin ortalaması alınarak hesaplanır. Son olarak

hesap sonuçlarına ulaşabilmek için ekranın sol üst köşesinde yer alan hesapla butonuna tıklar. Girilen veriler doğrultusunda hesap sonuçları ekranın en alt sağ köşesinde belirir. Oluşturulan bu cam sistemini pencere sisteminde kullanabilmek için hesapla butonunun solunda yer alan kaydet butonuna tıklar. Böylece bu sistem pencere sistemleri menüsünde yer alan cam sistemi menüsüne otomatik olarak kullanıcı tarafından verilen isimle kaydedilmiş olur.

### 2.1.2. Cam Kütüphanesi

Bu kütüphane menüsünde, farklı termofiziksel ve optik özelliklere ve kalınlıklara sahip ısı korunumu, güneş kontrolü ve güvenlik amaçları ile üretilen binlerce cam çeşidi yer almaktadır. Şelik 26’da farklı tür camların termofiziksel-optik ve boyutsal özelliklerinin yer aldığı cam kütüphanesi menüsü gösterilmiştir.

ID	Üretici	Ürün Adı	Kalınlık	Isı İletkenlik	Tsol	Rsol(1)	Rsol(2)	Tvis	Rvis(1)	Rvis(2)	emis(1)
862	3M Corporation	ScotchTint Plus All Season	0,038	0,138	0,308	0,956	0,594	0,480	0,421	0,434	0,655
863	3M Corporation	ScotchTint Plus All Season	0,038	0,138	0,118	0,613	0,646	0,158	0,595	0,618	0,623
864	3M Corporation	ScotchTint Plus All Season	0,038	0,138	0,196	0,505	0,528	0,310	0,480	0,302	0,658
865	3M Corporation	ScotchTint Plus All Season	0,038	0,138	0,190	0,687	0,711	0,422	0,562	0,591	0,643
866	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,119	0,598	0,637	0,162	0,576	0,607	0,680
867	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,102	0,602	0,650	0,141	0,581	0,616	0,651
868	3M Corporation	ScotchTint Panther Black	0,025	0,138	0,501	0,055	0,057	0,200	0,037	0,041	0,840
869	3M Corporation	ScotchTint Panther Black	0,025	0,138	0,814	0,058	0,059	0,347	0,041	0,046	0,840
870	3M Corporation	ScotchTint Panther Black	0,038	0,138	0,488	0,054	0,056	0,075	0,035	0,039	0,840
871	3M Corporation	ScotchTint Panther Black	0,025	0,138	0,684	0,058	0,060	0,504	0,051	0,054	0,840
872	3M Corporation	ScotchTint Sun Control Exterior	0,038	0,138	0,117	0,598	0,615	0,158	0,579	0,600	0,730
873	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,266	0,157	0,124	0,228	0,100	0,156	0,750
874	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,125	0,213	0,136	0,152	0,209	0,179	0,850
875	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,270	0,166	0,175	0,254	0,120	0,163	0,770
876	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,172	0,226	0,254	0,269	0,631	0,655	0,750
877	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,292	0,101	0,100	0,331	0,070	0,089	0,790
878	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,340	0,172	0,158	0,358	0,176	0,158	0,620
879	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,405	0,106	0,100	0,375	0,082	0,093	0,790
880	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,600	0,070	0,063	0,551	0,067	0,063	0,830
881	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,476	0,127	0,107	0,519	0,120	0,104	0,750
882	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,567	0,069	0,064	0,493	0,062	0,062	0,840
883	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	0,038	0,138	0,658	0,073	0,071	0,686	0,079	0,066	0,800
884	3M Corporation	ScotchShield Ultra	0,076	0,138	0,313	0,192	0,171	0,332	0,136	0,170	0,840
885	3M Corporation	ScotchShield Ultra	0,051	0,138	0,677	0,078	0,080	0,982	0,069	0,066	0,880
886	3M Corporation	ScotchShield Ultra	0,102	0,138	0,945	0,085	0,087	0,870	0,094	0,094	0,840
887	3M Corporation	Scotchint Night Vision	0,051	0,151	0,252	0,283	0,172	0,281	0,239	0,121	0,727
888	3M Corporation	Scotchint Night Vision	0,051	0,151	0,360	0,178	0,141	0,395	0,150	0,108	0,788
889	3M Corporation	Scotchint Night Vision	0,051	0,151	0,537	0,063	0,059	0,511	0,062	0,065	0,880
890	3M Corporation	Scotchint Night Vision	0,051	0,151	0,138	0,272	0,155	0,450	0,155	0,191	0,838
891	3M Corporation	Black Chrome	5,704	0,984	0,089	0,238	0,219	0,104	0,221	0,182	0,840
892	3M Corporation	Black Chrome	5,704	0,984	0,144	0,224	0,316	0,170	0,201	0,248	0,840
893	3M Corporation	Black Chrome	5,704	0,984	0,309	0,130	0,142	0,368	0,126	0,109	0,840
894	3M Corporation	Black Chrome	5,704	0,984	0,383	0,094	0,098	0,419	0,093	0,082	0,840
895	3M Corporation	Color Stable	5,677	0,992	0,286	0,046	0,050	0,187	0,046	0,045	0,840
896	3M Corporation	Color Stable	5,677	0,992	0,448	0,052	0,073	0,386	0,050	0,064	0,840
897	3M Corporation	Color Stable	5,677	0,992	0,197	0,045	0,044	0,080	0,046	0,042	0,840
898	3M Corporation	Color Stable	5,677	0,992	0,328	0,056	0,071	0,517	0,054	0,067	0,840
899	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,323	0,073	0,100	0,227	0,053	0,089	0,840
900	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,373	0,069	0,090	0,312	0,058	0,080	0,840
901	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,425	0,072	0,087	0,414	0,066	0,080	0,840
902	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,243	0,060	0,087	0,031	0,046	0,047	0,840
903	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,454	0,079	0,086	0,487	0,077	0,082	0,840
904	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,461	0,055	0,054	0,231	0,047	0,046	0,840
905	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,506	0,057	0,058	0,352	0,049	0,049	0,840
906	3M Corporation	FX	5,704	0,984	0,536	0,059	0,058	0,412	0,052	0,051	0,840
907	3M Corporation	FX	5,742	0,984	0,371	0,055	0,056	0,043	0,046	0,044	0,840
908	3M Corporation	FX	5,742	0,984	0,592	0,059	0,059	0,538	0,058	0,058	0,840
909	3M Corporation	Prestige	5,716	0,983	0,219	0,147	0,079	0,395	0,066	0,066	0,840
910	3M Corporation	Prestige	5,716	0,983	0,273	0,154	0,093	0,500	0,062	0,071	0,840
911	3M Corporation	Prestige	5,714	0,983	0,321	0,153	0,106	0,603	0,079	0,078	0,840
912	3M Corporation	Prestige	5,716	0,983	0,355	0,153	0,117	0,693	0,086	0,088	0,840
913	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	5,684	0,987	0,115	0,628	0,438	0,165	0,610	0,557	0,840
914	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	5,694	0,973	0,128	0,560	0,286	0,231	0,320	0,328	0,840
915	3M Corporation	ScotchTint Sun Control	5,697	0,979	0,323	0,121	0,115	0,444	0,103	0,125	0,780

Şekil 26. Cam kütüphanesi menüsü

Kullanıcı bu menüde yer alan hazır bileşen camları kullanabildiği gibi bu ara yüz ekranının sol üst köşesinde yer alan 'yeni' butonuna tıklayarak çıkan kutucuğa, yeni tanımlayacağı cama ait; isim, ürün adı, üreticisi, kalınlık, solar geçirgenlik katsayısı ( $T_{sol}$ ), ön ve arka yüzeyinin solar yansıtma katsayıları ( $R_{sol1}$ ,  $R_{sol2}$ ), gün ışığı geçirgenlik katsayısı ( $T_{vis}$ ), ön ve arka yüzeylerinin gün ışığı yansıtma katsayısı ( $R_{vis1}$ ,  $R_{vis2}$ ), ön ve arka yüzeylerin emissivite (emis<sub>1</sub>, emis<sub>2</sub>), camın iletkenlik katsayısı gibi değerleri girerek, bu kutucuğun altında yer alan kaydet butonuna tıklar. Bu işlemler tamamlandıktan sonra oluşturduğu camı, cam kütüphanesinde kaydettiği ismiyle görebilir.

### 2.1.3. Gaz Kütüphanesi

Bu kütüphane menüsünde, farklı gazların -10, 0, 10, 20 C<sup>0</sup>'deki sıcaklıklarda sahip oldukları yoğunluk, dinamik viskozite, ısı iletkenlik katsayısı ve özgül ısı değerleri Avrupa standardı EN 673'te verildiği gibi tablo halinde sunulmaktadır. Bu tablo şekil 27'de verilmiştir.

Gaz	Sıcaklık $\nu$ °C	Yoğunluk $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Dinamik Viskozite $\mu$ kg/(m.s) ( $\times 10^{-5}$ )	Isıl İletkenlik Katsayısı $\lambda$ W/(m.K) ( $\times 10^{-2}$ )	Özgül Isı Kapasitesi $c$ J/(kg.K) ( $\times 10^3$ )
Hava	-10	1,326	1,661	2,336	1,008
	0	1,277	1,711	2,416	
	10*	1,232	1,761	2,496	
	20	1,189	1,811	2,576	
Argon	-10	1,829	2,038	1,584	0,519
	0	1,762	2,101	1,634	
	10*	1,699	2,164	1,684	
	20	1,640	2,228	1,734	
SF <sub>6</sub> **	-10	6,844	1,383	1,119	0,614
	0	6,602	1,421	1,197	
	10*	6,360	1,459	1,275	
	20	6,118	1,479	1,354	
Kripton	-10	3,832	2,260	0,842	0,245
	0	3,690	2,330	0,870	
	10*	3,560	2,400	0,900	
	20	3,430	2,470	0,926	
Xenon	-10	6,121	2,078	0,494	0,161
	0	5,897	2,152	0,512	
	10*	5,689	2,226	0,529	
	20	5,495	2,299	0,546	

\*) Standart Sınır Şartları  
\*\*) Sülfür Hekzaflorür

Şekil 27. Gaz kütüphanesi menüsü

Kullanılan değerler, TS EN 673'te sınıır koşulu olarak kabul edilen 10C<sup>0</sup>'deki değerlerdir. Bu kütüphane hesaplama değil bilgi amaçlıdır. Hesaplamalar gaz karışımları menüsünde gerçekleştirilmektedir. Gaz kütüphanesi kullanıcıya gazlarla ilgili özelliklerin gösterilmesi açısından tasarlanmıştır.

#### 2.1.4. Gaz Karışımları

Gaz karışımları menüsünden, çift ve üç katmanlı cam sistemlerinin ara boşluklarında kullanılacak gazların veya gaz karışımlarının seçimi yapılmaktadır. Seçim direk bu menüden değil bu menüyle bağlantılı olarak çalışan cam sistemleri menüsünden gerçekleştirilir. Bu menünün en önemli özelliklerinden biri menüde kayıtlı olan farklı gaz seçeneklerinin istenilen oranlarda karıştırılarak bu karışıma ait hesaplamalarda kullanılacak olan, bölüm 1'de ayrıntılı olarak açıklanmış olan; iletkenlik, vizkozite, özgül ısı, yoğunluk ve Prandtl sayısı gibi termofiziksel özellikleri hesaplamasıdır. Şekil 28'de gaz karışımları menüsü gösterilmiştir.

Özellikler						
ID	10					
Ad						
Karışım Oranları(%)						
Ana Gaz	Karışım Oranı(%)	Isıl İletkenlik	Viskozite	Özgül Isı	Yoğunluk	Prandtl
* Air		0,025	0,000	1,008,000	1,232	0,711

Karışım Değerleri

- Isıl İletkenlik
- Viskozite
- Yoğunluk
- Özgül Isı
- Prandtl

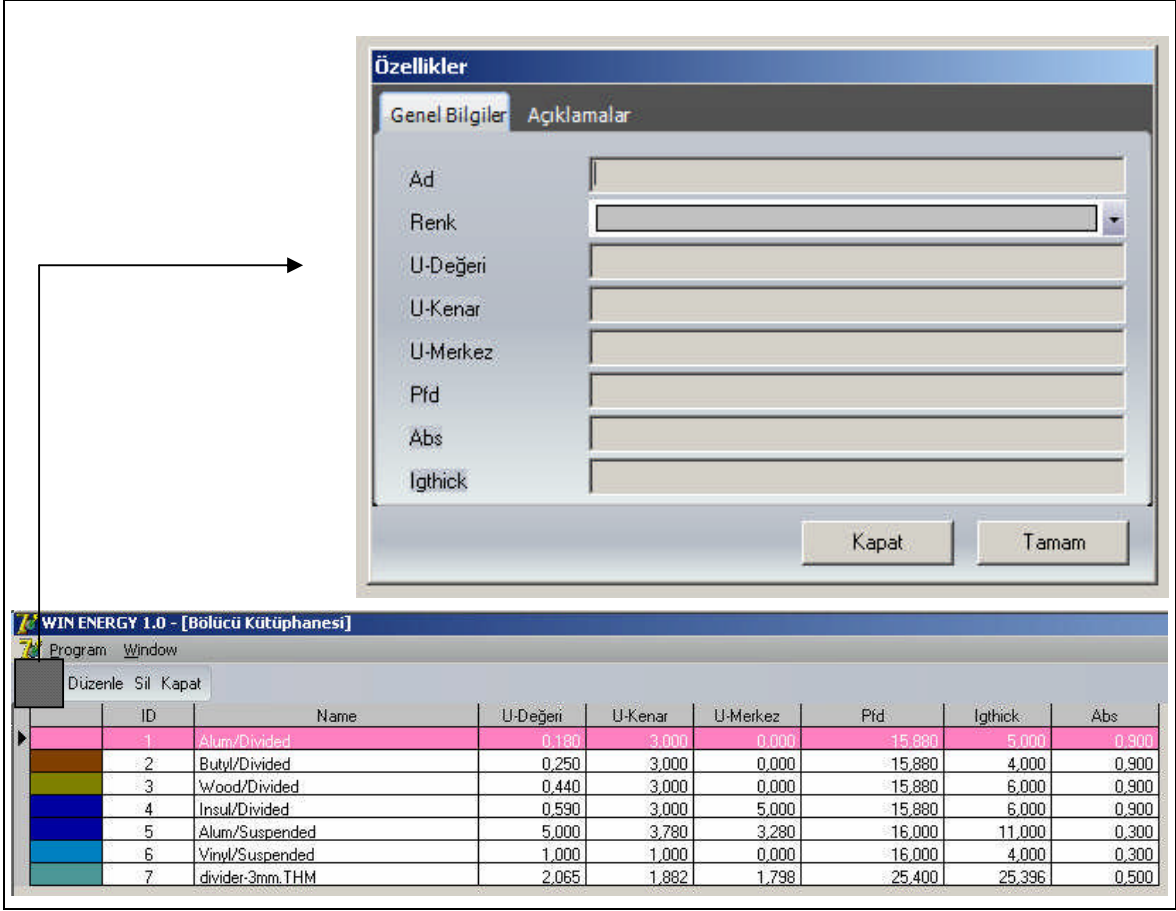
Kapat Tamam

Şekil 28. Gaz karışımları menüsü

Gaz karışımlarıyla ilgili hesaplamaların yapılabilmesi için, bu menünün ana ekranının sol üst köşesinde yer alan ‘yeni’ butonuna basılır, çıkan kutucukta yer alan ‘ana gaz’ sekmesinin altındaki boş kutucuğa tıklanarak karışımda kullanılacak ilk gaz türü seçimi yapılır ve program bu gaza ait termofiziksel özellikleri otomatik olarak gaz isminin yan tarafında yer alan sütunlara kaydeder. Burada yapılacak en son işlem, bu gazın karışımdaki oranını yüzde olarak, oran sekmesinin yer aldığı kısma elle girmektir. Karışımda kullanılacak ilk gaz türünün seçimi yapıldıktan sonra diğer gazlar için alt satırlara inilerek yukarıdaki işlemler tekrarlanır. Son olarak, gaz karışımları menüsünün sağ alt köşesinde yer alan tamam butonuna tıklanır, bu sayede oluşturulan gaz karışımı veri olarak kaydedilmiş olur ve cam sistemleri menüsünde hesaplamalarda kullanılmak üzere hazır bileşen haline dönüştürülür.

### 2.1.5. Kayıt Kütüphanesi

Bu menüde kayıtlı ve hesaplamalarda kullanılmaya hazır yedi adet kayıt bileşeni mevcuttur. Bu menüyü kullanarak yeni kayıt bileşeni oluşturmak mümkündür. İlk olarak menünün sol üst köşesinde yer alan yeni butonuna tıklanır. Açılan pencerede yeni oluşturulacak kayıt bileşenine ait isim, renk, merkeze ait ısı geçirgenlik katsayısı (U-merkez,  $W/m^2K$ ), kenarına ait ısı geçirgenlik katsayısı (U-kenar,  $W/m^2K$ ), malzemenin ısı geçirgenlik katsayısı (U,  $W/m^2K$ ), genişlik (Pfd), soğurma katsayısı (Abs) ve kalınlık ( $I_g$ ) verileri kullanıcı tarafından tanımlanır. Bu işlem sonunda pencerenin sağ alt köşesinde yer alan tamam butonuna tıklanarak yeni kayıt bileşenimiz hesaplamalarda kullanılmak üzere kayıt kütüphanesi menüsüne kaydedilmiş olur. Bu kütüphane pencere sistemleri menüsüyle koordineli olarak çalışmakta burada kaydedilen kayıt bileşenleri pencere sistemleri menüsünde yer alan kayıt sekmesine eklenerek hesaplamalara katılmaktadır. Şekil 29’da kayıt kütüphanesi menüsü gösterilmiştir. Örnek çalışmada kullanılan pencereler, daha çok şeffaf yüzeyin enerji etkinliğini tartışabilmek adına kayıtsız seçilmiştir. Böylelikle pencerenin opak yüzey alanları azaltılarak şeffaf yüzeylerin performanslarının ön planda tutulması amaçlanmıştır.

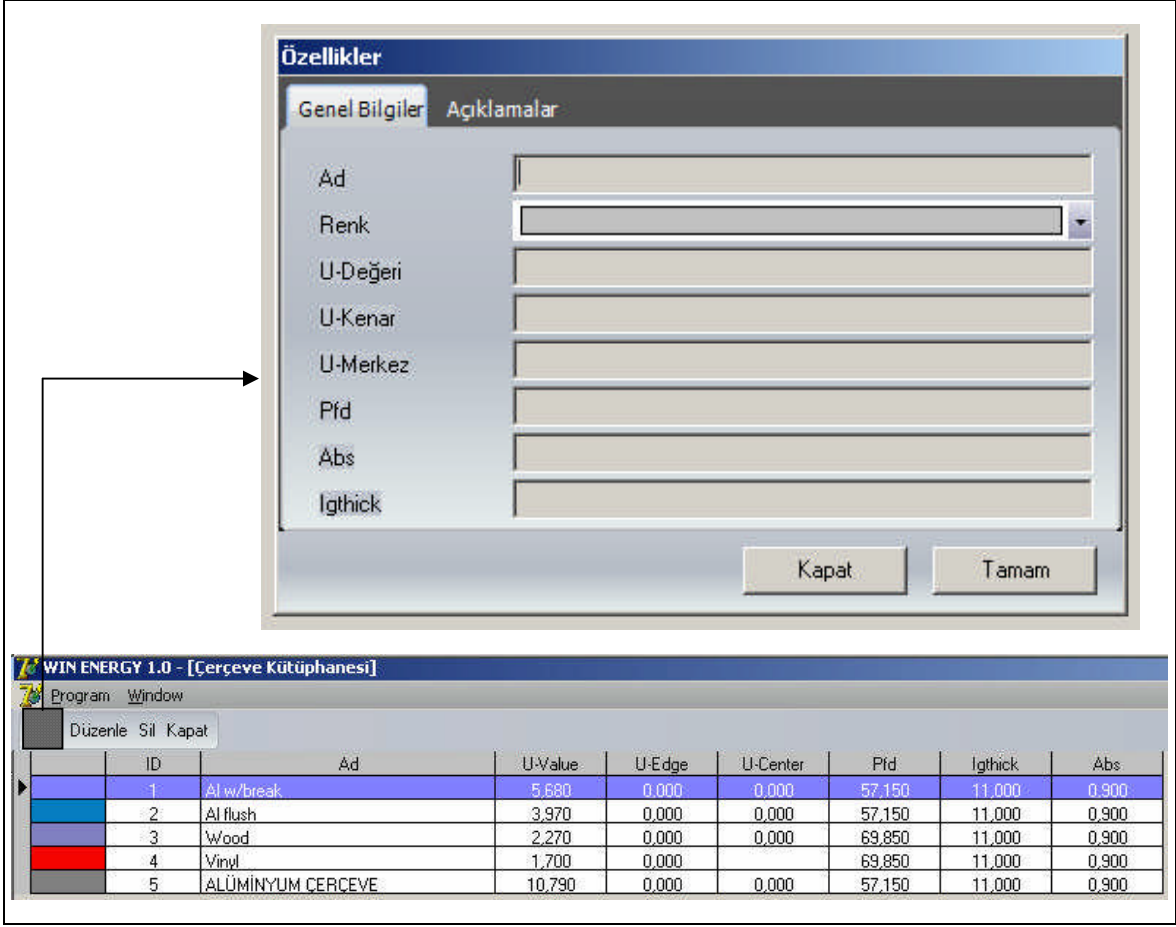


Şekil 29. Kayıt kütüphanesi menüsü

### 2.1.6. Çerçeve Kütüphanesi

Bu menüde hazır bileşen olarak ısı tutuculu ve ısı tutucusuz alüminyum, ahşap ve vinil (PVC) çerçeveler tanımlanmıştır. İstenildiği takdirde yeni bir çerçeve bileşeni oluşturmak için, bu menünün sol üst köşesinde yer alan yeni butonuna tıklanarak, oluşturulacak yeni bileşene ait; isim, renk, merkeze ait ısıl geçirgenlik katsayısı (U-merkez,  $W/m^2K$ ), kenarına ait ısıl geçirgenlik katsayısı (U-kenar,  $W/m^2K$ ), malzemenin ısıl geçirgenlik katsayısı (U,  $W/m^2K$ ), genişlik (Pfd), soğurma katsayısı (Abs) ve kalınlık ( $I_g$ ) verileri kullanıcı tarafından manuel olarak girilir. Daha sonra pencerenin sağ alt köşesinde yer alan tamam butonuna tıklanarak bu bileşenin çerçeve kütüphanesine eklenmesi sağlanır. Bu kütüphanede kayıt kütüphanesi gibi, pencere sistemleri menüsüyle kordineli olarak çalışmakta, burada kaydedilen çerçeve bileşenleri pencere sistemleri menüsünde yer alan çerçeve sekmesine eklenerek hesaplamalara katılmaktadır. Şekil 30'da çerçeve kütüphane menüsü gösterilmiştir.



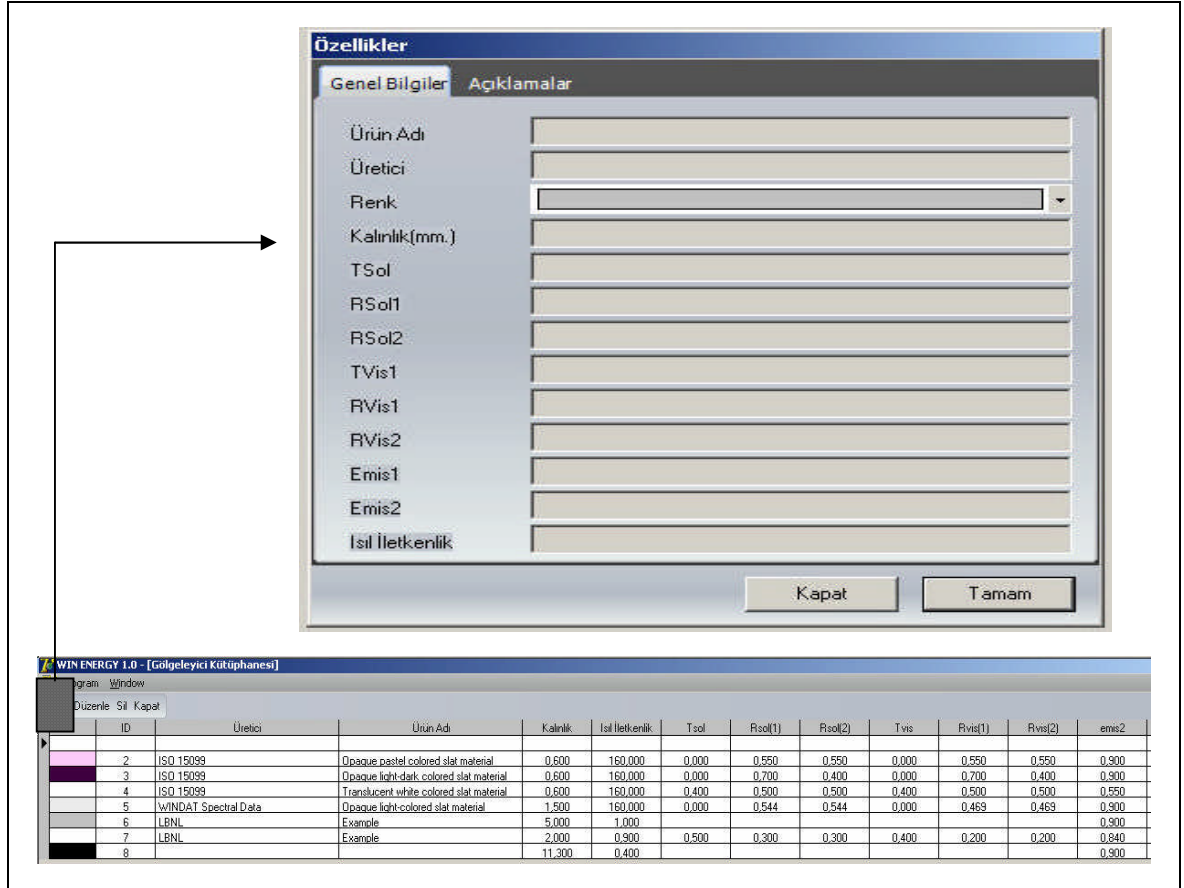


Şekil 30. Çerçeve kütüphanesi menüsü

### 2.1.7. Gölgeleyici Kütüphanesi

Bu menü cam sistemleriyle koordineli olarak çalışmaktadır. Cam sistemleri menüsünün katman sekmesinde yer alan cam katman butonlarına tıklanarak açılan listeden gölgeleyici türü seçilebilmektedir. Hangi katmanda gölgeleyici kullanılacaksa o katman üzerine tıklanarak cam yerine gölgeleyici türü seçilmelidir. Bu kütüphanede toplam yedi adet kullanıma hazır gölgeleyici bileşeni tanımlanmıştır. Kullanıcı isterse yeni bir bileşende tanımlayabilmektedir. Bunun için bu menünün sol üst köşesinde yer alan yeni butonuna tıklanarak açılan pencerede, oluşturulacak bileşene ait; ürün adı, üreticisi, renk, kalınlık, solar geçirgenlik katsayısı ( $T_{sol}$ ), ön ve arka yüzeyinin solar yansıtma katsayıları ( $R_{sol1}$ ,  $R_{sol2}$ ), gün ışığı geçirgenlik katsayısı ( $T_{vis}$ ), ön ve arka yüzeylerinin gün ışığı yansıtma katsayısı ( $R_{vis1}$ ,  $R_{vis2}$ ), ön ve arka yüzeylerin emissivite (emis<sub>1</sub>, emis<sub>2</sub>) ve ısı iletkenlik katsayı değerlerinin kullanıcı tarafından elle girilmesi gerekmektedir. Son olarak bu verilerin girilmesinden sonra pencerenin sağ alt köşesindeki tamam butonuna tıklanarak

gölgeleyicinin kaydı tamamlanır. Şekil 31’de gölgeleyici kütüphanesi menüsü gösterilmiştir. Örnek çalışmada kullanılan pencerelerde gölgeleyici kullanılmamıştır. Bunun nedeni sadece cam ve çerçeveden oluşturulacak bir pencerenin enerji etkinliğini değerlendirebilmek istenmesindedir.

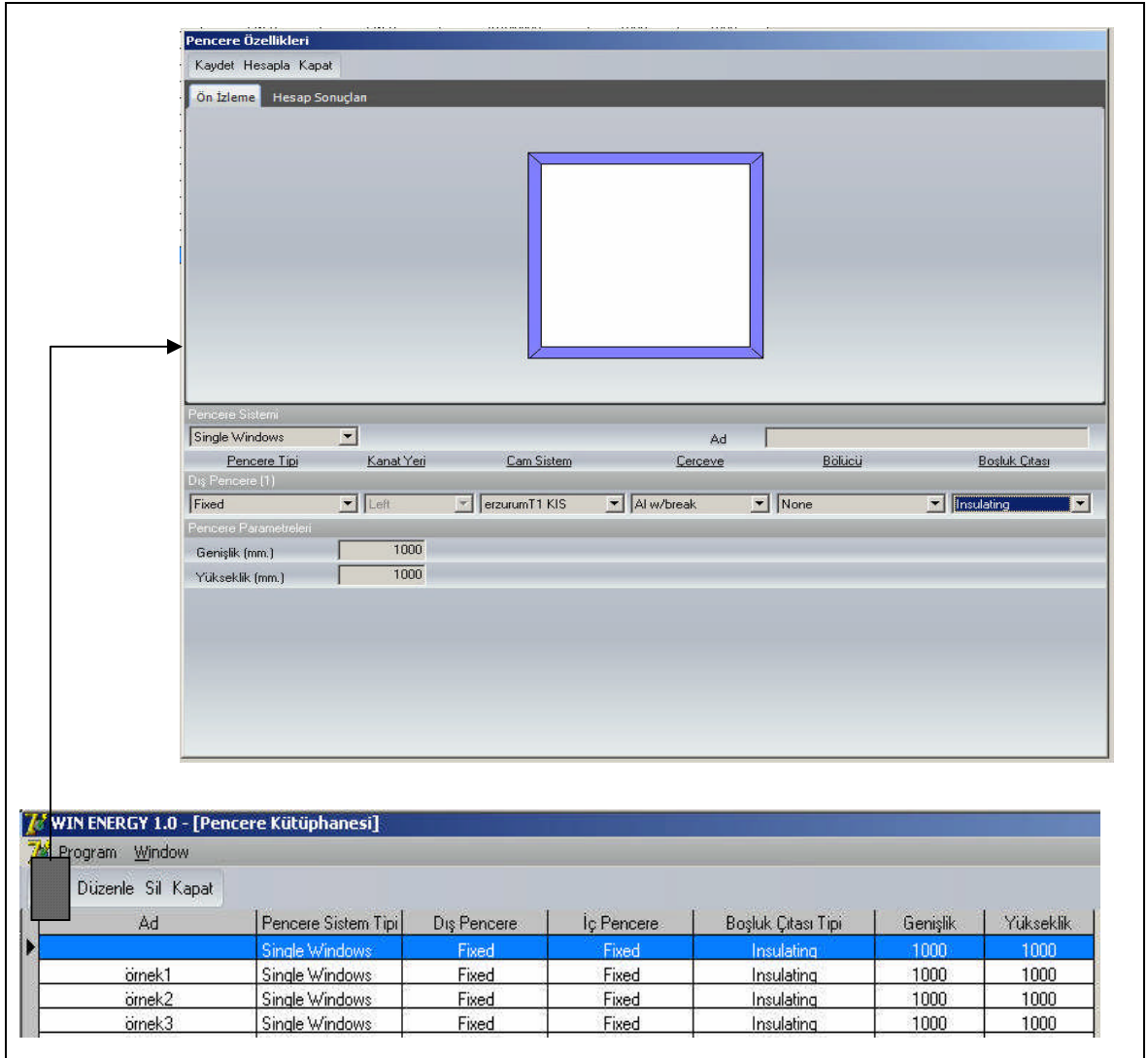


Şekil 31. Gölgeleyici kütüphanesi menüsü

### 2.1.8. Pencere Sistemleri

Bu menü programın ana menüsü özelliğini taşımaktadır. Pencerelere ait; ısı geçirmenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), güneş ışınımı geçirmenlik katsayısı ( $T_{sol}$ ), gün ışığı geçirmenlik katsayısı ( $T_{vis}$ ), solar ısı kazanç katsayısı ( $SHGC$ ), gölgeleme katsayısı ( $SC$ ) değerleri bu menü aracılığıyla hesaplanmaktadır. İlk yapmamız gereken kullanılacak pencere sistem tipini belirlemektir. Program kullanıcıya seçmesi için üç tip pencere sistemi sunmaktadır. Bunlar; tek pencere, çift pencere ve ikiz pencere sistemleridir. Bu pencere tiplerine ait detaylar bölüm 2.2.3.’de şekil 40’da gösterilmiştir. Sistem seçimi yaptıktan

sonra bu pencere bileşenine kullanıcı tarafından bir isim verilir. Bu işlemlerden sonra kullanılacak pencerenin tipi belirlenir. Program kullanıcıya; tek kanatlı açılır veya sabit, çift kanatlı açılır veya sabit, yatay sürme ve dikey sürme olmak üzere altı adet seçenek sunmaktadır. Kullanıcı bunlardan birini seçtikten sonra, bu pencereye ait cam sistemini, çerçeve tipini, kayıt tipini (eğer oluşturulacak pencerede kayıt kullanılacaksa), ve cam sisteminin ara boşluklarında kullanılacak olan boşluk çıtası tipini pencere sistemleri menüsünden seçerek işleme devam eder, son olarak bu menüde yer alan pencere parametreleri bölümünden pencereye ait boyutsal veriler elle kullanıcı tarafından girildikten sonra menünün sol üst köşesinde yer alan hesapla butonuna tıklanarak hesap sonuçları elde edilir. Şekil 32’de pencere sistemleri menüsü gösterilmiştir.

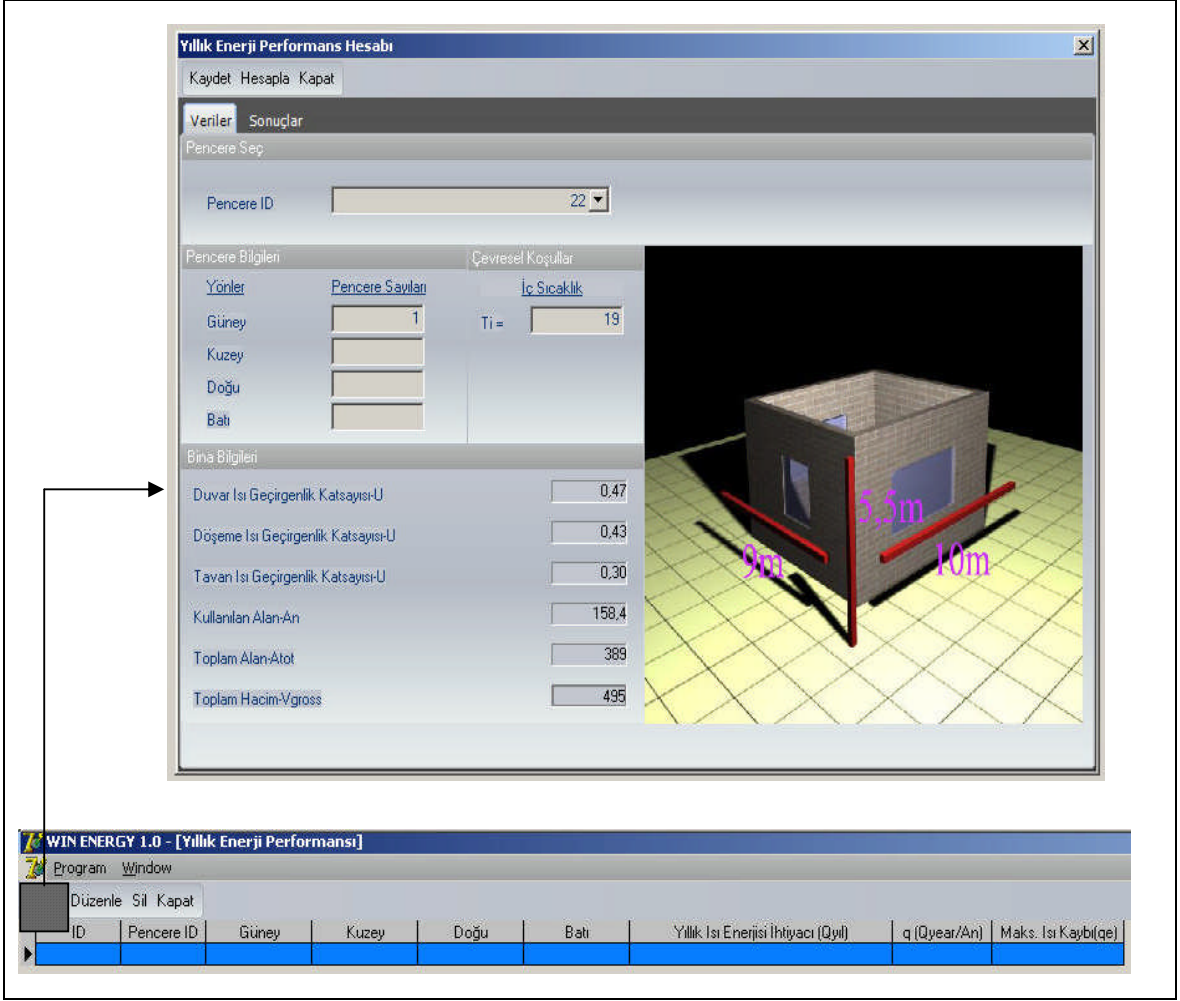


Şekil 32. Pencere sistemleri menüsü

Bu oluşturulan pencere sisteminin, örnek olarak kullanılan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına olan etkisi analiz edilmek istendiği takdirde, bu örnek pencere, daha sonra yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması menüsünde kullanılmak üzere, sol üst köşede yer alan kaydet butonuna tıklanarak sisteme kaydedilir. Ayrıca bu menüde pencere sistemine ait genel hesaplama sonuçlarından farklı olarak, pencere bileşenlerine ait ısı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), kenarının ısı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ), toplam alanı ( $m^2$ ), kenar alanı ( $m^2$ ) değerleri de hesap sonuçları bölümündeki detaylı sonuçlar bölümünde hesaplanmaktadır.

### 2.1.9. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Bu menüde, bölüm 2.3.3.3.'te detayları verilen referans bir yapı modeli oluşturulmuş, bu yapıya ait hesaplamalarda gerekli olan veriler veri bankasına işlenerek menünün alt köşesinde yer alan bina verisi bölümünde gösterilmiştir. Burada yapılacak olan enerji etkinlik performansı analiz edilecek pencereyi seçerek binada hangi yönde kaçır adet kullanılacağını belirlemektir. Tüm bunlar yapıldıktan sonra menünün sol üst köşesinde yer alan 'hesapla' butonuna tıklanarak hesap sonuçları, TS 825'deki hesaplama yönteminde yer alan ve Ek 5'te verdiğimiz tablo biçiminde gösterilir. Hesaplama sonuçları, aylara göre yapının ısı kazanç ve kayıplarına bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına dayalı, TS 825'deki yöntemle ilişkilendirilerek gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hesap sonuçları bölümünün tablo görünüşü kısmının en alt köşesinde bu yapının TS 825'e uygun olup olmadığı da hesaplanıp kullanıcıya metin olarak sunulmaktadır. Farklı tür pencereler için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanıp aradaki farklar oranlanarak karşılaştırma yapılabilmektedir. Bu karşılaştırmalar kullanıcı tarafından gerçekleştirilecektir. Şekil 33'de yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı menüsü gösterilmiştir.



Şekil 33. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı menüsü

### 2.1.10. Çevresel Koşullar

Bu menüde, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan son on yıllık illerimize ait aylık ortalama rüzgar hızı ( $v$ -m/s), dış hava sıcaklıkları ( $T_d$ - $C^0$ ) ve rüzgar hızına bağlı olarak hesaplanan dış yüzeysel ısı transfer katsayısı ( $h_e$ - $W/m^2K$ ) değerleri tablo halinde sunulmaktadır. Bu menü tamamen kullanıcıyı bilgilendirme amaçlıdır, herhangi bir hesaplama buradan gerçekleştirilmemektedir. İklim verileri cam sistemleri menüsüyle koordineli olarak çalışmaktadır. Şekil 34'de çevresel koşullar menüsü gösterilmiştir.

WIN ENERGY 1.0 - [Çevresel Koşullar]				
Program Window				
Kapat				
Kent	Ay	Ortalama Sıcaklık	Ortalama Rüzgar Hızı	he
ADANA	OCAK	9,35	1,15	17,91
ADANA	ŞUBAT	10,07	1,22	18,42
ADANA	MART	13,11	1,18	18,17
ADANA	NİSAN	17,27	1,19	18,18
ADANA	MAYIS	22,27	1,08	17,38
ADANA	HAZİRAN	26,21	1,26	18,76
ADANA	TEMMUZ	28,70	1,16	17,97
ADANA	AĞUSTOS	28,92	0,96	16,34
ADANA	EYLÜL	26,04	0,91	15,97
ADANA	EKİM	21,46	0,85	15,43
ADANA	KASIM	15,30	0,85	15,42
ADANA	ARALIK	10,87	1,08	17,37
ADIYAMAN	OCAK	5,20	1,48	20,30
ADIYAMAN	ŞUBAT	5,97	1,56	20,87
ADIYAMAN	MART	9,91	1,63	21,30
ADIYAMAN	NİSAN	14,95	1,63	21,32
ADIYAMAN	MAYIS	21,19	1,66	21,52
ADIYAMAN	HAZİRAN	27,45	1,99	23,54
ADIYAMAN	TEMMUZ	31,75	1,91	23,11
ADIYAMAN	AĞUSTOS	30,66	1,64	21,42
ADIYAMAN	EYLÜL	25,19	1,62	21,28
ADIYAMAN	EKİM	19,06	1,37	19,52
ADIYAMAN	KASIM	11,94	1,30	19,01
ADIYAMAN	ARALIK	6,96	1,29	18,99
AFYON	OCAK	0,58	1,62	21,27
AFYON	ŞUBAT	1,84	1,94	23,26
AFYON	MART	5,26	2,02	23,72
AFYON	NİSAN	10,25	2,03	23,78
AFYON	MAYIS	15,75	1,88	22,92
AFYON	HAZİRAN	19,63	1,91	23,09
AFYON	TEMMUZ	23,28	2,03	23,77
AFYON	AĞUSTOS	22,70	1,93	23,19
AFYON	EYLÜL	17,70	1,75	22,10
AFYON	EKİM	12,58	1,62	21,26
AFYON	KASIM	7,16	1,57	20,95
AFYON	ARALIK	2,78	1,62	21,27

Şekil 34. Çevresel koşullar menüsü

## 2.2. Win-Energy 1.0 Programında Kullanılan Hesaplama Yöntemleri

Bu programın oluşturulmasında kullanılan hesaplama yöntemleri için, geçerliliği kabul edilmiş birçok ulusal ve uluslararası standarttan faydalanılmış, bu standartlardaki hesaplama yöntemleri büyük bir titizlikle uygulanmıştır. Kullanılan standartlar aşağıda listelenmiştir.

- TS EN 673 (Mart 2001), Cam yapılarda kullanılan - Isı geçirgenliğinin (U değeri) tayini- Hesaplama metodu
- TS 11172 EN 410 (Şubat 2000), Cam yapılarda kullanılan – Cam yapı elemanlarının ışık ve güneş ışınımı ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi

- TS 825 (Nisan 1998), Binalarda ısı yalıtım kuralları
- TS EN ISO 10077-1 (Kasım 2000), Pencere, kapı ve panjurların ısıl performansı Isı iletiminin hesaplanması - Bölüm 1: Basitleştirilmiş metot
- ISO 15099 (Kasım 2003), Thermal performance of windows, doors, and shading devices - Detailed calculations
- ISO 9050 (Ağustos 2003), Glass in building-Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors
- American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, ASHRAE, Chapter 29 'FENESTRATION' (1997)
- Türkiye meteoroloji işleri genel müdürlüğü son on yıllık iklim verileri (1996-2006)
- Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, WINDOWS 4.0: Documentation of Calculation Procedures (Temmuz 1993)

Bu bölümde Win – Energy 1.0 programı tarafından hesaplanan değerlerin hangi eşitlikleri kabul ederek hesaplamalarını gerçekleştirdiği açıklanmıştır. Tüm kullanılan eşitlikler ve eşitliklerdeki semboller ve birimler verilmiştir.

### 2.2.1. Cam Sistemleriyle İlgili Hesaplamalar

Cam sistemleriyle ilgili yapılan hesaplamalar, çift ve üç katmanlı cam sistemlerine ait görülebilir ışınım geçirgenlik ( $T_{vis}$ ), yansıtma ( $R_{vis}$ ) ve soğurma katsayılarının ( $\alpha_{vis}$ ), güneş ışınımı geçirgenlik ( $T_{sol}$ ), yansıtma ( $R_{sol}$ ) ve soğurma ( $\alpha_{sol}$ ) katsayılarının hesabını, tüm cam sitemlere ait ısı geçirgenlik katsayısı ( $U$ -W/m<sup>2</sup>K), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC), serinlik indeksi ( $D_x$ ) değerlerinin hesabını içermektedir.

