

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAYDAM YALITIM MALZEMELERİNİN
YAPILARIN ISITMA ENERJİSİ
GEREKİNİMİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mimar Murat BAYAT

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fizik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Gülşay ZORER GEDİK, YTÜ

İSTANBUL , 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SIMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
SEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GIRIS	1
2. YAPILARDA GÜNES ENERJISINDEN YARARLANMA YÖNTEMLERİ....	3
2.1 Dolaysız (Dogrudan) Isı Kazancı	6
2.2 Isı Depolayıcı Duvarlar.....	10
2.3 Isı Depolayıcı Çatılar.....	14
2.4 Günes Odası Ekleme	15
2.5 SAYDAM ISI YALITIM GEREÇLERİ	17
2.5.1 Kapiler dokulu saydam yalitim.....	18
2.5.2 Petek dokulu saydam yalitim	19
2.5.3 Aerogel saydam yalitim	19
2.6 Yapi Kabugunun Sıydam Alanlarının Isıl ve Optik Özellikleri.....	23
2.6.1 Çok Katlı Cam Ünitelerinin Isıl Özellikleri.....	23
2.6.2 Çok Katlı Cam Ünitelerinin Optik Özellikleri.....	27
3. ÖRNEK BİR YAPININ SAYDAM YALITIM GEREÇLERİ KULLANILARAK YILLIK ENERJİ GEREKSİNİMİNİN HESAPLANMASI.....	32
3.1 Türkiye’de Yapılarda Yıllık Isıtma Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Yönetmelik (TS 825).....	32
3.2 İzmir’de Tek Katlı Bir Konut Binasının Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 1).....	39
3.3 İzmir’de Bir Konut Binası (Apartman) İçin Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 2).....	46
3.4 İzmit’de Bir Yönetim Binasının Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 3).....	53
3.5 Örnek Yapılar İçin Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması.....	60
4. SONUÇ.....	68
KAYNAKLAR	69
İNTERNET KAYNAKLARI	71
ÖZGEÇMİŞ	72

SIMGE LİSTESİ

Ap	Toplam pencere alanı
At	Toplam alan
a	Yapı kabuğunda yutma
Atm	Atmosfer
C	Elemanın özgül ısısı (kJ/kg °C)
D	Cam panellerin boşlukların kalınlığı (mm)
e _n	Katman kalınlığı
f	Genlik küçültme faktörü
G	Geçirgenlik
Max	Maksimum
Min	Minimum
M	metre
MW	Macro watt
P	Yogunluk
Pc	Polikarbonat
Q	Zaman gecikmesi
Q _{yil}	Yıllık Enerji ihtiyacı
U	Toplam ısı iletkenlik katsayısı (W/m ² °C)
W	Watt
Y	Admittance değeri
?	İsi iletkenliği

KISALTMA LİSTESİ

EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
DMI	Devlet Meteoroloji İşleri
GLF	Pencere Cami Yük Faktörü
Yy	Yüzyıl