#### 2.2.1.1. Görülebilir Işınım Geçirgenlik ( $T_{vis}$ ), Yansıtma ( $R_{vis}$ ) ve Soğurma Katsayılarının ( $\alpha_{vis}$ ) Hesaplanma Yöntemi - TS 11172 EN 410 [38, 40]

Tek tabakalı camlara ait bu değerler ekler bölümünde Ek 2'de verilmiştir. Tek tabaka camlardan oluşturulmuş çift ve üç tabaka camlara ait değerleri hesaplamak için Şekil 35 ve

36'daki çift ve üç tabakalı camların yüzey numaralarına göre eşitlik 5, 6, 7, 8, 9, 10 uygulanır.

### Çift Katmanlı Cam

Görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısının hesabı;

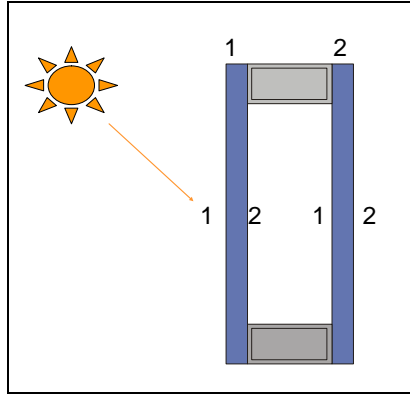
$$T_{vis} = \frac{T_{vis(1)} \cdot T_{vis(2)}}{1 - R_{vis2(1)} \cdot R_{vis1(2)}} \quad (5)$$

$T_{vis(1)}$  : 1.cam yüzeyin görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısı

$T_{vis(2)}$  : 2.cam yüzeyin görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısı

$R_{vis2(1)}$  : 1.cam katmanın 2.yüzeyinin görülebilir ışınım yansıtıcılık katsayısı

$R_{vis1(2)}$  : 2.cam katmanın 1.yüzeyinin görülebilir ışınım yansıtıcılık katsayısı



Şekil 35. Çift katmanlı camlar

Görülebilir ışınımı yansıtma katsayısının hesabı,

$$R_{vis} = R_{vis1(1)} + \frac{T_{vis(1)} \cdot R_{vis1(2)}}{1 - R_{vis2(1)} \cdot R_{vis1(2)}} \quad (6)$$

$R_{vis1(1)}$  : 1.cam katmanın 1.yüzeyinin görülebilir ışınım yansıtıcılık katsayısı

Görülebilir ışınımı soğurma katsayısının hesabı,

$$T_{vis} + R_{vis} + \alpha_{vis} = 1 \quad (7)$$



$\alpha_{vis}$  : Görülebilir ışınım soğurma katsayısı

Tek katmanlı camların, 380-780 nm dalga boylarındaki görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısı, hem gelen radyasyon yönündeki hem de gelen radyasyona zıt yöndeki görülebilir ışınım yansıtma katsayıları ile aynı şekilde 300-2500nm dalga boylarındaki güneş ışınımı geçirgenlik ve yansıtma katsayıları programın cam kütüphanesinde yer alan camlara ait optik ve termofiziksel özellikleri içerisinde yer almaktadır.

Üç Katmanlı Cam

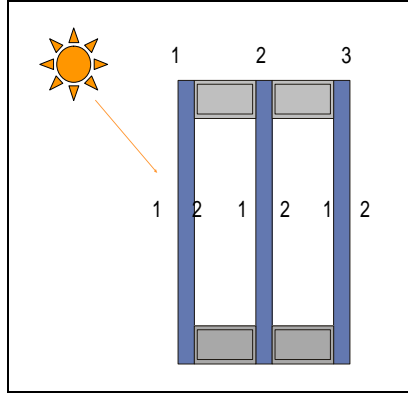
Görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısının hesabı;

$$T_{vis} = \frac{T_{vis}(1).T_{vis}(2).T_{vis}(3)}{[1 - R_{vis2}(1).R_{vis1}(2)][1 - R_{vis2}(2).R_{vis1}(3)] - T_{vis}(2).R_{vis2}(1).R_{vis1}(3)} \quad (8)$$

$T_{vis(3)}$  : 3.cam katmanın görülebilir ışınımı geçirgenlik katsayısı

$R_{vis2(2)}$  : 2.cam katmanın görülebilir ışınımı 2.yüzeyinin yansıtma katsayısı

$R_{vis1(3)}$  : 3.cam katmanın görülebilir ışınımı 1.yüzeyinin yansıtma katsayısı



Şekil 36. Üç katmanlı camlar

Görülebilir ışınımı yansıtma katsayısının hesabı,

$$R_{vis} = R_{vis1}(1) + \frac{T_{vis}(1).R_{vis1}(2).[1 - R_{vis2}(2).R_{vis1}(3)]T_{vis}(1).T_{vis}(2).R_{vis1}(3)}{[1 - R_{vis2}(1).R_{vis1}(2)][1 - R_{vis2}(2).R_{vis1}(3)] - T_{vis}(2).R_{vis2}(1).R_{vis1}(3)} \quad (9)$$

Görülebilir ışınımı soğurma katsayısının hesabı,

$$T_{vis} + R_{vis} + \alpha_{vis} = 1 \quad (10)$$

$\alpha_{vis}$  : Görülebilir ışınımı soğurma katsayısı

### 2.2.1.2. Güneş Işınımı Geçirgenlik ( $T_{vis}$ ), Yansıtma ( $R_{vis}$ ) ve Soğurma Katsayılarının ( $\alpha_{vis}$ ) Hesaplanma Yöntemi - TS 11172 EN 410 [38, 40]

Çift ve üç katmanlı camlar için, güneş ışınımı geçirgenlik, yansıtma ve soğurma katsayıları, bu cam sistemleri oluşturan tek cam yüzeylerin güneş ışınımı geçirgenlik ve yansıtıcılık değerleri kullanılarak, bölüm 2.2.1.1'deki formüller kullanılarak hesaplanır.

### 2.2.1.3. Camların İç ve Dış Yüzeyinin Konveksiyon ve Işıma Yolları ile Isı Transfer Yeteneğini Belirleyen, $h_e$ ve $h_i$ Değerleri ve Hesaplanma Yöntemi

Dış Yüzeysel Isı Transfer Katsayısı,  $h_e$  –W/m<sup>2</sup>K

' $h_e$ ' değerini etkileyen parametreler;

- Şeffaf yüzeylerin yönlenmesi
- Dış yüzeylerine etkiyen rüzgar hızı
- Dış ortam hava sıcaklığı
- Şeffaf yüzeyin emissivite değeri, E
- Yüzeyin pürüzlülüğü
- Yüzey sıcaklığı

Rüzgar hızına bağlı olarak  $h_e$  değerinin belirlenmesi için bir çok model önerilmiştir.

Bunlardan bazıları;

$$h_e = 5,8 + 4,1 v \quad (\text{CIBSE})$$

$$h_e = 7,1 + 3,42 v \quad (\text{ASHRAE})$$

$$h_e = 18,6 v + 0,605 \quad \text{Ito et al. (1972)}$$

$$h_e = 5,7 + 6,0 v \quad \text{Cole ve Sturrock (1977)}$$

$$h_e = 1,9 + 0,65 v \quad \text{Sharples (1982)}$$

Bu çalışmada hesaplamalarda kullanılan formülasyon, Loveday ve Taki'nin 1998'te öne sürdükleri eşitliktir. Bu çalışmanın daha önceden yapılmış tüm çalışmalarını inceleyerek son teknolojik gelişmeleride dikkate alarak gerçekleştirilmiş olmasından dolayı çalışmada kullanılması uygun bulunmuştur [12].

V: Rüzgar hızı, m/s

$$h_e = 16,7 v^{0,5} \quad \text{Loveday ve Taki (1998)} \quad (11)$$

İç Yüzeysel Isı Transfer Katsayısı ,  $h_i$  –W/m<sup>2</sup>K-TS EN 673 [16]

Radyasyon iletkenliğiyle konveksiyon iletkenliğinin toplamına eşittir.

$$h_i = h_r + h_c \quad (12)$$

EN 673'te kaplamasız camlar için  $h_r = 4,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  ,

Kaplamalı camlar için  $h_r = 4,4 E / 0.837$

E : Kaplanmış yüzeyin emissivitesi

EN 673'te serbest konveksiyon için  $h_c$  değeri  $3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak standartlaştırılmıştır.

Ancak pencerenin altına veya üstüne yerleştirilmiş fan üflemlerli bir ısıtıcının bulunduğu yerlerde, hava akımı pencerenin yukarısına üfleniyor ise bu değer daha büyük olacaktır.

Tablo 5'de EN 673 ve ASHRAE standartlarının kullandığı iç-dış yüzeysel ısı transfer katsayıları verilmiştir.

Tablo 5. TS EN 673 ve ASHRAE'ye göre kabul edilen standart yaz-kış koşulları için,  $h_e$  ve  $h_i$  değerleri [10, 16].

Standart yaz-kış koşulları için;		
	EN 673	ASHRAE
$h_e, \text{W/m}^2\text{K}$	23,0	29,0
$h_i, \text{W/m}^2\text{K}$	8,0	8,29

#### 2.2.1.4. Isı Geçirgenlik Katsayısının ( $U$ -W/m<sup>2</sup>K) Hesaplanma Yöntemi - TS EN 673 [16]

Camların ısı geçirgenlik katsayılarını eşitlik 13, 14 ve 15'e baktığımızda camların kalınlıkları ve ısı iletkenlikleri, iç ve dış yüzeysel ısı transfer katsayıları etkilemektedir. Çift ve üç tabakalı camlarda ise tabakalar arasındaki gaz boşluğunun iletkenliği etkili olmaktadır. Bu iletkenlik Şekil 39'da gösterilen aşamalı bir hesaplama yöntemi uygulanarak hesaplanır.

## Tek Katmanlı Cam

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{h_e} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_i} \quad (13)$$

$d$  : cam tabakasının kalınlığı, m

$\lambda$  : cam tabakasının iletkenliği, W/mK

$U_c$  : camın ısı geçirgenlik katsayısı

$h_e$  : dış yüzeysel ısı transfer katsayısı, W/m<sup>2</sup>K

$h_i$  : iç yüzeysel ısı transfer katsayısı, W/m<sup>2</sup>K

## Çift Katmanlı Cam

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{h_e} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{1}{h_s} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i} \quad (14)$$

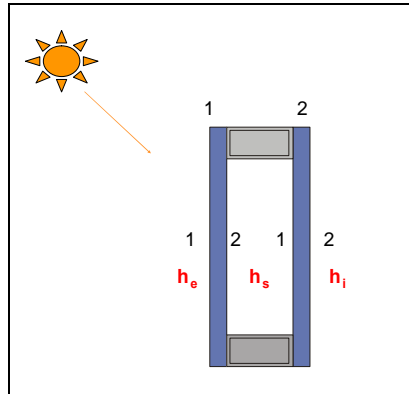
$d_1$  : 1.cam katmanının kalınlığı, m

$\lambda_1$  : 1.cam katmanının ısı iletkenliği, W/mK

$d_2$  : 2.cam katmanın kalınlığı, m

$\lambda_2$  : 2.cam katmanın ısı iletkenliği, W/mK

$h_s$  : gaz boşluğunun iletkenliği, W/mK



Şekil 37. Çift katmanlı camlar

Üç Katmanlı Cam;

$$\frac{1}{U_c} = \frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^N \frac{1}{h_s} + \sum_{j=1}^M \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_i} \quad (15)$$

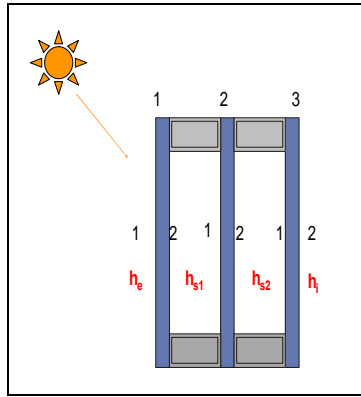
$d_j$  : j.cam katmanının kalınlığı, m

$\lambda_j$  : j.cam katmanının ısı iletkenliği, W/mK

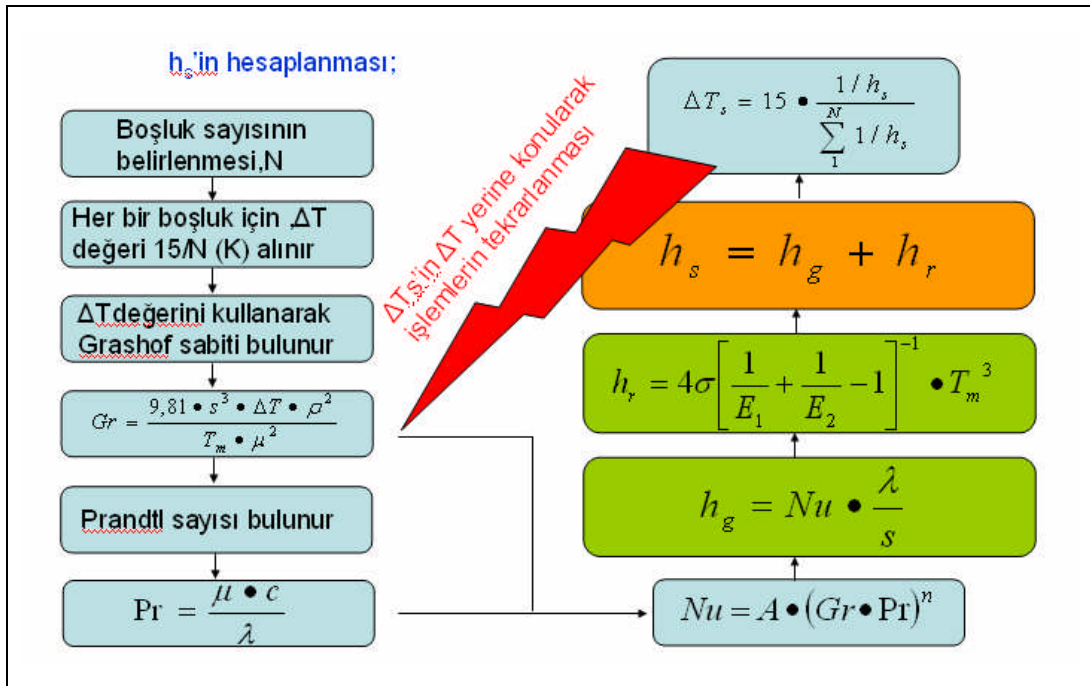
M : Katman sayısı

N : Boşluk sayısı

$h_s$  : gaz boşluğunun iletkenliği, W/mK



Şekil 38. Üç katmanlı camlar



Şekil 39. Gaz iletkenliğinin ( $h_s$ 'in) hesaplanması

İterasyon işlemi yapılarak gerçek  $h_s$  değerinin bulunması ;

Değerler birbirine yaklaşıncaya kadar en fazla 3 veya 4 iterasyon işlemi yapılarak en son işlemin sonuç değerleri kullanılır.

Tablo 6. Örnek iterasyon işlemi [16]

İterasyon no		1	2	3	4
Boşluk 1 için $1/h_s$	$m^2K/W$	0,1455	0,1717	0,1713	0,1714
Boşluk 2 için $1/h_s$	$m^2K/W$	0,2720	0,3125	0,3135	0,3133
$\sum_1^2 1/h_s$	$m^2.K/W$	0,4175	0,4842	0,4848	0,4847
		5,23	5,31	5,30	5,30
Boşluk 1 için $\Delta T$	K	9,77	9,68	9,70	9,70
Boşluk 2 için $\Delta T$	K	1,67	1,51	1,50	1,50
U değeri					

### 2.2.1.5. Solar Isı Kazanç Katsayısının (SHGC) Hesaplanma Yöntemi – ASHRAE [10]

Camların solar ısı kazanç katsayılarına eşitlik 17, 18 ve 22'ye bakarsak cam yüzeylerinin güneş ışınımı yansıtma ve soğurma katsayıları, iç-dış yüzeysel ısı transfer katsayıları ve bölüm 2.2.1.4.'de hesaplama yöntemi açıklanan camın ısı geçirgenlik katsayısı etki etmektedir.

Tek Katmanlı Cam

$$\alpha_{sol1} = 1 - T_{sol1} - R_{sol1} \quad (16)$$

U : Isı geçirgenlik katsayısı,  $W/m^2K$   
 $T_{sol}$  : Solar geçirgenlik  
 $R_{sol1}$  : 1.yüzeyin yansıtma katsayısı  
 $\alpha_{sol1}$  : 1.yüzeyin soğurma katsayısı

$$SHGC = T_{sol} + U \cdot \frac{\alpha_{sol1}}{h_e} \quad (17)$$

### Çift Katmanlı Cam

$$SHGC = T_{sol} + U \cdot \frac{\alpha_{sol1}}{h_e} + \left[ \left( \frac{U}{h_e} + \frac{U}{h_s} \right) \right] \cdot \alpha_{sol2} \quad (18)$$

$$\alpha_{sol1} = 1 - T_{sol(1)} - R_{sol1(1)} \quad (19)$$

$$\alpha_{sol2} = 1 - T_{sol(2)} - R_{sol1(2)} \quad (20)$$

- $\alpha_{sol1}$  : 1. cam katmanının soğurma katsayısı  
 $\alpha_{sol2}$  : 2. cam katmanının soğurma katsayısı  
 $T_{sol(1)}$  : 1. cam katmanının güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı  
 $T_{sol(2)}$  : 2. cam katmanının güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı  
 $R_{sol1(1)}$  : 1. cam katmanının, 1. yüzeyinin güneş ışınımı yansıtma katsayısı  
 $R_{sol1(2)}$  : 2. cam katmanının, 1. yüzeyinin güneş ışınımı yansıtma katsayısı

### Üç Katmanlı Camlar

$$\alpha_{sol3} = 1 - T_{sol(3)} - R_{sol1(3)} \quad (21)$$

- $T_{sol}$  : Sistemin güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı  
 $U$  : Sistemin ısıl geçirgenlik katsayısı,  $W/m^2K$   
 $\alpha_{sol3}$  : 3. katmanın soğurma katsayısı  
 $R_{sol1(3)}$  : 3. cam katmanının 1.yüzeyinin güneş ışınımı yansıtma katsayısı

$$SHGC = T_{sol} + \frac{U \cdot \alpha_{sol1}}{h_e} + \frac{U \cdot \alpha_{sol2}}{h_e} + \frac{U \cdot \alpha_{sol2}}{h_s} + \frac{U \cdot \alpha_{sol3}}{h_e} + \frac{U \cdot \alpha_{sol3}}{h_s} \quad (22)$$

#### 2.2.1.6. Gölgeleme Katsayısının (SC) Hesaplanma Yöntemi – ASHRAE [10]

Eşitlik 23'e bakarsak camın gölgeleme katsayısının, kendi sahip olduğu solar ısı kazanç katsayısının, 3mm'lik tek tabakalı float camın solar ısı kazanç katsayısına oranı olduğunu görürüz.

$$SC = \frac{SHGC_{test}}{SHGC_{ref}} \Rightarrow SC = \frac{SHGC_{test}}{0.87} \quad (23)$$

SHGC<sub>test</sub> : analizi yapılacak cam sisteminin solar ısı kazanç katsayısı  
 SHGC<sub>ref</sub> : 3mm'lik düz referans camın solar ısı kazanç katsayısı,0,87

### 2.2.1.7. Serinlik İndeksi (D<sub>x</sub>) Hesaplanma Yöntemi – ASHRAE [10]

$$D_x = \frac{T_{vis}}{SC} \quad (24)$$

T<sub>vis</sub> : Cam sistemin güneş ışığı geçirgenlik katsayısı  
 SC : Cam sisteminin gölgeleme katsayısı

### 2.2.2. Çerçeve Bileşeniyle İlgili Hesaplamalar-ASHRAE [10]

Çerçevenin solar ısı kazanç katsayısı eşitlik 25'e baktığımızda çerçevenin güneş ışınımını soğurma katsayısına, ısı geçirgenlik katsayısına ve dış yüzeysel ısı transfer katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Çerçevenin güneş ışınımını soğurma katsayısı ile ısı geçirgenlik katsayısı bilinen değerlerdir, dış yüzeysel ısı transfer katsayısı ise bulunulan bölgenin rüzgar hızına göre değişiklik gösterir.

Çerçevenin solar ısı kazanç katsayısının hesabı,

$$SHGC_f = \alpha_f \cdot \frac{U_f}{\frac{A_s}{A_f} \cdot h_e} \quad (25)$$

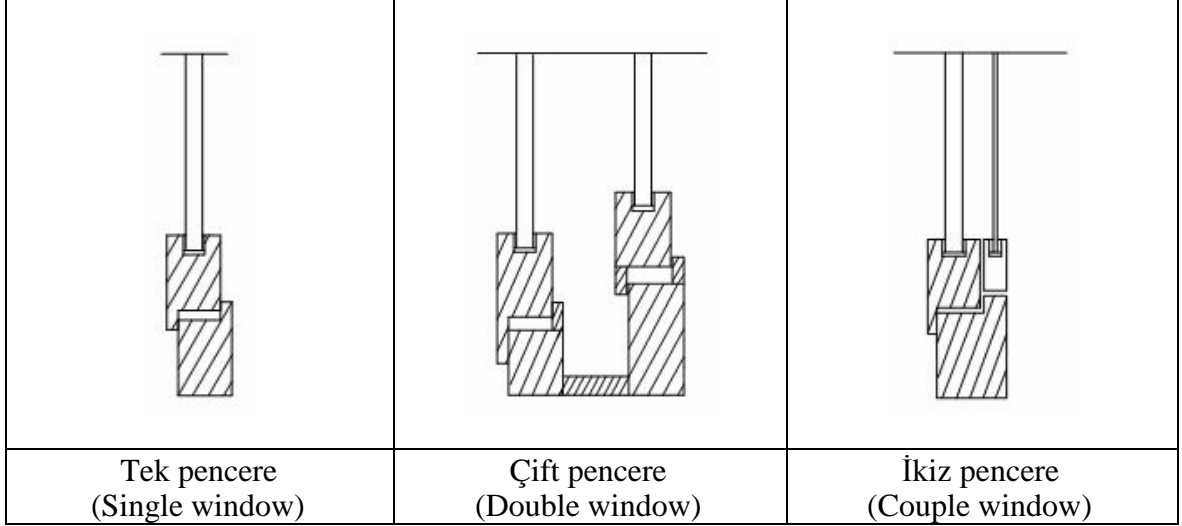
U<sub>f</sub> : Çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 α<sub>f</sub> : Çerçevenin soğurma katsayısı  
 A<sub>s</sub>/A<sub>f</sub>: 1 olarak alınır.  
 h<sub>e</sub> : Dış yüzeysel ısı transfer katsayısı, W/m<sup>2</sup>K

### 2.2.3. Pencere Sistemleriyle İlgili Hesaplamalar

Pencere sistemleriyle ilgili yapılan hesaplamalar, tek, çift ve ikiz; açılır-sabit tek kanatlı veya çift kanatlı, düşey veya yatay sürme pencerelere ait katmanlı cam sistemlerine ait gün ışığı geçirgenlik (T<sub>vis</sub>), solar geçirgenlik (T<sub>sol</sub>) katsayılarının hesabını, tüm pencere sistemlerine ait ısı geçirgenlik katsayısı (U-W/m<sup>2</sup>K), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC),



gölgeleme katsayısı (SC) değerlerinin hesabını içermektedir. Şekil 40'da Win-Energy 1.0 programı tarafından sunulan pencere sistem seçenekleri görülmektedir.



Şekil 40. Program Tarafından İncelenmek Üzere Sunulan Pencere Sistem Seçenekleri-ISO 15099 [19]

#### Program Tarafından İncelenmek Üzere Sunulan Pencere Sistem Tipleri

- Sabit tek kanatlı pencere (Fixed window)
- Açılabilir tek kanatlı pencere (Operable window)
- Sabit çift kanatlı pencere (Fixed casement)
- Açılabilir çift kanatlı pencere (Operable casement)
- Düşey ve yatay sürme pencere (vertical and horizontal slider window)

#### 2.2.3.1. Pencere Sistemlerinin Isı Geçirgenlik Katsayılarının ( $U-W/m^2K$ ) Hesaplama Yöntemi – ISO 15099 [19]

Eşitlik 26'ya baktığımızda pencerelerdeki kayıt alanının ve kayıtın ısı geçirgenlik katsayısının pencerenin ısı geçirgenlik katsayısına etki ettiğini görmekteyiz. Ancak örnek çalışmada seçilen pencereler kayıtsız olduğu için bu eşitlikte kayıt ve kayıt alanı gözardı edilerek, program tarafından hesaplar yapılmıştır.

$$U_p = \frac{A_c \cdot U_c + A_\zeta \cdot U_\zeta + A_{ck} \cdot U_{ck} + A_k \cdot U_k + A_{kk} \cdot U_{kk}}{A_t} \quad (26)$$

- $U_p$  : Pencerenin ısııl geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_c$  : Cam merkezinin alanı, m<sup>2</sup>  
 $U_c$  : Cam merkezinin ısııl geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_\zeta$  : Çerçevenin alanı, m<sup>2</sup>  
 $U_\zeta$  : Çerçevenin ısııl geçirgenlik hesabı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_{ck}$  : Cam kenarının alanı, m<sup>2</sup>  
 $U_{ck}$  : Cam kenarının ısııl geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_k$  : Kayıt alanı, m<sup>2</sup>  
 $U_k$  : Kayıt ısııl geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_{kk}$  : Kayıt kenar alanı, m<sup>2</sup>  
 $U_{kk}$  : Kayıt kenarının ısııl geçirgenlik katsayısı, W/m<sup>2</sup>K  
 $A_t$  : toplam alan, m<sup>2</sup>

### 2.2.3.2. Pencere Sistemlerinin Toplam Solar Isı Kazanç Katsayısının (SHGC) Hesaplanma Yöntemi – ASHRAE [10]

Eşitlik 27'e baktığımızda pencerelerdeki kayıt alanının ve kayıtın solar ısı kazanç katsayısının pencerenin solar ısı kazanç katsayısına etki ettiğini görmekteyiz. Ancak örnek çalışmada seçilen pencereler kayıtsız olduğu için bu eşitlikte kayıt ve kayıt alanı gözardı edilerek, program tarafından hesaplar yapılmıştır.

$$SHGC_p = \frac{SHGC_c \cdot A_c + SHGC_\zeta \cdot A_\zeta + \sum_{k=1}^M A_k \cdot SHGC_k}{A_c + A_\zeta + \sum_{k=1}^M A_k} \quad (27)$$

- $SHGC_c$  : Camın solar ısı kazanç katsayısı  
 $A_c$  : Cam alanı, m<sup>2</sup>  
 $SHGC_\zeta$  : Çerçevenin solar ısı kazanç katsayısı  
 $A_\zeta$  : Çerçeve alanı, m<sup>2</sup>  
 $M$  : Kayıt sayısı  
 $A_k$  : Kayıt alanı, m<sup>2</sup>  
 $SHGC_k$  : Kayıtın solar ısı kazanç katsayısı

### 2.2.3.3. Pencere Sistemlerinin Güneşli Geçirgenlik Katsayısının ( $T_{vis}$ ) Hesaplanma Yöntemi-ASHRAE [10]

$$T_{visp} = \frac{T_{visc} \cdot A_c}{A_t} \quad (28)$$

$T_{visc}$  :Camın görülebilir geçirgenliği

$A_c$  : Cam alanı, $m^2$

$A_t$  :Toplam alanı, $m^2$

### 2.2.3.4. Çift Pencerelelerin (Double window) Isı Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanma Yöntemi – TS EN ISO 10077-1 [39]

Çift pencerelere örnek çalışmada yer verilmemesine rağmen program tarafından bu tür pencerelerde hesaplamaları eşitlik 29'a göre yapılmaktadır.

$$U_p = \frac{1}{\frac{1}{U_{p1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{p2}}} \quad (29)$$

$U_{p1}$  : Dış pencerenin U değeri-  $W/m^2K$

$U_{p2}$  : İç pencerenin U değeri-  $W/m^2K$

$R_{si}$  : İç yüzeysel ısı direnci-  $m^2K/W$

$R_s$  : Boşluğun ısı direnci-  $m^2K/W$

$R_{se}$  : Dış yüzeysel ısı direnci-  $m^2K/W$

### 2.2.3.5. İkiz Pencerelelerin (Couple window) Isıl Geçirgenlik Katsayısının Hesaplanma Yöntemi- TS EN ISO 10077-1 [39]

İkiz pencerelere örnek çalışmada yer verilmemesine rağmen program tarafından bu tür pencerelerde hesaplamaları eşitlik 30'a göre yapılmaktadır.

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{U_{c1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{c2}}} \quad (30)$$

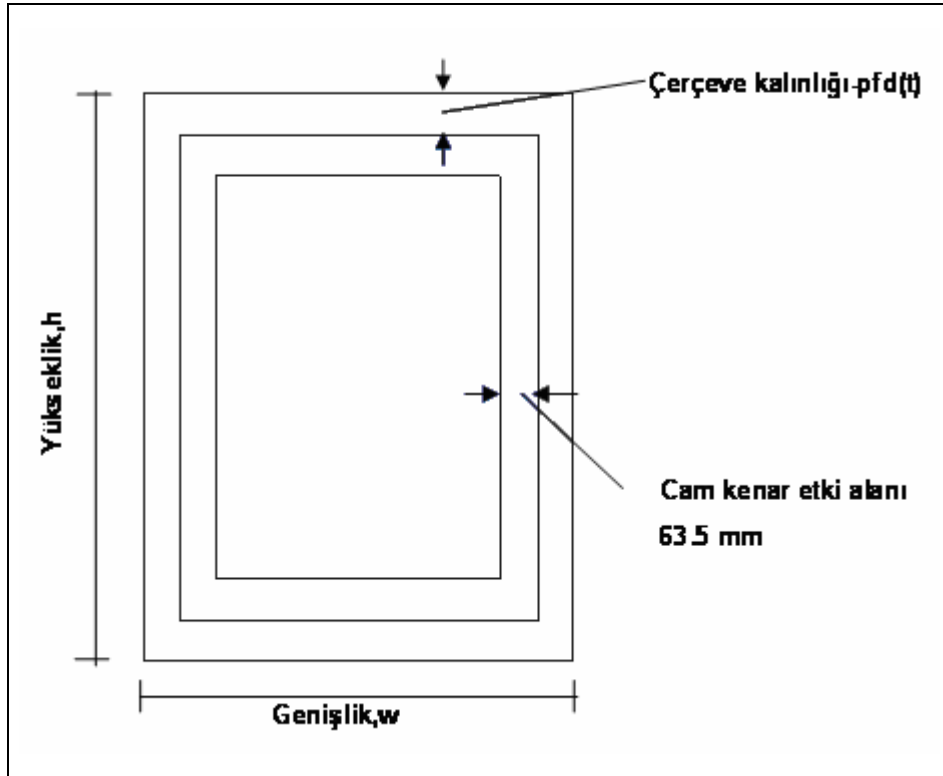
$U_{c1}$ :Dış cam katmanının U değeri-  $W/m^2K$

$U_{c2}$ :İç cam katmanının U değeri-  $W/m^2K$

### 2.2.3.6. Pencere Sistem Bileşenlerinin Alanlarının Hesaplanma Yöntemi

Örnek çalışmada kayıt olmayan sabit ve açılabilir pencere seçenekleri incelenmiştir. Ancak Win-Energy 1.0 programı kayıt olduğu durum içinde hesaplamaları gerçekleştirmektedir. Pencerelelerin ısı geçirgenlik katsayısı ve solar ısı geçirgenlik katsayılarını hesabında eşitlik 26 ve 27'ye bakacak olursak camın, cam kenarının ve çerçevenin alanlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalar şekil 41'e göre gerçekleştirilmektedir. Cam kenarının etki alanı ASHRAE standartında belirtildiği gibi 63.5mm alınarak alanlar hesaplanır. Şekil 41'de sadece sabit pencere için alan analizi gerçekleştirilmiştir. Açılabilir pencere durumundaki tek fark çerçeve alanının artmasıdır. Cam kenarı etki alanı aynı 63.5mm olarak alınır.

Sabit Pencere - Kayıt Olmadığı Durum İçin



Şekil 41. Pencere bileşenlerinin alanların hesaplanması

$$A_t = w \cdot h$$

$$A_c = [w - 2(t+63,5)] \cdot [h - 2(t+63,5)]$$

$$A_{ck} = 2 \cdot [63,5 \cdot (w-2t)] + 2 \cdot [63,5 \cdot (h-2t)]$$

$$A_{\text{ç}} = 2 \cdot (w \cdot t) + 2 \cdot t \cdot (h-2t)$$

### 2.2.4. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanma Yöntemi - TS 825 [20]

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir yapıda, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı ( $T_i - ^\circ\text{C}$ ) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan, güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır.

TS 825’de tanımlanan hesap metoduna göre, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, eşitlik 31’de görüldüğü gibi ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece yapının ısıl performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca tasarımcıya önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkanı sağlayacaktır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (31)$$

$$Q_{ay} = [H \cdot (T_i - T_d) - \eta_{ay} (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t \quad (32)$$

- $Q_{yıl}$  : yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı-kj,kwh  
 $Q_{ay}$  : aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı-kj,kwh  
 $H$  : Binanın özgül ısı kaybı-W/K  
 $T_i$  : Aylık ort.iç sıcaklık- $^\circ\text{C}^0$   
 $T_d$  : aylık ort.dış sıcaklık- $^\circ\text{C}^0$   
 $\eta_{ay}$  : Kazançlar için aylık ort.kullanım faktörü  
 $\Phi_{i,ay}$  : aylık ort.iç kazançlar-W  
 $\Phi_{g,ay}$  : aylık ort.güneş enerjisi kazancı-W  
 $T$  : zaman,saniye olarak bir ay=86400\*30

Binanın özgül ısı kaybının hesabı,

$$H = H_i + H_h \quad (33)$$

$H_i$ : İletimle olan ısı kaybı

$H_h$ : Havalandırmayla olan ısı kaybı

İletimle gerçekleşen ısı kaybının hesabı,

$$H_i = \sum A \cdot U + \text{Örnek binada ısı köprüsü olmadığı varsayıldığından bu değer ihmal edilir.}$$

$$\sum A \cdot U = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot A_i \cdot U_i \quad (34)$$

Havalandırmayla gerçekleşen ısı kaybı;

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (35)$$

$n_h$ : Hava değişim debisi- $h^{-1}$ (1 olarak alınır)  
 $V_h$ :Havalandırılan hacim( $V_{brüt} \cdot 0,8 = 396m^3$ )

Aylık ort.iç kazançlar;

Birim döşeme alanı başına en fazla  $5W/m^2$  olarak alınır. Örnek binamız için bu değer kullanım alanıyla 5'in çarpılması sonucu elde edilen değerdir.

$$\text{Kullanım alanın-} A_n = 158,4m^2$$

$$\Phi_{i,ay} = 158,4 \quad \text{ise} \quad \Phi_{i,ay} = 792 \text{ W' dır.}$$

Aylık ort. güneş enerjisi kazançları;

Pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif eder. Pasif güneş enerji sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (36)$$

$r_{i,ay}$ :i yönünde şeffaf yüzeylerin aylık ort. gölgeleme faktörü-0,6 alınacak

$g_{i,ay}$ :i yönünde şeffaf yüzeylerin güneş enerjisi geçirme faktörü-Programda seçilen cam sisteminin hesaplarından alınacak

$I_{i,ay}$ :i yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ort. güneş ışınım şiddeti (tablodan)

Kazanç kullanım faktörünün hesaplanması;

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (37)$$

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay}) / H \bullet (T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (38)$$

Kazanç kayıp oranı 2.5 ve üzerinde ise o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir. Ayrıca dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olduğu aylar hesaplamalara katılmaz.

Hesaplamalar sonucu elde edilen yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $0,278 \cdot 10^3$  ile çarpılarak kWh'e çevrilir. Bulunan değer binanın kullanım alanına bölünerek kullanım alanı başına düşen yıllık ısıtma enerji ihtiyacı bulunur ve Tablo 10 ile karşılaştırma yapılır.

Tablo 7. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri,  $W/m^2$  [20].

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
$I_T$ Güney	72	84	95	83	92	95	93	93	89	82	67	64
$I_T$ Kuzey	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
$I_T$ Doğu, Batı	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Tablo 8. Bölgelere göre  $A/V_b$  oranlarına bağlı olarak max. yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi [20]

$A_n$ ile ilişkili ( $kWh/m^2$ )	$Q1.DG = 46,62 \cdot A/V + 17,38$
$V_{brüt}$ ile ilişkili ( $kWh/m^3$ )	$Q1.DG = 14,92 \cdot A/V + 5,56$
$A_n$ ile ilişkili ( $kWh/m^2$ )	$Q2.DG = 68,59 \cdot A/V + 32,30$
$V_{brüt}$ ile ilişkili ( $kWh/m^3$ )	$Q2.DG = 21,95 \cdot A/V + 10,34$
$A_n$ ile ilişkili ( $kWh/m^2$ )	$Q3.DG = 67,29 \cdot A/V + 50,16$
$V_{brüt}$ ile ilişkili ( $kWh/m^3$ )	$Q3.DG = 21,74 \cdot A/V + 16,05$
$A_n$ ile ilişkili ( $kWh/m^2$ )	$Q4.DG = 82,81 \cdot A/V + 87,70$
$V_{brüt}$ ile ilişkili ( $kWh/m^3$ )	$Q4.DG = 26,5 \cdot A/V + 28,06$

## 2.3. Win-Energy 1.0 Programı Hesap Sonuçları Paralelinde Yapılan Örnek Çalışma

### 2.3.1. Örnek Çalışma Yöntemi

Bu çalışmada; farklı tür pencere bileşenleri kullanılarak oluşturulmuş pencerelerin ısı performans kriterleri – ısı geçirgenlik katsayısı ( $U - W/m^2K$ ), solar ısı kazanç katsayısı (SHGC), gölgeleme katsayısı (SC) , serinlik indeksi ( $D_x$ ) – bu çalışma için geliştirdiğimiz Win-Energy 1.0 programı tarafından hesaplanmıştır. Pencerelerde kullanılan tek tabaka camların termofiziksel-optik ve boyutsal özellikleri Ek 2’de verilmiştir. Hesaplamalar, Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınmış son 10 yıllık iklim verilerinin ortalamaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaz koşulları için, karakteristik gün olarak 21 Temmuz (yılın en sıcak günü), kış koşulları için ise 21 Ocak (yılın en soğuk günü) seçilmiştir. Bu karakteristik günlerin seçilme nedeni bölüm 2.3.3.1.’de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Hesaplamalar dört iklim bölgesini temsil eden dört il için gerçekleştirilmiştir. 1. iklim bölgesini temsil etmek üzere İzmir, 2. iklim bölgesini temsil etmek üzere Trabzon, 3. iklim bölgesini temsil etmek üzere Ankara ve 4. iklim bölgesini temsil etmek üzere de Erzurum plot iller olarak seçilmiştir. İncelemesi yapılan farklı tür; tek katmanlı, çift katmanlı ve üç katmanlı camlardan oluşturulmuş, PVC, ahşap, alüminyum ve ısı tutuculu alüminyum çerçevelerden oluşturulan pencere türleri Win-Energy 1.0 programının hesap sonuçlarına göre; güneş kontrolü, ısı kontrolü ve gün ışığı geçirgenlik performanslarına göre sıralamaya sokulmuş, ve performanslarındaki farklılıkların nedenleri yorumlanmıştır. İncelenen pencereler, hem sabit pencere hem de açılabilir pencere olarak ayrı hesaplanmış, açılabilir ve sabit pencerelerin hesaplamalarındaki farklılıkların nedenleri tartışılmıştır.

İncelemesi yapılan toplam 116 pencere türünden, TS 825’de iklim bölgeleri için belirlenmiş maksimum ısı geçirgenlik katsayısı ( $U_{max} - W/m^2K$ ) değerlerini aşmayan pencereler seçilmiş bu seçeneklerden bölüm 2.3.4.1.’de belirtilen kriterlere göre iklim bölgelerine göre önerilerde bulunulmuştur. İklim bölgelerine göre olması gereken  $U_{max}$  değerleri Tablo 9’da verilmiştir. 116 pencere türünün ısı performans kriterleri her bir iklim bölgesi için ayrı olarak hesaplanarak tablolar halinde Ek 3’te verilmiştir. İklim bölgelerine göre ısı performans kriterlerindeki farklılıkları Ek 3’de yer alan tablolardan görebiliriz.



Tablo 9. TS 825 standardına göre binalarda kullanılacak pencerelere ait olması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayı değerleri ( $U_{max} - W/m^2K$ )

	1.İKLİM BÖLGESİ (İZMİR)	2.İKLİM BÖLGESİ (TRABZON)	3.İKLİM BÖLGESİ (ANKARA)	4.İKLİM BÖLGESİ (ERZURUM)
$U_{max} - W/m^2K$	2.8	2.8	2.6	2.4

Binanın kullanım amacı da pencere seçiminde önemli olduğundan, seçilen pencerelerin kullanılabilirliği, ofis ve konut yapıları olmak üzere iki grupta değerlendirilmeye alınmış ve uygunlukları yorumlanmıştır. Örneğin; ofis yapıları gün boyu içsel ısı kazancı yüksek bir yapı grubudur ve bu yapılarda yıl boyu soğutma ihtiyacı hissedilmektedir bu yüzden burada kullanılacak pencerelerin güneş kontrolü yüksek pencerelerden seçilmesi gerekmektedir (renkli, reflektif camlı pencereler vb.). Konut yapılarında ise yıl boyu ısıtma ihtiyacı soğutma ihtiyacından daha fazla olduğu için ısı kayıplarını minimize edecek ve kış güneşinden maksimum ısı kazancı sağlayacak pencere türlerinin seçilmesi gereklidir. Buraya kadarki çalışmada iklim bölgelerine göre Win-Energy 1.0 programından alınan hesap sonuçlarının ortalamasına bakılarak pencereler, ısı korunumu, güneş kontrolü ve günışığı yeterlilik performansı açısından değerlendirilmiştir. Buradaki amaç Ek 3’de iklim bölgelerinin ısı performans kriterleri hesap sonuçlarına bakıldığında arada çok büyük farklar olmadığı görülmektedir. Bundan dolayı iklim bölgelerinde pencerelerin enerji etkinliği için genel yorumları yaparken ısı performans kriterlerini tek bir değere indirgemek kolaylık sağlayacaktır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, iklim bölgeleri için, çalışmanın ilk aşamasında, konut yapılarında kullanılmak üzere önerilen pencere seçeneklerinden 12 adet pencere farklı özelliklerinden dolayı seçilerek, bu örneklere ait yaz- kış anlık ısı transfer katsayısı ( $Q_{net} - W/m^2$ ) hesaplanmıştır. Bu seçilen pencerelere ek olarak, P17, Ek 3’teki hesap sonuçlarına bakacak olursak, gerek güneş kontrolü gerekse ısı korunumu açısından en düşük performansı göstermesinden dolayı, seçilen pencerelere performans açısından referans oluşturması nedeniyle incelemeye alınmıştır. Bu pencerelerin seçilmesinde izlenen yöntem bölüm 2.3.5.1’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Seçilen pencerelerden,  $1m^2$ ’lik alandan 1 saatte gerçekleşen anlık ısı transferi ( $Q_{net} - W/m^2$ ) ASHRAE hesaplama yöntemine göre yaz-kış koşulları için ayrı olarak aşağıdaki aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmanın bu kısmında hesaplamalarda,

pencerenin incelenen iklim bölgesinde, yaz ve kış sahip olduğu ısı geçirgenlik katsayısı ve solar ısı kazanç katsayıları Ek 3'teki tablolardan alınarak kullanılmıştır.

$$Q_{net} = Q_{sol} + Q_{\Delta T}$$

$$Q_{net} = SHGC_p \cdot A_p \cdot I_T + U_p \cdot A_p \cdot (T_{dış} - T_{iç})$$

$Q_{net}$  : Anlık ısı transferi –  $W/m^2$

$Q_{sol}$  : Güneş ışınımına bağlı olarak gerçekleşen ısı transferi–  $W/m^2$

$Q_{\Delta T}$  : Sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ısı transferi–  $W/m^2$

$SHGC_p$  : Pencerenin solar ısı kazanç katsayısı

$A_p$  : Pencere alanı –  $m^2$

$I_T$  : Güneş ışınım şiddeti –  $W/m^2$

$T_{dış}$  : Dış hava sıcaklığı -  $^{\circ}C$

$T_{iç}$  : İç hava sıcaklığı -  $^{\circ}C$

Pencerelerden elde edilen  $Q_{net}$  değerleri en yüksekte en düşüğe doğru sıralamaya sokulmuştur. Bu sıralamada pencereler iklim bölgelerine göre yaz ve kış koşulları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Örneğin; kış koşullarında, güneşten maksimum ısı kazancı sağlayarak ısıtma giderlerini azaltan ve ısı kayıplarını minimize edebilecek pencere türleri tercih edilirken, yaz koşullarında, güneşten ısı kazancını önleyerek soğutma giderlerini azaltan güneş kontrolü sağlayan pencere seçenekleri değerlendirilerek yorumlar yapılmış, iklim bölgelerine göre önerilerde bulunulmuştur. Kış koşullarında  $Q_{net}$  değerlerinin olabildiğince yüksek ve pozitif bir değere sahip olması, yaz koşullarında ise olabildiğince düşük ve pozitif bir değerde olması avantajlı bir durum olarak değerlendirilmiştir. Hesaplanan  $Q_{net}$  değerlerine göre yaz-kış koşullarında her bir iklim bölgesi için uygun pencere seçenekleri önerilmiştir.

Son olarak, tek, çift ve üç tabaka camlı pencerelerden birer adet örnek seçilerek, 1. ve 4. iklim bölgelerimiz için, Win - Energy 1.0 programında oluşturulan örnek model bina üzerinde farklı yönlere göre yerleştirilmiş ve TS 825'e göre binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi değerlendirmeye alınmıştır. Pencere seçiminde izlenen yöntem bölüm 2.3.6.'da ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Pencerelerin kullanıldığı örnek binanın tüm parametreleri aynı olduğundan, ısıtma enerji ihtiyacındaki değişmelere bakılarak pencerelerin etkisi analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Aynı pencereler hem güney hem de kuzey yönü için değerlendirmeye alınarak yönlerinde etkisi analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonunda iklim bölgelerimiz için önerilen pencere türlerinin ısı performans kriterleri; Lawrence Berkeley Laboratuvarları tarafından geliştirilmiş Windows programı kullanılarak hesaplanmış ve geliştirdiğimiz Win-Energy 1.0 programından alınan verilerle karşılaştırılmış ve aradaki farklar % olarak ifade edilmiştir. Oluşan farkların iklimsel verilerden kaynaklandığı düşünülerek ısı performans kriterlerine iklimin etkisi de yorumlanmıştır. Windows programının kullandığı standart yaz-kış iklim koşulları Tablo 4'de verilmiştir.

### 2.3.2. Çalışmada Kabul Edilen Sınırlamalar

- Çalışmada, iklim bölgelerini temsil eden illere ait ; dış hava sıcaklığı ( $T_{dış}^{0C}$ ), rüzgar hızı ( $v - m/s$ ) ve güneş ışınım şiddeti değerleri, Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan son 10 yıllık iklim verilerinin, 21 Ocak ve 21 Temmuz karakteristik gün değerlerinin ortalamaları alınarak, pencerelerin ısı performans kriterleri ve pencerelerden gerçekleşen anlık ısı transfer katsayısı hesabında kullanılmıştır.
- İç hava sıcaklığı  $21^{0C}$  alınmıştır.
- Pencerelerin performans analizi kuzey yarım küre için optimum yön olarak kabul edilen güney yönüne göre gerçekleştirilmiştir.
- Güneş ışınımının pencere yüzeyine dik açıyla geldiği varsayılmıştır.
- Pencerelerde; PVC, ahşap, ısı tutuculu ve tutucusuz alüminyum çerçeve kullanılmıştır
- Pencereler tek kanatlı sabit ve açılabilir şekilde seçilmiştir.
- Pencerelerde kullanılacak tüm tek, çift ve üç katmanlı camlar, dış ortam tarafındaki yüzeyi 1'den başlamak üzere içeri doğru artarak numaralandırılmıştır.
- İncelenen pencereler  $1m^2$ 'lik bir alana sahiptir. Sabit pencereler için bu alanının  $0,74m^2$ 'lik alanı şeffaf,  $0,26m^2$ 'lik alanı ise opaktır. Açılabilir pencereler için ise  $0,52m^2$ 'lik alan şeffaf,  $0,48m^2$ 'lik alan ise opaktır. Bundan dolayı açılabilir pencerelerin SHGC değeri oldukça düşük çıkmaktadır.
- Pencerelerin sızdırmazlığının yeterli oranda sağlandığı kabul edilmiştir.

- Pencerelelerde kullanılan tüm camlar performans karşılaştırılması yapılabilmesi açısından sabit 6mm kalınlığında seçilmiştir. Türkiye’de incelenen camlarının tümünün 6mm kalınlıkta olanı bulunabilmektedir.
- Pencerelelerde kullanılan çift ve üç katmanlı camlar için cam katmanlar arası boşluk genişliği 12mm olarak alınmıştır. Türkiye’de cam firmalarının ürettiği yalıtım camlarında 6mm’lik kalınlıkta cam tabakaları için boşluk genişliği 12mm olarak alınmaktadır.
- Çift ve üç katmanlı cam üniteler arasında yalıtımlı boşluk çitası kullanılmıştır.
- Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabında kullanılan örnek binada ısı köprüsü olmadığı varsayılmıştır.
- Tek katmanlı camlarda, #1 numaralı yüzeyde, sert (prolitic) kaplamalı low-e cam kullanılmıştır.
- Çift katmanlı camlarda, #3 numaralı yüzeyde, yumuşak (soft) kaplamalı low-e cam kullanılmıştır.
- Üç katmanlı camlarda, #3 ve #5 numaralı yüzeylerde low-e cam kullanılmıştır.
- Güneş ışığı yeterliliği için camlara ait serinlik indeksi ( $D_x$ ) sınır değeri 1 olarak kabul edilmiştir.
- Tek, çift ve üç katmanlı camlarda renkli ve reflektif kaplamalar #1 numaralı yüzeyde konumlandırılarak analiz edilmiştir.
- Kullanılan low-e camların emissivite değerleri, sert kaplamalı low-e cam için; 0,15 ve yumuşak kaplamalı low-e cam için 0,08’dir.
- Çalışmada incelenen pencerelerin ısı performansları, 6mm kalınlığındaki float tek katmanlı camdan oluşturulmuş alüminyum çerçeveli pencere olan P17’e göre mukayese edilerek aradaki farklar % olarak hesaplanmıştır.
- Seçici-geçirgen yüzey kaplaması, tek ve çift katmanlı camlarda #2. yüzeyde, üç katmanlı camlarda #2 ve #4. yüzeylerde kullanılmıştır.
- Seçici – geçirgen yüzey kaplamalı camın emissivite değeri 0,018’dir.
- Ek 2’de termofiziksel-optik ve boyutsal özellikleri tablo halinde verilmiş olan, toplam 9 adet farklı tür cam, tek, çift ve üç katmanlı camlarda farklı kombinasyonlarda kullanılarak, 52 farklı cam ünitesi analiz edilmiş, bunlardan farklı doğramalı toplam 116 adet pencere analiz edilmiştir.

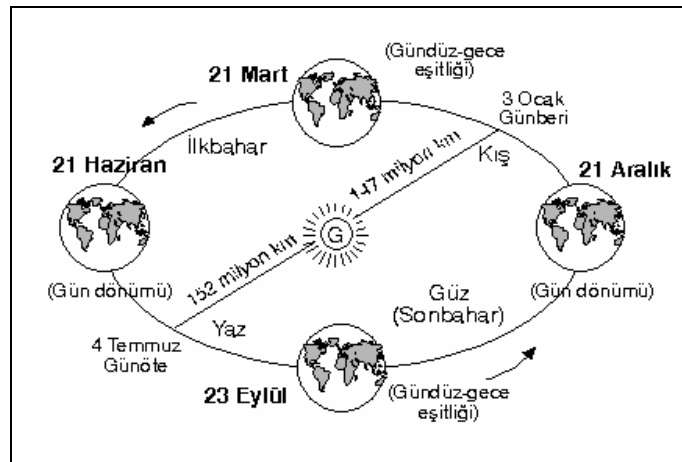
- Çalışmada kullanılan pencereler düşey konumda olduğu varsayılarak analiz edilmiştir.

### 2.3.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmanın yapılabilmesi için bir takım verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar; çalışmanın gerçekleştirildiği yerin iklimsel koşulları (dış hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş ışınım şiddeti, deniz seviyesinden yükseklik), çalışmada kullanılacak tek camlara ait termofiziksel ve optik özellikler (gün ışığı ve solar geçirgenlik, yansıtma katsayıları, emissivite değerleri, kalınlıkları, ısı iletkenlikleri), pencerelerde kullanılacak çerçevelere ait termofiziksel ve optik özellikler (ısı geçirgenlik katsayısı, kalınlık, genişlik, soğurma katsayısı) ve örnek referans binayla ilgili kullanılan parametrelerdir.

#### 2.3.3.1. İklimsel Veriler

Bulunulan yerin iklimsel verilerinin pencerelerin ısı performansına etkisini analiz edebilmek için yaz- kış koşulları için karakteristik günler seçilmiş ve analizler bu günlere göre gerçekleştirilmiştir. Bu karakteristik günlerin seçiminde dünyanın güneş etrafındaki dönüşü dikkate alınmıştır. Şekil 42’de dünyanın güneş etrafındaki hareketi gösterilmiştir.



Şekil 42. Dünyanın güneş etrafındaki hareketi (yıllık hareket) [41]

Bu dönüş esnasındaki yaz mevsimi başlangıcı olan 21 Haziran ve kış başlangıcı olan 21 Aralık tarihleri dikkate alınarak, 21 Ocak soğuk dönemi kapsayan aylarda orta tarih, 21 Temmuz sıcak dönemi kapsayan aylarda orta tarih olduğundan yaz-kış performans analizleri bu tarihlere göre gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla 21 Ocak yılın en soğuk günü, 21 Temmuz yılın en sıcak günü olarak değerlendirilmiştir.

Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden aldığımız son 10 yıllık iklim verileri Win – Energy 1.0 programının çevresel koşullar veri kütüphanesine kaydedilmiş ve programın yaz-kış koşulları için 21 Temmuz - 21 Ocak tarihlerine ait iklim verilerinden incelenen illere ait son 10 yılın ortalamalarını hesaba katarak analizleri gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. İnceleme yapılan illere ait gerekli iklim verileri Tablo 10’da verilmiştir. Hesaplamaların ortalama berrak atmosfer koşullarında yapıldığı varsayılmıştır.

Hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli iklim verileri;

- Dış hava sıcaklığı ( $T_{dış} - ^{\circ}C$ )
- Rüzgar hızı ( $v - m/s$ )
- Güneş ışınım şiddeti ( $I_T - W/m^2K$ )
- Deniz seviyesinden yükseklik ( $h - m$ )

Tablo 10. İklim bölgelerimize ait,meteorolojiden alınmış, 21 Ocak ve 21 Temmuz tarihli son 10 yıllık iklim verilerinin ortalaması

İKLİMSEL VERİLER	1.İKLİM BÖLGESİ		2.İKLİM BÖLGESİ		3.İKLİM BÖLGESİ		4.İKLİM BÖLGESİ	
	İZMİR		TRABZON		ANKARA		ERZURUM	
	Kış (21 Ocak)	Yaz (21 Temmuz)	Kış (21 Ocak)	Yaz (21 Temmuz)	Kış (21 Ocak)	Yaz (21 Temmuz)	Kış (21 Ocak)	Yaz (21 Temmuz)
Dış hava sıcaklığı $T_e (C^{\circ})$	8,85	29	7,64	23,96	1,24	24,59	-11,86	21,49
Rüzgar şiddeti $v (m/s)$	3	3,53	2,59	2,52	1,87	2,59	2,21	3,30
Güneş ışınım şiddeti $I_T (W/m^2)$	202,19	634	130,18	351,46	139,77	613	218,56	523,18
Deniz seviyesinden yükseklik $H (m)$	25		30		894		1864	

Dış hava sıcaklığı ( $T_{dış} - ^\circ C$ ) : Pencereleden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarının ( $Q_{net} - W/m^2$ ) belirlenmesinde önemli olmakla birlikte, TS 825'deki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanma yönteminde de gerekmektedir. Örneğin; dış hava sıcaklığının eksi (-) bir değer aldığı yerde içerden dışarı ısı kayıplarının miktarı artmakta , artı olduğu durumda da (şayet iç hava sıcaklığından daha yüksekse) dışardan içeri ısı geçişi artmaktadır.

Rüzgar hızı ( $v - m/s$ ) : Rüzgar hızı dış yüzeyssel ısı transfer katsayısı ( $h_e - W/m^2K$ ) değerini etkiler.he değeri pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı ( $U - W/m^2K$ ) ve solar ısı kazanç katsayılarının (SHGC) hesaplanmasında gerekmektedir.

Güneş ışınım şiddeti ( $I_T - W/m^2K$ ) : Pencereleden gerçekleşen anlık ısı transfer miktarının hesaplanmasında ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesap yönteminde bilinmesi gerekli bir parametredir .

Deniz seviyesinden yükseklik ( $h - m$ ) : Güneş ışınım şiddetini etkilediğinden önemlidir.

### 2.3.3.2. Pencere Bileşenlerine Ait Termofiziksel-optik ve Boyutsal Özellikler

Pencerelerin, şeffaf bileşenlerine ait; gün ışığı geçirgenlik ve yansıtma katsayıları, güneş ışınımı geçirgenlik ve yansıtma katsayıları, gelen radyasyon yönünde ve ters yöndeki emissivite değerleri, kalınlıkları ve ısı iletkenlikleri, opak yüzeylere ait; ısı geçirgenlik katsayısı, kalınlık, genişlik ve güneş ışığını soğurma katsayısı, çift ve üç katmanlı camlarda cam katmanları arasını dolduran gazların termofiziksel özellikleri, bu cam katmanlar arasında kullanılan boşluk çitasının türü pencerelerin ısı performans kriterlerinin hesaplanabilmesi için gereklidir.

Pencerelerde 4 tür çerçeve kullanılmıştır. Bunlar; PVC, ahşap, ısı tutuculu ve tutucusuz alüminyum çerçevelerdir. Kullanılan çerçevelere ait termofiziksel-optik ve boyutsal özellikler Tablo 11'de verilmiştir.

Bu çalışmada farklı tür 9 adet tek cam ve 1 adette ısı aynası film kullanılmıştır.Bu camlardan güneş kontrol veya ısı kontrol amaçlı farklı kombinasyonlar oluşturularak performansları analiz edilmiştir. Bu seçilen camlara ait termofiziksel – optik ve boyutsal özellikler Ek 2'de verilmiştir.

Kullanılan boşluk çitasının cam kenarının ısı geçirgenlik katsayısına etki eden A,B,C katsayı değerleri Tablo 12'de verilmiştir.

Cam katmanları arasında 3 tür gaz kullanılmıştır. Bunlar; hava, argon, kripton gazlarıdır. Kullanılan gazlara ait termofiziksel özellikler Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 11. Kullanılan farklı tip çerçevelerin termofiziksel ve optik özellikleri [18]

Çerçeve Tipi	U-Değeri(W/m <sup>2</sup> K)	En(mm)	Kalınlık(mm)	Soğurma
Isı tutucusuz alüminyum	10,80	57,15	11	0,90
Isı tutuculu alüminyum	5,68	57,15	11	0,90
Ahşap	2,27	69,85	11	0,90
PVC	1,70	69,85	11	0,90

Tablo 12. Kullanılan boşluk çırasının cam kenarının ısı geçirgenlik katsayısına etki eden A,B,C katsayı değerleri [12]

Boşluk çıtası tipi	A	B	C
Yalıtımlı	0,681	0,682	0,043

Tablo 13. Kullanılan farklı tür gazların termofiziksel özellikleri [16]

Gaz Tipi	Sıcaklık (T-°C)	Yoğunluk (p-kg/m <sup>3</sup> )	Dinamikviskozite (μ-kg/(m.s).(10 <sup>-5</sup> ))	Isıl iletkenlik (λ-W/mK.10 <sup>-2</sup> )	Özgül ısı kapasitesi (c-J/kg.K.10 <sup>-3</sup> )
HAVA	-10	1,326	1,661	2,336	1,008
	0	1,277	1,711	2,416	
	10*	1,232	1,761	2,496	
	20	1,189	1,811	2,576	
ARGON	-10	1,829	2,038	1,584	0,519
	0	1,762	2,101	1,634	
	10*	1,699	2,164	1,684	
	20	1,640	2,228	1,734	
KRİPTON	-10	3,832	2,260	0,842	0,245
	0	3,690	2,330	0,870	
	10*	3,560	2,400	0,900	
	20	3,430	2,470	0,926	

\* Standart sınır koşulları



### 2.3.3.3. Referans Binaya İlişkin Veriler

TS 825 standardına göre pencerelerin binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına katkısını analiz edebilmek için referans bir bina tipi seçilmiştir. Bu bina TS 825 standardındaki örnek binadır. Dıştan dışa 9m eninde, 10m boyunda, 5.5 m yüksekliğinde, 158,4 m<sup>2</sup> kullanım alanı olan iki katlı bir konut yapısıdır. Şekil 43'te örnek alınan referans bina modeli gösterilmiştir. Bu binaya ilişkin hesaplamalarda kullanılacak gerekli veriler aşağıdadır. Örnek binada yalıtımın yüksek seviyede sağlanması hedeflenmiştir. Referans binada kullanılan yapı elemanlarının termofiziksel ve boyutsal özellikleri Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14. Referans binada kullanılan yapı elemanlarının termofiziksel ve boyutsal özellikleri [20]

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d - m	Isıl İletkenlik hesap değeri $\lambda$ - W/mK	$d/\lambda$ , $1/\alpha$ m <sup>2</sup> K/W	Isı geçirgenlik katsayısı U- W/m <sup>2</sup> K
Duvar konstrüksiyonu	$1/\alpha_i$			0,130	
	Sıva	0,020	0,870	0,023	
	Yatay delikli tuğla	0,190	0,450	0,42	
	Isı yalıtım malzemesi	0,060	0,040	1,500	
	Sıva	0,005	0,870	-	
	$1/\alpha_d$			0,040	
Toplam				2,11	0,47
Döşeme/tabán konstrüksiyonu	$1/\alpha_i$			0,130	
	PVC yer döşemesi	-	-	-	
	Şap	0,030	1,400	0,021	
	Isı yalıtım malzemesi	0,080	0,040	2,000	
	Tesviye şapı	0,020	1,400	0,014	
	Hafif beton	0,100	1,100	0,090	
	Blokaj	0,150	1,74	0,086	
	$1/\alpha_d$			0	
Toplam				2,34	0,43
Tavan	$1/\alpha_i$			0,130	
	Sıva	0,20	0,870	0,023	
	Betonarme	0,15	1,30	0,115	
	Isı yalıtım malzemesi	0,120	0,04	3,000	
	$1/\alpha_d$			0	
Toplam				3,27	0,30

\*Binada sıva olarak kireç-çimento harcı kullanılmıştır.

\*\* Isı yalıtım malzemesi olarak polistiren – ekstrüde köpük XPS kullanılmıştır.

Duvarın toplam alanı ;  $A_D = 209 - A_P$

$A_P$  : Toplam pencere alanı –  $m^2$

Döşemenin toplam alanı ;  $A_t = 90 m^2$

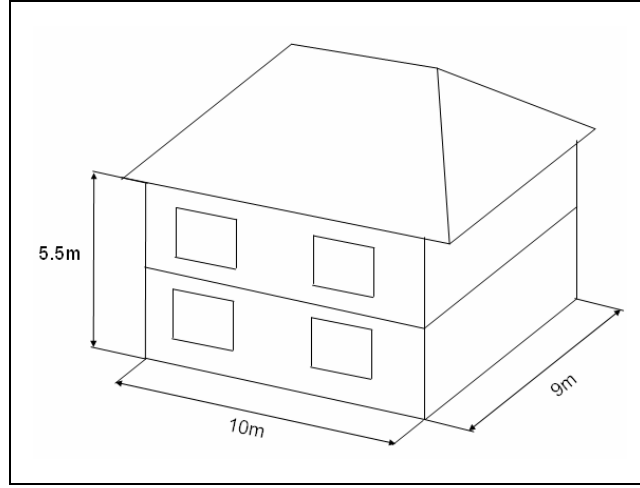
Tavanın toplam alanı ;  $A_T = 90 m^2$

Binanın toplam alanı,  $A_{top} = 389 m^2$

Binanın brüt hacmi,  $V_{brüt} = 495 m^3$

Binanın kullanım alanı,  $A_n = 158,4 m^2$

Bina konut olarak kullanılacağı için  $m^2$ 'e başına düşen içsel ısı kazancı  $5W/m^2$  alınarak toplam içsel ısı kazancı;  $A_n \times 5 = 158,4 \times 5 = 792 W$ 'dır.



Şekil 43. Örnek alınan referans bina ölçüleri

#### 2.3.4. İklim Bölgelerine Göre Win-Energy 1.0 Programından Alınan Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesinde İzlenen Yöntem

Seçilen 116 adet farklı türde pencere ısı korunumu, güneş kontrol performansı ve gün ışığı yeterliliği açısından, dört iklim bölgesini temsil eden iller için hesap sonuçlarının bulunduğu Ek 3'teki tablolara göre değerlendirilmiştir. İklim bölgelerine göre, pencerelerin enerji etkinliği değerlendirilirken aşağıdaki kriterlere uyulmuştur.

- Soğuk iklimlerde, özellikle 3. ve 4. iklim bölgeleri için enerji etkin pencere önerilerinde bulunurken, buralarda yıl boyu ısıtma ihtiyacı soğutma ihtiyacından daha fazla olduğu için, ısı kayıplarını en aza indiren, kış güneşinden maksimum yararlanma sağlayarak ısıtma giderlerini düşürebilen pencere türleri tercih edilmiştir. Diğer bir deyişle U değeri düşük, SHGC değeri yüksek, Dx değeri 1'e

eşit veya 1'den büyük pencere seçenekleri soğuk iklim bölgeleri için idealdir. TS 825'te 3. iklim bölgesi için  $U_{max}$  değeri  $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 4. iklim bölgesi için ise  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak belirlenmiştir. Seçilecek pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları bu değerleri aşmamalıdır.

- Sıcak iklim bölgelerinde, özellikle 1.iklim bölgesi için enerji etkin pencere önerilerinde bulunurken, yazın çok sıcak geçmesinden dolayı güneş kontrolü yüksek pencereler önerilmiştir. Bu sayede soğutma giderlerinde bir düzelme sağlanabilmektedir. Diğer bir deyişle; U değeri düşük, SHGC değeri düşük, Dx değeri 1'e eşit veya 1'den büyük pencere seçenekleri bu iklim bölgesi için idealdir. Güneş ışığı yeterlilik seviyesi için serinlik indeksi sınır değeri bölüm 1.6.3.1.'de anlatıldığı gibi 1'dir. TS 825'te 3. iklim bölgesi için  $U_{max}$  değeri  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak belirlenmiştir. Seçilecek pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları bu değeri aşmamalıdır.
- Ilıman iklim bölgelerinde, özellikle 2.iklim bölgesi için enerji etkin pencere önerilerinde bulunurken; bu iklim bölgesinde yıl boyu eşit ısıtma ve soğutma yapıldığı dikkate alınmalıdır. 2. iklim bölgesi için önerilen pencerelerin U değeri orta, SHGC değeri orta olabilir. Dx değeri 1'e eşit veya 1'den büyük olmalıdır. Buna rağmen tabi ki bu iklim bölgesi içinde en ideali düşük U değerine sahip pencerelerin kullanılmasıdır. Ancak hava koşullarının ılıman olmasından dolayı orta düzeyde bir U değeri de yeterli bir sonuç vermektedir. TS 825'te 2. iklim bölgesi için  $U_{max}$  değeri  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak belirlenmiştir. Seçilecek pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları bu değeri aşmamalıdır. Orta düzeyde bir U değeri  $2,8 \text{ W/m}^2$  ye yakın bir değer olarak değerlendirilirken, orta düzeyde SHGC değeri ise 0,250 ile 0,350 arasında değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme Ek 3'te yer alan pencerelerin U ve SHGC değerlerine bakılarak orta gerçekleştirilmiştir.
- Konut binaları için yapılan değerlendirmede enerji etkin pencere seçenekleri belirlenirken bu yapı grubunda içsel ısı kazançlarının düşük olduğu göz önüne alınarak, ısıtma giderlerini düşürecek seçeneklere öncelik verilmiştir. U değeri düşük, SHGC değeri yüksek pencere seçenekleri uygun olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Ofis binaları için yapılan değerlendirmede uygun seçenekler belirlenirken bu yapı grubunda içsel ısı kazançlarının çok yüksek olduğu düşünülerek soğutma giderlerini azaltacak, SHGC değeri düşük, U değeri düşük

veya orta olan seçenekler dikkate alınmıştır. Bu yapılarda kullanılacak pencerelerin gün ışığı yeterliliğinin sağlanması önemlidir.

Tablo 15’de pencerelerin enerji etkinliklerinin değerlendirilmesinde ele alınan kriterler gösterilmiştir.

Tablo 15. Pencerelerin enerji etkinliklerinin değerlendirilmesinde ele alınan kriterler

	DÜŞÜK	YÜKSEK
Isı geçirgenlik katsayısı $U$ ( $W/m^2K$ )	Isı korunumu yüksek	Isı korunumu düşük
Solar ısı kazanç katsayısı SHGC	-Güneş kontrolü yüksek -Güneşten ısı kazancı düşük	-Güneş kontrolü düşük -Güneşten ısı kazancı yüksek
Serinlik indeksi $D_x$	$D_x < 1$ ise yetersiz gün ışığı Gündüz yapay aydınlatma ihtiyacı	$D_x \geq 1$ ise yeterli gün ışığı Gündüz yapay aydınlatmaya ihtiyaç yok

### 2.3.4.1. İncelenen Pencerelere Ait Performans Değerlendirmesi

#### 2.3.4.1.1. Tek tabaka camlı pencereler

Tek tabaka camlı pencerelerin Ek 3’teki tablolardaki hesap sonuçlarına baktığımızda sırasıyla PVC, ahşap, ısı tutuculu alüminyum, alüminyum çerçevelerin en iyi performansı gösterdiğini görmekteyiz. En çok ısı kaybı alüminyum çerçeveli pencerelerden gerçekleşmektedir. Aşağıda Tablo 16’da alüminyum çerçeveli örnek olan P17 ile P1, P9 ve P19 seçenekleri ısı korunumu açısından karşılaştırılmış ve performanslarındaki farklar P17’nin performansı ile karşılaştırılarak % olarak ifade edilmiştir.

Tablo 16. Farklı tür çerçeveli, tek tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından alüminyum çerçeveli tek tabaka camlı pencere olan P17’ye göre performansındaki artış (%)

	Alüminyum	Isı tutuculu alüminyum	Ahşap	PVC
Sabit Pencere	$U = 7,3$	15	28	30
Açılabilir Pencere	$U = 8,1$	25	46	49

Tek tabaka camlı pencerelerin iklim bölgelerinin hiç birinde, gerek ısı korunumunun gerek güneş kontrolünün düşük olmasından dolayı, kullanılması önerilmemekle birlikte, Ek 3'teki hesap sonuçlarına baktığımızda P8, P7, P16, P15 seçeneklerinin iklim bölgelerinde olması gereken  $U_{max}$  değerini yaklaşık olarak karşıladığını görmekteyiz. Örneğin; 1.ve 2. iklim bölgeleri için seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlı P8, P16 ve Low-e camlı P7 örneği, 3.iklim bölgesi için P7 ve P8 seçenekleri, 4.iklim bölgesi için ise sadece P8 seçeneği gerekli koşulları sağlamaktadır. Bu değerlendirmeler açılabilir pencere kullanımı durumunda geçerlidir. Ek olarak; iklim bölgeleri için önerilen pencere alternatifleri güneş kontrolü açısından da orta bir performansa sahiptir. Bu sayede yazın aşırı ısı kazançlarını nispeten önlerler. Yeterli bir önlem sağlanmadığı takdirde bu önerilen pencerelere dıştan hareketli gölgeleyici eleman takılarak aşırı ısı kazancı önlenabilir. Sabit pencere olması durumunda U değeri artmakta buda iklim bölgelerine uygunluğunu değiştirmektedir. Açılabilir pencerelerde çerçeve alanı artığından U değeri değişmektedir. Ek 3'teki hesap sonuçlarına bakıldığında düşük U değerli çerçeve kullanımı durumunda sabit pencerenin U değeri düşmekte, yüksek U değerli çerçeve kullanıldığı zaman artmaktadır. SHGC değeri ise sonuçlardan da anlaşıldığı gibi, sabit pencerede şeffaf yüzey alanının daha fazla olmasından dolayı yüksek, açılabilir pencerede ise şeffaf yüzey alanının az olmasından dolayı düşüktür. Tablo 17'de Ek 3'teki iklim bölgeleri için hesap sonuçlarından alınmış açılabilir pencere durumu için, tek tabaka camlı pencereler, U değerlerinin ortalamaları alınarak ısı korunumu açısından performans sıralamasına sokulmuştur.

Tablo 17. Tek tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans sıralaması

Açılabilir Pencere Seçenekleri	U – W/m <sup>2</sup> K	
P8	2,4	↑ Yüksek
P16	2,7	
P7	2,6	
P15	2,9	
P1,P2,P3,P4,P5,P6	4,1	
P9,P10,P11,P12,P13,P14	4,3	↓ Düşük
P20	4,3	
P19	6,1	
P18	6,4	
P17	8,1	

Tablo 18’de, Ek 3’teki iklim bölgeleri için hesap sonuçlarından alınmış açılabilir pencere durumu için, tek tabaka camlı pencereler, SHGC değerlerinin ortalamaları alınarak güneş kontrolü açısından performans sıralamasına sokulmuştur.

Tablo 18. Tek tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması

Açılabilir Pencere Seçenekleri	SHGC	
P8, P16	0,15	↑ Yüksek
P5, P13	0,16	
P6, P14	0,17	
P4, P12	0,24	
P2, P10	0,27	↓ Düşük
P3, P11	0,28	
P7, P15	0,31	
P18, P20	0,36	
P1, P9	0,42	
P17, P19	0,48	

Tablo 19’da, Ek 3’teki hesap sonuçları, bölüm 2.3.4.’de açıklanan kriterlere göre değerlendirilerek, iklim bölgeleri için enerji etkin olabilecek pencere seçenekleri önerilmiştir.

Tablo 19. İklim bölgelerine göre, konut ve ofis yapıları için önerilen enerji etkin tek tabaka camlı pencere seçenekleri

	1.İKLİM BÖLGESİ (İzmir) $U_{max}=2.8W/m^2K$	2.İKLİM BÖLGESİ (Trabzon) $U_{max}=2.8W/m^2K$	3.İKLİM BÖLGESİ (Ankara) $U_{max}=2.6W/m^2K$	4.İKLİM BÖLGESİ (Erzurum) $U_{max}=2.4W/m^2K$
KONUT	P8, P16,P7	P8, P16,P7	P7, P8	P8
OFİS	P8,P16 *P7	P8,P16 *P7	P8 *P7	P8

\*P7’nin güneş kontrol performansı düşük olduğundan ofis yapılarında kullanıldığı takdirde ek gölgeleyici önlemler alınmalıdır.

Tek tabakalı camların performanslarının ofis ve konut yapıları için ısı korunumu, güneş kontrolü ve günışığı yeterliliği açısından değerlendirilmesi :

Kullanılan cam türünün renkli ve reflektif kaplama olup olmaması bu camın sahip olduğu ısı geçirgenlik katsayısını değiştirmemektedir. Bundan dolayı T1, T2, T3, T4, T5, T6 cam türlerinin U değerleri aynıdır. T7 ve T8 camlarının U değerlerinin farklı oluşu

sahip oldukları düşük emissivite değerinden dolayı iç yüzeysel ısı transfer katsayısı değerini ( $h_i$ ), bölüm 2.2.1.3.'de bahsedilen nedenden dolayı, azaltmasından kaynaklanmaktadır. T7, T1'e oranla %45 daha iyi, T8, T1'e oranla %48 daha iyi ısı korunumu sağlamaktadır.

İncelenen tek tabakalı camların tümünün güneş kontrol performansı birbirinden farklıdır. Renkli ve reflektif camların (T2, T3, T4, T5, T6) güneş kontrol performansı yüksektir ancak yüksek U değerine sahip olduklarından tek cam olarak kullanılması önerilmemektedir. Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam (T8) hem U değerinin hem de SHGC değerinin düşük olmasından dolayı avantajlıdır. En düşük güneş kontrolü T1'e ait olduğundan diğer cam türlerinin güneş kontrol performansını bu cama göre karşılaştırarak, aralarındaki güneş kontrol performanslarındaki artış % olarak Tablo 20'de verilmiştir. Örneğin; T8'in güneş kontrol performansı T1'e oranla %63 daha fazladır.

Tablo 20. T1'e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%)

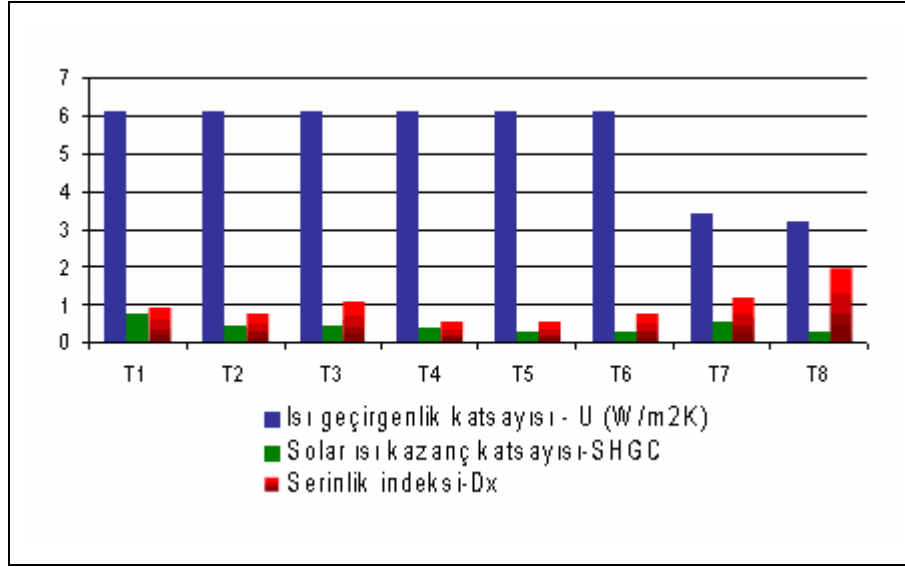
T8 – Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	63
T5 – Mavi reflektif cam	61
T6 – Yeşil reflektif cam	60
T4 – Renksiz reflektif cam	42
T2 – Mavi renkli cam	35
T3 – Yeşil renkli cam	34
T7 – Sert(prolitik) low-e cam	26

Tablo 20'den anlaşıldığı üzere, reflektif camların güneş kontrol performansı renkli camlara oranla daha yüksektir. Reflektif kaplamanın renkli cam üzerine uygulanması ise güneş kontrol performansını %18 oranında artırmaktadır. Mavi renkli camların ise yeşil renkli camlara oranla güneş kontrol performansı %1 daha fazladır. Bunun nedeni mavi renkli camın yeşil renkli cama oranla güneş ışınımı geçirgenliğinin düşük olmasıdır. Reflektif camların güneş kontrolü yüksek olmasına rağmen, düşük günışığı geçirgenliğinden dolayı yapay aydınlatma ihtiyacını artırmaktadır. Bu yüzden güneş kontrolü istenilen yerlerde nispeten serinlik indeksi ( $D_x$ ) daha yüksek olan renkli camlar tercih edilmelidir. Gün ışığı yeterliliği için  $D_x \geq 1$  olmalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise yeşil renkli camın günışığı geçirgenliğinin renksiz float camdan %19 daha fazla olmasıdır. Tek tabaka camların günışığı yeterliliği açısından performans sıralaması Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Tek tabaka camların günüşiği yeterliliği açısından performans sıralaması

Açılabilir Pencere Seçenekleri	Dx
T8	2,06
T7	1,22
T3	1,16
T1	0,94
T6	0,84
T2	0,80
T4, T5	0,62

Şekil 44'de incelemesi yapılan 8 adet tek tabaka camın ısı performans kriterlerinin karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 44. Kullanılan tek tabaka camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması

İklim bölgeleri için pencerelerde kullanılacak cam önerilerinde bulunurken iki ayrı yapı grubunu ele almakta fayda vardır. Bunlardan birincisi içsel ısı kazancı düşük ve yıl boyu ısıtma yükü fazla olan konut grubu, diğeri ise içsel ısı kazancı yüksek yıl boyu soğutma yükü fazla olan ofis grubudur. Her iki yapı grubunda da ısı korunumu önemli olmakla birlikte ofis grubunda en önemli kriter güneş kontrolüdür. Ofis yapılarında güneş kontrol performansı yüksek cam seçenekleri tercih edilmelidir. Bunlar; renkli veya reflektif camlar olabilir. Ancak aşağıda Tablo 22'de iklim bölgeleri için yaptığımız önerilerde



renkli ve reflektif camlara yer verilmemiştir. Bunun nedeni bu camların çift ve üç katmanlı cam ünitelerinde kullanıldıklarında iyi bir performans göstermeleridir. Tek katmanlı camlarda çok yüksek bir U değerine sahip olduklarından kullanımı faydasızdır.

Tablo 22. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam seçenekleri

	1.İKLİM BÖLGESİ (İzmir)	2.İKLİM BÖLGESİ (Trabzon)	3.İKLİM BÖLGESİ (Ankara)	4.İKLİM BÖLGESİ (Erzurum)
Konut yapıları	T8 – Seçici – geçirgen yüzey kaplamalı cam T7 – Sert (prolitic) low-e cam			
Ofis Yapıları	T8 – Seçici – geçirgen yüzey kaplamalı cam * T7 – Sert (prolitic) low-e cam			

\*Gölgeleyici elemanların kullanılması halinde daha iyi bir performans gösterir.

### 2.3.4.1.2. Çift Tabaka Camlı Pencereler

Çift tabaka camlı pencereler, tek tabaka camlı pencerelerle karşılaştırıldığında, ısı korunumu ve güneş kontrolü açısından çok daha iyi sonuçlar vermektedirler. Örneğin; tek tabaka camlı pencere olan P1’i, çift tabaka camlı pencere olan P21 ile karşılaştırdığımızda, P21, P1’e oranla, ısı korunumu açısından %42 daha iyi bir performans göstermektedir. Bu iki pencere örneğinde de PVC çerçeve kullanılmıştır. Çerçeveler sabit tutularak çift cam kullanımının ısı korunumuna etkisi analiz edilmiştir.

Isı korunumu açısından yapılan değerlendirme;

Çift tabaka camlı pencerelerde de tek tabaka camlı pencerelerde olduğu gibi en iyi performansı sırasıyla; PVC, ahşap, ısı tutuculu alüminyum ve alüminyum çerçeveler göstermektedir. Farklı tür çerçeve kullanımının ısı korunumunda ki artış yüzdesi tek tabaka camlı alüminyum çerçeveli örnek olan P17’e göre analiz edilmiş, Tablo 23’de sonuçlar verilmiştir.

Tablo 23. Farklı tür çerçeveli, çift tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından alüminyum çerçeveli tek tabaka camlı pencere olan P17’ye göre performansındaki artış (%)

	Alüminyum	Isı tutuculu alüminyum	Ahşap	PVC
Sabit Pencere	36	50	62	64
Açılabilir Pencere	25	49	68	71

Buradaki amaç; Tablo 16 ile karşılaştırma yapılabilmesini sağlayarak, sadece çerçeve türünün etkisinin değil aynı zamanda çerçeveler aynı türden seçildiği takdirde çift tabaka cam kullanımının da performansa etkisinin analiz edilebilmesini sağlamaktır.

Çift tabaka cam içeren pencerelerde ısı korunumu açısından en yüksek performans gösteren pencerelerin PVC çerçeveli örnekler olduğunu göz önüne alarak performansları yorumlamak faydalı olacaktır. İncelenen pencerelerin ısı korunumlarının karşılaştırılması, ısı korunumu açısından, Ek 3'teki hesap sonuçlarına göre en kötü performansı gösteren, alüminyum çerçeveli, kaplamasız tek cam ünitesinden oluşturulan P17 örneğine göre gerçekleştirilmiş ve aralarındaki fark % olarak verilmiştir. Ek 4'deki tabloda çift tabaka camlı pencerelerin P17 örneğine göre ısı korunum performansındaki %'lik artışlar verilmiştir.

Ek 4'deki tabloya göre en yüksek performansı #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam bulunan kripton dolgulu, PVC çerçeveli örnek olan P40 seçeneği göstermektedir. P39 seçeneğinden tek farkı boşlukta kullanılan gaz türüdür. Kripton gazı, argon gazına oranla, penceredeki cam tabakaları arasındaki boşlukta kullanıldığı takdirde %2 daha iyi bir ısı korunumu sağlamaktadır. P36 ile P40 seçenekleri arasındaki tek fark P40'da #2 numaralı yüzeyde seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam, P36'da #3 numaralı yüzeyde low-e kaplamalı cam kullanılmasıdır. Performanslarındaki farklılığa bakıldığında, seçici - geçirgen yüzey kaplamalı camın, low-e cama oranla pencerenin performansını %4 kadar artırdığı görülmektedir. Bunun nedeni seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camın, low-e cama oranla daha düşük bir emissivite değerine sahip oluşudur. P39 #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam bulunması bakımından, #3 numaralı yüzeyinde low-e kaplama cam bulunan P36 örneğinden avantajlı duruma geçmektedir. P36 kripton dolgulu olmasına rağmen, argon dolgulu P39 örneğine avantaj sağlayamamaktadır. P37, P35, P62 ısı korunumu açısından benzer performans göstermektedirler. P35'in P36'dan farkı cam tabakaları arasında kripton yerine argon gazı kullanılmasıdır. Bu da %2'lik bir performans düşüşüne neden olmaktadır. Cam tabakaları arasında hava dolgu kullanıldığı durumda bu pencerenin performansının P35'e eşit olabilmesi için P37'de olduğu gibi #2 numaralı yüzeye seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam kullanılması yeterli olmaktadır. P62'de P35 ve P37 ile aynı performansı göstermektedir. P62, ahşap çerçeveli bir örnek olduğu için performans sıralamasında 4.sıradadır. Halbuki bu pencerede kullanılan cam ünitesi PVC çerçeve ile birleştirildiğinde (P40) performans sıralamasında 1.sırada yer alıyordu. P40 ile P62 arasındaki %6'lık

performans farkı kullanılan çerçevelerin ısı geçirgenlik katsayılarıyla ilişkilidir. Ahşap çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısı daha yüksek olduğundan, PVC çerçeveli örneklerle oranla performans düşüşüne neden olmaktadır. P42, P58, P61 ısı korunumu açısından benzer performans göstermektedirler. PVC çerçeveli örnek olan P42, #3 numaralı yüzeyinde low-e kaplama olan hava dolgulu, cam katmanları arasında ısı aynası film olan bir pencere türüdür. Bu pencerede ısı aynası kullanımının performansa katkısını inceleyebilmek için, ısı aynasız bir uygulama olan, hava dolgulu, #3 numaralı yüzeyi low-e kaplama cam olan P34 ile karşılaştırabiliriz. P42 , P34'e göre %2 daha iyi bir performansa sahiptir. Bu %2'lik fark ısı aynası kullanımından kaynaklanmaktadır. P58 ve P61 seçenekleri ahşap çerçeveli örneklerdir. Bundan dolayı ısı korunumu performans sıralamasındaki yerleri aynı cam ünitesinin kullanıldığı PVC çerçeveli örneklerden (P35, P39) daha geridedir. P58 , cam tabakaları arasında kripton gazı kullanılması bakımından ilk etapta P61'e üstünlük sağlayacakmış gibi görünse de, P61'in #2 numaralı yüzeyinde seçici – geçirgen cam kullanımı durumu dengelemektedir. Cam tabakaları arası hava dolgulu, #3 numaralı yüzeyi low-e kaplamalı cam olan P34 örneği performans sıralamasında 6.sırada yer almaktadır. Bu pencerede low-e kaplama cam kullanımının performansa etkisini analiz etmek için kaplamasız hava dolgulu örnek olan P21 ile karşılaştırdığımızda, low-e kaplama camın performansı %10 arttırdığını görmekteyiz. P34'ün PVC çerçeveli bir örnek olmasına rağmen ahşap çerçeveli örnekler olan P61, P58'e göre performansındaki düşüşün nedeni cam tabaka boşluğunda hava kullanılmasıdır. Ahşap çerçeveli örnekler olan; P57, P59, P64 ısı korunumu açısından benzer performans göstermektedirler. Bu üç örneğin karşılaştırılması yapıldığında; P57 ve P64'ün tek farkının birinde argon gazı kullanımı, diğerinde ise ısı aynası kullanımının olduğunu görmekteyiz. Buradan argon gazıyla, ısı aynasının pencerelerin ısı performansına aynı oranda etki ettiğini söyleyebiliriz. P59 ve P64'e bakıldığında, P59'daki seçici - geçirgen kaplamalı camın hava dolgulu bir ünite kullanıldığında, hem ısı aynası hem de low-e cam kullanılmış bir cam ünitesinin ısı korunum seviyesine ulaştığı gözlemlenmektedir. Ahşap çerçeveli örnekler olan P56 ve P63'e baktığımızda ısı korunumları benzerdir. Buradan çıkartılacak sonuç, hava dolgulu cam bir ünite #3 numaralı yüzeyde low-e cam kullanımı veya sadece cam tabakaları arası ısı aynası kullanımı benzer sonuç vermektedir. P23'ün PVC çerçeve ve cam tabakaları arasında kripton gazı kullanımına rağmen P56 ve P63'e oranla performansının düşmesinin nedeni, low-e kaplama veya ısı aynası kullanılmamış olmasıdır. P23, P56 ve P63'e oranla %2 daha düşük bir performans

göstermektedir. P38'i değerlendirmeye aldığımızda, diğer seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam ile oluşturulmuş örnekler olan P37, P39, P40'dan yaklaşık %8 daha düşük bir performans göstermektedir. Bunun nedeni seçici-geçirgen yüzey kaplamasının konumudur. Bu kaplama #2 numaralı yüzeye uygulandığında yüksek bir performans göstermektedir. P38'de ki gibi #4 numaralı yüzeye yerleştirildiğinde, kaplamasız hava dolgulu bir örnek olan P21'e oranla performansındaki artış sadece %2'dir. Oysa P39, P21'e oranla %17 daha yüksek bir performans gösterir. P38'deki seçici-geçirgen kaplamalı cam yanlış konumlandırılmasından dolayı, ısı performansına kaplamasız hava dolgulu bir üniteye argon kullanılması ile sağlanan performans artışını sağlayabilmiştir. Dış ortamda kullanılmasındaki fayda; kısa ve uzundalga boyundaki ışınları geri yansıtabilmesinden ileri gelmektedir. P21 ve P45 benzer performansa sahiptir. P45'de cam tabakaları arasında kripton kullanılmasına rağmen ahşap çerçeveli olmasından dolayı performans sıralamasında, PVC çerçeveli örnek olan P21'i geçememiştir. Kripton yerine bünyesinde argon gazı bulundurmasından dolayı, P44, P45'den %1 daha düşük bir performans gösterir. P43 hava dolgulu olduğu için, argon dolgulu örnek olan P44'e göre %2 daha düşük bir performans göstermektedir. Isı tutuculu alüminyum çerçeveli P68'in düşük performans göstermesinin nedeni yüksek ısı geçirgenlik katsayısına sahip bir çerçeve türünden oluşturulmasıdır. Oysa aynı cam ünitesine sahip P34 ve P56 sırasıyla performans açısından 6. ve 8. sırada yer almaktadır. P67, P68'den sonra en düşük performansı göstermektedir. Alüminyum çerçeveli örnekler olan P66 ve P65 sırasıyla en kötü performansa sahiptirler. Tablo 24'de çift tabaka camlı pencerelerin ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli örnek olan P65'e göre ısı korunum performanslarındaki yüzdelik değişimler verilmiştir.