SEKIL LISTESI

	Sayfa
Sekil 2.1	7
Sekil 2.2	10
Sekil 3.3	11
Sekil 2.4	13
Sekil 2.5	14
Sekil 2.6	16
Sekil 2.7 Saydam Yalitimli Günes Duvari Uygulaması.....	17
Sekil 2.8 Saydam Yalitim Türleri.....	18
Sekil 2.9 Sirasiyla düzgün ve kırık aérojel taneciklerinin fotolari	20
Sekil 2.10 Yarisaydam aérojel camin kesiti (Reim M.v.d.2002).....	21
Sekil 2.11 Cepheye Yerlestirilmis Yarisaydam Aérojel Camin Görünüsü	21
Sekil 2.12 Aérojel	22
Sekil 2.13 Aérojel molekülleri.....	22
Sekil 2.14 Gaz Doldurulmus çift camin U-Degeri	25
Sekil 2.15 Gaz Doldurulmus Low-e kaplamali çift camin U-Degeri.....	25
Sekil 2.16 Balpetegi ve Kapiler Yapidaki Saydam yalitim Malzemelerinin Isi Iletkenliginin Kalinlikla Degisimi (U degeri)	26
Sekil 2.17 Degisik Cam Tiplerinin U- Degerlerinin Karsilastirilmesi (Umarogullari 2001) ..	27
Sekil 2.18 a) Balpetegi ve kapiler yapidaki saydam yalitim malzemelerinin direkt-yaygin geçirgenliginin gelis açisi ile degisimi.....	28
b)Balpetegi ve kapiler yapidaki saydam yalitim malzemelerinin yaygin-yaygin geçirgenliginin kalinlikla degisimi	28
Sekil 2.19 Saydam yalitkan malzemelerin geometrik siniflandirilmesi.....	29
Sekil 2.20 Aérojellerin gelen günes isigini kirmizilastirmasi.....	29
Sekil 3.1 Örnek yapı saydamlik orani %20	39
Sekil 3.2 Saydamlik orani %20 olan örnek yapinin perspektifi	40
Sekil 3.3 Örnek yapı U-degeri / Qyil (Yillik isitma enerjisi ihtiyaci) degeri ve alan grafigi ...	42
Sekil 3.4 Örnek yapı saydamlik orani %20	46
Sekil 3.5 Saydamlik orani %20 olan örnek yapinin perspektifi	47
Sekil 3.6 Örnek yapı U-degeri / Qyil (Yillik isitma enerjisi ihtiyaci) degeri ve alan grafigi ...	49
Sekil 3.7 Örnek yapı saydamlik orani %50	53
Sekil 3.8 Saydamlik orani %50 olan örnek yapinin görünüsü.....	53
Sekil 3.9 Örnek yapı U-degeri / Qyil (Yillik isitma enerjisi ihtiyaci) degeri ve alan grafigi ...	56

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Saydam sistemlerin ısı, optik ve solar özellikleri (Umarogullari 2001).....	31
Çizelge 3.1. Bölgelere göre $A_{top} / V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak Q' nun hesaplanması.....	38
Çizelge 3.2. Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri	38
Çizelge 3.3 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler.....	41
Çizelge 3.4 Örnek 1 için Q_{yil} değerindeki yüzdelerdeki değişim.....	44
Çizelge 3.5 Örnek yapı için Q_{yil} değerindeki değişim grafiği	45
Çizelge 3.6 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler.....	48
Çizelge 3.7 Örnek 2 için Q_{yil} değerindeki yüzdelerdeki değişim.....	51
Çizelge 3.8. Örnek yapı için Q_{yil} değerindeki değişim grafiği	52
Çizelge 3.9 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler.....	54
Çizelge 3.10 Örnek 1 için Q_{yil} değerindeki yüzdelerdeki değişim.....	58
Çizelge 3.11 Örnek yapı için Q_{yil} değerindeki değişim grafiği	59
Çizelge 3.12. Örnek 1, %20 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	60
Çizelge 3.13. Örnek 1, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	61
Çizelge 3.14. Örnek 1, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	62
Çizelge 3.15. Örnek 2, %20 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	62
Çizelge 3.16. Örnek 2, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	63
Çizelge 3.17. Örnek 2, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	64
Çizelge 3.18. Örnek 3, %20 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	64
Çizelge 3.19. Örnek 3, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	65
Çizelge 3.20. Örnek 3, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu.....	66
Çizelge 3.21. Örnek 3 yapının yıllık kazanç tablosu karşılaştırması.....	67

ÖNSÖZ

Bu Tez kapsamında, saydam yalitim malzemelerinin mimari tasarima etkisi ele alinmistir. Öncelikle çalismanin içerigini ve kapsamini içeren giris bölümü vardir. Daha sonra ise günes enerjisi ve saydam yalitim malzemeleri ele alinacaktır. Son bölümde ise örnek yapılar üzerinde saydam yalitim malzemelerden arojeller kullanilarak karsilastirmalar yapılacaktır.