Tablo 24. Çift tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans sıralaması ve P65'e göre aralarındaki % olarak performans artışı

Açılabilir Pencere Seçenekleri	U – W/m <sup>2</sup> K	%
P40	1,3	79
P39	1,4	77
P36	1,5	75
P35, P37, P62	1,6	73
P42, P58, P61	1,7	72
P25, P27, P29, P31, P33, P34, P41	1,8	70
P57, P59, P64	1,9	69
P47, P49, P51, P53, P55, P56, P63	2,1	66
P23	2,2	64
P22, P38	2,3	62
P21, P24, P26, P28, P30, P32, P45	2,4	60
P44	2,5	59
P43, P46, P48, P50, P52, P54, P60	2,6	57
P68	3,4	44
P67	4,1	33
P66	5,5	10
P65	6,1	●

Güneş kontrolü açısından yapılan değerlendirme;

Güneş kontrolü açısından en iyi performansı, Ek 4'de verilen tablodaki sonuçlara bakarsak, ısı yansıtıcı uygulamalar olan P41, P63, P42, P64 göstermektedir. Bu örneklerden P42 ve P64 low-e kaplamalı camdan oluşturulduğundan performansları P41 ve P63'e oranla %2 daha düşüktür. Normalde, güneş kontrol performansı olarak low-e kaplamalı camlar, kaplamasız çift cam ünitelerine oranla %3 daha iyi performans göstermektedir. Ancak low-e kaplamalı camın ısı yansıtıcı ile kombinasyonu güneş kontrol performansını sanılanın aksine düşürmektedir. Isı yansıtıcı uygulamalardan sonra en yüksek performansı #1 numaralı yüzeyine mavi ve yeşil renkli reflektif kaplama uygulanmış camlardan oluşturulmuş P30, P32, P52, P54 göstermektedir. Ancak bu camlardan oluşturulan pencerelerin güneş ışığı geçirgenliğinin çok düşük olduğu unutulmamalıdır. Çünkü bu gün boyu yapay aydınlatma ihtiyacı doğuracaktır. Renkli reflektifler ısı yansıtıcı uygulamalara

oranla %18 daha düşük performans gösterirler. Daha sonra performans sıralamasına göre mavi ve yeşil reflektif camların low-e camla birlikte kullanıldıkları örnekler gelmektedir (P31, P53, P33, P55). Seçici - geçirgen kaplamalı camlarda (P37,P39, P59, P61) güneş kontrolünde iyi performans göstermektedirler. Bu örnekler, renksiz reflektif cam ile oluşturulmuş P28 ve P50'den %12 daha iyi bir performans göstermektedirler. Mavi renkli camla oluşturulan örnekler P24 ve P46 , P28 ile karşılaştırıldığında %3'lük bir performans düşüşü gözlemlenmektedir. Bununla birlikte; renksiz reflektif camdan oluşturulmuş ancak #3 numaralı yüzeyinde low-e kaplama cam uygulanmış örneklerle (P29, P51) aynı performansı gösterirler. Yeşil renkli cam ile oluşturulan örnekler P48, P26 mavi renkli camla oluşturulan örneklerden (P24,P46) %3 daha düşük performans gösterirler. Renksiz float camdan oluşturulmuş, low-e kaplama camlı örnekler P34, P35, P56, P57, renksiz kaplamasız camlı örnekler olan P21, P22, P23'e oranla %3'lük bir performans artışı gösterir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, low-e kaplama camın şayet renkli, reflektif veya ısı yansıtıcı uygulamalarla birlikte kullanıldığında kaplamasız camlara oranla performansı düşürdüğü, renksiz ve ısı yansıtıcı bir ünite kullanıldıklarında performansı arttırdığıdır. Isı tutuculu alüminyum çerçeveli örnekler olan P66, P68 güneş kontrolünde çok yetersizdir. Renksiz ve kaplamasız cam üniteli P21 ile karşılaştırıldığında %9'luk bir performans düşüşü gözlemlenir. Buradaki temel neden çerçeve türünün güneş enerjisi geçirgenliğinin yüksek olmasıdır. PVC ve ahşap çerçeveli örneklerde solar ısı kazanç katsayısı aynı cam üniteleri kullanıldığı takdirde çok minimal oranlarda değişmiştir. Bunun nedeni iki malzemenin de solar ısı kazanç katsayılarının birbirine çok yakın olmasıdır. Alüminyum çerçeveli örnekler olan P65, P67 en kötü performansa sahiptir. Tablo 25'de çift tabaka camlı pencerelerin ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli örnek olan P65'e göre güneş kontrol performanslarındaki yüzdelerdeki değişimler verilmiştir.

Tablo 25. Çift tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması ve P65'e göre aralarındaki % olarak performans artışı

Açılabilir Pencere Seçenekleri	SHGC	%
P41, P63	0,08	80
P42, P64	0,09	78
P30, P32, P52, P54	0,16	62
P31, P53	0,17	60
P33, P37, P39, P55, P59, P61	0,18	58
P38, P40, P62, P60	0,19	55
P28, P50	0,23	46
P24, P29, P46, P51	0,24	43
P25, P26, P27, P47, P48, P49	0,25	41
P34, P35, P56, P57	0,36	15
P21, P22, P23, P36, P43, P44, P45, P58	0,37	12
P66, P68	0,41	3
P65, P67	0,42	●

İklim bölgeleri için yapılan değerlendirme ve uygun seçeneklerin önerilmesi;

İklim bölgeleri için değerlendirme yaparken, PVC ve ahşap çerçeveli örnekler dikkate alınarak önerilerde bulunulmuştur. Bunun nedeni ısı tutuculu ve tutucusuz alüminyum çerçeveli pencerelerin gereken  $U_{max}$  değerini karşılamamasıdır.

1. iklim bölgesini temsil eden İzmir ili için uygun pencere önerilerinde bulunurken dikkat edilmesi gereken 2 özellik mevcuttur. Birincisi; bu ilde yıl boyu sıcaklıkların diğer illere oranla daha yüksek seyretmesinden dolayı soğutma ihtiyacı ısıtma ihtiyacından daha fazladır. Bundan dolayı da bu ilde kullanılacak pencerelerin ısı korunumu sağlamasından daha çok güneş kontrol performansının yüksek olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle U değeri düşük veya orta SHGC değeri ise düşük pencere seçenekleri dikkate alınmış ve öneriler yapılmıştır. İkincisi; bu ilde yazın rüzgar hızı diğer illere oranla oldukça fazladır bu da sıcak ortamdaki soğuk ortama konveksiyon yoluyla gerçekleşen ısı transfer miktarını artırmaktadır. Bunun sonucunda iç mekanda istenmeyen ısı kazançları meydana gelmektedir. Pencerelerin performans değerlendirilmesinde temel kriterler, yazın aşırı ısı kazançlarını önleyen, kışın güneşten maksimum yararlanabilen, ısı korunumu yüksek pencere tiplerini dikkate almaktadır. Ancak bu kriterler iklime göre değişiklik

göstermektedir. İzmir soğutma ağırlıklı bir il olduğu için enerjiyi verimli kullanabilmek adına, kış güneşinden faydalanmak, güneşten ısı kazancı yüksek pencere tipleri kullanıldığında yapıya getireceği ek soğutma yükü ve maliyeti düşünüldüğünde, çok büyük bir önem arz etmemektedir. Tüm bu kriterler dikkate alındığında, bu il için en yüksek enerji etkin performansı ısı aynalı örnekler olan P42, P41, P64, P63 ve seçici – geçirgen yüzey kaplamalı camlı örnekler olan P40, P39, P37, P38, P62, P61, P59, P60 göstermektedirler. Bu pencere örnekleri güneşten ısı kazançlarını önledikleri, ısı korunumları yüksek olduğu ve günışığından maksimum yararlanma sağladıklarından önerilmişlerdir. Örneklere bakıldığında, güneşin ısı etkiye sahip ışınımına karşı opak , günışığına karşı ise şeffaf özellik sergiledikleri görülmektedir. Bu ildeki ofis yapıları için örneklere ek olarak renkli camlı pencerelerden oluşan P24, P46, P26, P48, P25, P47, P27 ve P49 seçenekleri de dikkate alınmıştır. Ofis yapılarında yıl boyu içsel ısı kazançları yüksek olduğu için güneş kontrol performansı yüksek pencere örnekleri seçilmelidir. Reflektif camlı pencere örnekleri gündüz saatlerinde yapay aydınlatma ihtiyacı doğurduğu için önerilmemiştir. Öneriler en yüksek performanstan en düşüğe doğru Tablo 26’da verilmiştir. Performans sıralaması gerçekleştirilirken, güneş kontrol performanslarına göre değerlendirme yapılmıştır. Bunun nedeni bütün örneklerin İzmir için olması gereken 2,8 W/m<sup>2</sup>K’lik U<sub>max</sub> değerini sağlamasıdır.

2. iklim bölgesini temsil eden Trabzon ili için uygun pencere önerilerinde bulunurken, bu ilde ılıman iklim koşullarının mevcut olmasından dolayı yıl boyu eşit ısıtma ve soğutma yapılmakta olduğu dikkate alınmalıdır. Burada U ve SHGC değeri orta düzeyde olan pencere seçenekleri veya ikisi de düşük pencere seçenekleri dikkate alınmalıdır. Bu il için pencerelerde olması gereken 2.8 W/m<sup>2</sup>K’lik U<sub>max</sub> değeri aşılmamalıdır. Tüm bu kriterler doğrultusunda önerilen pencere seçeneklerini performans sıralamasına sokarsak, öncelikli sırayı U ve SHGC değeri düşük olan örnekler almaktadır. Seçici – geçirgen yüzey kaplamalı camlı örnekler düşük U ve SHGC değerine sahip olduklarından ilk sıralarda yer almaktadırlar (P40, P62, P39, P61, P37, P59). Isı aynalı örnekler olan P41, P63, P42, P64, SHGC değerleri çok düşük olduğundan ancak U değeri seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlı örneklerinkinden daha yüksek olduğu için konut yapıları için önerilmemiş, ofis yapıları için ise uygun performans göstereceği düşünülmüştür. Bu ilimizde, low-e kaplama camlı, kripton, argon ve hava dolgulu cam üniteli pencereler olan P36, P58, P35, P57, P34, P56 iyi performans göstermektedirler. Isı korunumları yüksek olduğundan yazın dışardan iç ortama olan ısı transfer miktarını



azaltmakta böylece pencerenin güneşten ısı kazancı yüksek bile olsa U değerinin düşük olmasından dolayı iç mekanda istenmeyen ısı kazançları gerçekleşmemektedir. Low-e camlı örneklerin SHGC değeri diğer çift camlı ünitelere oranla yüksek olmasına rağmen U değerleri düşük olduğundan önerilmiştir.

3. iklim bölgesini temsil eden Ankara ili için uygun pencere önerilerinde bulunurken ,bu ilde kışların 1. ve 2. iklim bölgelerimize oranla daha soğuk geçtiği göz önüne alınmalıdır. Yaz sıcaklıkları ise 1. iklim bölgesinden daha düşük, 2. iklim bölgesinden ise daha sıcak geçmektedir. Bu il diğer illere oranla ısıtma ağırlıklıdır ve U değeri düşük, SHGC değeri yüksek pencerelerin önerilmesine dikkat edilmelidir. Kış güneşinden maksimum oranda yararlanmak, ısıtma enerjisinden tasarruf edebilmek için önemlidir. Bu il için önerilecek pencerelerin U değeri, bu il için belirlenen  $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lik  $U_{\max}$  değerini aşmayacak şekilde seçilmelidir. Bu ilde en yüksek performansı low-e camlı örnekler olan P36, P35, P34 göstermektedir. Bu pencereler düşük U değerine ve yüksek SHGC değerine sahip olduklarından avantajlı konumdadırlar. P23 ve P22 bu il için yeterli bir performans gösterebilmektedir. U değerleri,  $U_{\max}$  değerinin altındadır ve SHGC değerleri yüksek olduğundan kış güneşinden maksimum yararlanma sağlayarak ısıtma giderlerinde bir iyileşme sağlayabilmektedirler. Seçici- geçirgen yüzey kaplamalı camlı ve ısı aynalı camlı örnekler kış güneşinden yararlanmayı minimuma indirdiklerinden bu ilimiz için U değerleri düşük olmasına rağmen önerilmemiştir. Bu örnekler bu ildeki ofis yapıları için önerilmiştir.

4. iklim bölgesini temsil eden Erzurum ili için uygun pencere önerilerinde bulunurken, bu ilin çok sert kış koşullarına sahip olduğu unutulmamalıdır. Kışları sıcaklık eksi (-) değerlere kadar düşmektedir. Bu ilde soğutmadan çok ısıtma yapılmaktadır ve kış güneşinden yararlanma potansiyeli en yüksek ildir. Bu ilimiz için, U değeri düşük, SHGC değeri yüksek pencere türleri önerilmelidir. U değeri bu il için olması gereken  $2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lik  $U_{\max}$  değerini aşmamalıdır. Önerilen pencerelerin performans sıralamasına bakılırsa, Ankara ili için önerilen pencerelerle benzerlik göstermektedir. Aradaki tek fark bu il için olması gereken  $U_{\max}$  değerinin Ankara ili için olması gereken değerden daha düşük olması bundan dolayı da Ankara için önerilen P22'nin bu ilimiz için önerilmemesidir.

İklim bölgeleri için ofis yapılarında kullanılması önerilen pencere türleri aynıdır. Bunun nedeni ofis yapılarındaki temel prensibin yıl boyu sürekli kullanım yoğunluğu.ve içerde çalışan aletlerden dolayı sağlanan içsel ısı kazançların fazla olmasından dolayı

sürekli bir soğutmaya ihtiyaç duyulmasıdır. Bundan dolayı güneş kontrol performansı yüksek seçenekler değerlendirmeye alınmıştır. Tablo 26’da iklim bölgelerine göre, konutlarda ve ofislerde, kullanılması önerilen enerji etkin pencere önerilerinde bulunulmuştur.

Tablo 26. İklim bölgelerimize göre, konut ve ofis yapıları için önerilen çift tabaka camlı pencere alternatifleri

	1. İKLİM BÖGESİ (İzmir) $U_{max}=2.8W/m^2K$	2. İKLİM BÖLGESİ (Trabzon) $U_{max}=2.8W/m^2K$	3. İKLİM BÖLGESİ (Ankara) $U_{max}=2.6W/m^2K$	4. İKLİM BÖLGESİ (Erzurum) $U_{max}=2.4W/m^2K$
KONUT	P41,P63 P42,P64 P40,P62 P39,P61 P37,P59 P38,P60	P40,P62 P39,P61 P37,P59 P36,P58 P35,P57 P34,P56	P36,P58 P35,P57 P34,P56 P23,P45 P22,P44	P36,P58 P35,P57 P34,P56 P23,P45
OFİS	P41,P63 P42,P64 P40,P62 P39,P61 P37,P59 P24,P46 P26,P48 P25,P47 P27,P49	P41,P63 P42,P64 P40,P62 P39,P61 P37,P59 P24,P46 P26,P48 P25,P47 P27,P49	P41,P63 P42,P64 P40,P62 P39,P61 P37,P59 P24,P46 P26,P48 P25,P47 P27,P49	P41,P63 P42,P64 P40,P62 P39,P61 P37,P59 P24,P46 P26,P48 P25,P47 P27,P49

\* Pencere önerileri yapılırken pencereler hem sabit hem de açılabilir pencereler için değerlendirmeye alınmıştır. Bundan dolayı açılabilir pencerelerde  $U_{max}$  değeri karşılanmasına rağmen sabit pencerede karşılanmadığı için önerilmemiştir.

Çift tabakalı camların performanslarının ofis ve konut yapıları için ısı korunumu, güneş kontrolü ve günışığı yeterliliği açısından değerlendirilmesi :

Tek tabakalı camlarla karşılaştırıldıklarında ısı korunumunda %52’lik bir iyileşme sağlamaktadırlar. Çift tabakalı camların #1 numaralı yüzeyinde renkli ve reflektif kaplama olup olmaması ısı geçirgenlik katsayı değerine etki yapmamaktadır. Bundan dolayı, Ç1, Ç4, Ç6, Ç8, Ç10, Ç12 cam üniteleri aynı U değerine sahiptir. Bu üniteler hava dolguludur. Şayet argon gazıyla doldurulursa (Ç2) U değerinde %6’lık, kripton gazı ile doldurulursa (Ç3) %12’lik bir iyileşme sağlanmaktadır. Şayet kaplamasız bir örnek olan Ç1’in #3 numaralı yüzeyine low-e kaplama uygulanırsa (Ç14) %36’lık bir iyileşme sağlanabilmektedir. Bu low-e kaplamalı örnek olan Ç14’deki hava dolgusu yerine argon

gazı doldurulursa (Ç15), Ç14'e göre %17'lik , kripton gazı doldurulursa, U değerinde %37'lik bir iyileşme gerçekleşmektedir. Cam ünitelerinin #2 numaralı yüzeylerinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanılırsa (Ç17), Ç1'e oranla U değerinde %47'lik bir iyileşme sağlanmaktadır. Şayet Ç17 ünitesindeki hava dolgusu yerine argon dolgu kullanılırsa (Ç19), Ç17'ye göre %15'lik, kripton dolgu kullanılırsa U değerinde %45'lik bir iyileşme sağlanmaktadır. Seçici - geçirgen yüzey kaplaması cam ünitenin #4 numaralı yüzeyinde kullanılırsa U değerinde Ç17'e göre %53'lük bir performans düşüşü gözlenir. Çift tabaka cam uygulamalarında tabakalar arası boşlukta ısı yansı kullanımı (Ç21) durumunda Ç1'e oranla U değerinde %38'lik bir iyileşme sağlanmaktadır. Şayet Ç21'in #3 numaralı yüzeyine low-e kaplama uygulanırsa U değerinde Ç21'e oranla %12'lik bir iyileşme sağlanmaktadır.

Tek tabakalı camlarla karşılaştırıldıklarında, çift tabakalı camların güneş kontrol performansları %13 daha düşüktür. Çift tabaka camlı örneklerde güneş kontrolünde en kötü performansı Ç3 gösterdiğinden performans karşılaştırması bu örneğe göre gerçekleştirilerek aralarındaki %'lik farklar Tablo 27'de verilmiştir. Tablo 27'deki sonuçlara bakıldığında ısı yansılı uygulamaların en yüksek performansı gösterdiği görülmektedir, daha sonra sırasıyla seçici-geçirgen yüzey kaplamalı, reflektif kaplamalı ve renkli camlar yüksek performans göstermektedirler.

Güneşliği yeterlilik seviyesi (serinlik indeksi,  $D_x \geq 1$ ) düzeyleri tek tabaka camlara oranla bir miktar yüksektir. Güneşliği yeterliliği için sınır değer olan  $D_x \geq 1$  koşulunu seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlar, ısı yansılı camlar ve yeşil renkli camlar sağlamaktadırlar (Ç17, Ç18, Ç19, Ç20, Ç21, Ç22, Ç6, Ç7). Tablo 28'de çift tabakalı camların serinlik indeksi değerleri verilmiştir.

İklim bölgelerine göre uygun cam seçeneklerine baktığımızda; 1.iklim bölgesi için, güneş kontrolünün ısı korunumundan daha önemli olduğu göz önüne alınarak konut ve ofis yapılarında farklı önerilerde bulunulmuştur. Konutlar için; seçici-geçirgen yüzey kaplamalı, low-e kaplamalı ve kaplamasız örnekler, ofis yapılarında ise, renkli camlardan oluşturulan örnekler önerilmiştir. Reflektif camlardan oluşturulan cam üniteleri yapay aydınlatma ihtiyacını artıracığından önerilmemiştir. 2.iklim bölgesi için; konutlarda kullanılmak üzere, eşit ısıtma ve soğutma yapıldığından seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler, SHGC değeri orta, U değeri düşük olduğundan,ve low-e camlı kombinasyonlar (renksiz ve reflektif kaplamasız) önerilmiştir. 3. iklim bölgesi için; ısıtmanın soğutmadan daha çok yapıldığına dikkat edilerek U değeri düşük, kış güneşinden maksimum

yararlanabilmek içinde SHGC değeri de yüksek cam kombinasyonları önerilmiştir. Renkli ve reflektif kaplamasız, low-e kaplamalı cam kombinasyonları, kaplamasız argon ve kripton dolgulu kombinasyonlar önerilmiştir. 4. iklim bölgesi 3. iklim bölgesiyle benzerlik taşıdığından aynı cam kombinasyonları önerilmiş sadece 4. iklim bölgesi için Ç2 önerilmemiştir. Bunun nedeni, en düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip PVC çerçeve ile de kullanılsa, Ek 3'teki hesap sonuçlarına bakarsak, bu il için gerekli  $U_{max}$  değerini karşılayamamaktadır. Tüm iklim bölgeleri için ofis yapılarında kullanılmak üzere renkli camlı, ısı aynalı ve seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam kombinasyonları önerilmiştir.

Tablo 27. Ç3'e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%)

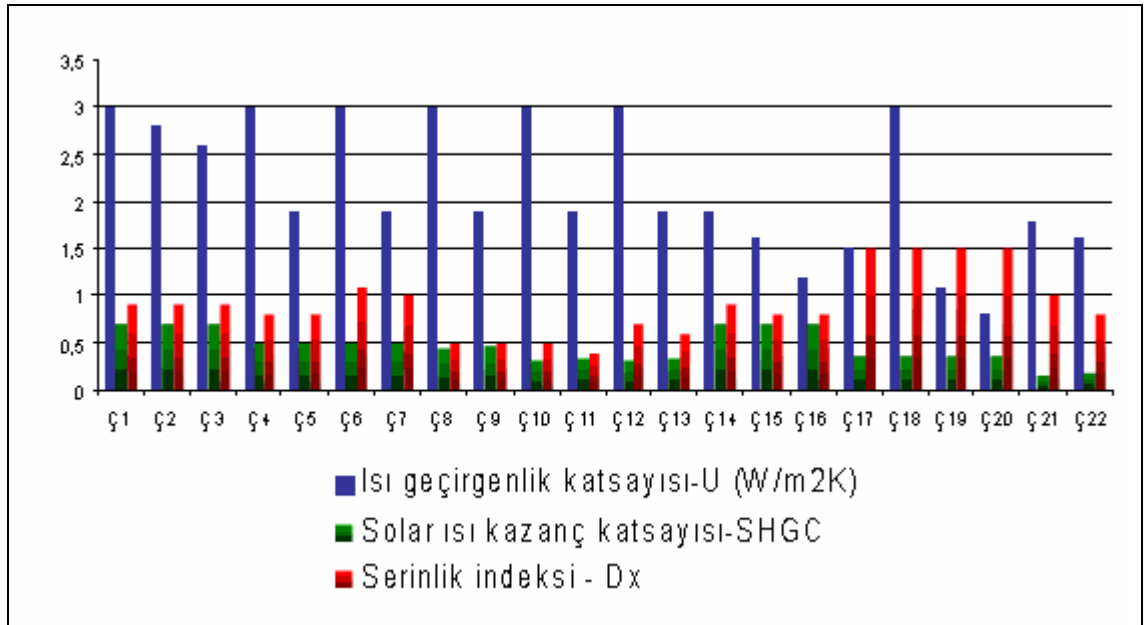
Cam Türleri	(%)
Ç1- Float cam+hava+float cam	0,7
Ç2 - Float cam+argon+float cam	0,5
Ç3 - Float cam+kripton+float cam	•
Ç4 - Mavi renkli cam+hava+float cam	34
Ç5 - Mavi renkli cam+hava+low-e cam	33
Ç6 - Yeşil renkli cam+hava+float cam	33
Ç7 - Yeşil renkli cam+hava+low-e cam	32
Ç8 - Renksiz reflektif cam+hava+float cam	38
Ç9 - Renksiz reflektif cam+hava+low-e cam	35
Ç10 - Mavi reflektif cam+hava+float cam	57
Ç11 - Mavi reflektif cam+hava+low-e cam	53
Ç12 - Yeşil reflektif cam+hava+float cam	56
Ç13 - Yeşil reflektif cam+hava+low-e cam	52
Ç14 - Float cam+hava+low-e cam	4
Ç15 - Float cam+argon+low-e cam	3
Ç16 - Float cam+kripton+low-e cam	2
Ç17 - Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	51
Ç18 - Float cam+hava+ Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	49
Ç19 - Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam	50
Ç20 - Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam	50
Ç21- Float cam+hava+ısı aynası+hava+float cam	78
Ç22 - Float cam+hava+ısı aynası+hava+low-e cam	74

Tablo 29’da iklim bölgeleri için konut ve ofis yapılarında kullanılması önerilen cam seçenekleri verilmiştir.

Tablo 28. Çift tabaka camların güneşliği yeterliliği açısından performans sıralaması

Cam Türleri	Dx
Ç17, Ç18, Ç19, Ç20	1,5
Ç6	1,1
Ç7, Ç21	1,0
Ç1, Ç2, Ç3, Ç14	0,9
Ç4, Ç5, Ç15, Ç16, Ç22	0,8
Ç12	0,7
Ç13	0,6
Ç8, Ç9, Ç10	0,5
Ç11	0,4

Şekil 45’de incelenen çift tabaka camların ısı performans kriterlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 45. Kullanılan çift tabaka camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması

Tablo 29. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam seçenekleri

	1.İKLİM BÖLGESİ (İzmir)	2.İKLİM BÖLGESİ (Trabzon)	3.İKLİM BÖLGESİ (Ankara)	4.İKLİM BÖLGESİ (Erzurum)
Konut yapıları	Ç21 ,Ç22, Ç20, Ç19, Ç17, Ç18	Ç20, Ç19, Ç17,Ç16, Ç15, Ç14	Ç16, Ç15, Ç14, Ç3, Ç2	Ç16, Ç15, Ç14, Ç3
Ofis Yapıları	Ç21 ,Ç22, Ç20, Ç19, Ç17, Ç18, Ç4, Ç5, Ç6, Ç7	Ç21 ,Ç22, Ç20, Ç19, Ç17, Ç18, Ç4, Ç5, Ç6, Ç7	Ç21 ,Ç22, Ç20, Ç19, Ç17, Ç18, Ç4, Ç5, Ç6, Ç7	Ç21 ,Ç22, Ç20, Ç19, Ç17, Ç18, Ç4, Ç5, Ç6, Ç7

### 2.3.4.1.3. Üç Tabaka Camlı Pencereler

Üç tabaka camlı pencere uygulamaları ısı korunumu açısından tek ve çift tabaka camlı pencerelere oranla çok daha iyi sonuç vermektedir. Örneğin; Ek 4'deki tabloya baktığımızda, tek tabaka camlı pencere olan P1 ve çift tabaka camlı pencere olan P21 ile, üç tabaka camlı pencere olan P69 ısı korunumu açısından karşılaştırılacak olursa, üç tabaka camlı pencerenin, tek tabakalıya oranla %69 daha iyi, çift tabakalıya oranla %26 daha iyi ısı korunumu sağladığını görmekteyiz. Güneş enerjisinden faydalanma açısından ise en dezavantajlı pencereler üç tabaka camlı pencerelerdir. Tek tabaka camlılara oranla %50 daha az, çift tabakalıya oranla % 20 daha az ısı kazancı sağlarlar.Bu pencerelerde de sırasıyla en iyi performansı PVC, ahşap, ısı tutuculu alüminyum, alüminyum çerçeveler göstermektedirler. Farklı tür çerçeve kullanımının ısı korunumun da ki artış yüzdesi tek tabaka camlı alüminyum çerçeveli örnek olan P17'e göre Tablo 31'de analiz edilmiştir. Buradaki amaç; Tablo 16 ve Tablo 23 ile karşılaştırma yapılabilmesini sağlayarak, sadece çerçeve türünün etkisinin değil aynı zamanda çerçeveler aynı türden seçildiği takdirde üç tabakalı cam kullanımının da performansa etkisinin analiz edilebilmesini sağlamaktır.

Tablo 30 . PVC, ahşap ve ısı tutuculu alüminyum çerçeveli üç tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından-U değeri açısından- alüminyum çerçeveli tek tabaka camlı pencere olan P17'ye göre performansındaki artış (%)

	Alüminyum	Isı tutuculu alüminyum	Ahşap	PVC
Sabit Pencere	46	62	71	74
Açılabilir Pencere	31	57	74	78

Isı korunumu açısından yapılan değerlendirme;

Isı korunumu açısından #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması bulunan P90 en yüksek performansı göstermektedir. Bu örneğin cam tabakaları arasında kripton gazı kullanıldığından, argon dolgulu P89'a göre %3, hava dolgulu P88'e göre %4 , performans artışı görülür. Bu üç örnek PVC çerçeveli olduğu için, benzer örnekli ama ahşap çerçeveli olan örneklerden (P112, P111, P110) daha iyi bir performans göstermektedirler. Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlar low-e kaplamalı örneklerden daha yüksek performans göstermektedirler. Örneğin; P90 ile P85'i ısı korunum performanslarına göre karşılaştıracak olursak P90'ın P85'ten %3 daha iyi performans gösterdiğini görürüz. Buradan çıkartılacak en önemli sonuç #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam kullanımının, # 5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama cam kullanıma oranla performansı %3 arttırdığıdır. Çünkü bu örnekler arasındaki tek fark #2 numaralı ve #5 numaralı yüzeylerinde kullanılan kaplama türüdür. Ek olarak, seçici-geçirgen yüzey kaplamasının ve low-e kaplamanın bir arada kullanıldığı hava dolgulu örnek olan P88, yine hava dolgulu, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnek olan P86'a göre sadece %3'lük bir performans artışı göstermiştir. Bu performans artışı kaplamasız hava dolgulu örnek olan P69'da hava dolgu yerine kripton gazı kullanımıyla (P71) elde edilebilir. Sadece çerçeve türünden dolayı, P90, ahşap çerçeveli P112'ye göre %5'lik bir performans artışı gösterir. Bundan dolayı ısı korunumu açısından P112 4. sıradadır. P85 kripton dolgulu bir örnek olduğu için, ısı korunum performansı açısından, P89'a (argon dolgulu) %3'lük bir fark, P89 ise #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması ihtiva ettiğinden P85'e %3'lük bir fark atmaktadır. Bu performanslarındaki yüzde değişimleri eşit değerde olduğundan dolayı bu örnekler, ısı korunumu açısından benzer performans gösterirler. Argon dolgulu, #5 numaralı yüzeyi low-e kaplama olan örnek P84, P85'e göre kripton dolgu yerine argon dolgu kullanıldığından dolayı %2 daha düşük bir performans gösterir. P84, P86, P87 benzer performans gösterir. P86 ile P87 örneklerini karşılaştırdığımızda aradaki tek farkın seçici-geçirgen yüzey kaplamasının farklı yüzeylerde uygulanmasıdır. P86'da #2 numaralı yüzeye, P87'de #4 numaralı yüzeye uygulanmıştır. Buradan bu yüzey kaplamasının #2 veya #4 numaralı yüzeye uygulanmasının performanslarda bir değişime neden olmadığı görülmektedir. Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler low-e kaplamalı örneklere oranla (aynı gaz dolgulu olmak kaydıyla) %3 daha iyi performans göstermektedirler. P84'ün P86, P87 ile aynı performansı göstermesinin temel nedeni hava yerine argon dolgulu olmasıdır. P82, P87'ye

oranla %1 daha düşük performans gösterir. Bunun nedeni, P87'nin #4 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplamasının kullanılmasıdır, bu #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama kullanılan P82'ye %1'lik performans artışı sağlar. P82 ile P83 örneklerine bakarsak aynı performansı gösterdiklerinden, low-e kaplamanın #5 veya #3 numaralı yüzeylerde kullanımının ısı korunum performansını değiştirmedığı sonucuna varabiliriz. P107, #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama içermesine ve kripton dolgulu olmasına rağmen ahşap çerçeveli olmasından dolayı, aynı cam kombinasyonlu ancak PVC çerçeveli örnek olan P85'e oranla %5 daha düşük performans gösterir. Bundan dolayı da performans sıralamasında 7. sırada yer alır. P111, P107 ile aynı performansı göstermektedir. Bunun nedeni, cam tabakaları arasından kullanılan gaz dolgularının farklı olmasıdır, bu sayede P111 kaplama bakımından daha avantajlı durumdayken, P107'de gaz dolgu açısından daha avantajlı durumdadır. Bu değişimler birbirlerini nötrleştirdiğinden iki örnekte benzer performans gösterirler. Ahşap çerçeveli örnek olan P110, hem seçici-geçirgen yüzey kaplaması hem de low-e kaplama içermektedir. İlk bakışta bu örneğin, kullanılan kaplamalar düşünüldüğünde ısı korunum performansını çok yükselteceği düşünülse de, bu örnek kaplamasız, PVC çerçeveli, kripton dolgulu örnek olan P71'e göre sadece %1'lik bir performans artışı gösterir. P106, P108, P109 benzer performans gösterirler. P108 ve P109 örneklerindeki tek fark seçici-geçirgen yüzey kaplamasının konumlarıdır. Anlaşıldığı gibi kaplamanın #2 veya #4 numaralı yüzeyde kullanılması performansı değiştirmemektedir. P106'da hava dolgu yerine argon dolgu kullanılması bu örneğin P109 ile benzer performans göstermesinin nedenidir. PVC çerçeveli, kaplamasız, argon dolgulu örnek olan P70, P71'e oranla (kripton dolgu) %1 daha düşük performans gösterir. Bunun nedeni cam tabakaları arasında farklı gaz kullanımınıdır. P69, P104 ve P105 aynı performansı göstermektedirler. P69, PVC çerçeveli olmasına rağmen herhangi bir kaplama ihtiva etmediğinden dolayı ahşap çerçeveli örnekler olan P104 ve P105 ile aynı performansı göstermektedirler. P104 ve P105'e baktığımızda tek farkın low-e kaplamanın uygulandığı yüzey olduğunu görmekteyiz. Low-e kaplamanın #3 veya #5 numaralı yüzeyde kullanımı performansı değiştirmemektedir. Ahşap çerçeveli, kaplamasız örnekler, cam tabakaları arasındaki gaz dolguya göre performans sıralamasına sokulmuştur. Sırasıyla en iyi performansı, kripton dolgulu (P93), argon dolgulu (P92) ve hava dolgulu (P91) örnekler göstermektedir. P116, ısı tutuculu alüminyum çerçeveli olduğu için aynı cam kombinasyonlu örnekler olan PVC çerçeveli örnek olan P82'ye oranla %29'lük, ahşap çerçeveli örnek olan P104'e oranla %23'lük bir performans düşüşü gözlenir. P115,



kaplamasız ve ısı tutuculu alüminyum çerçevesi olduğu için, P116'a oranla %6 daha düşük bir performans gösterir. Alüminyum çerçevesi örnekler olan P114 ve P113 en kötü performansı göstermektedirler. Alüminyum çerçevesinin ısıl geçirgenlik katsayısı çok yüksek olduğundan cam kombinasyonunun ısıl geçirgenlik katsayısı düşük olsa da, alüminyum çerçevesi örnekler, yeterli performans gösteremezler. Tablo 31'de üç tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performanslarının, ısı tutucusuz alüminyum çerçevesi örnek olan P113'e göre yüzdelik değişimleri verilmiştir.

Tablo 31. Üç tabaka camlı pencerelerin ısı korunumu açısından performans sıralaması ve P113'e göre aralarındaki % olarak performans artışı

Açılabilir Pencere Seçenekleri	U – W/m <sup>2</sup> K	%
P90	1,23	79
P85, P89	1,39	76
P88	1,41	75
P112	1,50	74
P84	1,51	73
P86,P87	1,52	73
P73,P75,P77,P79,P82,P83	1,62	72
P107,P111	1,66	71
P110	1,68	70
P71	1,75	69
P106,P109	1,79	68
P108	1,80	68
P70	1,82	67
P69, P72,P74,P76,P78,P80,P105	1,89	66
P95,P97,P99,P101,P103,P104	1,90	66
P93	2,02	64
P92	2,10	63
P91,P94,P96,P98,P100,P102	2,17	62
P116	3,22	43
P115	3,53	37
P114	5,29	6
P113	5,60	•

Güneş kontrolü açısından yapılan değerlendirme;

Üç tabaka camlı pencerelerin güneş kontrol performanslarına bakıldığında ilk sırayı #1 numaralı yüzeyinde mavi reflektif cam bulunan örnekler (P78, P100) almaktadır. Çift tabaka camlı pencerelerde ise ilk sıraları seçici-geçirgen yüzey kaplama camlı örnekler almaktadır. En yüksek performansı gösteren P78 ve P100, #1 numaralı yüzeyinde yeşil reflektif cam kullanılan örneklerden (P80, P102) %1 daha iyi bir performans göstermektedir. Üç tabaka camlı pencerelerde de çift tabaka pencere örneklerinde olduğu gibi #1 numaralı yüzeyinde renkli ve reflektif cam bulunan örneklerin #5 numaralı yüzeyinde low-e cam kullanımı güneş kontrol performansını düşürmektedir. Oysaki tek tabaka camlı pencere olarak düşündüğümüzde low-e kaplama cam daha yüksek bir güneş kontrolü sağlamaktadır. Örneğin; low-e kaplamasız örnek olan P78, low-e kaplamalı örnek olan P79'a oranla %3 daha iyi bir performans gösterir. #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama, #1 numaralı yüzeyinde mavi reflektif kaplama kullanılan örneklerden sonra (P79, P101), güneş kontrol performansı açısından #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama, #1 numaralı yüzeyinde yeşil reflektif kaplama bulunan örnekler (P81, P103) en iyi performansı göstermektedirler. P81, P79'a oranla %1 daha düşük bir performans gösterir. #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması bulunan örnekler (P86, P108), #1 numaralı yüzeyinde mavi reflektif kaplama cam bulunan örnekler P78 ve P100'e oranla %5 daha düşük performans göstermektedirler. P89, P111, P90, P112, P88, P110 örnekleri benzer performans göstermektedirler. P89, P111 örnekleri ile P90, P112 örneklerine baktığımızda aralarındaki tek farkın cam tabakaları arasında kullanılan gazlardaki farklılık olduğunu görmekteyiz. Buradan da argon ve kripton gazının güneş enerjisi geçirgenliklerinin birbirine çok yakın olduğu sonucunu çıkarabiliriz. P88, P110 örneklerinde ise seçici-geçirgen yüzey kaplamasıyla birlikte low-e kaplama kullanıldığında performansın düştüğü ancak cam tabakaları arasında hava kullanıldığı takdirde performansın bir miktar arttığı gözlemlenir. Havanın, argon ve kripton gazlarına oranla güneş enerjisi geçirgenliği daha azdır. Low-e kaplamayla birlikte kullanılan seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnek P88, low-e kaplamasız örnek olan P86 ile karşılaştırıldığında %1'lik bir performans düşüşü gözlenir. Seçici-geçirgen yüzey kaplamasını #2 numaralı yüzeyde (P86, P108) kullanmak yerine #4 numaralı yüzeyde (P87, P109) kullanılırsa %2'lik bir performans düşüşü gerçekleşir. Bunun nedeni seçici-geçirgen yüzey kaplamasının #1 numaralı yüzeyde kullanıldığı takdirde gelen uzundalga ve kızılötesi ışınımı yansıtabilme yeteneğinden ileri gelmektedir. #1 nolu yüzeyinde renksiz reflektif

kaplama bulunan örnekler olan P76, P98, yeşil reflektif kaplamalı örnekler olan P80, P102 ile karşılaştırıldığında %15, mavi reflektif kaplamalı örnekler olan P78, P100 ile karşılaştırıldığında %18 daha düşük performans göstermektedir. Buradan renkli reflektiflerin renksiz reflektiflerden çok daha iyi bir performans gösterdiği sonucunu çıkarabiliriz. Renksiz reflektiflerin, low-e kaplama ile kombinasyonundan oluşturulan örnekler olan P77, P99, low-e kaplamasız örnekler (P76, P98) oranla %2 daha düşük performans gösterir. Mavi renkli camlı örnekler (P72, P94) renksiz reflektif kaplamalı örnekler (P76, P98) ile aynı performansı göstermektedir. P73, P95, %1'lik bir farkla low-e kaplamasız örnekler olan P72, P94'ten daha düşük bir performans gösterir. Yeşil renkli camlı örnekler olan P74, P96, mavi renkli camlı örnekler olan P72, P94'ten %1 daha düşük performans gösterir. #3 ve #5 numaralı yüzeylerinde low-e kaplama bulunan örnekler P82, P83, P104, P105 benzer performans göstermektedir. Buradan low-e kaplamanın #3 veya #5 numaralı yüzeyde kullanılmasının performansa etkisinin olmadığı sonucunu çıkarabiliriz. P82, P83, P104, P105; reflektif kaplamalı örnekler oranla %27 - %43 arası, renkli camlı örnekler oranla %23 - %24 arası bir performans düşüşü gözlemlenir. Güneş kontrol performansı açısından tüm cam katmanlar ve çerçeve aynı türden olup cam tabakaları arasındaki gaz türü farklı olduğunda, en yüksek performansı sırasıyla; hava (P82, P104), argon (P84, P106) kripton (P85, P107) dolgulu örnekler göstermektedir. P69, P91, P70, P71, P92, P93 örnekleri de, güneş kontrol performansları açısından, cam tabakaları arasındaki gaz dolgu türüne göre sıralanmaktadır. Argon ile kripton dolguların güneş geçirgenlikleri birbirine çok yakın değerdedir. Bu yüzden güneş kontrol performansları benzerdir. Isı tutuculu veya tutucusuz alüminyum çerçeveli örneklerde low-e kaplama kullanılan örnekler (P116, P114), kullanılmayan örnekler (P115, P113) %4 daha iyi performans göstermektedir. PVC ve ahşap çerçeveli örneklerde ise low-e kaplamalı örnekler, kaplamasız örnekler oranla daha düşük performans göstermektedir. Tablo 32'de üç tabaka camlı pencerelerin güneş kontrol performanslarının, ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli P113 örneğinin güneş kontrol performansına göre yüzdelik değişimleri verilmiştir.

Tablo 32. Üç tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından performans sıralaması ve P113'e göre aralarındaki % olarak performans artışı

Açılabilir Pencere Seçenekleri	SHGC	%
P78,P100	0,148	59
P80,P102	0,152	58
P79,P101	0,160	56
P81,P103	0,163	55
P86,P108	0,168	54
P89,P111	0,169	53
P90,P112	0,170	53
P88,P110	0,171	53
P87,P109	0,175	52
P76,P98	0,210	43
P72,P77,P94,P99	0,215	41
P73,P95	0,217	40
P74,P96	0,218	40
P75,P97	0,219	40
P82,P83,P104,P105	0,305	16
P84,P106	0,308	15
P85,P107	0,312	14
P69,P91	0,317	13
P70,P71,P92,P93	0,318	13
P116	0,349	4
P114	0,350	4
P113,P115	0,363	•

İklim bölgeleri için yapılan değerlendirme ve uygun seçeneklerin önerilmesi;

İklim bölgelerine göre, üç tabaka camlı pencere önerilerinde bulunurken bölüm 2.3.4.1.2.'de çift tabaka camlı pencere önerilerinde bulunurken göz önüne alınan kriterlere aynen uyularak, 4 iklim bölgesi içinde üç tabaka camlı pencere önerilerinde bulunulmuştur. Bu kriterler doğrultusunda, ofis ve konut yapıları için önerilen pencere türleri Tablo 33'de verilmiştir. Çift tabaka camlı pencerelerde bazı örnekler (P21, P22) 3. ve 4. iklim bölgesi için gereken  $U_{max}$  değerini karşılayamadığı için önerilmemiştir. Üç tabaka camlı pencereler için böyle bir durum söz konusu değildir. Üç tabaka camlı

pencerelerin tüm olasılıkları her iklim bölgemiz için gerekli  $U_{max}$  değerini karşılayabilmektedir.

Tablo 33. İklim bölgelerimize göre, konut ve ofis yapıları için önerilen üç tabaka camlı pencere alternatifleri

	1.İKLİM BÖLGESİ (İzmir) $U_{max}=2.8W/m^2K$	2.İKLİM BÖLGESİ (Trabzon) $U_{max}=2.8W/m^2K$	3.İKLİM BÖLGESİ (Ankara) $U_{max}=2.6W/m^2K$	4.İKLİM BÖLGESİ (Erzurum) $U_{max}=2.4W/m^2K$
KONUT	P86,P108 P89,P111 P90,P112 P88,P110 P87,P109 P83,P105 P82,P104 P84,P106 P85,P107	P90,P112 P89,P111 P88,P110 P86,P108 P87,P109 P85,P107 P84,P106 P83,P105 P82,P104 P71,P93 P70,P92 P69,P91	P85,P107 P84,P106 P83,P105 P82,P104 P71,P93 P70,P92 P69,P91	P85,P107 P84,P106 P83,P105 P82,P104 P71,P93 P70,P92 P69,P91
OFİS	P86,P108 P89,P111 P90,P112 P88,P110 P87,P109 P72,P94 P73,P95 P74,P96 P75,P97	P86,P108 P89,P111 P90,P112 P88,P110 P87,P109 P72,P94 P73,P95 P74,P96 P75,P97	P86,P108 P89,P111 P90,P112 P88,P110 P87,P109 P72,P94 P73,P95 P74,P96 P75,P97	P86,P108 P89,P111 P90,P112 P88,P110 P87,P109 P72,P94 P73,P95 P74,P96 P75,P97

\* Pencere önerileri yapılırken pencereler hem sabit hem de açılabilir pencereler için değerlendirmeye alınmıştır. Bundan dolayı açılabilir pencerelerde  $U_{max}$  değeri karşılanmasına rağmen sabit pencerede karşılanmadığı için önerilmemiştir.

Üç tabakalı camların performanslarının ofis ve konut yapıları için ısı korunumu, güneş kontrolü ve günışığı yeterliliği açısından değerlendirilmesi :

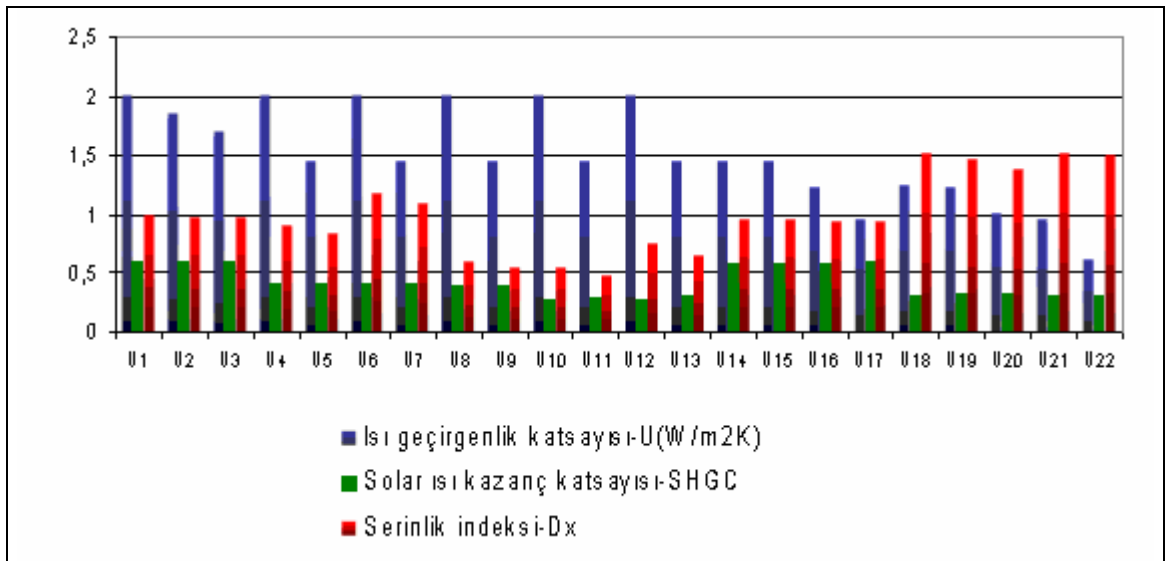
Üç tabakalı camlar, tek tabakalı camlara oranla %68, çift tabakalı camlara oranla %26 daha iyi ısı korunumu sağlarlar. Isı korunumu açısından en yüksek performansı #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması bulunan, kripton dolgulu Ü22 örneği göstermektedir. Seçici-geçirgen yüzey kaplaması içermeyen, kaplamasız, kripton dolgulu bir örnek olan Ü3 ile Ü22'yi karşılaştırdığımızda; Ü22 %63 daha iyi bir performans göstermektedir. Seçici-geçirgen yüzey kaplaması yerine #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama bulunan, kripton dolgulu örnek olan Ü17, Ü22'ye oranla %35 daha düşük

performans gösterir. Seçici-geçirgen yüzey kaplaması, low-e kaplamaya oranla performansı daha çok arttırmaktadır. Kripton dolgulu örneklerden sonra en yüksek performansı argon dolgulu örnekler göstermektedir. Ü22 ile tek farkı cam tabakaları arasında kripton gazı yerine argon gazı kullanılması olan Ü21, Ü22'den %35 daha düşük performans gösterir. #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması, #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama bulunan, hava dolgulu örnek olan Ü20, iki düşük emissiviteli kaplama içermesine rağmen, hava dolgulu olmasından dolayı, kripton dolgulu örnek olan Ü22'ye ısı korunumu açısından performans üstünlüğü sağlayamamıştır. Isı korunum performansı açısından Ü22'den %38 daha düşük performans gösterir. #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama bulunan Ü17 ve Ü16'ya baktığımızda Ü16 % 22 daha düşük performans gösterir. Bunun nedeni kripton gazının, düşük ısı iletkenliğe sahip olmasından dolayı, argon gazına oranla performansı arttırmasıdır. Seçici-geçirgen yüzey kaplamasının #2 veya #4 numaralı yüzeyde kullanılması (Ü18, Ü19) performansı sadece %1 oranında etkilemektedir. #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama bulunan, cam tabakaları arası hava dolgulu örnekler olan Ü5, Ü7, Ü9, Ü11, Ü13, Ü14 ısı korunum açısından aynı performansı göstermektedirler. Benzer şekilde, Ü1, Ü4, Ü6, Ü8, Ü10, Ü12 örnekleri de aynı performansı gösterirler. Ancak bu örnekler low-e kaplama içermediğinden, diğer örneklerle oranla %28 daha düşük performans gösterirler. Buradan, tek ve çift tabaka camlarda olduğu gibi #1 numaralı yüzeyde renkli veya reflektif kaplama cam kullanımının performansı değiştirmediği sonucuna varabiliriz.

Tek tabakalı camlarla karşılaştırıldıklarında güneş kontrol performansları %25, çift tabakalı camlarla karşılaştırıldığında % 15 daha düşüktür. Üç tabaka camlı örneklerde güneş kontrolünde en kötü performansı Ü3 gösterdiğinden performans karşılaştırması bu örneğe göre gerçekleştirilerek aralarındaki %'lik farklar Tablo 34'de verilmiştir. Tablo 34'deki sonuçlara bakıldığında sırasıyla en yüksek performansları renkli reflektif kaplamalı, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı, renkli camlı uygulamaların gösterdiğini görmekteyiz. En kötü performanslar renksiz ve kaplamasız camlara aittir.

Güneşliği yeterlilik seviyesi (serinlik indeksi,  $D_x \geq 1$ ) düzeyleri tek ve çift tabaka camlara oranla bir miktar yüksektir. Güneşliği yeterliliği için sınır değeri olan  $D_x \geq 1$  koşulunu seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler (Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22) ve yeşil renkli camlı örnekler (Ü6, Ü7) sağlamaktadırlar. Tablo 35'deki üç tabakalı camların serinlik indeksi değerleri verilmiştir.

İklim bölgelerine göre uygun cam seçeneklerine baktığımızda; 1.iklim bölgesi için, güneş kontrolünün ısı korunumundan daha önemli olduğu göz önüne alınarak konut ve ofis yapılarında farklı önerilerde bulunulmuştur. Konutlar için; seçici-geçirgen yüzey kaplamalı, low-e kaplamalı ve kaplamasız örnekler, ofis yapılarında ise, renkli camlardan oluşturulan örnekler önerilmiştir. Reflektif camlardan oluşturulan cam üniteleri yapay aydınlatma ihtiyacını artıracığından ofis yapılarında önerilmemiştir. Low-e kaplamalı ve kaplamasız örneklerin ofis yapılarında önerilmemesinin nedeni güneş kontrol performanslarının diğer örneklere oranla düşük olmasıdır. Ofislerde güneş kontrolü, konutlardakine oranla çok daha önemlidir. 2.iklim bölgesi için; konutlarda kullanılmak üzere, eşit ısıtma ve soğutma yapıldığından seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler, SHGC değeri orta, U değeri düşük olduğundan, low-e kaplamalı ve kaplamasız (renksiz ve reflektif kaplamasız) örnekler önerilmiştir. 3. iklim bölgesi için; ısıtmanın soğutmadan daha çok yapıldığına dikkat edilerek U değeri düşük, kış güneşinden maksimum yararlanabilmek içinde SHGC değeri de yüksek cam kombinasyonları önerilmiştir. Renkli ve reflektif kaplamasız, low-e kaplamalı cam kombinasyonları, kaplamasız argon ve kripton dolgululu kombinasyonlar önerilmiştir. 4. iklim bölgesi 3.iklim bölgesiyle benzerlik taşıdığından aynı cam kombinasyonları önerilmiştir. Tüm iklim bölgeleri için ofis yapılarında kullanılmak üzere renkli camlı ve seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam kombinasyonları önerilmiştir. İklim bölgelerine uygun cam seçenekleri Tablo 36'da verilmiştir. Şekil 46'da üç tabakalı camların ısı performans kriterleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 46. Kullanılan üç tabakalı camların ısı performans kriterleri karşılaştırılması

Tablo 34. Ü3'e oranla diğer camların güneş kontrol performanslarındaki artış (%)

Cam Türleri	(%)
Ü1 - Float cam+hava+float cam+hava+float cam	0,5
Ü2 - Float cam+argon+float cam+argon+float cam	0,2
Ü3 - Float cam+kripton+float cam+kripton+float cam	•
Ü4 - Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	33
Ü5 - Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	32
Ü6 - Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	31
Ü7 - Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	30
Ü8 - Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	36
Ü9 - Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	33
Ü10 - Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	54
Ü11 - Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	50
Ü12 - Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	53
Ü13 - Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	49
Ü14 - Float cam+hava+float cam+hava+low-e cam	5
Ü15 - Float cam+hava+low-e cam cam+hava+float cam	5
Ü16 - Float cam+argon+float cam+argon+low-e cam	4
Ü17 - Float cam+kripton+float cam+kripton+low-e cam	3
Ü18 - Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+float cam	48
Ü19 - Float cam+hava+ Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	46
Ü20 - Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+low-e cam	47
Ü21 - Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam+argon+float cam	47
Ü22 - Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam+kripton+float cam	47

Tablo 35. Üç tabakalı camların günışığı yeterliliği açısından performans sıralaması

Cam Türleri	Dx
Ü21,Ü22,Ü18	1,5
Ü19	1,4
Ü20	1,3
Ü6	1,1
Ü7	1
Ü1,Ü2,Ü3,Ü4,Ü14,Ü15,Ü16,Ü17	0,9
Ü5	0,8
Ü12	0,7
Ü8,Ü13	0,6
Ü9,Ü10	0,5
Ü11	0,4



Tablo 36. Konut ve ofis yapıları için pencerelerde kullanılması önerilen cam seçenekleri

	1.İKLİM BÖLGESİ (İzmir)	2.İKLİM BÖLGESİ (Trabzon)	3.İKLİM BÖLGESİ (Ankara)	4.İKLİM BÖLGESİ (Erzurum)
Konut yapıları	Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22, Ü14, Ü15, Ü16, Ü17	Ü18,Ü19,Ü20,Ü21, Ü22,Ü17,Ü16,Ü15, Ü14,Ü3,Ü2,Ü1	Ü17,Ü16,Ü15,Ü14, Ü3,Ü2,Ü1	Ü17,Ü16,Ü15,Ü14, Ü3,Ü2,Ü1
Ofis Yapıları	Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22, Ü4, Ü5, Ü6, Ü7	Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22, Ü4, Ü5, Ü6, Ü7	Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22, Ü4, Ü5, Ü6, Ü7	Ü18, Ü19, Ü20, Ü21, Ü22, Ü4, Ü5, Ü6, Ü7

### 2.3.5. Seçilen Pencerelerin Dört İklim Bölgesi İçin Anlık Isı Transfer Katsayılarının ( $Q_{net} - W/m^2$ ) Hesaplanması ve Hesap sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seçilen pencerelere ait anlık ısı transfer miktarı ( $Q_{net} - W/m^2$ ), yaz (21 Temmuz) ve kış (21 Ocak) karakteristik günlerine ait Tablo 10’da verilen iklim verilerine göre Türkiye iklim bölgeleri için hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### 2.3.5.1. Pencere Seçiminde İzlenen Yöntem

- Seçilen pencereler, ısı geçirgenlik katsayısı ( $U - W/m^2K$ ) ve solar ısı kazanç katsayılarına (SHGC) göre iklim bölgelerindeki konut yapıları için Tablo 19, 26, 33’de önerilen pencereler arasından seçilmiştir.
- Seçilecek olan pencerelerin Türkiye’deki konutlarda kullanımını gittikçe yaygınlaşan ve Ek 3’deki tablolardaki sonuçlara göre en iyi performansı gösteren PVC çerçevesi örneklerden olmasının enerji etkinliği açısından faydalı olacağı, ve en yüksek performansla sahip çerçeve türü kullanımıyla enerji etkinliği en yüksek pencere türünün saptanabileceği Ek 3’deki tablolardaki sonuçlardan anlaşılmıştır. Bundan dolayı seçilen 13 adet pencereden sadece 1’i hariç hepsi PVC çerçevesidir.
- Tek tabaka, float camlı, ısı tutucusuz alüminyum çerçevesi P17 örneği, tüm iklim bölgeleri için, Ek 3’deki tablolardaki sonuçlara bakıldığında, gerek ısı korunumu gerek güneş kontrolü açısından en kötü performansı göstermesinden dolayı, diğer örneklerin karşılaştırılmasında referans oluşturabilmesi açısından incelemeye alınmıştır.

- P8, seçici-geçirgen yüzey kaplamasının tek tabakalı bir ünite de kullanılmasının, çift ve üç tabakalılarına oranla enerji etkinliği açısından performansının karşılaştırılabilmesi için seçilmiştir.
- Çift tabaka camlı örneklerden P22; kaplamasız, cam tabakaları arasında hava dolgu yerine argon gazı kullanımının, P34; hava dolgulu, #3 numaralı yüzeyinde low-e kaplama kullanımının, P36; P34 ile karşılaştırılarak kripton gazının performans etkisinin, P38; hava dolgulu, #4 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanımının, P40; kripton dolgulu, #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanımının, P41; hava dolgulu, tabakalar arası boşlukta ısı aynası kullanımının , yaz – kış koşullarında iklim bölgelerinde gösterdiği performansların karşılaştırılabilmesi için seçilmişlerdir.
- Üç tabaka camlı örneklerden, P69; hava dolgulu, standart kaplamasız bir ünitenin kullanımının, P84; argon dolgulu, standart kaplamasız bir ünitenin kullanımının, P85; kripton dolgulu, #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama kullanımının, P86; hava dolgulu, #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanımının, P90; kripton dolgulu, #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanımının, yaz – kış koşullarında iklim bölgelerinde gösterdiği performansların karşılaştırılabilmesi için seçilmişlerdir.

### 2.3.5.2. İklim Bölgelerine Göre Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Tablo 37'deki hesap sonuçlarına bakıldığında, kışın ısı kayıpları açısından en avantajlı il İzmir'dir. Tablo 10'daki iklimsel veriler, İzmir'de kış koşulu için dış ortam sıcaklığının diğer illere oranla en yüksek olduğunu gösterir. Bu yüksek sıcaklık değeri iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkını ve dolaylı olarak iç ortamdaki dış ortama gerçekleşen ısı transfer miktarını azaltır. Erzurum ili ise Tablo 10'a baktığımızda kış koşulunda en düşük dış ortam sıcaklığına sahip ildir. Bu düşük sıcaklıktan dolayı iç-dış ortam arasındaki sıcaklık farkı artmakta ve dolaylı olarak iç ortamdaki dış ortama gerçekleşen ısı transferi artmaktadır.

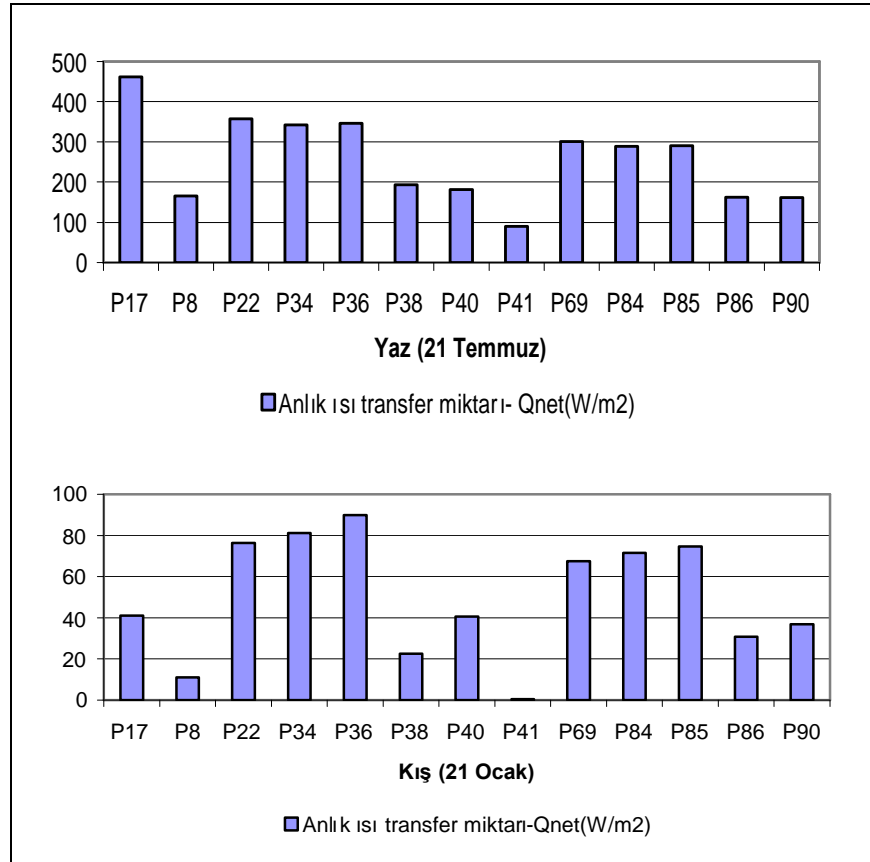
Yaz koşulunda, güneşten ısı kazançlarının önlenmesi açısından, en avantajlı il Trabzon'dur. Tablo 10'daki iklimsel veriler, Trabzon'daki yaz koşulu için güneş ışınım şiddetinin diğer illere göre en düşük olduğunu gösterir. Bu düşük güneş ışınım şiddeti güneşten ısı kazancını azaltır. Buda iç ortamda aşırı ısı kazançlarını önler.

Tablo 37. Seçilen pencerelerin yaz-kış koşulları için, iklim bölgelerimiz için,  $Q_{net}$ ,  $Q_{sol}$  ve  $Q_{\Delta T}$  değerlerinin hesaplanması

		Yaz (21 Temmuz)			Kış (21 Ocak)		
		$Q_{\Delta T}$ - W/m <sup>2</sup>	$Q_{sol}$ - W/m <sup>2</sup>	$Q_{net}$ - W/m <sup>2</sup>	$Q_{\Delta T}$ - W/m <sup>2</sup>	$Q_{sol}$ - W/m <sup>2</sup>	$Q_{net}$ - W/m <sup>2</sup>
İZMİR	P17	58,800	403,224	462,024	-87,966	128,997	41,031
	P8	22,880	142,016	164,890	-34,384	45,490	11,100
	P22	20,800	336,654	357,454	-31,347	107,767	76,420
	P34	15,440	327,144	342,584	-23,328	104,532	81,204
	P36	11,360	335,386	346,746	-17,253	107,160	89,900
	P38	21,600	171,814	193,414	-32,440	59,995	22,550
	P40	9,440	171,814	181,254	-14,337	54,995	40,650
	P41	15,040	74,1780	89,2180	-23,375	23,858	0,483
	P69	15,840	285,300	301,140	-23,935	91,389	67,454
	P84	11,440	277,692	289,132	-17,253	88,761	71,508
	P85	9,920	280,862	290,782	-15,060	89,772	74,712
	P86	11,520	150,892	162,412	-17,496	48,323	30,827
P90	8,080	153,428	161,508	-12,271	49,132	36,861	
TRABZON	P17	21,46	223,880	245,340	-95,657	83,185	-12,472
	P8	8,376	79,078	87,454	-37,541	29,420	-8,121
	P22	7,636	186,976	194,612	-34,335	69,516	35,181
	P34	5,683	181,704	187,387	-25,517	67,303	41,786
	P36	4,203	186,273	190,476	-18,830	68,995	50,165
	P38	7,932	95,597	103,529	-35,537	35,539	0,002
	P40	3,492	95,597	99,089	-15,764	35,408	19,644
	P41	5,535	41,472	47,007	-24,983	15,491	-9,492
	P69	5,831	158,508	164,339	-26,185	58,971	32,786
	P84	4,203	154,290	158,493	-18,971	57,279	38,308
	P85	3,670	156,048	159,718	-16,566	57,930	41,364
	P86	4,262	83,998	88,260	-19,238	31,243	12,005
P90	2,989	85,404	88,393	-13,493	31,633	18,140	
ANKARA	P17	26,278	389,868	416,146	-137,332	89,872	-47,46
	P8	10,231	137,312	147,543	-54,537	32,000	-22,537
	P22	9,334	326,116	335,450	-49,990	74,916	24,926
	P34	6,928	316,308	323,236	-37,346	72,540	35,194
	P36	5,097	324,277	329,374	-27,861	74,217	46,356
	P38	9,657	166,123	175,780	-51,570	38,716	-12,854
	P40	4,236	166,123	170,359	-23,119	38,157	15,038
	P41	6,749	71,721	78,470	-36,556	17,051	-19,505
	P69	7,108	275,850	282,958	-38,334	63,735	25,401
	P84	5,133	268,494	273,627	-27,861	61,778	33,917
	P85	4,451	271,559	276,010	-24,502	62,337	37,835
	P86	5,169	145,894	151,063	-28,256	33,824	5,568
P90	3,625	148,346	151,971	-19,957	34,243	14,286	
ERZURUM	P17	3,699	330,649	334,348	-232,648	140,096	-92,552
	P8	1,421	115,622	117,043	-91,679	49,613	-41,387
	P22	1,293	276,762	278,055	-83,793	116,929	33,136
	P34	0,950	268,914	269,864	-62,434	113,214	50,780
	P36	0,700	276,239	276,939	-46,332	115,836	69,504
	P38	1,337	140,212	141,549	-86,750	60,104	-26,646
	P40	0,578	141,258	141,836	-38,774	59,448	20,674
	P41	0,931	60,165	61,096	-61,119	26,227	-34,892
	P69	0,980	233,861	234,841	-64,405	99,226	34,821
	P84	-33,517	99,166	62,649	-33,517	96,166	62,649
	P85	0,552	231,245	231,797	-40,746	97,259	56,513
	P86	0,700	123,470	124,170	-46,989	52,672	5,683
P90	0,494	126,086	126,580	-33,188	53,328	20,140	

İzmir ili (1. iklim bölgesi) için pencerelerin performanslarının değerlendirilmesi;

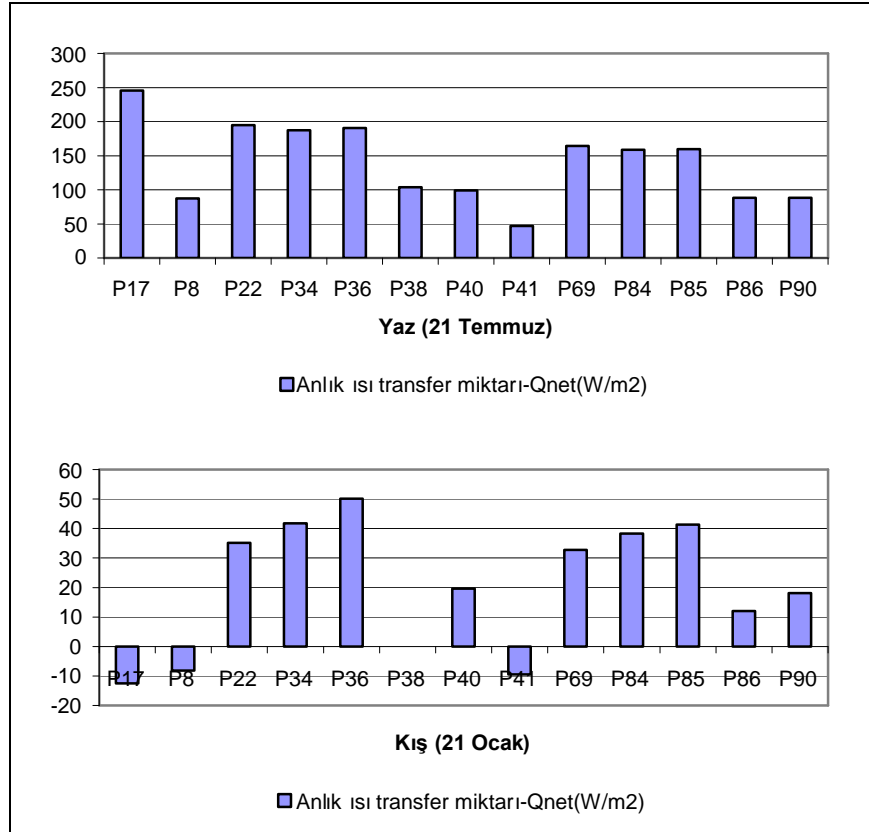
İzmir ili için yazları çok sıcak geçtiğinden yazın güneş kontrolü sağlayacak, kışın kış güneşinden maksimum oranda yararlanmayı sağlayacak, ısı kayıplarını minimize edecek pencere türleri enerji etkin performans gösterir. Bu ilde yıl boyu soğutma ısıtmadan daha çok yapılmaktadır. Buradan yola çıkarak Şekil 47'yi incelersek; yazın en iyi performansı sırasıyla, P41, P90, P86, P8, P40, P38, P84, P85, P69, P34, P36, P22, kışın en iyi performansı sırasıyla, P36, P34, P22, P85, P84, P69, P40, P90, P86, P38, P8, P41 gösterir. Bu ilde hava sıcaklıklarının yıl boyu diğer illere oranla daha yüksek seyretmesinden dolayı, güneş kontrol performansı yüksek olan pencere seçeneklerini önermekte fayda vardır. Ek olarak, bu ilde kışın sıcaklık farkına bağlı olarak gerçekleşen ısı kaybı ( $Q_{\Delta T}$ ), güneş ışıyım şiddetine ( $I_T - W/m^2$ ) bağlı olarak kazanılan ısıdan ( $Q_{sol}$ ) düşük olduğundan anlık ısı transfer miktarı ( $Q_{net} - W/m^2$ ) eksi (-) değer almaz. İncelenen tüm seçenekler, bu iklim bölgesinde, diğer iklim bölgelerine oranla, kışları çok daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 47. İzmir ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net} - W/m^2$ )

Trabzon ili (2. iklim bölgesi) için pencerelerin performanslarının değerlendirilmesi;

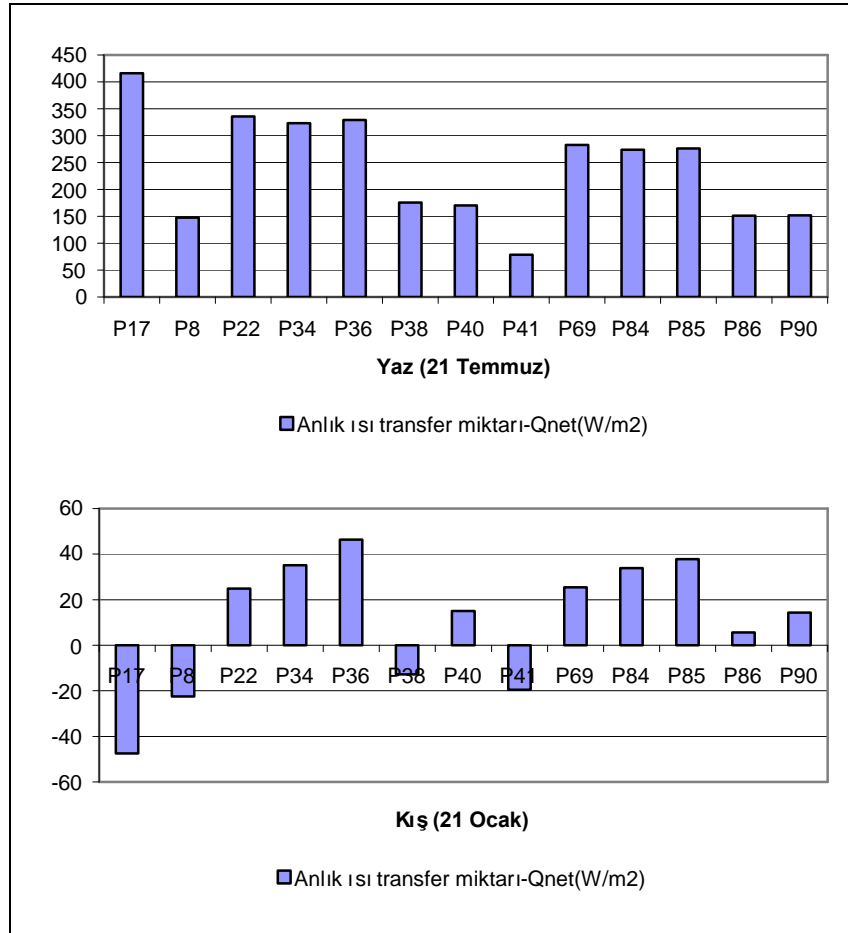
Trabzon ili için, yıl boyu eşit ısıtma ve soğutma söz konusudur. Bu ilde de yazın güneş kontrolü sağlayacak, kışınsa kış güneşinden maksimum oranda yararlanmayı sağlayacak, ısı kayıplarını minimize edecek pencere türleri enerji etkin performans gösterir. İzmir kadar yazları sıcak bir iklime sahip olmadığından orta düzeyde güneş kontrolüne sahip pencere örnekleri yeterli performansı gösterecektir. Ancak bu ilde sıcaklıkların İzmir'e oranla düşük olmasından dolayı kışın P17, P8, P41 örneklerinde sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ısı kayıpları ( $Q_{\Delta T}$ ), güneş ışınım şiddetine ( $I_T - W/m^2$ ) bağlı olarak kazanılan ısıdan ( $Q_{sol}$ ) çok daha yüksek olduğundan, anlık ısı transfer miktarı eksi (-) değer alır. Bunun anlamı kışın sıcak olan yerden soğuk olan yere doğru ısı transferi gerçekleşir. Buda ısıtma yükünü artırır. Buradan yola çıkarak Şekil 48'i incelersek; yazın en iyi performansı sırasıyla, P86, P90, P40, P38, P84, P85, P69, P34, P36, P22, kışın en iyi performansı sırasıyla, P36, P34, P85, P84, P22, P69, P40, P90, P86, P38 gösterir.



Şekil 48. Trabzon ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net} - W/m^2$ )

Ankara ili (3. iklim bölgesi) için pencerelerin performanslarının değerlendirilmesi;

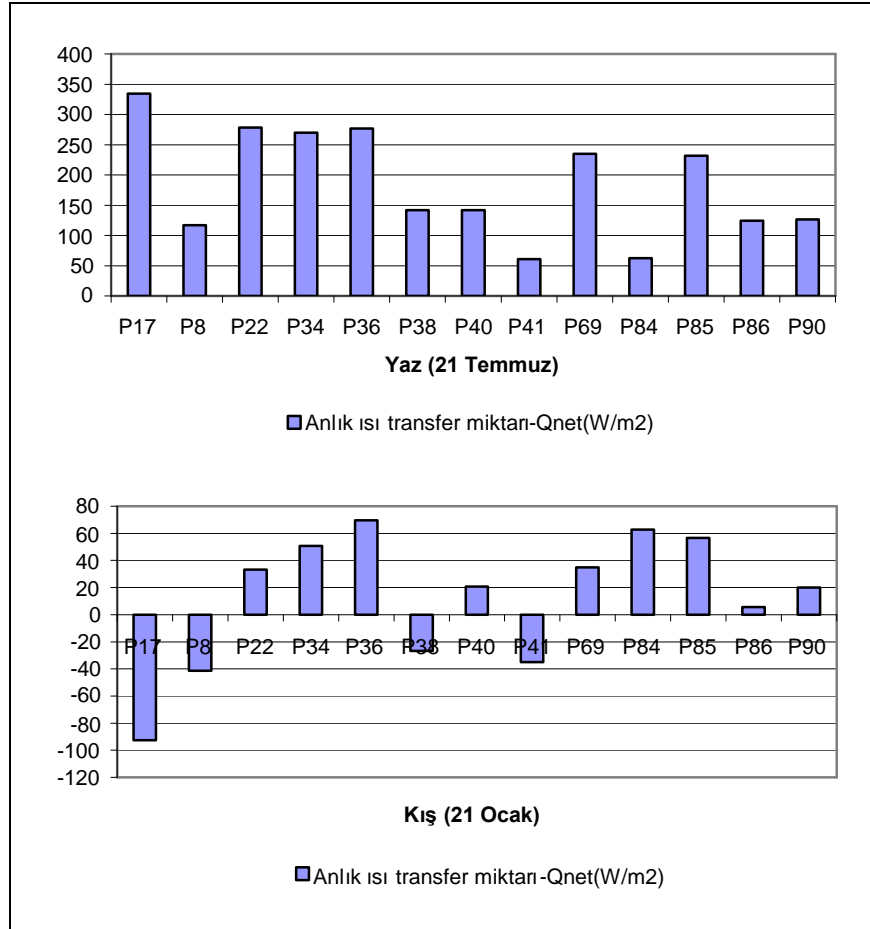
Ankara ili için, yıl boyu ısıtma soğutmadan daha fazla yapılmaktadır. Bundan dolayı seçilecek pencerelerde güneş kontrolünden daha çok ısı kayıplarını minimize edecek ve kış güneşinden maksimum yararlanma sağlayarak ısıtma enerjisi giderlerini düşürecek örnekler seçilmesi enerji etkinliği açısından faydalıdır. Bu ilde sıcaklıklar İzmir ve Trabzon illerine oranla çok daha düşük olmasından dolayı kışın P17, P8, P41 ve P38 örneklerinde sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ısı kayıpları ( $Q_{\Delta T}$ ), güneş ışınım şiddetine ( $I_T$   $W/m^2$ ) bağlı olarak kazanılan ısıdan ( $Q_{sol}$ ) çok daha yüksek olduğundan, anlık ısı transfer miktarı eksi (-) değer alır. Buradan yola çıkarak Şekil 49'u incelersek; yazın en iyi performansı sırasıyla, P86, P90, P40, P84, P85, P69, P34, P36, P22, kışın en iyi performansı sırasıyla, P36, P34, P85, P84, P22, P69, P40, P90, P86, P38 gösterir.



Şekil 49. Ankara ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net}-W/m^2$ )

Erzurum ili (4. iklim bölgesi) için pencerelerin performanslarının değerlendirilmesi;

Erzurum ili için, yıl boyu ısıtma soğutmadan daha fazla yapılmaktadır. Bundan dolayı seçilecek pencerelerde Ankara ili için yapılan yorumlar aynen geçerlidir. Yalnız, bu ilde sıcaklıklar İzmir, Trabzon ve Ankara illerine oranla çok daha düşüktür. Kışın; P17, P8, P41 ve P38 örneklerinde sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen ısı kayıpları ( $Q_{\Delta T}$ ), güneş ışınım şiddetine ( $I_T - W/m^2$ ) bağlı olarak kazanılan ısıdan ( $Q_{sol}$ ) çok daha yüksek olduğundan, anlık ısı transfer miktarı eksi (-) değer alır. Buradan yola çıkarak Şekil 50'yi incelersek; yazın en iyi performansı sırasıyla, P84, P86, P90, P40, P85, P69, P34, P36, P22, kışın en iyi performansı sırasıyla, P36, P84, P85, P34, P69, P22, P40, P90, P86 gösterir.



Şekil 50. Erzurum ili için seçilen örneklerin yaz-kış koşulları için anlık ısı transfer miktarları ( $Q_{net} - W/m^2$ )

### 2.3.6. Seçilen Pencerelelerin TS 825'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacına Etkisinin Analizi

Win-Energy 1.0 programının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı menüsündeki referans bina modeli üzerinde, PVC çerçeveli, 3m<sup>2</sup>'lik üç farklı tür pencere kullanılarak binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına olan etkileri analiz edilmiştir. Pencereleler ilk olarak kuzey ve güney yönü için ayrı olarak 4'er adet kullanılarak hesaplanmış, 12m<sup>2</sup>'lik pencere alanının kuzey ve güney yönleri için etkisi analiz edilmiştir. Daha sonra aynı pencereleler, kuzey ve güney yönü için ayrı olarak 2'şer adet kullanılarak hesaplanmış, 6m<sup>2</sup>'lik pencere alanının kuzey ve güney yönleri için etkisi analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar karşılaştırılarak pencere alanlarının ve yönün pencerelelerin enerji etkinliğine etkisi tartışılmıştır. Bu hesaplamalar, 1. iklim bölgemizi temsil eden İzmir ili için ve 4. iklim bölgemizi temsil eden Erzurum ili için gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç sıcak ve soğuk iklim bölgelerinde pencerelelerin enerji etkinliğini tartışabilmektir.

Pencereleler enerji etkinliği açısından en yüksek performansı göstermesinden ötürü PVC çerçeveli örneklerden seçilmiştir. P1 örneği; tek tabakalı standart float camdan oluşturulmuş bir örnek olması ve gerek ısı gerekse güneş kontrolü açısından en kötü performansı göstermesinden dolayı diğer örneklere karşılaştırma için referans oluşturabilmesi açısından, P21; standart kaplamasız, hava dolgulu çift tabaka camlı bir ünite olmasından ve Türkiye koşullarında çok yaygın kullanılması dolayısıyla, P84; havaya oranla daha yüksek ısı korunumu sağlayan argon dolgulu olmasının yanında low-e kaplama içeren üç tabaka camlı bir örnek olması açısından incelemeye değer bulunmuştur. Bu seçimlerde bulunurken Türkiye şartlarında kullanımı uygun olacak örnekler üzerinde durulmuştur. Örneğin çok yüksek performansa sahip kripton dolgulu örnekler, kripton gazının radyasyon özelliği göstermesinden dolayı tercih edilmemiştir.

Seçilen pencerelelere ait, İzmir ve Erzurum illeri için alınan sonuçlar sadece yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı verisi olarak Tablo 38'de verilmiştir. Win-Energy 1.0 programından alınan daha detaylı sonuçlar Ek 5'de verilmiştir. Bu detaylı sonuçlar aylara göre gerçekleşen ısı kayıplarını, sıcaklık farklarını, içsel ısı kazançlarını, solar kazançları, kazanç-kayıp oranını, kazanç kullanım faktörünü ve ısıtma enerjisi ihtiyacını içermektedir.



Tablo 38. İzmir ve Erzurum illerine göre seçilen pencerelerin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{yıl} - kWh$ )

		Toplam Pencere Alanı 12m <sup>2</sup>		Toplam Pencere Alanı 6m <sup>2</sup>	
		KUZEY	GÜNEY	KUZEY	GÜNEY
İZMİR	P1	7534	7322	6787	6682
	P21	6437	5968	6238	5991
	P84	6046	5655	6041	5834
ERZURUM	P1	29618	29223	27073	26876
	P21	26141	25258	25325	24873
	P84	24750	24008	24629	24249

Değerlendirme;

Güney yönü optimum yön olduğu için tüm örnekler, güney yönünde kuzey yönüne oranla çok daha iyi sonuç vermektedir. Bunun nedeni, güney yönünün kışın en çok güneş ışınımı alan, yazınsa en az güneş ışınımı alan yön olmasından dolayı ısıtma enerjisi tasarrufuna katkısı daha fazladır. Sonuçlara baktığımızda; tüm örnekler için İzmir ilindeki ısıtma enerjisi ihtiyacı Erzurum iline oranla çok daha düşüktür. Bunun nedeni İzmir ilinde yıl boyu sıcaklıkların yüksek seyretmesi ve bundan dolayı ısıtma ihtiyacının az olmasıdır. Oysaki Erzurum yıl boyu sıcaklıkların özellikle kış aylarında çok düşük seyrettiği bir ilimizdir. Tablo 38'den anlaşıldığı üzere bir yapıda kullanılan pencere alanı azaldıkça, o binanın ısıtılmasında harcanacak enerji miktarı da ciddi oranlarda düşmektedir. İzmir ili için, 12m<sup>2</sup>'lik pencere alanı için, kuzey yönünde, P1'e oranla P21, 1097 kWh, P84 ,1488 kWh, güney yönünde, P21 1354 kWh, P84 1667 kWh enerji tasarrufu sağlarken, Erzurum ilinde, 12m<sup>2</sup>'lik pencere alanı için, kuzey yönünde, P1'e oranla P21, 3477 kWh, P84, 4868 kWh, güney yönünde, P21, 3965 kWh, P84, 5215 kWh enerji tasarrufu sağlamaktadır. Toplam pencere alanının 6m<sup>2</sup> olduğu durumda bu değerler çok daha düşüktür. Yani toplam pencere alanı küçüldükçe ısıtma enerjisi ihtiyacını doğru orantılı olarak azalmaktadır. Özellikle kuzeydeki pencere alanının azaltılması ısıtma enerjisi tasarrufu için önemlidir.

### 2.3.7. Seçilen Pencerelelerin Isıl Performans Kriterlerinin Windows ve Win-Energy 1.0 programı Hesap Sonuçları ve Karşılaştırılması

Windows 5.0 programında açılabilir pencere seçeneği bulunmadığından, Win-Energy 1.0 programından sabit pencere hesap sonuçları Ek 3'teki tablolardan tüm iklim bölgelerinin ortalamaları alınarak kullanılmıştır. Windows programı kullanıcıya istediği alana sahip pencerelerin ısı performans kriterlerini hesaplama olanağı sunmadığı için bu programdaki hesap sonuçları 1.8 m<sup>2</sup>'lik pencere alanı için geçerlidir. Win-Energy 1.0 programı hesap sonuçları ise 1m<sup>2</sup>'lik pencere alanı için geçerlidir. Tablo 39'da Windows programı ile Win-Energy 1.0 programının hesap sonuçlarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 39. Pencerelelerin ısı performans kriterleri için Windows ve Win-Energy 1.0 programından alınan hesap sonuçları

	Windows 5.0 Program Sonuçları		Win- Energy 1.0 Program Sonuçları	
	U (W/m <sup>2</sup> K)	SHGC	U (W/m <sup>2</sup> K)	SHGC
P8	4,930	0,275	2,833	0,225
P17	4,960	0,673	7,242	0,637
P22	2,622	0,599	2.586	0,532
P34	1,963	0,564	1.922	0,516
P36	1,640	0,570	1.421	0,529
P38	2,701	0,273	2.677	0,272
P40	1,373	0,247	1.184	0,271
P41	1,506	0,135	1.877	0,118
P69	2,027	0,527	1.975	0,452
P84	1,498	0,486	1.427	0,439
P85	1,391	0,484	1.245	0,444
P86	1,352	0,222	1.442	0,239
P90	1,084	0,222	1.014	0,242

Değerlendirme;

Windows programı çift ve üç tabaka camlı pencereler için daha doğru sonuçlar vermektedir. Tek tabaka camlı pencereler için özellikle düşük yayımlı (emissiviteli) cam tabakalı pencereler için verdiği sonuçlar ciddi hatalar içermektedir. Bunun nedeni Windows programının iç yüzeysel ısı transfer katsayısını tüm pencere örnekleri için sabit

bir değer olarak almasıdır (8,29 W/m<sup>2</sup>). Oysaki tek tabaka camlı pencerelerde kullanılan düşük emissiviteli bir kaplama iç yüzeysel ısı transfer katsayısını bölüm 2.2.1.3.'te bahsedilen EN 673'teki hesaplama yöntemine göre düşürmektedir. Buda ısı geçirgenlik katsayısını düşürmektedir.

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde, bölüm 2.3.4.1.1, 2.3.4.1.2. ve 2.3.4.1.3’de tek, çift ve üç tabaka camlı pencerelerle ilgili, ısı korunumu, güneş kontrolü ve günışığı performansı ile ilgili kapsamlı bir şekilde yapılan değerlendirmeler ve elde edilen bulgular özetlenerek maddeler halinde sunulmuştur. Bu bölümün iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için Ek 4’deki tablolardan yararlanılması çok önemlidir.

#### 3.1. Tek Tabaka Camlı Pencerelerle İlgili Bulgular

- Tek tabaka camlı pencerelerde, ısı korunumu açısından, ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli örneklerle oranla, ısı tutuculu alüminyum çerçeveliler %15, ahşap çerçeveliler %28, PVC çerçeveliler %30 daha iyi performans gösterir. Bunun nedeni çerçevelerin sahip oldukları ısı geçirgenlik katsayılarındaki farklılıklardır. PVC çerçeve diğer çerçevelere oranla daha düşük ısı geçirgenlik katsayısı ( $U-W/m^2K$ ) değerine sahip olduğu için ısı korunumu açısından daha yüksek performans göstermektedir. Güneş kontrolü açısından ısı tutuculu ve tutucusuz örnekler benzer performans, ahşap ve PVC çerçeveler ise bunlardan %6 daha iyi performans gösterir. Çerçevelerin güneş kontrol performansının belirlemede kullanılan solar ısı kazanç katsayısı (SHGC) değeri, çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısına bağlı olarak değişir. Isıl geçirgenlik katsayısı arttıkça solar ısı kazanç katsayısı değeri de artmaktadır. Bundan dolayı alüminyum çerçevelerin solar ısı kazanç katsayıları diğer çerçevelerinkinden daha yüksektir.
- Tek tabaka camlı pencereler, çift ve üç tabaka camlı pencerelere oranla ısı ve güneş kontrolü açısından en düşük performansa sahiptirler. Tek tabaka camlı örneklerden sadece low-e ve seçici-geçirgen yüzey kaplaması içeren pencere türleri ısı ve güneş kontrolü sağlarlar ancak yine de çift ve üç tabaka camlı örneklerle oranla daha iyi bir performans göstermezler. Tek tabaka camlı, low-e ve seçici-geçirgen yüzey kaplama camlı, pencerelerin yüksek performans göstermesinin sebebi, sahip oldukları düşük emissiviteli kaplamanın iç yüzeyel ısı transfer katsayısını ( $h_i-W/m^2K$ ) azaltmasıdır. Isı geçirgenlik katsayısı, iç

yüzeysel ısı transfer katsayısıyla doğru orantılı olarak değişir. İç yüzeysel ısı transfer katsayısı azaldıkça ısı geçirgenlik katsayısı da azalır. Solar ısı kazanç katsayısı ısı geçirgenlik katsayısı ve camın güneş ışınlam geçirgenlik katsayısıyla doğru orantılı olarak değişir. Bu değerler ne kadar düşükse solar ısı kazanç katsayısı da o oranda düşük çıkmaktadır. Low-e ve seçici-geçirgen yüzey kaplama camlı pencereler düşük güneş ışınlamı ve ısı geçirgenlik katsayısına sahip olduklarından, diğer tek tabaka camlı pencerelere oranla ısı korunum ve güneş kontrol performansları yüksek çıkmaktadır.

- Güneş kontrolü açısından, en yüksek performansı seçici-geçirgen yüzey kaplaması içeren örnek göstermektedir. Bunun nedeni bu kaplamanın güneşin ısı etkiye sahip ışınlamını yansıtma katsayısının yüksek olmasıdır. Bu örneğin diğer bir avantajı ise yüksek güneş kontrolü sağlayan, renkli ve reflektif kaplama camlı örneklerle oranla güneşin görülebilir ışınlamını geçirmesi ve böylece yeterli günışığı sağlayabilmesidir.
- Tek tabaka camlı örneklerde, ısı korunumu açısından, seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanılan örnek, low-e kaplama kullanılan örneğe oranla %3 daha iyi, kaplamasız float cama oranla %31 daha iyi performans gösterir. Isı korunumu açısından en yüksek performansı göstermesinin nedeni en düşük emissivite değerine sahip olmasıdır. Düşük emissivite değeri, düşük ısı geçirgenlik katsayısı demektir.
- Güneş kontrolü açısından en yüksek performansı seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekten sonra sırasıyla mavi reflektif, yeşil reflektif, renksiz reflektif, mavi renkli, yeşil renkli ve low-e kaplama camlardan oluşturulan pencereler gösterir. Renkli mavi cam üzerine uygulanmış bir reflektif kaplama, renksiz cam üzerine uygulanmış bir reflektif kaplamalı örneğe oranla %18, mavi renkli camlı örneğe oranla %25 daha iyi performans gösterir. Mavi renkli camlı örnek, yeşil renkli camlı örneğe oranla %1 daha iyi performans gösterir. Bunun nedeni yeşil renkli camın mavi renkli cama oranla güneş ışınlamı geçirgenliğinin daha yüksek oluşudur. Ancak günışığı performansı açısından, yeşil renkli camın gün ışığı geçirgenliği mavi renkli cama oranla daha yüksek olduğundan daha avantajlıdır.
- Low-e kaplama camlı örnek, renksiz ve kaplamasız float camlı örneğe oranla %24 daha iyi güneş kontrolü sağlar. Bunun nedeni low-e kaplama camlı örneğin

güneş ışınımı geçirgenlik katsayısının ve ısı geçirgenlik katsayısının düşük olmasıdır.

- Reflektif kaplama camlı örneklerin güneş ışığı geçirgenlikleri, en yüksek güneş ışığı geçirgenliğine sahip olan seçici-geçirgen yüzey kaplama camlı örneğe oranla %65 daha düşük performans gösterir. Bunun nedeni, reflektif kaplama camlı örneğin güneşin görülebilir ışınımının büyük bir kısmını yansıtmasıdır. Yeşil renkli cam ile low-e kaplama camının güneş ışığı geçirme performansları, reflektiflere oranla sırasıyla %46, %49 daha iyidir.
- #1 numaralı yüzeyde renkli ve reflektif kaplama cam kullanımı diğer bütün yüzeyler benzer seçildiğinde ısı geçirgenlik katsayısını değiştirmemektedir. Isı geçirgenlik katsayısını düşük emissivite değeri etkilemektedir. Renkli ve reflektif kaplamalar düşük emissivite değerine sahip değildir.
- İklim bölgelerimiz için tek tabaka camlı örneklerden sadece PVC ve ahşap çerçeveli seçici-geçirgen yüzey kaplamalı camlı ve low-e kaplamalı camlı örnekler çok iyi olmasa da TS 825'e göre gerekli  $U_{max}$  değerini 1.,2. ve 3. iklim bölgelerimiz için sağladıklarından dolayı önerilebilir.

### 3.2. Çift Tabaka Camlı Pencerelele İlgili Bulgular

- Çift tabaka camlı örnekler, tek tabaka camlı örneklere oranla ısı korunumunda %33, güneş kontrolünde %11 daha iyi performans gösterirler. Camın kalınlığı ve boşluk sayısı artıkaça ısı geçirgenlik katsayı değeri de düşmektedir. Kalınlığın artması güneş ışınımı geçirgenliğinin de azalması demektir. Bu açıdan bakarsak çift tabaka camlı pencerelerin güneş kontrolü açısından tek tabaka camlı örneklere oranla daha düşük performans göstermesi gerekir. Ancak pencerelerin güneş kontrol performanslarını değerlendirebilmek için hesapladığımız solar ısı kazanç katsayısı güneş ışınım geçirgenlik katsayısının yanında, ısı geçirgenlik katsayısı, soğurma katsayısı ve dış yüzeysel ısı transfer katsayı değerlerinde bağlıdır.
- Çift tabaka camlı pencerelerde, ısı korunumu açısından, ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli örneklere oranla, ısı tutuculu alüminyum çerçeveliler %15, ahşap çerçeveliler %26, PVC çerçeveliler %28 daha iyi performans gösterir. Bunun

nedeni PVC ve ahşap çerçevenin düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip olmasıdır. Güneş kontrolü açısından ısı tutuculu ve tutucusuz örnekler benzer performans, ahşap ve PVC çerçeveler ise bunlardan %5 daha iyi performans gösterir.

- Standart, kaplamasız, hava dolgulu bir çift tabaka camlı örnekte, ısı korunumu açısından, cam tabakaları arası hava yerine argon gazıyla doldurulursa, %1, kripton gazıyla doldurulursa %3'lük bir performans artışı gözlenir. Low-e kaplamalı bir örnek için karşılaştırma yapılacak olursa, bu kez hava yerine argon gazı %4'lük, kripton gazı %7'lik, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı bir örnekler karşılaştırma yapılacak olursa, hava yerine argon gazı %4'lük, kripton gazı %5'lik bir performans artışı gösterir. Güneş kontrolünde argon ve kripton dolgulu örnekler benzer performans göstermekte, hava dolgulu örnekler ise %1 daha iyi performans göstermektedir. Bu performanslardaki değişimin nedeni gazları sahip oldukları ısı iletkenlik değerleridir. En yüksek ısı iletkenlik değerine sırayla hava, argon ve kripton gazları sahiptir. Isıl iletkenlik azaldıkça ısı korunum performansı artmaktadır.
- #3 numaralı yüzeyinde low-e kaplama cam bulunan, hava dolgulu örnek, kaplamasız çift tabakalı, hava dolgulu örneğe oranla ısı korunumu açısından %10 daha iyi performans gösterir. Bunun nedeni low-e kaplamanın sahip olduğu düşük emissivite değeridir. Emissivite değeri yüksek olan kaplamalar yüksek oranlarda ısı yayarlar, düşük olan kaplamalar ise ısıyı kaynağına geri yansıtırlar.
- #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması bulunan, hava dolgulu örnek, kaplamasız çift tabakalı, hava dolgulu örneğe oranla ısı korunumu açısından %14 daha iyi performans gösterir. Bunun nedeni seçici-geçirgen yüzey kaplamasının sahip olduğu düşük emissivite değeridir. Emissivite değeri yüksek olan kaplamalar yüksek oranlarda ısı yayarlar, düşük olan kaplamalar ise ısıyı kaynağına geri yansıtırlar. İncelenen seçici-geçirgen yüzey kaplamasının emissivite değeri, low-e kaplamanıkinden daha düşük olduğu için low-e kaplamalı örneklerden daha iyi ısı korunum performansı gösterirler.
- Seçici-geçirgen yüzey kaplamasının #2 numaralı yüzey yerine #4 numaralı yüzeyde kullanılması ısı korunumu açısından performansını %14 düşürür. Bu düşüşün nedeni seçici-geçirgen yüzey kaplamasının kısa ve uzundalga ışınımını geri yansıtabilmesi için dış kesime yerleştirilmesi gerekliliğindedir.

Bu kaplamanın #1 numaralı yüzeye yerleştirilmemesinin sebebi ise kaplamanın dış hava koşullarından dolayı etkilenmesini ve zarar görmesini engellemektir.

- Çift tabaka camlı örneklerde, cam tabakaları arasındaki boşlukta ısı aynası kullanımı, ısı korunumunu, standart kaplamasız hava dolgulu çift tabaka camlı örneğe oranla %10 artırmaktadır. Ayrıca güneş kontrolü açısından da performansı %65 artırmaktadır. Bunun nedeni ısı aynasının, güneşin ısı etkisine sahip ışınımına karşı opak özellik, görülebilir ışınımına karşı ise şeffaf özellik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla ısı aynası daha çok güneş kontrolüne yönelik olsa da sahip olduğu düşük U değerinden dolayı ısı korunumu da sağlamaktadır.
- Çift tabaka camlı örneklerde, ısı aynasının, low-e kaplama cam ile kullanılması ısı korunum performansında sadece %2'lik bir artış sağlarken, güneş kontrol performansını %3 düşürür.
- #1 numaralı yüzeyde renkli ve reflektif kaplama cam kullanımı diğer bütün yüzeyler benzer seçildiğinde ısı geçirgenlik katsayısını değiştirmemektedir.
- Güneş kontrolünde en yüksek performansı ısı aynalı örnekler göstermektedir. Mavi reflektif kaplama camlı örnek, ısı aynalı örneğe göre %18, yeşil reflektif kaplamalı örnek %17 daha düşük performans göstermektedirler.
- #3 numaralı yüzeyde low-e kaplama kullanımı, #1 numaralı yüzeyinde renkli veya reflektif kaplama bulunan örneklerin güneş kontrol performansı %1 oranında düşürmektedir.
- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler, güneş kontrolü açısından, tek tabaka camlı örneklerde en yüksek performansı gösterirken, çift tabaka camlı örneklerde ısı aynalı, mavi ve yeşil reflektif kaplamalı örneklerden sonra en iyi performansı göstermektedirler.
- İklim bölgelerimiz için, ısı aynalı ve seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler gerek ısı gerekse güneş kontrolü açısından iyi sonuç vermekte, ancak ısı aynalı örnekler kışın güneşten maksimum yararlanma ihtiyacında olan 3. ve 4. iklim bölgelerimiz gibi soğuk iklimlerde kullanıma uygun değildir.



### 3.3. Üç Tabaka Camlı Pencerelele İlgili Bulgular

- Üç tabaka camlı örnekler, tek tabaka camlı örneklere oranla ısı korunumunda %43, çift tabaka camlı örneklere oranla %10, güneş kontrolünde tek tabaka camlı örneklere oranla %24, çift tabaka camlı örneklere oranla %13 daha iyi performans gösterirler.
- Üç tabaka camlı pencerelerde, ısı korunumu açısından, ısı tutucusuz alüminyum çerçeveli örneklere oranla, ısı tutuculu alüminyum çerçeveliler %15, ahşap çerçeveliler %25, PVC çerçeveliler %27 daha iyi performans gösterir. Bunun nedeni PVC ve ahşap çerçevenin düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip olmasıdır. Güneş kontrolü açısından ısı tutuculu ve tutucusuz örnekler benzer performans, ahşap ve PVC çerçeveler ise bunlardan %5 daha iyi performans gösterir.
- Standart, kaplamasız, hava dolgulu bir üç tabaka camlı örnekte, ısı korunumu açısından, cam tabakaları arası hava yerine argon gazıyla doldurulursa, %2, kripton gazıyla doldurulursa %3'lük bir performans artışı gözlenir. Low-e kaplamalı bir örnek için karşılaştırma yapılacak olursa, bu kez hava yerine argon gazı %2'lük, kripton gazı %4'lük, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı bir örnekle karşılaştırma yapılacak olursa, hava yerine argon gazı %2'lük, kripton gazı %5'lik bir performans artışı gösterir. Güneş kontrolünde argon ve kripton dolgulu örnekler benzer performans göstermekte, hava dolgulu örnekler ise %1 daha iyi performans göstermektedir.
- #3 numaralı veya #5 numaralı yüzeylerinde low-e kaplama kullanılan örnekler ısı korunumu açısından benzer performans göstermektedirler. Yani low-e kaplamanın konumu ısı korunum ve güneş kontrol performanslarını etkilememektedir.
- #3 numaralı veya #5 numaralı yüzeylerinde low-e kaplama kullanılan, cam tabakaları arası hava dolgulu örnekler, standart hava dolgulu, kaplamasız üç tabaka camlı örnekten ısı korunum açısından %6 daha iyi performans gösterir. Güneş kontrolünde ise %2 daha iyi performans gösterirler.
- #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması bulunan, hava dolgulu üç tabaka camlı örnek, #5 numaralı yüzeyinde low-e kaplama bulunan örnekten

ısı korunumu açısından %3 daha iyi, güneş kontrolünde ise %31 daha iyi performans gösterir.

- Üç tabaka camlı pencerelerde, seçici-geçirgen kaplamalı camın #2 veya #4 numaralı yüzeylerde kullanılması, şayet her iki örnekte hava dolguluyorsa, ısı korunum performansını değiştirmemekte, güneş kontrol performansını ise %2 düşürmektedir.
- Argon ve kripton dolgulu, kaplamasız, üç tabaka camlı örnekler benzer güneş kontrol performansı gösterirken, hava dolgulu örnek %1 daha yüksek performans gösterir.
- En yüksek güneş kontrol performansını mavi reflektif kaplama camlı, hava dolgulu, örnek göstermektedir. Şayet bu örnekte #5 numaralı yüzeyde low-e kaplama kullanılırsa %1 performans düşüşü gözlenir. Mavi reflektif kaplamalı, hava dolgulu örnekten sonra, yeşil reflektif kaplamalı örnek %1 daha düşük performansla en iyi 2. performansı gösterir. Şayet yeşil reflektif kaplamalı, hava dolgulu örneğin #5 numaralı yüzeyine low-e kaplama uygulanırsa performansında %2'lik bir düşüş gerçekleşir.
- Mavi ve yeşil reflektif camlı örneklerden sonra en iyi güneş kontrol performansını seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örnekler göstermektedir. #2 numaralı yüzeyinde seçici-geçirgen yüzey kaplaması kullanılan, hava dolgulu bir örnek, mavi reflektif kaplamalı örneğe oranla %4, yeşil reflektif kaplamalı örneğe oranla %3 daha düşük performans gösterir.
- Üç tabaka camlı pencerelerde, #3 numaralı veya #5 numaralı yüzeyde low-e kaplama kullanılmış, hava dolgulu örnekler, kaplamasız, hava dolgulu, renksiz camlı bir örneğe oranla %2 daha iyi güneş kontrolü sağlar.
- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örneklerden sonra sırasıyla güneş kontrolü açısından en iyi performansı, renksiz reflektif kaplama camlı, mavi renkli, yeşil renkli camlı örnekler göstermektedirler.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı iklim koşullarında, farklı pencere seçeneklerinin enerji etkinliklerini karşılaştırabilmek için gerekli sayısal verileri sağlayan bir bilgisayar programı geliştirilerek, tasarımcıya binanın ısıtma-soğutma yükünü azaltacak en uygun pencere seçeneğini belirlemede yol gösterilmiştir. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar aşağıda açıklanmıştır;

- Lisanslı Borland Delphi 7.0 Enterprise Edition programlama dili kullanılarak, tasarımcıya seçtiği, farklı tür pencere bileşenlerinden oluşan pencerelerin, illere, aylara ve yönlere göre enerji etkinlik performanslarını değerlendirebilmesi için gerekli verileri sağlayan, İngilizce ve Türkçe olmak üzere iki dil seçenekli, Win-Energy 1.0 programı geliştirildi. Bu programlama dilinin temeli Pascal dilidir. Özellikle nesne yönelimli programlama anlayışıyla yapılandırılmış Turbo Pascal dilinin görsel sürümü denilebilir. Nesne, sınıf, kalıtım, fonksiyon, aşırı yükleme (overloading) gibi temel nyp tekniklerini ve daha fazlasını içeren güçlü ve esnek bir programlama dilidir.
- Win-Energy 1.0 programının veritabanı microsoft access'de oluşturuldu. Program içerisinde, cam kütüphanesi, çerçeve kütüphanesi, gaz kütüphanesi, gölgeleyici kütüphanesi, kayıt kütüphanesi ve iklimsel verilerin yer aldığı toplam altı adet veritabanı tablosu yer almaktadır. Pencere bileşenlerine ait hesaplamalarda gerekli olan termofiziksel-optik ve boyutsal özellikler, Bölüm 2.2.'de verilen ulusal ve uluslar arası standartlardan, Lawrence Berkeley Laboratuvarları, California Üniversitesi, tarafından geliştirilen Windows programının veritabanından ve çeşitli üretici firmaların internet sayfalarından, iklimsel veriler ise Türkiye Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden elde edilen 1996-2006 yılları arası, illere göre, dış hava sıcaklığı, güneş ışınım şiddeti ve rüzgar hızı değerlerinin aylara göre ortalamaları alınarak veritabanı oluşturuldu.
- Win-Energy 1.0 programının veritabanında kullanıcıya sunulmak üzere farklı termofiziksel-optik ve boyutsal özelliklere sahip, üretici firması ve ürün ismi ile birlikte, toplam 2026 adet cam bileşeni, toplam 5 adet çerçeve bileşeni, toplam 7 adet kayıt bileşeni, toplam 7 adet gölgeleyici bileşeni ve toplam 5 adet gaz bulunmaktadır.

- Win-Energy 1.0 programının, pencerelerin ısı performans kriterlerini, güneş ışınımına ve sıcaklık farkına bağlı anlık ısı transfer miktarlarını ve binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisini hesaplayabilmesi için bölüm 2.2’de ayrıntılı olarak verilen literatürden, ulusal ve uluslar arası standartlardaki hesaplama yöntemlerinden ve ampirik bağıntılardan yararlanıldı.
- Tasarımcıya, Win-Energy 1.0 programından, seçtiği farklı türde pencere bileşenlerinden oluşturduğu pencereye ait, elde ettiği sonuçları, iklim bölgelerine göre enerji etkinliği açısından nasıl değerlendireceği aşamalı olarak tek, çift ve üç tabaka camlı pencereler için açıklandı ve bu konuda çalışacak insanlara yol gösterildi.
- Pencerelerden gerçekleşen anlık, sıcaklığa bağlı ve güneş ışınımına bağlı olarak gerçekleşen ısı transfer miktarları hesaplanarak, yaz-kış koşullarında pencerelerin performanslarının tartışılmasına olanak tanındı.
- Tek, çift ve üç tabaka camlı pencereler, referans bina modeli üzerinde kullanılarak, bunların binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi sıcak ve soğuk iklim bölgelerine göre analiz edildi. Çıkan sonuçlardan, tek tabaka camlı alternatifin çift ve üç tabakalı alternatifine oranla ısıtma enerjisi ihtiyacını artırdığını, üç tabaka camlı uygulamanın ise hem sıcak hem de soğuk iklim bölgelerimizde ısıtma enerjisi ihtiyacını gözle görünür bir şekilde azalttığı gözlemlendi.
- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı ve ısı yansıtıcı örneklerin, düşük U ve SHGC değerlerine sahip olmasından dolayı, yazın aşırı ısı kazançlarını, kışın ısı kayıplarını engellediği için 1. ve 2. iklim bölgelerimizde yüksek performans gösterdiler, 3. ve 4. iklim bölgelerimiz gibi soğuk iklim bölgelerinde ise kış güneşinden maksimum yararlanmayı engellediklerinden ısı yansıtıcı örnekler önerilmedi, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı örneklerin ise 1. ve 2. iklim bölgelerine oranla performans sıralamasındaki yeri daha aşağılara indi.
- Ofis yapılarında kullanılacak enerji etkin pencereler, tüm iklim bölgelerimiz için, çift ve üç tabaka camlı örnekler arasında en yüksek güneş kontrolüne sahip renkli reflektif kaplamalı, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı, renkli camlardan oluşturulan örnekler olarak belirlendi. Ancak çıkan sonuçlardan reflektif kaplamalı camların çok düşük günışığı geçirgenliğine sahip olduğu görüldü, yapay aydınlatma ihtiyacını ve dolaylı olarak elektrik enerjisi ihtiyacını artıracak

için enerji etkin pencere türü olarak değerlendirmeye alınmadı. Ofis yapılarında ısı yansıtıcı, seçici-geçirgen yüzey kaplamalı ve renkli camlı, düşük U değerli örneklerin kullanılması enerji etkinliği açısından faydalı görüldü.

- Kripton, argon dolgulu low-e kaplamalı camlar 3. ve 4. iklim bölgelerimiz için enerji etkin olarak kullanıma uygundur. Çünkü bu örnekler hem düşük U değerlerinden dolayı kışın ısı kayıplarını önleyici, hem de yüksek SHGC değerinden dolayı kış güneşinden maksimum yararlanma özelliği taşımaktadırlar.
- Kaplamasız hava dolgulu çift tabaka camlı örnekler 3. ve 4. iklim bölgelerimizde, olması gereken  $U_{max}$  değerini karşılayamadıklarından, ısı korunumu açısından yeterli performans göstermemektedirler. Bu üniteler, hava yerine argon veya kripton gazıyla doldurulursa veya low-e kaplama ile kullanılırsa performanslarında gözle görülür bir artış gerçekleşmektedir.

Yapılan çalışmadan bulunan sonuçlar, enerji etkin pencere kullanımının enerji tasarrufundaki öneminin anlaşılmasına ışık tutacak ve insanlara bulunulan yerin iklimine uygun enerji etkin pencere seçiminde yol gösterecektir.

## 5. ÖNERİLER

Tez çalışması sonuçlarına dayanarak bu bölümde enerji etkin pencereler üzerine çalışmak isteyen araştırmacılara bir takım önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Çalışmada kullanılan camlar 6mm, çift ve üç katmanlı camlar arası boşluklar ise 12mm olarak seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Cam kalınlıkları ve cam tabakaları arasındaki boşluk genişlikleri değiştirilerek, bunların pencerelerin ısı performans kriterlerine etkisi araştırılabilir. Böyle bir çalışma sonunda hangi kalınlıkta camın hangi iklim bölgesi için uygun olduğu sonucuna, TS 825'te iklim bölgelerimiz için belirlenen  $U_{max}$  değerlerine göre, varılabilir.
- Çalışmada incelenen pencerelerde gölgeleyici eleman kullanılmamıştır, pencerelerde dış, iç ve cam tabakaları arasında gölgeleyici eleman kullanılarak bunların pencerelerin ısı performans kriterlerine etkisi analiz edilebilir, ne oranda pencerelerin enerji etkinliğini arttırdığı tartışılabilir.
- Çalışmada kullanılan pencereler kayıtsız, sabit ve açılabilir pencerelerle sınırlandırılmıştır. Farklı bir çalışmada dikey ve yatay kayıtların ve sayısının pencerelerin ısı performansına katkısı incelenebilir. Böylece, opak yüzey alan artışının pencerenin ısı performans kriterlerine etkisi analiz edilebilir.
- Çalışmada kullanılan pencere sistemleri tek pencere ile sınırlandırılmıştır. Benzer bir çalışma çift ve ikiz pencere sistemleri içinde gerçekleştirilebilir. Bu sayede ISO 15099 standardında belirtilen pencere sistemlerinin birbirlerine göre enerji etkinliği tartışılabilir, iklim bölgelerine göre uygunlukları analiz edilebilir.
- Çalışmada pencerelerin ısı performans kriterleri hesaplanırken güneş ışınımının  $90^{\circ}$ lik açıyla geldiği varsayılmıştır. Güneşin geliş açısı değiştirilerek hesaplamalar yapılabilir. Bu sayede güneş ışınımının geliş açısının pencerelerin ısı performans kriterlerine etkisi incelenebilir.
- Farklı bir çalışmada, iklim bölgeleri için önerilen enerji etkin pencerelerin, tasarım, yapım ve kullanım sürecindeki maliyetlerine yönelik bir analiz gerçekleştirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Camtaş Düzcam Pazarlama AŞ. Teknik Hizmetler Müdürlüğü, Isıcam'la Yeni Çözümler, İstanbul, 1996.
2. <http://izoder.org.tr/pdfadmin/files/1161249996.pdf>, Yapılarda Pasif Tasarım Yöntemleriyle Yenilenebilir Enerji Kullanımı. 8 Haziran 2007.
3. <http://www.e-lindsey.gov.uk/environment/energy-efficiency/heat-loss-from-the-home.cfm>, Energy Efficiency. 14 Nisan 2007.
4. Önen, G. B. ve Arsan, D. Z., A research on Energy Efficient Glass Types for Retrofitting Applications in Turkey, 5th International Conference on Sustainable Energy Technologies, Italy, 2006.
5. Persson, M. L., Windows of Opportunities 'The Glazed Area and its Impact on the Energy Balance of Buildings', Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations, Uppsala University Faculty of Science and Technology, Sweden, 2006.
6. Staib, S. ve Sobek, S. S., Glass Construction Manual, Birkhauser – Detail Edition, Berlin, 1999.
7. Ayçam, İ., Pencerelerin Isıl Performansının Artırılmasına Yönelik İyileştirme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998.
8. <http://www.trakyacam.com.tr>, Enerjinin Verimli Kullanımı ve Cam. 24 Kasım 2007.
9. <http://www.ozcam.com.tr/isicam.htm>, Isıcam Çeşitleri. 9 Şubat 2006.
10. ASHRAE Handbook Fundamentals Chapter 29 Fenestration, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., USA, 1997.
11. Özdeniz, B. M., Yapı Tasarımı İçin Türkiye İklim Verileri, KTÜ Yayını, Trabzon, 1984.
12. Muneer, T., Abodahab, N., Weir, G. ve Kubie, J., Windows in Buildings, The Architectural Press, London, 2000.
13. <http://www.meteor.gov.tr/2006/ozon/ozon-elektromanyetikspektrum.aspx>, Elektro Manyetik Spektrum. 22 Aralık 2007.
14. Üner, C., Cam Malzemenin İç Mekanda Yatay Bölücü Eleman Olarak Kullanım Şekillerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.

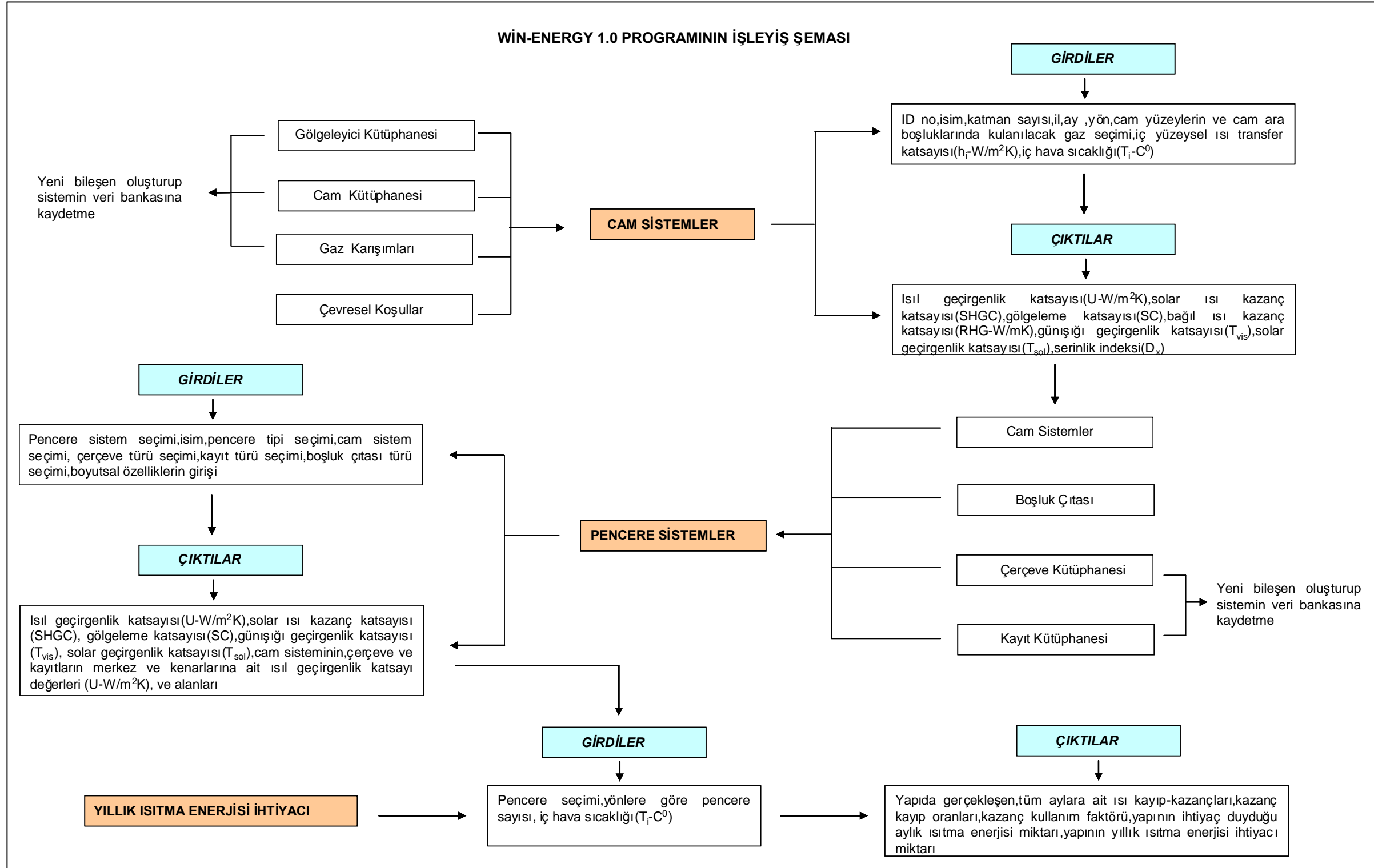
15. TS EN 572-1, Cam Yapılarda Kullanılan-Temel Soda Kireç Silikat Mamuller-Bölüm 2: Yüzdürme (Float Cam), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
16. TS EN 673, Cam Yapılarda Kullanılan Isı Geçirgenliğinin (U Değeri) Tayini – Hesaplama Mmetodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.
17. Schramek, R., E., Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı, Doğa Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 2003.
18. Finlayson, U. E., Arasteh, K. D., Huizenga, C., Rubin, D. M. ve Reilly, S. M., Windows 4.0: Documentation of Calculation Procedures, Lawrence Berkeley Laboratory University of California Energy & Environment Division, California, 1993
19. ISO 15099, Thermal Performance of Windows, doors and shading devices – Detailed calculations, International Standard, Switzerland, 2003.
20. TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1998.
21. Wagner, W., Energy Saving in Structural Glazing Facades, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2005.
22. Amstock, S. J., Handbook of Glass in Construction, McGraw – Hill Press, USA, 1997.
23. Colvin, B. J., Glass in the Building, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 1997.
24. Compagno, A., Intelligent Glass Façades, Birkhauser – Publishers for Architecture, Berlin, 2002.
25. Wiggington, M., Glass in Architecture, Phaidon Pres Limited, Hongkong, 1996.
26. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrolytic-coating>, Pyrolytic Coatings. 28 Kasım 2007.
27. Vries, D. R., Comparing the Energy Performance of Different Glass Coatings- Low Cost Window Retrofit with Pyrolytic Low-e Glass, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2005.
28. Griffith, B., Köhler, C., Goudey, H., Türler, D. ve Arashteh, E. P., Rapid Field Testing of Low-Emittance Coated Glazing for Product Verification, ASHRAE/ DOE/ BTECC Conference, Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings VII, California, 1998.
29. Zıgındere, M., Değişken Geçirgenlikli Camlar ile Oluşturulan Dış Duvar Kuruluşları ve Türkiye'deki Bazı Uygulamaların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2003.
30. Hofmann, T., Antireflective Coating on Glass for Solar Application, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2003.



31. Hofmann, T. ve Kursawe, M., Benefit of Using Antireflective Glazing in Solar and Architectural Applications, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2005.
32. Apte, J., Arasteh, D. ve Huangh, J. Y., Future Advanced Windows for Zero-Energy Homes, ASHRAE Transactions, 109, 2, California, 2006.
33. Arasteh, D., Selkowitz, S. ve Apte, J., Zero Energy Windows, Proceedings of the 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pasific Grove, California, 2006.
34. Arutjunjan, E. R., Markova, S. T., Halopenen, Y. I., Maksimow, K. I., Tutunnikov, I. A. ve Yanush, V. A., Thermochromic Glazing for 'Zero Net Energy' House, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2003.
35. Wilson, R. H., Georg, A. ve Nits, P., Switchable Glazing with a Large Dynamic Range in Total Solar Energy Transmittance (g-value), World Renewable Energy Congress, Brighton, United Kingdom, 2000.
36. Lee, S. E. ve Tavid, A., Energy and Visual Comfort Performance of Eletrochoromic Windows with Overhangs, Building and Environment,
37. Wittwer, V., Graf, W. ve Georg, A., Gaschromic Glazing with a large Dynamic Range in Total Solar Energy Transmittance, Proceedings, Glass Processing Days, Tampare, Finland, 2001.
38. TS 11172 EN 410, Cam Yapılarda Kullanılan – Cam Yapı Elemanlarının Işık ve Güneş Işınımı ile İlgili Özelliklerinin Belirlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
39. TS EN ISO 10077 – 1, Pencere, Kapı ve Panjurların Isıl Performansı – Isı İletiminin Hesaplanması- Bölüm 1: Basitleştirilmiş Metot, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
40. ISO 9050, Glass in building – Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors, International Standard, Switzerland, 2003.
41. <http://www.torpil.com/.../cografya/dhareketleri>, Dünya Hareketleri. 2 Ocak 2007.

## EKLER

## Ek 1.



Win-Energy 1.0 programının işleyiş şeması

## EK 2

## Kullanılacak Farklı Tür Tek Camların Termofiziksel-Optik ve Boyutsal Özellikleri

Termofiziksel-optik ve boyutsal özellikleri	Performans incelemesinde kullanılacak cam türleri ve filmler									
	<sup>1</sup> Düz cam (Float cam)	Renkli(Isı emici)cam		Reflektif cam			Low-e Cam		<sup>9</sup> Seçici-geçirgen Yüzey kaplamalı cam	<sup>10</sup> Isı aynası (Heat Mirror)
		<sup>2</sup> Mavi renkli cam	<sup>3</sup> Yeşil renkli cam	<sup>4</sup> Renksiz reflektif cam	<sup>5</sup> Mavi reflektif cam	<sup>6</sup> Yeşil reflektif cam	<sup>7</sup> Sert(prolitic) Kaplamalı Low-e cam	<sup>8</sup> Yumuşak (soft) Kaplamalı Low-e cam		
Kalınlık- d (mm)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0,076
Güneş ışınımı toplam geçirgenlik katsayısı - $T_{sol}$	0,780	0,420	0,430	0,430	0,210	0,220	0,574	0,662	0,281	0,103
Gelen radyasyon yönünde toplam güneş ışınımı yansıtma katsayısı - $R_{sol1}$	0,070	0,050	0,050	0,360	0,270	0,250	0,177	0,113	0,513	0,832
Gelen radyasyona zıt yönde toplam güneş ışınımı yansıtma katsayısı - $R_{sol2}$	0,070	0,050	0,050	0,280	0,100	0,100	0,258	0,100	0,562	0,811
Görülebilir ışınım geçirgenlik katsayısı - $T_{vis}$	0,880	0,550	0,720	0,340	0,230	0,320	0,852	0,819	0,720	0,218
Gelen radyasyon yönünde görülebilir ışınım yansıtma katsayısı - $R_{vis1}$	0,080	0,060	0,070	0,500	0,330	0,330	0,065	0,108	0,077	0,705
Gelen radyasyona zıt yönde görülebilir ışınım yansıtma katsayısı - $R_{vis2}$	0,080	0,060	0,070	0,430	0,140	0,190	0,061	0,102	0,059	0,724
Gelen radyasyon yönünde emissivite(yayınım) değeri - $emis_1$	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,840	0,152	0,841	0,019
Gelen radyasyona zıt yönde emissivite(yayınım) değeri - $emis_2$	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,088	0,840	0,018	0,755
Isıl iletkenliği - $\lambda$ (W/mK)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,140

<sup>1</sup>Şişecam – Float cam<sup>2</sup>Şişecam- HELIO® Mavi<sup>3</sup>Şişecam- HELIO® Yeşil<sup>4</sup>Şişecam- AURA REFLEKTA<sup>5</sup>Şişecam- TENTESOL® Mavi<sup>6</sup>Şişecam- TENTESOL® Yeşil<sup>7</sup>Viracon – LowE on Clear<sup>8</sup>Pilkington North America - Energy Advantage Low-E<sup>9</sup>PPG Industries – Solarban® 70XL on Starphire®<sup>10</sup>Southwall Technologies,Inc – Heat Mirror 22 Suspended Film

## Ek 3

İzmir iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür tek tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

TEK TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
T1-Float Cam		6,177	6,312	0,813	0,810	0,934	0,931	0,942	0,945
T2-Mavi Renkli Cam		6,177	6,312	0,535	0,526	0,615	0,605	0,894	0,909
T3-Yeşil Renkli Cam		6,177	6,312	0,543	0,534	0,624	0,614	1,153	1,172
T4-Renksiz Reflektif Cam		6,177	6,312	0,476	0,472	0,547	0,543	0,622	0,626
T5-Mavi Reflektif Cam		6,177	6,312	0,323	0,314	0,372	0,361	0,619	0,636
T6-Yeşil Reflektif Cam		6,177	6,312	0,335	0,326	0,386	0,375	0,830	0,853
T7-Sert(prolitic) Low-e Cam		3,452	3,494	0,604	0,602	0,695	0,692	1,226	1,232
T8-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		3,206	3,242	0,304	0,302	0,350	0,347	2,058	2,072
TEK TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
PVC çerçeve +	P1- Float Camlı Pencere	5,086	5,192	0,601	0,600	4,084	4,159	0,422	0,421
	P2- Mavi Renkli Camlı Pencere	5,086	5,192	0,396	0,390	4,084	4,159	0,278	0,273
	P3- Yeşil Renkli Camlı Pencere	5,086	5,192	0,402	0,396	4,084	4,159	0,282	0,278
	P4- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	5,086	5,192	0,352	0,349	4,084	4,159	0,247	0,245
	P5- Mavi Reflektif Camlı Pencere	5,086	5,192	0,239	0,233	4,084	4,159	0,168	0,163
	P6- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	5,086	5,192	0,248	0,242	4,084	4,159	0,174	0,170
	P7- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,016	3,047	0,447	0,445	2,626	2,647	0,314	0,312
	* P8- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,835	2,862	0,225	0,224	2,499	2,518	0,158	0,157
Ahşap çerçeve +	P9- Float Camlı Pencere	5,234	5,340	0,601	0,600	4,358	4,433	0,422	0,421
	P10- Mavi Renkli Camlı Pencere	5,234	5,340	0,396	0,390	4,358	4,433	0,278	0,273
	P11- Yeşil Renkli Camlı Pencere	5,234	5,340	0,402	0,396	4,358	4,433	0,282	0,278
	P12- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	5,234	5,340	0,352	0,349	4,358	4,433	0,247	0,245
	P13- Mavi Reflektif Camlı Pencere	5,234	5,340	0,239	0,233	4,358	4,433	0,168	0,163
	P14- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	5,234	5,340	0,248	0,242	4,358	4,433	0,174	0,170
	P15- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,164	3,195	0,447	0,445	2,900	2,921	0,314	0,312
	P16- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,984	3,010	0,225	0,224	2,773	2,792	0,158	0,157
Alüminyum çerçeve +	P17-Float Camlı Pencere	7,246	7,358	0,638	0,636	8,109	8,195	0,484	0,482
	P18- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	5,054	5,086	0,475	0,472	6,441	6,465	0,360	0,358
Isı tutuculu alüminyum çerçeve +	P19-Float Camlı Pencere	6,144	6,257	0,638	0,636	6,040	6,126	0,484	0,482
	P20- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,952	3,985	0,474	0,472	4,371	4,396	0,360	0,358

İzmir iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür çift tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÇİFT TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ç1-Float Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,717	0,715	0,824	0,822	0,946	0,948
Ç2-Float Cam+Argon+Float Cam		2,866	2,895	0,720	0,718	0,827	0,825	0,942	0,945
Ç3- Float Cam+Kripton+Float Cam		2,680	2,705	0,722	0,720	0,830	0,828	0,939	0,941
Ç4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,475	0,469	0,546	0,540	0,891	0,901
Ç5-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,940	1,953	0,483	0,480	0,555	0,551	0,816	0,822
Ç6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,482	0,476	0,554	0,547	1,150	1,164
Ç7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,940	1,953	0,489	0,486	0,562	0,558	1,056	1,064
Ç8-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,454	0,452	0,522	0,519	0,594	0,597
Ç9-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,940	1,953	0,476	0,474	0,547	0,545	0,534	0,536
Ç10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,310	0,305	0,357	0,350	0,574	0,585
Ç11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,940	1,953	0,344	0,340	0,395	0,391	0,484	0,489
Ç12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,038	3,071	0,319	0,313	0,367	0,360	0,779	0,794
Ç13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,940	1,953	0,351	0,347	0,404	0,399	0,663	0,670
Ç14-Float Cam+Hava+Low-e Cam		3,038	3,071	0,698	0,697	0,802	0,801	0,906	0,908
Ç15-Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,606	1,615	0,706	0,705	0,812	0,810	0,895	0,897
Ç16-Float Cam+Kripton+Low-e Cam		1,226	1,231	0,715	0,715	0,822	0,821	0,884	0,885
Ç17-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,593	1,601	0,358	0,357	0,412	0,410	1,546	1,551
Ç18-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		2,991	3,022	0,368	0,366	0,423	0,420	1,507	1,516
Ç19-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam		1,196	1,201	0,363	0,362	0,417	0,416	1,525	1,529
Ç20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam		0,885	0,888	0,367	0,366	0,422	0,421	1,508	1,511
Ç21-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam		1,876	1,888	0,160	0,158	0,183	0,181	1,035	1,047
Ç22-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam		1,651	1,660	0,188	0,186	0,216	0,214	0,835	0,843
ÇİFT TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P21- Float Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,531	0,529	2,414	2,430	0,372	0,371
	P22- Float Cam+Argon+Float Cam	2,588	2,609	0,533	0,531	2,326	2,341	0,374	0,373
	P23- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,453	2,471	0,535	0,533	2,232	2,244	0,375	0,374
	P24-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,352	0,347	2,414	2,430	0,247	0,244
	P25-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,358	0,355	1,862	1,869	0,251	0,249
	P26-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,357	0,353	2,414	2,430	0,250	0,247
	P27-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,362	0,359	1,862	1,869	0,254	0,252
	P28-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,336	0,334	2,414	2,430	0,236	0,234
	P29-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,352	0,351	1,862	1,869	0,247	0,246
	P30-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,230	0,225	2,414	2,430	0,161	0,158
	P31-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,254	0,252	1,862	1,869	0,178	0,177
	P32-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,713	2,737	0,236	0,232	2,414	2,430	0,166	0,163

	P33-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,260	0,257	1,862	1,869	0,182	0,180
	P34-Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,923	1,932	0,517	0,516	1,862	1,869	0,362	0,362
	P35-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,687	1,693	0,523	0,522	1,698	1,702	0,367	0,366
	P36-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,421	1,425	0,530	0,529	1,513	1,516	0,372	0,371
	P37-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,678	1,684	0,265	0,264	1,692	1,696	0,186	0,185
	P38-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,679	2,702	0,272	0,271	2,389	2,405	0,191	0,190
	P39-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,400	1,404	0,269	0,268	1,499	1,501	0,189	0,188
	P40-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,185	1,187	0,272	0,271	1,349	1,351	0,191	0,190
	P41-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	1,878	1,887	0,118	0,117	1,831	1,837	0,083	0,082
	P42-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,719	1,725	0,139	0,138	1,720	1,725	0,098	0,097
Ahşap Çerçeve +	P43- Float Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,531	0,529	2,688	2,704	0,372	0,371
	P44- Float Cam+Argon+Float Cam	2,736	2,757	0,533	0,531	2,600	2,615	0,374	0,373
	P45- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,601	2,619	0,535	0,533	2,506	2,518	0,375	0,374
	P46-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,352	0,347	2,688	2,704	0,247	0,244
	P47-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,358	0,355	2,136	2,143	0,251	0,249
	P48-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,357	0,353	2,688	2,704	0,250	0,247
	P49-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,362	0,359	2,136	2,143	0,254	0,252
	P50-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,336	0,334	2,688	2,704	0,236	0,234
	P51-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,352	0,351	2,136	2,143	0,247	0,246
	P52-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,230	0,225	2,688	2,704	0,161	0,158
	P53-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,254	0,252	2,136	2,143	0,178	0,177
	P54-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,861	2,885	0,236	0,232	2,688	2,704	0,166	0,163
	P55-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,260	0,257	2,136	2,143	0,182	0,180
	P56-Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,071	2,081	0,517	0,516	2,136	2,143	0,362	0,362
	P57-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,835	1,842	0,523	0,522	1,972	1,976	0,367	0,366
	P58-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,569	1,573	0,530	0,529	1,787	1,790	0,372	0,371
	P59-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,826	1,832	0,265	0,264	1,966	1,970	0,186	0,185
	P60-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,827	2,850	0,272	0,271	2,663	2,679	0,191	0,190
	P61-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,548	1,552	0,269	0,268	1,773	1,775	0,189	0,188
	P62-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,333	1,335	0,272	0,271	1,623	1,625	0,191	0,190
P63-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	2,026	2,035	0,118	0,117	2,105	2,111	0,083	0,082	
P64-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,867	1,874	0,139	0,138	1,994	1,999	0,098	0,097	
Alüminyum Çerçeve+	P65- Float Cam+Hava+Float Cam	4,732	4,757	0,563	0,561	6,197	6,216	0,427	0,426
	P66- Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,894	3,904	0,548	0,547	5,564	5,572	0,415	0,415
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve+	P67- Float Cam+Hava+Float Cam	3,631	3,656	0,563	0,561	4,128	4,147	0,427	0,426
	P68- Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,793	2,803	0,548	0,547	3,495	3,502	0,415	0,415

İzmir iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÜÇ TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ü1-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,610	0,608	0,701	0,699	0,989	0,993
Ü2-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		1,866	1,878	0,612	0,610	0,703	0,701	0,987	0,990
Ü3-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		1,711	1,721	0,613	0,611	0,705	0,703	0,984	0,987
Ü4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,415	0,410	0,477	0,471	0,907	0,918
Ü5-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,417	0,413	0,479	0,475	0,842	0,849
Ü6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,420	0,415	0,483	0,478	1,174	1,187
Ü7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,422	0,418	0,485	0,481	1,092	1,101
Ü8-Renssiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,405	0,403	0,466	0,463	0,606	0,610
Ü9-Renssiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,413	0,411	0,475	0,473	0,560	0,563
Ü10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,286	0,281	0,328	0,323	0,557	0,566
Ü11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,307	0,304	0,353	0,349	0,484	0,490
Ü12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,015	2,029	0,292	0,288	0,336	0,331	0,763	0,775
Ü13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,313	0,310	0,360	0,356	0,667	0,675
Ü14-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,465	1,472	0,587	0,585	0,675	0,673	0,960	0,963
Ü15-Float Cam+Hava+Low-e Cam+Hava+Float Cam		1,452	1,460	0,587	0,585	0,674	0,672	0,960	0,963
Ü16-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,235	1,240	0,593	0,591	0,681	0,680	0,952	0,953
Ü17-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam		0,974	0,977	0,600	0,599	0,690	0,688	0,940	0,941
Ü18-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,258	1,263	0,323	0,321	0,371	0,369	1,523	1,531
Ü19-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,249	1,254	0,336	0,335	0,386	0,385	1,463	1,470
Ü20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,019	1,022	0,330	0,328	0,379	0,377	1,393	1,400
Ü21-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		0,977	0,981	0,325	0,324	0,374	0,373	1,512	1,518
Ü22-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		0,639	0,640	0,328	0,327	0,377	0,376	1,500	1,503
ÜÇ TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P69-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,452	0,450	1,899	1,906	0,317	0,316
	P70-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,871	1,880	0,453	0,451	1,826	1,832	0,318	0,317
	P71-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,761	1,769	0,454	0,452	1,750	1,755	0,318	0,317
	P72-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,307	0,303	1,899	1,906	0,215	0,213
	P73-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,309	0,306	1,629	1,633	0,217	0,215
	P74-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,311	0,307	1,899	1,906	0,218	0,216
	P75-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,312	0,310	1,629	1,633	0,219	0,217
	P76-Renssiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,300	0,298	1,899	1,906	0,210	0,209
	P77-Renssiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,306	0,304	1,629	1,633	0,215	0,214
	P78-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,211	0,208	1,899	1,906	0,148	0,146
	P79-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,227	0,225	1,629	1,633	0,160	0,158
P80-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,976	1,986	0,216	0,213	1,899	1,906	0,152	0,149	

PVC Çerçeve +	P81-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,232	0,229	1,629	1,633	0,163	0,161
	P82-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,588	1,593	0,435	0,433	1,629	1,633	0,305	0,304
	P83-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,580	1,585	0,434	0,433	1,623	1,627	0,305	0,304
	P84-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,427	1,431	0,439	0,438	1,518	1,520	0,308	0,307
	P85-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,246	1,248	0,444	0,443	1,392	1,393	0,312	0,311
	P86-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,443	1,447	0,239	0,238	1,529	1,531	0,168	0,167
	P87-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,437	1,441	0,249	0,248	1,524	1,527	0,175	0,174
	P88- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,277	1,280	0,244	0,243	1,413	1,415	0,171	0,170
	P89-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,248	1,251	0,241	0,240	1,393	1,395	0,169	0,168
	P90-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,015	1,016	0,243	0,242	1,232	1,232	0,170	0,170
Ahşap Çerçeve +	P91-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,452	0,450	2,173	2,180	0,317	0,316
	P92-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	2,019	2,028	0,453	0,451	2,100	2,106	0,318	0,317
	P93- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,909	1,917	0,454	0,452	2,024	2,029	0,318	0,317
	P94-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,307	0,303	2,173	2,180	0,215	0,213
	P95-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,309	0,306	1,903	1,907	0,217	0,215
	P96-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,311	0,307	2,173	2,180	0,218	0,216
	P97-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,312	0,310	1,903	1,907	0,219	0,217
	P98-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,300	0,298	2,173	2,180	0,210	0,209
	P99-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,306	0,304	1,903	1,907	0,215	0,214
	P100-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,211	0,208	2,173	2,180	0,148	0,146
	P101-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,227	0,225	1,903	1,907	0,160	0,158
	P102-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,124	2,134	0,216	0,213	2,173	2,180	0,152	0,149
P103-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,232	0,229	1,903	1,907	0,163	0,161	
P104-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,736	1,741	0,435	0,433	1,903	1,907	0,305	0,304	
P105-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,728	1,733	0,434	0,433	1,897	1,901	0,305	0,304	
P106-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,576	1,579	0,439	0,438	1,792	1,794	0,308	0,307	
P107-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,394	1,396	0,444	0,443	1,666	1,667	0,312	0,311	
P108-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,591	1,595	0,239	0,238	1,803	1,805	0,168	0,167	
P109-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,585	1,589	0,249	0,248	1,798	1,801	0,175	0,174	
P110- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,425	1,428	0,244	0,243	1,687	1,689	0,171	0,170	
P111-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,397	1,399	0,241	0,240	1,667	1,669	0,169	0,168	
P112-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,163	1,164	0,243	0,242	1,506	1,506	0,170	0,170	
Alüminyum Çerçeve +	P113-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	3,951	3,962	0,479	0,477	5,607	5,615	0,363	0,362
	P114-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,539	3,544	0,461	0,459	5,296	5,300	0,350	0,348
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve +	P115-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,849	2,860	0,479	0,477	3,537	3,546	0,363	0,362
	P116-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,437	2,443	0,461	0,459	3,227	3,231	0,349	0,348



Trabzon iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür tek tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

TEK TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
T1-Float Cam		6,085	6,185	0,814	0,813	0,936	0,934	0,940	0,942
T2-Mavi Renkli Cam		6,085	6,185	0,542	0,535	0,623	0,615	0,883	0,895
T3-Yeşil Renkli Cam		6,085	6,185	0,549	0,543	0,631	0,624	1,140	1,154
T4-Renksiz Reflektif Cam		6,085	6,185	0,478	0,476	0,550	0,547	0,619	0,622
T5-Mavi Reflektif Cam		6,085	6,185	0,329	0,323	0,379	0,371	0,608	0,620
T6-Yeşil Reflektif Cam		6,085	6,185	0,342	0,335	0,393	0,385	0,815	0,831
T7-Sert(prolitic) Low-e Cam		3,423	3,455	0,606	0,604	0,697	0,694	1,223	1,227
T8-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		3,181	3,208	0,306	0,304	0,351	0,350	2,048	2,059
TEK TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI -SHGC	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
PVC çerçeve +	P1- Float Camlı Pencere	5,014	5,092	0,603	0,601	4,033	4,089	0,423	0,422
	P2- Mavi Renkli Camlı Pencere	5,014	5,092	0,401	0,396	4,033	4,089	0,281	0,278
	P3- Yeşil Renkli Camlı Pencere	5,014	5,092	0,407	0,402	4,033	4,089	0,285	0,282
	P4- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	5,014	5,092	0,354	0,352	4,033	4,089	0,248	0,247
	P5- Mavi Reflektif Camlı Pencere	5,014	5,092	0,244	0,239	4,033	4,089	0,171	0,168
	P6- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	5,014	5,092	0,253	0,248	4,033	4,089	0,177	0,174
	P7- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	2,995	3,018	0,449	0,447	2,611	2,627	0,315	0,314
	P8- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,817	2,837	0,226	0,225	2,486	2,500	0,159	0,158
Ahşap çerçeve +	P9- Float Camlı Pencere	5,162	5,241	0,603	0,601	4,307	4,363	0,423	0,422
	P10- Mavi Renkli Camlı Pencere	5,162	5,241	0,401	0,396	4,307	4,363	0,281	0,278
	P11- Yeşil Renkli Camlı Pencere	5,162	5,241	0,407	0,402	4,307	4,363	0,285	0,282
	P12- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	5,162	5,241	0,354	0,352	4,307	4,363	0,248	0,247
	P13- Mavi Reflektif Camlı Pencere	5,162	5,241	0,244	0,239	4,307	4,363	0,171	0,168
	P14- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	5,162	5,241	0,253	0,248	4,307	4,363	0,177	0,174
	P15- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,143	3,166	0,449	0,447	2,885	2,901	0,315	0,314
	P16- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,965	2,985	0,226	0,225	2,760	2,774	0,159	0,158
Alüminyum çerçeve +	P17-Float Camlı Pencere	7,169	7,253	0,639	0,637	8,051	8,115	0,485	0,484
	P18- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	5,031	5,056	0,476	0,474	6,424	6,442	0,361	0,360
Isı tutuculu alüminyum çerçeve +	P19-Float Camlı Pencere	6,038	6,152	0,639	0,637	5,982	6,045	0,485	0,484
	P20- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,930	3,954	0,476	0,474	4,354	4,373	0,361	0,360

Trabzon iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür çift tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÇİFT TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ç1-Float Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,718	0,717	0,826	0,824	0,944	0,946
Ç2-Float Cam+Argon+Float Cam		2,846	2,868	0,721	0,719	0,829	0,827	0,941	0,943
Ç3- Float Cam+Kripton+Float Cam		2,662	2,681	0,723	0,722	0,832	0,830	0,937	0,939
Ç4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,479	0,475	0,551	0,546	0,883	0,891
Ç5-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,486	0,483	0,558	0,555	0,811	0,816
Ç6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,486	0,481	0,558	0,553	1,141	1,151
Ç7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,492	0,489	0,565	0,562	1,051	1,057
Ç8-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,456	0,454	0,524	0,522	0,591	0,594
Ç9-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,477	0,476	0,548	0,547	0,533	0,534
Ç10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,314	0,310	0,361	0,356	0,567	0,575
Ç11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,346	0,343	0,398	0,395	0,480	0,484
Ç12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam		3,016	3,040	0,323	0,319	0,371	0,366	0,770	0,780
Ç13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,354	0,351	0,407	0,403	0,658	0,663
Ç14-Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,930	1,940	0,699	0,698	0,803	0,802	0,905	0,906
Ç15-Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,599	1,606	0,707	0,706	0,813	0,812	0,894	0,895
Ç16-Float Cam+Kripton+Low-e Cam		1,223	1,227	0,716	0,715	0,823	0,822	0,883	0,884
Ç17-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,586	1,593	0,359	0,358	0,413	0,411	1,542	1,546
Ç18-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		2,969	2,993	0,369	0,368	0,425	0,423	1,500	1,507
Ç19-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam		1,192	1,196	0,364	0,363	0,418	0,417	1,522	1,525
Ç20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam		0,883	0,885	0,367	0,367	0,422	0,422	1,507	1,509
Ç21-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam		1,868	1,877	0,161	0,159	0,185	0,183	1,027	1,036
Ç22-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam		1,644	1,651	0,190	0,188	0,218	0,216	0,829	0,835
ÇİFT TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P21- Float Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,532	0,531	2,402	2,415	0,373	0,372
	P22- Float Cam+Argon+Float Cam	2,573	2,589	0,534	0,532	2,316	2,327	0,374	0,374
	P23- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,440	2,454	0,535	0,534	2,223	2,233	0,376	0,375
	P24-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,355	0,351	2,402	2,415	0,249	0,247
	P25-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,360	0,358	1,858	1,863	0,252	0,251
	P26-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,360	0,356	2,402	2,415	0,252	0,250
	P27-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,364	0,362	1,858	1,863	0,255	0,254
	P28-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,338	0,336	2,402	2,415	0,237	0,236
	P29-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,353	0,352	1,858	1,863	0,248	0,247
	P30-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,232	0,229	2,402	2,415	0,163	0,161
	P31-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,256	0,254	1,858	1,863	0,180	0,178
	P32-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,697	2,715	0,239	0,236	2,402	2,415	0,168	0,166

PVC Çerçeve +	P33-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,262	0,260	1,858	1,863	0,184	0,182
	P34-Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,917	1,924	0,517	0,517	1,858	1,863	0,363	0,362
	P35-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,683	1,688	0,523	0,523	1,695	1,698	0,367	0,367
	P36-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,419	1,422	0,530	0,530	1,512	1,514	0,372	0,372
	P37-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,674	1,678	0,266	0,265	1,689	1,692	0,186	0,186
	P38-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,663	2,680	0,273	0,272	2,378	2,391	0,192	0,191
	P39-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,398	1,400	0,269	0,269	1,497	1,499	0,189	0,189
	P40-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,183	1,185	0,272	0,272	1,348	1,349	0,191	0,191
	P41-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	1,872	1,879	0,119	0,118	1,827	1,831	0,084	0,083
	P42-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,714	1,719	0,140	0,139	1,717	1,720	0,098	0,098
Ahşap Çerçeve +	P43- Float Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,532	0,531	2,676	2,689	0,373	0,372
	P44- Float Cam+Argon+Float Cam	2,722	2,737	0,534	0,532	2,590	2,601	0,374	0,374
	P45- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,588	2,602	0,535	0,534	2,497	2,507	0,376	0,375
	P46-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,355	0,351	2,676	2,689	0,249	0,247
	P47-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,360	0,358	2,132	2,137	0,252	0,251
	P48-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,360	0,356	2,676	2,689	0,252	0,250
	P49-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,364	0,362	2,132	2,137	0,255	0,254
	P50-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,338	0,336	2,676	2,689	0,237	0,236
	P51-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,353	0,352	2,132	2,137	0,248	0,247
	P52-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,232	0,229	2,676	2,689	0,163	0,161
	P53-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,256	0,254	2,132	2,137	0,180	0,178
	P54-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,845	2,863	0,239	0,236	2,676	2,689	0,168	0,166
	P55-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,262	0,260	2,132	2,137	0,184	0,182
	P56-Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,065	2,072	0,517	0,517	2,132	2,137	0,363	0,362
	P57-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,831	1,836	0,523	0,523	1,969	1,972	0,367	0,367
	P58-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,567	1,570	0,530	0,530	1,786	1,788	0,372	0,372
	P59-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,822	1,826	0,266	0,265	1,963	1,966	0,186	0,186
	P60-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,811	2,828	0,273	0,272	2,652	2,665	0,192	0,191
	P61-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,546	1,549	0,269	0,269	1,771	1,773	0,189	0,189
	P62-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,331	1,333	0,272	0,272	1,622	1,623	0,191	0,191
P63-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	2,020	2,027	0,119	0,118	2,101	2,105	0,084	0,083	
P64-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,862	1,867	0,140	0,139	1,991	1,994	0,098	0,098	
Alüminyum Çerçeve+	P65- Float Cam+Hava+Float Cam	4,715	4,734	0,564	0,562	6,184	6,199	0,428	0,427
	P66- Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,887	3,895	0,548	0,548	5,559	5,565	0,416	0,415
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve+	P67- Float Cam+Hava+Float Cam	3,614	3,633	0,564	0,562	4,115	4,129	0,428	0,427
	P68- Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,786	2,794	0,548	0,548	3,490	3,495	0,416	0,415

Trabzon iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÜÇ TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ü1-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,612	0,610	0,703	0,701	0,987	0,990
Ü2-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		1,858	1,867	0,613	0,611	0,705	0,703	0,984	0,987
Ü3-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		1,704	1,712	0,615	0,613	0,706	0,705	0,982	0,984
Ü4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,418	0,414	0,480	0,476	0,900	0,908
Ü5-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,420	0,417	0,482	0,479	0,837	0,843
Ü6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,423	0,420	0,487	0,483	1,165	1,175
Ü7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,424	0,422	0,488	0,485	1,085	1,092
Ü8-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,407	0,405	0,468	0,466	0,603	0,606
Ü9-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,415	0,413	0,477	0,475	0,558	0,560
Ü10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,289	0,285	0,332	0,328	0,551	0,558
Ü11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,310	0,307	0,356	0,353	0,480	0,485
Ü12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		2,005	2,015	0,296	0,292	0,340	0,336	0,754	0,763
Ü13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,316	0,313	0,363	0,360	0,662	0,667
Ü14-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,459	1,465	0,588	0,587	0,676	0,675	0,958	0,960
Ü15-Float Cam+Hava+Low-e Cam+Hava+Float Cam		1,447	1,453	0,588	0,587	0,676	0,674	0,958	0,960
Ü16-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,231	1,235	0,594	0,593	0,683	0,681	0,949	0,951
Ü17-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam		0,972	0,974	0,601	0,600	0,691	0,690	0,938	0,940
Ü18-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,254	1,258	0,324	0,323	0,373	0,371	1,518	1,524
Ü19-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,245	1,249	0,337	0,336	0,388	0,386	1,458	1,463
Ü20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,016	1,019	0,331	0,330	0,380	0,379	1,389	1,394
Ü21-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		0,975	0,978	0,326	0,325	0,375	0,374	1,508	1,513
Ü22-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		0,638	0,639	0,329	0,328	0,378	0,377	1,497	1,500
ÜÇ TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P69-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,453	0,451	1,894	1,900	0,318	0,317
	P70-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,865	1,871	0,454	0,453	1,822	1,826	0,318	0,318
	P71-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,756	1,762	0,455	0,454	1,746	1,750	0,319	0,318
	P72-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,309	0,307	1,894	1,900	0,217	0,215
	P73-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,311	0,309	1,626	1,629	0,218	0,216
	P74-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,313	0,311	1,894	1,900	0,220	0,218
	P75-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,314	0,312	1,626	1,629	0,220	0,219
	P76-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,301	0,300	1,894	1,900	0,211	0,210
	P77-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,307	0,306	1,626	1,629	0,215	0,215
	P78-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,214	0,211	1,894	1,900	0,150	0,148
	P79-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,229	0,227	1,626	1,629	0,161	0,159
P80-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,969	1,977	0,219	0,216	1,894	1,900	0,154	0,152	

PVC Çerçeve +	P81-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,234	0,232	1,626	1,629	0,164	0,163
	P82-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,584	1,588	0,435	0,434	1,626	1,629	0,306	0,305
	P83-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,576	1,580	0,435	0,434	1,621	1,623	0,305	0,305
	P84-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,425	1,428	0,440	0,439	1,516	1,518	0,308	0,308
	P85-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,244	1,246	0,445	0,444	1,391	1,392	0,312	0,312
	P86-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,441	1,443	0,240	0,239	1,527	1,529	0,168	0,168
	P87-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,435	1,437	0,250	0,249	1,523	1,525	0,175	0,175
	P88- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,275	1,277	0,245	0,244	1,412	1,413	0,172	0,171
	P89-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,247	1,249	0,241	0,241	1,392	1,394	0,169	0,169
	P90-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,014	1,015	0,243	0,243	1,231	1,232	0,171	0,170
Ahşap Çerçeve +	P91-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,453	0,451	2,168	2,174	0,318	0,317
	P92-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	2,013	2,020	0,454	0,453	2,096	2,100	0,318	0,318
	P93- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,904	1,910	0,455	0,454	2,020	2,024	0,319	0,318
	P94-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,309	0,307	2,168	2,174	0,217	0,215
	P95-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,311	0,309	1,901	1,903	0,218	0,216
	P96-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,313	0,311	2,168	2,174	0,220	0,218
	P97-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,314	0,312	1,901	1,903	0,220	0,219
	P98-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,301	0,300	2,168	2,174	0,211	0,210
	P99-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,307	0,306	1,901	1,903	0,215	0,215
	P100-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,214	0,211	2,168	2,174	0,150	0,148
	P101-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,229	0,227	1,901	1,903	0,161	0,160
	P102-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,117	2,125	0,219	0,216	2,168	2,175	0,154	0,152
	P103-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,234	0,232	1,901	1,903	0,164	0,163
	P104-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,732	1,736	0,435	0,434	1,901	1,903	0,306	0,305
	P105-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,724	1,728	0,435	0,434	1,895	1,897	0,305	0,305
	P106-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,573	1,576	0,440	0,439	1,790	1,792	0,308	0,308
	P107-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,393	1,394	0,445	0,444	1,665	1,666	0,312	0,312
	P108-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,589	1,592	0,240	0,239	1,801	1,803	0,168	0,168
P109-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,583	1,586	0,250	0,249	1,797	1,799	0,175	0,175	
P110- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,423	1,425	0,245	0,244	1,686	1,687	0,172	0,171	
P111-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,395	1,397	0,241	0,241	1,666	1,668	0,169	0,169	
P112-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,162	1,163	0,243	0,243	1,505	1,506	0,171	0,170	
Alüminyum Çerçeve +	P113-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	3,943	3,952	0,480	0,479	5,601	5,607	0,364	0,363
	P114-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,535	3,539	0,462	0,461	5,293	5,296	0,350	0,349
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve +	P115-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,842	2,850	0,480	0,479	3,532	3,538	0,364	0,363
	P116-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,433	2,438	0,462	0,461	3,224	3,227	0,350	0,349

Ankara iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür tek tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

TEK TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
T1-Float Cam		5,824	6,273	0,819	0,811	0,942	0,932	0,934	0,944
T2-Mavi Renkli Cam		5,824	6,273	0,559	0,529	0,643	0,608	0,856	0,905
T3-Yeşil Renkli Cam		5,824	6,273	0,567	0,537	0,651	0,617	1,106	1,167
T4-Renksiz Reflektif Cam		5,824	6,273	0,485	0,473	0,558	0,544	0,610	0,625
T5-Mavi Reflektif Cam		5,824	6,273	0,347	0,317	0,398	0,364	0,577	0,631
T6-Yeşil Reflektif Cam		5,824	6,273	0,359	0,329	0,413	0,378	0,775	0,846
T7-Sert(prolitic) Low-e Cam		3,339	3,482	0,612	0,602	0,703	0,693	1,212	1,230
T8-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		3,108	3,232	0,310	0,303	0,356	0,348	2,021	2,068
TEK TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
PVC çerçeve +	P1- Float Camlı Pencere	4,810	5,161	0,606	0,600	3,889	4,138	0,426	0,421
	P2- Mavi Renkli Camlı Pencere	4,810	5,161	0,414	0,392	3,889	4,138	0,290	0,275
	P3- Yeşil Renkli Camlı Pencere	4,810	5,161	0,419	0,397	3,889	4,138	0,294	0,279
	P4- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	4,810	5,161	0,359	0,350	3,889	4,138	0,252	0,246
	P5- Mavi Reflektif Camlı Pencere	4,810	5,161	0,256	0,235	3,889	4,138	0,180	0,165
	P6- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	4,810	5,161	0,266	0,244	3,889	4,138	0,187	0,171
	P7- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	2,933	3,038	0,453	0,446	2,567	2,641	0,318	0,313
	P8- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,764	2,854	0,229	0,224	2,449	2,512	0,161	0,157
Ahşap çerçeve +	P9- Float Camlı Pencere	4,958	5,309	0,606	0,600	4,163	4,412	0,426	0,421
	P10- Mavi Renkli Camlı Pencere	4,958	5,309	0,414	0,392	4,163	4,412	0,290	0,275
	P11- Yeşil Renkli Camlı Pencere	4,958	5,309	0,419	0,397	4,163	4,412	0,294	0,279
	P12- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	4,958	5,309	0,359	0,350	4,163	4,412	0,252	0,246
	P13- Mavi Reflektif Camlı Pencere	4,958	5,309	0,257	0,235	4,163	4,412	0,180	0,165
	P14- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	4,958	5,309	0,266	0,244	4,163	4,412	0,187	0,171
	P15- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,081	3,186	0,453	0,446	2,841	2,915	0,318	0,313
	P16- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,912	3,002	0,229	0,224	2,723	2,786	0,161	0,157
Alüminyum çerçeve +	P17-Float Camlı Pencere	6,954	7,326	0,643	0,636	7,886	8,170	0,488	0,483
	P18- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	4,965	5,077	0,480	0,473	6,374	6,458	0,364	0,359
Isı tutuculu alüminyum çerçeve +	P19-Float Camlı Pencere	5,853	6,224	0,643	0,636	5,817	6,101	0,488	0,483
	P20- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,864	3,976	0,480	0,473	4,305	4,389	0,364	0,359

Ankara iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür çift tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÇİFT TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ç1-Float Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,723	0,716	0,831	0,822	0,938	0,948
Ç2-Float Cam+Argon+Float Cam		2,788	2,887	0,725	0,718	0,833	0,825	0,936	0,944
Ç3- Float Cam+Kripton+Float Cam		2,611	2,698	0,727	0,721	0,836	0,829	0,933	0,940
Ç4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,491	0,471	0,564	0,541	0,863	0,898
Ç5-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,494	0,481	0,567	0,552	0,799	0,820
Ç6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,497	0,478	0,571	0,549	1,115	1,160
Ç7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,499	0,487	0,574	0,559	1,035	1,062
Ç8-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,461	0,452	0,530	0,520	0,584	0,596
Ç9-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,480	0,474	0,552	0,545	0,529	0,535
Ç10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,325	0,306	0,374	0,352	0,547	0,582
Ç11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,354	0,341	0,407	0,392	0,470	0,488
Ç12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,950	3,061	0,335	0,315	0,385	0,362	0,743	0,790
Ç13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,361	0,348	0,415	0,400	0,644	0,668
Ç14-Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,903	1,949	0,702	0,697	0,807	0,801	0,901	0,907
Ç15-Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,581	1,612	0,709	0,705	0,815	0,811	0,892	0,896
Ç16-Float Cam+Kripton+Low-e Cam		1,212	1,230	0,718	0,715	0,825	0,822	0,881	0,884
Ç17-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,568	1,599	0,362	0,357	0,416	0,411	1,531	1,550
Ç18-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		2,906	3,013	0,374	0,366	0,430	0,421	1,482	1,513
Ç19-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam		1,182	1,200	0,366	0,362	0,420	0,417	1,514	1,527
Ç20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam		0,878	0,887	0,369	0,366	0,424	0,421	1,501	1,510
Ç21-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam		1,842	1,885	0,165	0,158	0,189	0,182	1,004	1,044
Ç22-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam		1,624	1,657	0,193	0,187	0,222	0,215	0,813	0,840
ÇİFT TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P21- Float Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,535	0,530	2,369	2,425	0,375	0,372
	P22- Float Cam+Argon+Float Cam	2,531	2,603	0,536	0,532	2,286	2,337	0,376	0,373
	P23- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,403	2,466	0,538	0,534	2,197	2,241	0,378	0,374
	P24-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,363	0,349	2,369	2,425	0,255	0,245
	P25-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,365	0,356	1,844	1,867	0,256	0,250
	P26-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,368	0,354	2,369	2,425	0,258	0,248
	P27-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,370	0,360	1,844	1,867	0,259	0,253
	P28-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,341	0,335	2,369	2,425	0,240	0,235
	P29-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,356	0,351	1,844	1,867	0,250	0,246
	P30-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,241	0,227	2,369	2,425	0,169	0,159
	P31-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,262	0,252	1,844	1,867	0,184	0,177
	P32-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,649	2,730	0,248	0,233	2,369	2,425	0,174	0,164

PVC Çerçeve +	P33-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,267	0,258	1,844	1,867	0,188	0,181
	P34-Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,897	1,930	0,519	0,516	1,844	1,867	0,364	0,362
	P35-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,670	1,692	0,525	0,522	1,686	1,701	0,368	0,366
	P36-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,411	1,424	0,531	0,529	1,506	1,515	0,373	0,371
	P37-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,661	1,682	0,268	0,264	1,680	1,695	0,188	0,185
	P38-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,617	2,695	0,277	0,271	2,346	2,401	0,194	0,190
	P39-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,391	1,403	0,271	0,268	1,492	1,500	0,190	0,188
	P40-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,179	1,186	0,273	0,271	1,346	1,350	0,192	0,190
	P41-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	1,854	1,884	0,122	0,117	1,814	1,835	0,085	0,082
	P42-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,700	1,724	0,143	0,138	1,707	1,723	0,100	0,097
Ahşap Çerçeve +	P43- Float Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,535	0,530	2,643	2,699	0,375	0,372
	P44- Float Cam+Argon+Float Cam	2,679	2,751	0,536	0,532	2,560	2,611	0,376	0,373
	P45- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,552	2,614	0,538	0,534	2,471	2,515	0,378	0,374
	P46-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,363	0,349	2,643	2,699	0,255	0,245
	P47-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,365	0,356	2,118	2,141	0,256	0,250
	P48-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,368	0,354	2,643	2,699	0,258	0,248
	P49-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,370	0,360	2,118	2,141	0,259	0,253
	P50-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,341	0,335	2,643	2,699	0,240	0,235
	P51-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,356	0,351	2,118	2,141	0,250	0,246
	P52-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,241	0,227	2,643	2,699	0,169	0,159
	P53-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,262	0,252	2,118	2,141	0,184	0,177
	P54-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,797	2,878	0,248	0,233	2,643	2,699	0,174	0,164
	P55-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,267	0,258	2,118	2,141	0,188	0,181
	P56-Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,045	2,078	0,519	0,516	2,118	2,141	0,364	0,362
	P57-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,818	1,840	0,525	0,522	1,960	1,975	0,368	0,366
	P58-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,559	1,572	0,531	0,529	1,780	1,789	0,373	0,371
	P59-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,809	1,831	0,268	0,264	1,954	1,969	0,188	0,185
	P60-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,765	2,843	0,277	0,271	2,620	2,675	0,194	0,190
P61-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	2,539	1,551	0,271	0,268	1,766	1,774	0,190	0,188	
P62-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,327	1,334	0,273	0,271	1,620	1,624	0,192	0,190	
P63-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	2,002	2,032	0,122	0,117	2,088	2,109	0,086	0,082	
P64-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,848	1,872	0,143	0,138	1,981	1,997	0,100	0,097	
Alüminyum Çerçeve+	P65- Float Cam+Hava+Float Cam	4,664	4,750	0,567	0,561	6,146	6,211	0,430	0,426
	P66- Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,867	3,901	0,551	0,547	5,544	5,569	0,418	0,415
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve+	P67- Float Cam+Hava+Float Cam	3,563	3,649	0,567	0,561	4,077	4,142	0,430	0,426
	P68- Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,766	2,800	0,550	0,547	3,474	3,500	0,418	0,415



Ankara iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÜÇ TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ü1-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,616	0,608	0,708	0,699	0,979	0,992
Ü2-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		1,832	1,875	0,617	0,610	0,710	0,701	0,978	0,989
Ü3- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		1,683	1,718	0,618	0,612	0,711	0,703	0,976	0,986
Ü4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,428	0,411	0,492	0,473	0,879	0,915
Ü5-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,427	0,414	0,491	0,476	0,822	0,847
Ü6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,433	0,417	0,498	0,479	1,139	1,183
Ü7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,432	0,419	0,496	0,482	1,067	1,098
Ü8-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,412	0,403	0,474	0,464	0,595	0,609
Ü9-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,419	0,412	0,482	0,473	0,552	0,562
Ü10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,298	0,282	0,343	0,324	0,533	0,564
Ü11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,317	0,305	0,365	0,350	0,469	0,488
Ü12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,975	2,025	0,306	0,289	0,351	0,332	0,730	0,771
Ü13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,323	0,311	0,371	0,357	0,646	0,673
Ü14-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,444	1,470	0,592	0,586	0,681	0,673	0,952	0,962
Ü15-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam		1,432	1,458	0,592	0,585	0,680	0,673	0,952	0,962
Ü16-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,220	1,239	0,597	0,592	0,686	0,680	0,944	0,953
Ü17-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam		0,965	0,976	0,603	0,599	0,693	0,689	0,935	0,941
Ü18-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,242	1,262	0,328	0,322	0,376	0,370	1,502	1,528
Ü19-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,234	1,253	0,340	0,335	0,391	0,385	1,444	1,468
Ü20-Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,009	1,021	0,334	0,329	0,384	0,378	1,376	1,398
Ü21-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		0,968	0,980	0,329	0,324	0,378	0,373	1,496	1,516
Ü22-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		0,635	0,640	0,330	0,328	0,380	0,376	1,489	1,502
ÜÇ TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P69-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,456	0,450	1,880	1,904	0,320	0,316
	P70-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,847	1,877	0,457	0,452	1,809	1,830	0,321	0,317
	P71- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,741	1,767	0,458	0,453	1,736	1,753	0,321	0,318
	P72-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,317	0,304	1,880	1,904	0,222	0,214
	P73-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,316	0,307	1,619	1,632	0,222	0,215
	P74-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,320	0,308	1,880	1,904	0,225	0,216
	P75-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,320	0,310	1,619	1,632	0,224	0,218
	P76-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,305	0,298	1,880	1,904	0,214	0,209
	P77-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,310	0,305	1,619	1,632	0,218	0,214
	P78-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,221	0,209	1,880	1,904	0,155	0,147
	P79-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,235	0,226	1,619	1,632	0,165	0,158
P80-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,949	1,983	0,226	0,214	1,880	1,904	0,159	0,150	

PVC Çerçeve +	P81-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,239	0,230	1,619	1,632	0,168	0,161
	P82-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,573	1,592	0,438	0,434	1,619	1,632	0,307	0,304
	P83-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,565	1,583	0,438	0,433	1,613	1,626	0,307	0,304
	P84-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,417	1,430	0,442	0,438	1,510	1,519	0,310	0,307
	P85-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,240	1,248	0,446	0,443	1,387	1,393	0,313	0,311
	P86-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,433	1,446	0,242	0,238	1,521	1,530	0,170	0,167
	P87-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,427	1,440	0,252	0,248	1,517	1,526	0,177	0,174
	P88- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,270	1,279	0,247	0,243	1,408	1,415	0,173	0,171
	P89-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,242	1,250	0,243	0,240	1,389	1,395	0,171	0,169
	P90-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,012	1,015	0,245	0,242	1,230	1,232	0,172	0,170
Ahşap Çerçeve +	P91-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,456	0,450	2,154	2,178	0,320	0,316
	P92-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,995	2,025	0,457	0,452	2,083	2,104	0,321	0,317
	P93- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,890	1,915	0,458	0,453	2,010	2,027	0,321	0,318
	P94-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,317	0,304	2,154	2,178	0,222	0,214
	P95-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,316	0,307	1,893	1,906	0,222	0,215
	P96-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,320	0,308	2,154	2,178	0,225	0,216
	P97-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,320	0,310	1,893	1,906	0,224	0,218
	P98-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,305	0,298	2,154	2,178	0,214	0,209
	P99-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,310	0,305	1,893	1,906	0,218	0,214
	P100-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,221	0,209	2,154	2,178	0,155	0,147
	P101-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,235	0,226	1,893	1,906	0,165	0,158
	P102-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,097	2,132	0,226	0,214	2,154	2,178	0,159	0,150
	P103-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,239	0,230	1,893	1,906	0,168	0,161
	P104-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,722	1,740	0,438	0,434	1,893	1,906	0,307	0,304
	P105-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,713	1,731	0,438	0,433	1,887	1,900	0,307	0,304
	P106-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,565	1,578	0,442	0,438	1,784	1,793	0,310	0,307
	P107-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,388	1,396	0,446	0,443	1,661	1,667	0,313	0,311
	P108-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,581	1,594	0,242	0,238	1,795	1,804	0,170	0,167
P109-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,575	1,588	0,252	0,248	1,791	1,800	0,177	0,174	
P110- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,418	1,427	0,247	0,243	1,682	1,689	0,173	0,171	
P111-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,390	1,398	0,243	0,240	1,663	1,669	0,171	0,169	
P112-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,160	1,164	0,245	0,242	1,504	1,506	0,172	0,170	
Alüminyum Çerçeve +	P113-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	3,921	3,958	0,484	0,477	5,585	5,613	0,367	0,362
	P114-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,523	3,543	0,465	0,460	5,284	5,299	0,352	0,349
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve +	P115-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,820	2,857	0,484	0,477	3,515	3,543	0,367	0,362
	P116-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,422	2,441	0,465	0,460	3,215	3,230	0,352	0,349

Erzurum iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür tek tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

TEK TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
T1-Float Cam		5,976	6,522	0,816	0,806	0,938	0,927	0,938	0,950
T2-Mavi Renkli Cam		5,976	6,522	0,549	0,512	0,631	0,589	0,872	0,934
T3-Yeşil Renkli Cam		5,976	6,522	0,557	0,521	0,640	0,598	1,126	1,203
T4-Renksiz Reflektif Cam		5,976	6,522	0,481	0,467	0,553	0,536	0,615	0,634
T5-Mavi Reflektif Cam		5,976	6,522	0,337	0,301	0,387	0,345	0,595	0,666
T6-Yeşil Reflektif Cam		5,976	6,522	0,349	0,312	0,401	0,359	0,798	0,891
T7-Sert(prolitic) Low-e Cam		3,388	3,557	0,608	0,598	0,699	0,687	1,218	1,240
T8-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		3,151	3,296	0,307	0,299	0,353	0,344	2,037	2,093
TEK TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)	Kış(21Ocak)	Yaz(21Temmuz)
PVC çerçeve +	P1- Float Camlı Pencere	4,929	5,357	0,604	0,597	3,973	4,277	0,424	0,419
	P2- Mavi Renkli Camlı Pencere	4,929	5,357	0,406	0,379	3,973	4,277	0,285	0,266
	P3- Yeşil Renkli Camlı Pencere	4,929	5,357	0,412	0,385	3,973	4,277	0,289	0,270
	P4- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	4,929	5,357	0,356	0,345	3,973	4,277	0,250	0,242
	P5- Mavi Reflektif Camlı Pencere	4,929	5,357	0,249	0,222	3,973	4,277	0,175	0,156
	P6- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	4,929	5,357	0,258	0,231	3,973	4,277	0,181	0,162
	P7- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	2,969	3,094	0,450	0,442	2,593	2,680	0,316	0,310
	P8- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,795	2,902	0,227	0,221	2,471	2,546	0,160	0,155
Ahşap çerçeve +	P9- Float Camlı Pencere	5,077	5,505	0,604	0,597	4,247	4,551	0,424	0,419
	P10- Mavi Renkli Camlı Pencere	5,077	5,505	0,406	0,379	4,247	4,551	0,285	0,266
	P11- Yeşil Renkli Camlı Pencere	5,077	5,505	0,412	0,385	4,247	4,551	0,289	0,270
	P12- Renksiz Reflektif Camlı Pencere	5,077	5,505	0,356	0,345	4,247	4,551	0,250	0,242
	P13- Mavi Reflektif Camlı Pencere	5,077	5,505	0,249	0,222	4,247	4,551	0,175	0,156
	P14- Yeşil Reflektif Camlı Pencere	5,077	5,505	0,258	0,231	4,247	4,551	0,181	0,162
	P15- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,117	3,242	0,450	0,442	2,867	2,954	0,316	0,310
	P16- Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Camlı Pencere	2,943	3,050	0,228	0,221	2,745	2,820	0,160	0,155
Alüminyum çerçeve +	P17-Float Camlı Pencere	7,080	7,553	0,641	0,632	7,982	8,329	0,486	0,480
	P18- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	5,004	5,136	0,477	0,469	6,403	6,503	0,362	0,356
Isı tutuculu alüminyum çerçeve +	P19-Float Camlı Pencere	5,978	6,431	0,641	0,632	5,913	6,259	0,486	0,480
	P20- Sert(prolitic) Low-e Camlı Pencere	3,903	4,034	0,477	0,469	4,334	4,434	0,362	0,356

Erzurum iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür çift tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÇİFT TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ç1-Float Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,720	0,712	0,828	0,818	0,942	0,953
Ç2-Float Cam+Argon+Float Cam		2,822	2,938	0,722	0,715	0,830	0,822	0,939	0,949
Ç3- Float Cam+Kripton+Float Cam		2,641	2,743	0,725	0,718	0,833	0,825	0,935	0,945
Ç4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,484	0,461	0,556	0,530	0,875	0,918
Ç5-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,489	0,474	0,562	0,545	0,806	0,832
Ç6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,490	0,468	0,564	0,538	1,130	1,185
Ç7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,495	0,480	0,569	0,552	1,044	1,076
Ç8-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,458	0,448	0,527	0,514	0,588	0,602
Ç9-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,478	0,471	0,550	0,542	0,531	0,539
Ç10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,319	0,296	0,366	0,340	0,559	0,601
Ç11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,349	0,335	0,402	0,385	0,476	0,497
Ç12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam		2,989	3,119	0,328	0,305	0,377	0,350	0,759	0,816
Ç13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,357	0,342	0,410	0,393	0,652	0,681
Ç14-Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,919	1,972	0,700	0,695	0,805	0,798	0,903	0,910
Ç15-Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,592	1,628	0,708	0,704	0,814	0,809	0,893	0,899
Ç16-Float Cam+Kripton+Low-e Cam		1,218	1,239	0,717	0,714	0,824	0,820	0,882	0,886
Ç17-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,579	1,615	0,360	0,355	0,414	0,408	1,538	1,560
Ç18-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam		2,943	3,070	0,371	0,362	0,427	0,416	1,493	1,530
Ç19-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam		1,188	1,208	0,364	0,361	0,419	0,415	1,519	1,534
Ç20-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam		0,881	0,892	0,368	0,365	0,423	0,420	1,504	1,515
Ç21-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam		1,857	1,907	0,162	0,155	0,187	0,178	1,017	1,065
Ç22-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam		1,636	1,674	0,191	0,184	0,220	0,211	0,822	0,855
ÇİFT TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
PVC Çerçeve +		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
	P21- Float Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,533	0,527	2,388	2,455	0,374	0,370
	P22- Float Cam+Argon+Float Cam	2,556	2,640	0,535	0,529	2,304	2,363	0,375	0,371
	P23- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,425	2,498	0,537	0,531	2,212	2,264	0,376	0,373
	P24-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,358	0,341	2,388	2,455	0,251	0,239
	P25-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,362	0,351	1,852	1,878	0,254	0,246
	P26-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,363	0,346	2,388	2,455	0,255	0,243
	P27-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,366	0,355	1,852	1,878	0,257	0,249
	P28-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,339	0,331	2,388	2,455	0,238	0,232
	P29-Rensiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,354	0,349	1,852	1,878	0,248	0,245
	P30-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,236	0,219	2,388	2,455	0,166	0,154
	P31-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,259	0,248	1,852	1,878	0,181	0,174
P32-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,677	2,772	0,243	0,226	2,388	2,455	0,170	0,158	

PVC Çerçeve +	P33-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,264	0,253	1,852	1,878	0,185	0,177
	P34-Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,909	1,946	0,518	0,514	1,852	1,878	0,364	0,361
	P35-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,677	1,703	0,524	0,521	1,691	1,709	0,368	0,365
	P36-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,416	1,430	0,530	0,528	1,509	1,520	0,372	0,371
	P37-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,668	1,693	0,266	0,263	1,685	1,702	0,187	0,184
	P38-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,644	2,736	0,275	0,268	2,365	2,430	0,193	0,188
	P39-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,395	1,409	0,270	0,267	1,495	1,505	0,189	0,187
	P40-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,182	1,189	0,272	0,270	1,347	1,352	0,191	0,190
	P41-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	1,865	1,900	0,120	0,115	1,821	1,846	0,084	0,081
	P42-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,708	1,735	0,141	0,136	1,713	1,732	0,099	0,095
Ahşap Çerçeve +	P43- Float Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,533	0,527	2,662	2,729	0,374	0,370
	P44- Float Cam+Argon+Float Cam	2,704	2,788	0,535	0,529	2,578	2,637	0,375	0,371
	P45- Float Cam+Kripton+Float Cam	2,573	2,647	0,537	0,531	2,486	2,538	0,376	0,373
	P46-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,358	0,341	2,662	2,729	0,251	0,239
	P47-Mavi Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,362	0,351	2,126	2,152	0,254	0,246
	P48-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,363	0,346	2,662	2,729	0,255	0,243
	P49-Yeşil Renkli Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,366	0,355	2,126	2,152	0,257	0,249
	P50-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,339	0,331	2,662	2,729	0,238	0,232
	P51-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,354	0,349	2,126	2,152	0,248	0,245
	P52-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,236	0,219	2,662	2,729	0,166	0,154
	P53-Mavi Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,259	0,248	2,126	2,152	0,181	0,174
	P54-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam	2,825	2,920	0,243	0,226	2,662	2,729	0,170	0,158
	P55-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,264	0,253	2,126	2,152	0,185	0,177
	P56-Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,057	2,094	0,518	0,514	2,126	2,152	0,364	0,361
	P57-Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,825	1,851	0,524	0,521	1,965	1,983	0,368	0,365
	P58-Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,564	1,579	0,530	0,528	1,783	1,794	0,372	0,371
	P59-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,816	1,842	0,266	0,263	1,959	1,976	0,187	0,184
	P60-Float Cam+Hava+Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam	2,792	2,884	0,275	0,268	2,639	2,704	0,193	0,188
P61-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam	1,543	1,557	0,270	0,267	1,769	1,779	0,189	0,187	
P62-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam	1,330	1,337	0,272	0,270	1,621	1,626	0,191	0,190	
P63-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Float Cam	2,013	2,048	0,120	0,115	2,096	2,120	0,084	0,081	
P64-Float Cam+Hava+Isı Aynası+Hava+Low-e Cam	1,857	1,884	0,141	0,136	1,987	2,006	0,099	0,095	
Alüminyum Çerçeve+	P65- Float Cam+Hava+Float Cam	4,694	4,795	0,565	0,558	6,168	6,245	0,429	0,424
	P66- Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,879	3,919	0,549	0,545	5,553	5,583	0,417	0,413
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve+	P67- Float Cam+Hava+Float Cam	3,593	3,694	0,565	0,558	4,099	4,176	0,429	0,424
	P68- Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,778	2,818	0,549	0,545	3,483	3,513	0,417	0,413


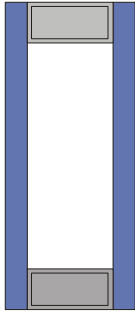
Erzurum iline ait Win-energy 1.0 programı ile hesaplanan farklı tür üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı performans kriterleri hesap tablosu

ÜÇ TABAKALI CAMLAR		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		GÖLGELEME KATSAYISI SC		SERİNLİK İNDEKSİ D <sub>x</sub>	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
Ü1-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,614	0,604	0,705	0,695	0,984	0,998
Ü2-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		1,847	1,896	0,615	0,606	0,707	0,697	0,982	0,995
Ü3- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		1,695	1,736	0,616	0,608	0,708	0,699	0,980	0,992
Ü4-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,422	0,403	0,485	0,463	0,891	0,934
Ü5-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,423	0,408	0,486	0,469	0,831	0,861
Ü6-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,427	0,408	0,491	0,469	1,154	1,207
Ü7-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,427	0,413	0,491	0,475	1,078	1,115
Ü8-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,409	0,399	0,470	0,458	0,600	0,616
Ü9-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,416	0,408	0,479	0,469	0,555	0,567
Ü10-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,293	0,274	0,337	0,315	0,544	0,581
Ü11-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,313	0,298	0,360	0,343	0,476	0,499
Ü12-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,993	2,050	0,300	0,281	0,345	0,323	0,744	0,795
Ü13-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,319	0,304	0,366	0,350	0,655	0,687
Ü14-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,453	1,483	0,590	0,583	0,678	0,670	0,956	0,967
Ü15-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam		1,441	1,471	0,589	0,582	0,677	0,669	0,956	0,968
Ü16-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam		1,227	1,248	0,595	0,589	0,684	0,677	0,947	0,957
Ü17-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam		0,969	0,982	0,602	0,597	0,692	0,686	0,937	0,944
Ü18-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam		1,249	1,271	0,326	0,319	0,374	0,367	1,511	1,542
Ü19-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam		1,241	1,262	0,339	0,332	0,389	0,382	1,453	1,480
Ü20-Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam		1,013	1,028	0,332	0,326	0,382	0,375	1,384	1,409
Ü21-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam		0,972	0,986	0,327	0,322	0,376	0,370	1,503	1,527
Ü22-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam		0,636	0,642	0,329	0,326	0,379	0,375	1,494	1,509
ÜÇ TABAKA CAMLI PENCERELER		SABİT PENCERE				AÇILABİLİR PENCERE			
		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC		ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI U-Değeri (W/m <sup>2</sup> K)		SOLAR ISI KAZANÇ KATSAYISI - SHGC	
		Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)	Kış(21 Ocak)	Yaz(21 Temmuz)
PVC Çerçeve +	P69-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,454	0,447	1,888	1,917	0,319	0,314
	P70-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,858	1,892	0,455	0,449	1,817	1,841	0,319	0,315
	P71- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,750	1,779	0,456	0,450	1,742	1,762	0,320	0,316
	P72-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,312	0,298	1,888	1,917	0,219	0,209
	P73-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,313	0,302	1,623	0,638	0,220	0,212
	P74-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,316	0,302	1,888	1,917	0,222	0,212
	P75-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,316	0,306	1,623	1,638	0,222	0,214
	P76-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,303	0,295	1,888	1,917	0,213	0,207
	P77-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,308	0,302	1,623	1,638	0,216	0,212
	P78-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,217	0,203	1,888	1,917	0,152	0,142
	P79-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,232	0,221	1,623	1,638	0,162	0,155
P80-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,961	2,001	0,222	0,208	1,888	1,917	0,156	0,146	

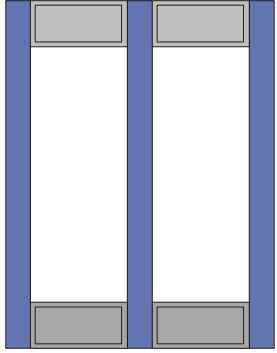
PVC Çerçeve +	P81-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,236	0,225	1,623	1,638	0,166	0,158
	P82-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,580	1,601	0,437	0,431	1,623	1,638	0,306	0,303
	P83-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,572	1,592	0,436	0,431	1,618	1,632	0,306	0,302
	P84-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,422	1,437	0,440	0,436	1,514	1,524	0,309	0,306
	P85-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,242	1,252	0,445	0,442	1,389	1,396	0,312	0,310
	P86-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,437	1,453	0,241	0,236	1,524	1,535	0,169	0,166
	P87-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,431	1,447	0,251	0,246	1,520	1,531	0,176	0,173
	P88- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,273	1,283	0,246	0,241	1,411	1,418	0,172	0,169
	P89-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,245	1,254	0,242	0,239	1,391	1,397	0,170	0,167
	P90-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,013	1,017	0,244	0,241	1,230	1,233	0,171	0,169
Ahşap Çerçeve +	P91-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,454	0,447	2,162	2,191	0,319	0,314
	P92-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	2,006	2,041	0,455	0,449	2,091	2,115	0,319	0,315
	P93- Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,898	1,927	0,456	0,450	2,016	2,036	0,320	0,316
	P94-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,312	0,298	2,162	2,191	0,219	0,209
	P95-Mavi Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,313	0,302	1,897	1,912	0,220	0,212
	P96-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,316	0,302	2,162	2,191	0,222	0,212
	P97-Yeşil Renkli Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,316	0,306	1,897	1,912	0,222	0,214
	P98-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,303	0,295	2,162	2,191	0,213	0,207
	P99-Renksiz Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,308	0,302	1,897	1,912	0,216	0,212
	P100-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,217	0,203	2,162	2,191	0,152	0,142
	P101-Mavi Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,232	0,221	1,897	1,912	0,162	0,155
	P102-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,109	2,150	0,222	0,208	2,162	2,191	0,156	0,146
	P103-Yeşil Reflektif Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,236	0,225	1,897	1,912	0,166	0,158
	P104-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,728	1,749	0,437	0,431	1,897	1,912	0,306	0,303
	P105-Float Cam+Hava+ Low-e Cam +Hava+ Float Cam	1,720	1,740	0,436	0,431	1,892	1,906	0,306	0,302
	P106-Float Cam+Argon+Float Cam+Argon+Low-e Cam	1,570	1,585	0,440	0,436	1,788	1,798	0,309	0,306
	P107-Float Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Low-e Cam	1,391	1,400	0,445	0,442	1,663	1,670	0,313	0,310
	P108-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	1,585	1,601	0,241	0,236	1,798	1,809	0,169	0,166
P109-Float Cam+Hava+Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam	1,579	1,595	0,251	0,246	1,794	1,805	0,176	0,173	
P110- Seçici –geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	1,421	1,431	0,246	0,241	1,685	1,692	0,172	0,169	
P111-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Argon+Float Cam+Argon+Float Cam	1,393	1,402	0,242	0,239	1,665	1,671	0,170	0,167	
P112-Seçici-geçirgen Yüzey Kaplamalı Cam+Kripton+Float Cam+Kripton+Float Cam	1,161	1,165	0,244	0,241	1,504	1,507	0,171	0,169	
Alüminyum Çerçeve +	P113-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	3,934	3,978	0,481	0,474	5,594	5,627	0,365	0,360
	P114-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	3,530	3,553	0,463	0,457	5,290	5,307	0,351	0,347
Isı Tutuculu Alüminyum Çerçeve +	P115-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Float Cam	2,833	2,876	0,481	0,474	3,525	3,558	0,365	0,360
	P116-Float Cam+Hava+Float Cam+Hava+Low-e Cam	2,429	2,451	0,463	0,457	3,220	3,237	0,351	0,347

## Ek 4.

Tek, çift ve üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı-tutucusuz tek tabaka camlı pencere örneğine oranla ısı korunum performanslarındaki yüzdelik artışlar


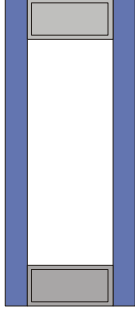
	CAM TÜRLERİ	PVC	AHŞAP	ALÜMİNYUM	
				ISI TUTUCULU	ISI TUTUCUSUZ
 <b>TEK TABAKALI CAM</b>	T1-Float cam	30	28	15	•
	T2- Mavi renkli cam	30	28		
	T3- Yeşil renkli cam	30	28		
	T4-Renksiz reflektif cam	30	28		
	T5-Mavi reflektif cam	30	28		
	T6-Yeşil reflektif cam	30	28		
	T7-Sert (prolitic)kaplama cam	58	56	45	31
	T8-Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	61	59		
 <b>ÇİFT TABAKALI CAM</b>	Ç1-Float cam+hava+float cam	63	61	50	35
	Ç2-Float cam+argon+float cam	64	62		
	Ç3-Float cam+kripton+float cam	66	64		
	Ç4-Mavi renkli cam+hava+float cam	63	61		
	Ç5- Mavi renkli cam+hava+low-e cam	73	71		
	Ç6- Yeşil renkli cam+hava+float cam3	63	61		
	Ç7- Yeşil renkli cam+hava+low-e cam	73	71		
	Ç8- Renksiz reflektif cam+hava+float cam	63	61		
	Ç9- Renksiz reflektif cam+hava+low-e cam	73	71		
	Ç10- Mavi reflektif cam+hava+float cam	63	61		
	Ç11- Mavi reflektif cam+hava+low-e cam	73	71		
	Ç12- Yeşil reflektif cam+hava+float cam	63	61		
	Ç13- Yeşil reflektif cam+hava+low-e cam	73	71		
	Ç14- Float cam+hava+low-e cam	73	71	62	46
	Ç15- Float cam+argon+low-e cam	77	75		
	Ç16- Float cam+kripton+low-e cam	80	78		
	Ç17-Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	77	75		
	Ç18- Float cam+hava+ Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	63	61		
	Ç19- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam	81	79		
	Ç20- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam	84	82		
	Ç21-Float cam+hava+ısı aynası+hava+float cam	74	72		
	Ç22- Float cam+hava+ısı aynası+hava+low-e cam	76	74		

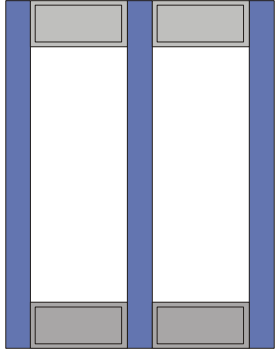


 <p><b>ÜÇ TABAKALI CAM</b></p>	Ü1-Float cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71	61	46
	Ü2- Float cam+argon+float cam+argon+float cam	75	73		
	Ü3- Float cam+kripton+float cam+kripton+float cam	76	74		
	Ü4- Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71		
	Ü5- Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77		
	Ü6- Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71		
	Ü7- Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77		
	Ü8- Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71		
	Ü9- Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77		
	Ü10- Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71		
	Ü11- Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77		
	Ü12- Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	73	71		
	Ü13- Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77		
	Ü14- Float cam+hava+float cam+hava+low-e cam	79	77	67	52
	Ü15- Float cam+hava+low-e cam cam+hava+float cam	79	77		
	Ü16- Float cam+argon+float cam+argon+low-e cam	81	79		
	Ü17- Float cam+kripton+float cam+kripton+low-e cam	83	81		
	Ü18- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+float cam	81	79		
	Ü19- Float cam+hava+ Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	81	79		
	Ü20- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+low-e cam	83	81		
	Ü21- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam+argon+float cam	83	81		
	Ü22- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam+kripton+float cam	86	84		

● Performans sıralamasındaki yüzdelerdeki artış farklılıklarının belirlenmesinde baz alınan pencere örneği.

Tablo 46. Tek, çift ve üç tabaka camlı pencere örneklerinin ısı-tutucusuz tek tabaka camlı pencere örneğine oranla güneş kontrol performanslarındaki yüzdelerdeki artışlar

	CAM TÜRLERİ	PVC	AHŞAP	ALÜMİNYUM	
				ISI TUTUCULU	ISI TUTUCUSUZ
 <b>TEK TABAKALI CAM</b>	T1-Float cam	6	6	0	•
	T2- Mavi renkli cam	38	38		
	T3- Yeşil renkli cam	37	37		
	T4-Renksiz reflektif cam	45	45		
	T5-Mavi reflektif cam	63	63		
	T6-Yeşil reflektif cam	62	62		
	T7-Sert (prolitic)kaplama cam	30	30	26	26
	T8-Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	65	65		
 <b>ÇİFT TABAKALI CAM</b>	Ç1-Float cam+hava+float cam	17	17	12	12
	Ç2-Float cam+argon+float cam	16	16		
	Ç3-Float cam+kripton+float cam	16	16		
	Ç4-Mavi renkli cam+hava+float cam	45	45		
	Ç5- Mavi renkli cam+hava+low-e cam	44	44		
	Ç6- Yeşil renkli cam+hava+float cam	45	45		
	Ç7- Yeşil renkli cam+hava+low-e cam	44	44		
	Ç8- Renksiz reflektif cam+hava+float cam	48	48		
	Ç9- Renksiz reflektif cam+hava+low-e cam	45	45		
	Ç10- Mavi reflektif cam+hava+float cam	64	64		
	Ç11- Mavi reflektif cam+hava+low-e cam	61	61		
	Ç12- Yeşil reflektif cam+hava+float cam	63	63		
	Ç13- Yeşil reflektif cam+hava+low-e cam	60	60		
	Ç14- Float cam+hava+low-e cam	19	19	14	14
	Ç15- Float cam+argon+low-e cam	18	18		
	Ç16- Float cam+kripton+low-e cam	17	17		
	Ç17-Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	59	59		
	Ç18- Float cam+hava+ Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam	58	58		
	Ç19- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam	58	58		
	Ç20- Seçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam	58	58		
	Ç21-Float cam+hava+ısı aynası+hava+float cam	82	82		
	Ç22- Float cam+hava+ısı aynası+hava+low-e cam	79	79		

 <p><b>ÜÇ TABAKALI CAM</b></p>	Ü1-Float cam+hava+float cam+hava+float cam	30	30	25	25
	Ü2- Float cam+argon+float cam+argon+float cam	29	29		
	Ü3- Float cam+kripton+float cam+kripton+float cam	29	29		
	Ü4- Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	52	52		
	Ü5- Mavi renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	51	51		
	Ü6- Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+float cam	51	51		
	Ü7- Yeşil renkli cam+hava+float cam+hava+low-e cam	51	51		
	Ü8- Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	53	53		
	Ü9- Renksiz reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	52	52		
	Ü10- Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	67	67		
	Ü11- Mavi reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	66	66		
	Ü12- Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+float cam	66	66		
	Ü13- Yeşil reflektif cam+hava+float cam+hava+low-e cam	64	64		
	Ü14- Float cam+hava+float cam+hava+low-e cam	32	32	28	28
	Ü15- Float cam+hava+low-e cam cam+hava+float cam	32	32		
	Ü16- Float cam+argon+float cam+argon+low-e cam	31	31		
	Ü17- Float cam+kripton+float cam+kripton+low-e cam	31	31		
	Ü18- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+float cam	63	63		
	Ü19- Float cam+hava+ Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam	61	61		
	Ü20- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+hava+float cam+hava+low-e cam	62	62		
	Ü21- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+argon+float cam+argon+float cam	62	62		
	Ü22- Şeçici-geçirgen yüzey kaplamalı cam+kripton+float cam+kripton+float cam	62	62		

• Performans sıralamasındaki yüzdelerdeki artış farklılıklarının belirlenmesinde baz alınan pencere örneği.

## Ek 5

İzmir ili, kuzey yönü, toplam pencere alanı  $12\text{m}^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	322,74	11,00	3.550,11	792	42,00	834,00	0,23	0,99	7.070.798,77
FEBRUARY		9,70	3.130,55		59,76	851,76	0,27	0,97	5.962.566,64
MARCH		7,50	2.420,53		83,99	875,99	0,36	0,94	4.146.695,88
APRIL		3,30	1.065,03		106,60	898,60	0,84	0,69	1.143.374,40
MAY		Td yüksek	-		127,60	919,60	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		134,06	926,06	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		130,83	922,83	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		117,91	909,91	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		92,07	884,07	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	290,46		64,61	856,61	2,95	0,29	114.362,65
NOVEMBER		5,70	1.839,60		43,61	835,61	0,45	0,89	2.841.975,21
DECEMBER		9,60	3.098,28		35,53	827,53	0,27	0,98	5.936.517,34
							$Q_{\text{year}} = \sum Q_{\text{month}} =$		27.101.928,25 kJ 7.534,34 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	296,02	11,00	3.256,23	792	107,18	899,18	0,28	0,97	6.171.804,79
FEBRUARY		9,70	2.871,40		152,53	944,53	0,33	0,95	5.111.559,07
MARCH		7,50	2.220,16		214,37	1.006,37	0,45	0,89	3.433.410,36
APRIL		3,30	976,87		272,08	1.064,08	1,09	0,60	875.255,75
MAY		Td yüksek	-		325,68	1.117,68	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		342,17	1.134,17	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		333,92	1.125,92	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		300,94	1.092,94	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		234,98	1.026,98	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	266,42		164,90	956,90	3,59	0,24	87.798,44
NOVEMBER		5,70	1.687,32		111,31	903,31	0,54	0,85	2.393.767,22
DECEMBER		9,60	2.841,80		90,69	882,69	0,31	0,96	5.169.469,90
							$Q_{\text{year}} = \sum Q_{\text{month}} =$		23.155.267,09 kJ 6.437,16 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	281,22	11,00	3.093,41	792	90,36	882,36	0,29	0,97	5.799.702,17
FEBRUARY		9,70	2.727,82		128,58	920,58	0,34	0,95	4.807.621,29
MARCH		7,50	2.109,14		180,71	972,71	0,46	0,89	3.233.983,16
APRIL		3,30	928,02		229,36	1.021,36	1,10	0,60	825.171,61
MAY		Td yüksek	-		274,54	1.066,54	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		288,44	1.080,44	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		281,49	1.073,49	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		253,69	1.045,69	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		198,09	990,09	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	253,10		139,01	931,01	3,68	0,24	81.611,38
NOVEMBER		5,70	1.602,95		93,83	885,83	0,55	0,84	2.234.698,70
DECEMBER		9,60	2.699,70		76,45	868,45	0,32	0,96	4.847.122,70
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									21.748.299,62 kJ 6.046,03 kWh

İzmir ili, güney yönü, toplam pencere alanı  $12m^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	322,74	11,00	3.550,11	792	116,30	908,30	0,26	0,98	6.894.836,18
FEBRUARY		9,70	3.130,55		135,68	927,68	0,30	0,97	5.792.161,48
MARCH		7,50	2.420,53		153,45	945,45	0,39	0,92	4.012.824,59
APRIL		3,30	1.065,03		134,06	926,06	0,87	0,68	1.120.202,07
MAY		Td yüksek	-		148,60	940,60	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		153,45	945,45	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		150,21	942,21	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		150,21	942,21	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		143,75	935,75	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	290,46		132,45	924,45	3,18	0,27	106.805,80
NOVEMBER		5,70	1.839,60		108,22	900,22	0,49	0,87	2.737.225,65
DECEMBER		9,60	3.098,28		103,37	895,37	0,29	0,97	5.782.848,89
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									26.340.098,86 kJ 7.322,55 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	296,02	11,00	3.256,23	792	296,82	1.088,82	0,33	0,95	5.759.767,19
FEBRUARY		9,70	2.871,40		346,29	1.138,29	0,40	0,92	4.729.017,15
MARCH		7,50	2.220,16		391,64	1.183,64	0,53	0,85	3.156.819,38
APRIL		3,30	976,87		342,17	1.134,17	1,16	0,58	834.651,22
MAY		Td yüksek	-		379,27	1.171,27	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		391,64	1.183,64	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		383,39	1.175,39	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		383,39	1.175,39	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		366,90	1.158,90	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	266,42		338,04	1.130,04	4,24	0,21	75.365,61
NOVEMBER		5,70	1.687,32		276,21	1.068,21	0,63	0,79	2.175.281,37
DECEMBER		9,60	2.841,80		263,84	1.055,84	0,37	0,93	4.814.706,14
								$Q_{year} = \sum Q_{month} =$	21.470.242,45 kJ 5.968,73 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	281,22	11,00	3.093,41	792	250,22	1.042,22	0,34	0,95	5.455.539,90
FEBRUARY		9,70	2.727,82		291,92	1.083,92	0,40	0,92	4.487.813,16
MARCH		7,50	2.109,14		330,14	1.122,14	0,53	0,85	3.002.309,73
APRIL		3,30	928,02		288,44	1.080,44	1,16	0,58	791.265,34
MAY		Td yüksek	-		319,72	1.111,72	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		330,14	1.122,14	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		323,19	1.115,19	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		323,19	1.115,19	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		309,29	1.101,29	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	253,10		284,97	1.076,97	4,26	0,21	71.386,17
NOVEMBER		5,70	1.602,95		232,84	1.024,84	0,64	0,79	2.054.374,63
DECEMBER		9,60	2.699,70		222,41	1.014,41	0,38	0,93	4.551.933,67
								$Q_{year} = \sum Q_{month} =$	20.343.236,42 kJ 5.655,42 kWh

İzmir ili, kuzey yönü, toplam pencere alanı 6m<sup>2</sup>, sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td (K,C)	H(Ti-Td) (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	296,30	11,00	3.259,29	792	21,00	813,00	0,25	0,98	6.379.029,28
FEBRUARY		9,70	2.874,10		29,88	821,88	0,29	0,97	5.383.868,18
MARCH		7,50	2.222,24		42,00	834,00	0,38	0,93	3.748.848,53
APRIL		3,30	977,79		53,30	845,30	0,86	0,69	1.032.503,07
MAY		Td yüksek	-		63,80	855,80	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		67,03	859,03	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		65,42	857,42	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		58,96	850,96	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		46,03	838,03	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	266,67		32,30	824,30	3,09	0,28	100.663,82
NOVEMBER		5,70	1.688,90		21,81	813,81	0,48	0,87	2.533.014,90
DECEMBER		9,60	2.844,47		17,77	809,77	0,28	0,97	5.336.524,41
								$Q_{year} = \sum Q_{month} =$	24.413.788,38 kJ 6.787,03 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td (K,C)	H(Ti-Td) (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	282,94	11,00	3.112,35	792	53,59	845,59	0,27	0,97	5.930.670,68
FEBRUARY		9,70	2.744,52		76,27	868,27	0,32	0,96	4.958.650,74
MARCH		7,50	2.122,05		107,18	899,18	0,42	0,91	3.389.745,91
APRIL		3,30	933,70		136,04	928,04	0,99	0,63	894.221,04
MAY		Td yüksek	-		162,84	954,84	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		171,08	963,08	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		166,96	958,96	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		150,47	942,47	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		117,49	909,49	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	254,65		82,45	874,45	3,43	0,25	87.417,48
NOVEMBER		5,70	1.612,76		55,65	847,65	0,53	0,85	2.310.918,89
DECEMBER		9,60	2.716,23		45,35	837,35	0,31	0,96	4.954.735,92
								$Q_{year} = \sum Q_{month} =$	22.438.943,18 kJ 6.238,03 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	275,54	11,00	3.030,93	792	45,18	837,18	0,28	0,97	5.744.306,17
FEBRUARY		9,70	2.672,73		64,29	856,29	0,32	0,96	4.806.094,06
MARCH		7,50	2.066,55		90,36	882,36	0,43	0,90	3.289.269,74
APRIL		3,30	909,28		114,68	906,68	1,00	0,63	868.820,74
MAY		Td yüksek	-		137,27	929,27	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		144,22	936,22	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		140,75	932,75	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		126,85	918,85	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		99,04	891,04	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	247,99		69,50	861,50	3,47	0,25	84.239,47
NOVEMBER		5,70	1.570,57		46,92	838,92	0,53	0,85	2.230.877,59
DECEMBER		9,60	2.645,18		38,23	830,23	0,31	0,96	4.793.298,30
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									21.732.666,60 kJ 6.041,68 kWh

İzmir ili, güney yönü, toplam pencere alanı  $6m^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	296,30	11,00	3.259,29	792	58,15	850,15	0,26	0,98	6.292.143,24
FEBRUARY		9,70	2.874,10		67,84	859,84	0,30	0,96	5.299.730,75
MARCH		7,50	2.222,24		76,72	868,72	0,39	0,92	3.682.725,55
APRIL		3,30	977,79		67,03	859,03	0,88	0,68	1.021.176,06
MAY		Td yüksek	-		74,30	866,30	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		76,72	868,72	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		75,11	867,11	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		75,11	867,11	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		71,88	863,88	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	266,67		66,22	858,22	3,22	0,27	97.076,86
NOVEMBER		5,70	1.688,90		54,11	846,11	0,50	0,86	2.482.490,80
DECEMBER		9,60	2.844,47		51,69	843,69	0,30	0,97	5.261.116,85
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									24.039.383,25 kJ 6.682,95 kWh



MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	282,94	11,00	3.112,35	792	148,41	940,41	0,30	0,96	5.718.706,27
FEBRUARY		9,70	2.744,52		173,14	965,14	0,35	0,94	4.757.778,22
MARCH		7,50	2.122,05		195,82	987,82	0,47	0,88	3.238.717,53
APRIL		3,30	933,70		171,08	963,08	1,03	0,62	870.636,10
MAY		Td yüksek	-		189,63	981,63	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		195,82	987,82	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		191,70	983,70	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		191,70	983,70	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		183,45	975,45	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	254,65		169,02	961,02	3,77	0,23	80.209,29
NOVEMBER		5,70	1.612,76		138,10	930,10	0,58	0,82	2.195.161,61
DECEMBER		9,60	2.716,23		131,92	923,92	0,34	0,95	4.772.281,10
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									21.553.280,82 kJ 5.991,81 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	275,54	11,00	3.030,93	792	125,11	917,11	0,30	0,96	5.566.284,35
FEBRUARY		9,70	2.672,73		145,96	937,96	0,35	0,94	4.637.229,15
MARCH		7,50	2.066,55		165,07	957,07	0,46	0,88	3.162.062,34
APRIL		3,30	909,28		144,22	936,22	1,03	0,62	848.958,57
MAY		Td yüksek	-		159,86	951,86	0,00	0,00	0,00
JUNE		Td yüksek	-		165,07	957,07	0,00	0,00	0,00
JULY		Td yüksek	-		161,60	953,60	0,00	0,00	0,00
AUGUST		Td yüksek	-		161,60	953,60	0,00	0,00	0,00
SEPTEMBER		Td yüksek	-		154,65	946,65	0,00	0,00	0,00
OCTOBER		0,90	247,99		142,48	934,48	3,77	0,23	78.218,32
NOVEMBER		5,70	1.570,57		116,42	908,42	0,58	0,82	2.134.198,89
DECEMBER		9,60	2.645,18		111,21	903,21	0,34	0,95	4.640.365,79
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									20.989.099,10 kJ 5.834,97 kWh

Erzurum ili, kuzey yönü, toplam pencere alanı 12m<sup>2</sup>, sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td (K.C)	H(Ti-Td) (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	320,99	24,20	7.768,04	792	45,63	837,63	0,11	1,00	17.963.828,06
FEBRUARY		23,10	7.414,94		64,93	856,93	0,12	1,00	16.998.761,89
MARCH		20,30	6.516,16		91,25	883,25	0,14	1,00	14.601.936,08
APRIL		13,90	4.461,81		115,82	907,82	0,20	0,99	9.229.195,79
MAY		8,90	2.856,84		138,63	930,63	0,33	0,95	5.104.729,56
JUNE		5,50	1.765,46		145,65	937,65	0,53	0,85	2.515.481,65
JULY		1,80	577,79		142,14	934,14	1,62	0,46	380.778,38
AUGUST		1,80	577,79		128,10	920,10	1,59	0,47	385.494,51
SEPTEMBER		5,80	1.861,76		100,03	892,03	0,48	0,88	2.800.359,12
OCTOBER		12,10	3.884,02		70,19	862,19	0,22	0,99	7.857.276,05
NOVEMBER		17,70	5.681,58		47,38	839,38	0,15	1,00	12.553.481,47
DECEMBER		22,00	7.061,85		38,61	830,61	0,12	1,00	16.151.823,84
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									106.543.146,41 kJ 29.618,99 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	H=Hi+Hh (W/K)	Ti-Td (K.C)	H(Ti-Td) (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	295,61	24,20	7.153,78	792	107,40	899,40	0,13	1,00	16.212.165,86
FEBRUARY		23,10	6.828,60		152,84	944,84	0,14	1,00	15.252.506,52
MARCH		20,30	6.000,89		214,80	1.006,80	0,17	1,00	12.951.432,08
APRIL		13,90	4.108,99		272,63	1.064,63	0,26	0,98	7.949.145,32
MAY		8,90	2.630,93		326,33	1.118,33	0,43	0,90	4.196.419,20
JUNE		5,50	1.625,86		342,85	1.134,85	0,70	0,76	1.974.756,85
JULY		1,80	532,10		334,59	1.126,59	2,12	0,38	279.952,46
AUGUST		1,80	532,10		301,54	1.093,54	2,06	0,39	287.148,98
SEPTEMBER		5,80	1.714,54		235,45	1.027,45	0,60	0,81	2.282.905,45
OCTOBER		12,10	3.576,89		165,23	957,23	0,27	0,98	6.849.289,21
NOVEMBER		17,70	5.232,31		111,53	903,53	0,17	1,00	11.227.347,80
DECEMBER		22,00	6.503,43		90,88	882,88	0,14	1,00	14.569.931,26
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									94.033.000,98 kJ 26.141,17 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	281,15	24,20	6.803,88	792	90,48	882,48	0,13	1,00	15.349.296,37
FEBRUARY		23,10	6.494,61		128,76	920,76	0,14	1,00	14.449.493,73
MARCH		20,30	5.707,39		180,96	972,96	0,17	1,00	12.278.790,36
APRIL		13,90	3.908,01		229,67	1.021,67	0,26	0,98	7.539.162,47
MAY		8,90	2.502,25		274,91	1.066,91	0,43	0,90	3.985.375,07
JUNE		5,50	1.546,34		288,83	1.080,83	0,70	0,76	1.876.550,62
JULY		1,80	506,07		281,87	1.073,87	2,12	0,38	265.753,56
AUGUST		1,80	506,07		254,03	1.046,03	2,07	0,38	271.775,58
SEPTEMBER		5,80	1.630,68		198,36	990,36	0,61	0,81	2.154.416,08
OCTOBER		12,10	3.401,94		139,20	931,20	0,27	0,97	6.466.692,26
NOVEMBER		17,70	4.976,39		93,96	885,96	0,18	1,00	10.610.750,96
DECEMBER		22,00	6.185,34		76,56	868,56	0,14	1,00	13.782.927,65
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									89.030.984,62 kJ 24.750,61 kWh

Erzurum ili, güney yönü, toplam pencere alanı  $12m^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	320,99	24,20	7.768,04	792	126,35	918,35	0,12	1,00	17.754.894,66
FEBRUARY		23,10	7.414,94		147,41	939,41	0,13	1,00	16.785.499,95
MARCH		20,30	6.516,16		166,71	958,71	0,15	1,00	14.407.692,69
APRIL		13,90	4.461,81		145,65	937,65	0,21	0,99	9.155.455,48
MAY		8,90	2.856,84		161,45	953,45	0,33	0,95	5.057.089,14
JUNE		5,50	1.765,46		166,71	958,71	0,54	0,84	2.485.168,94
JULY		1,80	577,79		163,20	955,20	1,65	0,45	373.914,31
AUGUST		1,80	577,79		163,20	955,20	1,65	0,45	373.914,31
SEPTEMBER		5,80	1.861,76		156,18	948,18	0,51	0,86	2.712.971,30
OCTOBER		12,10	3.884,02		143,90	935,90	0,24	0,98	7.679.768,88
NOVEMBER		17,70	5.681,58		117,58	909,58	0,16	1,00	12.373.606,07
DECEMBER		22,00	7.061,85		112,31	904,31	0,13	1,00	15.961.298,28
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									105.121.274,02 kJ 29.223,71 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	295,61	24,20	7.153,78	792	297,41	1.089,41	0,15	1,00	15.722.806,07
FEBRUARY		23,10	6.828,60		346,98	1.138,98	0,17	1,00	14.754.859,83
MARCH		20,30	6.000,89		392,42	1.184,42	0,20	0,99	12.503.663,91
APRIL		13,90	4.108,99		342,85	1.134,85	0,28	0,97	7.787.690,70
MAY		8,90	2.630,93		380,03	1.172,03	0,45	0,89	4.103.360,45
JUNE		5,50	1.625,86		392,42	1.184,42	0,73	0,75	1.922.216,63
JULY		1,80	532,10		384,16	1.176,16	2,21	0,36	269.805,57
AUGUST		1,80	532,10		384,16	1.176,16	2,21	0,36	269.805,57
SEPTEMBER		5,80	1.714,54		367,63	1.159,63	0,68	0,77	2.123.561,72
OCTOBER		12,10	3.576,89		338,72	1.130,72	0,32	0,96	6.464.395,69
NOVEMBER		17,70	5.232,31		276,76	1.068,76	0,20	0,99	10.812.639,05
DECEMBER		22,00	6.503,43		264,37	1.056,37	0,16	1,00	14.124.603,29
$Q_{\text{year}} = \sum Q_{\text{month}} =$									90.859.408,48 kJ 25.258,92 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	281,15	24,20	6.803,88	792	250,55	1.042,55	0,15	1,00	14.937.311,47
FEBRUARY		23,10	6.494,61		292,31	1.084,31	0,17	1,00	14.030.533,17
MARCH		20,30	5.707,39		330,59	1.122,59	0,20	0,99	11.901.809,76
APRIL		13,90	3.908,01		288,83	1.080,83	0,28	0,97	7.403.402,84
MAY		8,90	2.502,25		320,15	1.112,15	0,44	0,89	3.906.999,65
JUNE		5,50	1.546,34		330,59	1.122,59	0,73	0,75	1.832.232,36
JULY		1,80	506,07		323,63	1.115,63	2,20	0,36	257.201,87
AUGUST		1,80	506,07		323,63	1.115,63	2,20	0,36	257.201,87
SEPTEMBER		5,80	1.630,68		309,71	1.101,71	0,68	0,77	2.021.052,31
OCTOBER		12,10	3.401,94		285,35	1.077,35	0,32	0,96	6.144.076,28
NOVEMBER		17,70	4.976,39		233,15	1.025,15	0,21	0,99	10.262.316,96
DECEMBER		22,00	6.185,34		222,71	1.014,71	0,16	1,00	13.408.196,74
$Q_{\text{year}} = \sum Q_{\text{month}} =$									86.362.335,29 kJ 24.008,73 kWh

Erzurum ili, kuzey yönü, toplam pencere alanı  $6m^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	295,43	24,20	7.149,32	792	22,81	814,81	0,11	1,00	16.419.379,98
FEBRUARY		23,10	6.824,36		32,46	824,46	0,12	1,00	15.552.259,02
MARCH		20,30	5.997,16		45,63	837,63	0,14	1,00	13.375.200,73
APRIL		13,90	4.106,43		57,91	849,91	0,21	0,99	8.458.465,74
MAY		8,90	2.629,30		69,32	861,32	0,33	0,95	4.688.055,78
JUNE		5,50	1.624,85		72,83	864,83	0,53	0,85	2.312.429,15
JULY		1,80	531,77		71,07	863,07	1,62	0,46	349.347,73
AUGUST		1,80	531,77		64,05	856,05	1,61	0,46	351.678,08
SEPTEMBER		5,80	1.713,47		50,01	842,01	0,49	0,87	2.544.044,95
OCTOBER		12,10	3.574,66		35,10	827,10	0,23	0,99	7.150.146,46
NOVEMBER		17,70	5.229,05		23,69	815,69	0,16	1,00	11.442.907,21
DECEMBER		22,00	6.499,39		19,30	811,30	0,12	1,00	14.744.207,36
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									97.388.122,19 kJ 27.073,90 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	282,74	24,20	6.842,19	792	53,70	845,70	0,12	1,00	15.543.586,31
FEBRUARY		23,10	6.531,19		76,42	868,42	0,13	1,00	14.679.111,76
MARCH		20,30	5.739,53		107,40	899,40	0,16	1,00	12.549.557,55
APRIL		13,90	3.930,02		136,31	928,31	0,24	0,99	7.815.318,28
MAY		8,90	2.516,34		163,16	955,16	0,38	0,93	4.224.236,96
JUNE		5,50	1.555,04		171,42	963,42	0,62	0,80	2.030.604,43
JULY		1,80	508,92		167,29	959,29	1,88	0,41	295.441,08
AUGUST		1,80	508,92		150,77	942,77	1,85	0,42	299.768,46
SEPTEMBER		5,80	1.639,86		117,73	909,73	0,55	0,84	2.281.288,10
OCTOBER		12,10	3.421,10		82,61	874,61	0,26	0,98	6.645.845,05
NOVEMBER		17,70	5.004,41		55,76	847,76	0,17	1,00	10.780.038,27
DECEMBER		22,00	6.220,18		45,44	837,44	0,13	1,00	13.953.349,15
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									91.098.145,39 kJ 25.325,28 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	275,51	24,20	6.667,25	792	45,24	837,24	0,13	1,00	15.112.131,74
FEBRUARY		23,10	6.364,19		64,38	856,38	0,13	1,00	14.277.558,92
MARCH		20,30	5.592,77		90,48	882,48	0,16	1,00	12.213.127,70
APRIL		13,90	3.829,53		114,84	906,84	0,24	0,99	7.610.076,23
MAY		8,90	2.452,00		137,46	929,46	0,38	0,93	4.118.687,65
JUNE		5,50	1.515,28		144,42	936,42	0,62	0,80	1.981.638,95
JULY		1,80	495,91		140,94	932,94	1,88	0,41	288.359,81
AUGUST		1,80	495,91		127,02	919,02	1,85	0,42	292.010,19
SEPTEMBER		5,80	1.597,93		99,18	891,18	0,56	0,83	2.216.403,15
OCTOBER		12,10	3.333,62		69,60	861,60	0,26	0,98	6.454.110,59
NOVEMBER		17,70	4.876,46		46,98	838,98	0,17	1,00	10.471.644,34
DECEMBER		22,00	6.061,13		38,28	830,28	0,14	1,00	13.559.824,68
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									88.595.573,93 kJ 24.629,57 kWh

Erzurum ili, güney yönü, toplam pencere alanı  $6m^2$ , sırasıyla P1, P21, P84 için, yapının yıllık ısıtma enerjisi hesap tabloları (Win Energy 1.0)

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKO	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K,C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	295,43	24,20	7.149,32	792	63,17	855,17	0,12	1,00	16.314.954,85
FEBRUARY		23,10	6.824,36		73,70	865,70	0,13	1,00	15.445.670,43
MARCH		20,30	5.997,16		83,36	875,36	0,15	1,00	13.278.119,96
APRIL		13,90	4.106,43		72,83	864,83	0,21	0,99	8.421.664,49
MAY		8,90	2.629,30		80,72	872,72	0,33	0,95	4.664.235,75
JUNE		5,50	1.624,85		83,36	875,36	0,54	0,84	2.297.229,68
JULY		1,80	531,77		81,60	873,60	1,64	0,46	345.908,91
AUGUST		1,80	531,77		81,60	873,60	1,64	0,46	345.908,91
SEPTEMBER		5,80	1.713,47		78,09	870,09	0,51	0,86	2.500.782,45
OCTOBER		12,10	3.574,66		71,95	863,95	0,24	0,98	7.061.911,99
NOVEMBER		17,70	5.229,05		58,79	850,79	0,16	1,00	11.353.182,81
DECEMBER		22,00	6.499,39		56,16	848,16	0,13	1,00	14.649.022,67
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									96.678.592,89 kJ 26.876,65 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	282,74	24,20	6.842,19	792	148,71	940,71	0,14	1,00	15.298.349,83
FEBRUARY		23,10	6.531,19		173,49	965,49	0,15	1,00	14.429.170,36
MARCH		20,30	5.739,53		196,21	988,21	0,17	1,00	12.323.108,75
APRIL		13,90	3.930,02		171,42	963,42	0,25	0,98	7.731.671,48
MAY		8,90	2.516,34		190,01	982,01	0,39	0,92	4.173.278,32
JUNE		5,50	1.555,04		196,21	988,21	0,64	0,79	2.000.217,71
JULY		1,80	508,92		192,08	984,08	1,93	0,40	289.177,48
AUGUST		1,80	508,92		192,08	984,08	1,93	0,40	289.177,48
SEPTEMBER		5,80	1.639,86		183,82	975,82	0,60	0,81	2.192.373,59
OCTOBER		12,10	3.421,10		169,36	961,36	0,28	0,97	6.446.604,92
NOVEMBER		17,70	5.004,41		138,38	930,38	0,19	1,00	10.571.025,35
DECEMBER		22,00	6.220,18		132,18	924,18	0,15	1,00	13.730.075,99
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									89.474.231,25 kJ 24.873,84 kWh

MONTHS	Heat Loss			Heat Gain			KKD	Gain Usage Factor	Heating Energy Required
	Specific Heat Loss	Differences Temperature	Heat Loss	Indoor Heat Gain	Solar Energy Gain	Total			
	$H=H_i+H_h$ (W/K)	$T_i-T_d$ (K.C)	$H(T_i-T_d)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_g$ (W)	$\phi_i + \phi_g$ (W)			
JANUARY	275,51	24,20	6.667,25	792	125,28	917,28	0,14	1,00	14.905.575,49
FEBRUARY		23,10	6.364,19		146,16	938,16	0,15	1,00	14.067.028,45
MARCH		20,30	5.592,77		165,30	957,30	0,17	1,00	12.022.355,04
APRIL		13,90	3.829,53		144,42	936,42	0,24	0,98	7.539.606,34
MAY		8,90	2.452,00		160,08	952,08	0,39	0,92	4.075.662,24
JUNE		5,50	1.515,28		165,30	957,30	0,63	0,79	1.955.921,81
JULY		1,80	495,91		161,82	953,82	1,92	0,41	283.050,86
AUGUST		1,80	495,91		161,82	953,82	1,92	0,41	283.050,86
SEPTEMBER		5,80	1.597,93		154,86	946,86	0,59	0,82	2.141.531,48
OCTOBER		12,10	3.333,62		142,68	934,68	0,28	0,97	6.286.512,97
NOVEMBER		17,70	4.876,46		116,58	908,58	0,19	1,00	10.295.734,75
DECEMBER		22,00	6.061,13		111,36	903,36	0,15	1,00	13.371.807,05
$Q_{year} = \sum Q_{month} =$									87.227.837,36 kJ 24.249,34 kWh

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Trabzon'da doğdu.1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünde başladığı lisans eğitimini 2003 yılında mimar unvanı alarak başarıyla tamamladı. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, mimarlık bölümü, yapı anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2007 Kasım ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi, mimarlık bölümü, yapı anabilim dalına araştırma görevlisi olarak atandı ve halen yapı anabilim dalında görevini sürdürmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.