Çalismamin bütün asamalarında bana yardımcı olan tez danismanim Sayin Doç.Dr.Gülay ZORER GEDIK hocama tesekkür ederim.

Bu tez çalismamdaki yardımlari için sevgili arkadasim Firuze Ilgin ERKMEN'e beni daima destekleyen aileme ve sirket arkadaslarima tesekkür ederim.

ÖZET

Saydam yüzeyler binalarda yaşam ve konforun kalitesini belirlemede önemli bir rol üstlenirler. Bina kabuğunun bir parçası olarak iç ve dış ortamı birbirinden ayıran bir filtre durumundadırlar. Binanın bir parçası olarak, diğer opak elemanlarla aynı etkilere maruz kalmakla birlikte temel görevleri, ısı ve ses akısının kontrol edilmesi, havalandırmanın sağlanması, su sızdırmazlığı ve göz kamaşmasına izin vermeksizin ısı geçirmesidir.

Geleneksel camlarda saydamlık aynı zamanda yüksek ısı geçirgenliği anlamına gelirken ileri teknoloji ürünü saydam elemanlarla saydamlıktan fedakarlık etmeden ısı geçirgenliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Ancak, diğer yandan günümüzde ısı kaybı minimize edilmiş, güneş enerjisinden pasif yararlanma yöntemleri ile enerji kazanımları arttırılmış binalar yapılmaktadır. Bu durum yaz şartlarında ve sıcak iklimlerde, yoğun güneş enerjisi sonucu iç ortamın aşırı ısınmasına sebep olmaktadır. Bunu önlemek amacıyla ihtiyaç olduğunda güneş ısılarını geçiren, istenmedikçe geçirmeyen saydam elemanların üretimi amaçlanmış ve optik geçirgenliği değişken saydam yalıtım malzemeleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, temiz enerji teknolojisindeki en önemli gelişmelerden biri olan saydam yalıtım gereçlerinin farklı saydamlık oranlarında ve ısı geçirgenlik katsayılarında kullanıldığı örnek yapıların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması, karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir.

İlk bölüm, çalışmanın amacını ve kapsamını içeren giriş bölümüdür.

İkinci bölümde, yapılarda güneş enerjisinden yararlanma konusu ele alınmıştır. Ayrıca saydam yalıtım malzemeleri tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde, saydam yalıtım gereçlerinden arojel kullanılarak örnek üç yapı için yıllık ısıtma enerjisi hesapları yapılarak değerlendirilmiş ve maliyet analizleri yapılmıştır.

Sonuç bölümünde, saydam yalıtım gereçlerinin yapı tasarımına etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Saydam yalıtım malzemeleri, hava tabakalı çift cam, ısı performans, optik geçirgenlik

ABSTRACT

Windows play a significant role in achieving quality of life and comfort in buildings. As a part of the building envelope, a window is a filter of conditions between inside and outside. Although they are exposed to same effects as walls they are expected to fulfill requirements such as controlling both heat and sound as a filtering material, supplying air circulation, resisting to water leakage and above all, transmit light without a glare.

Whereas traditional windows have lower resistance to heat flow and to sound transmission, to improve the effect of thermal insulation, a number of the materials and layers has been developed with varying benefits. The first possibility to improve the heat transfer coefficient, the so called U-value, is to increase the number of layers of glass or films. Therefore, the most promising materials for thermal conversion systems are windows with fillings of honeycomb or capillary materials. In a temperate climate, the situation changes with time. Sometimes overheating must be prevented, at other times one wants to gain as much solar radiation as possible to reduce space heating demands. A more elegant solution is chromogenic materials. Their optical properties change during a day or a season. In this review paper, thermal and optical properties of constant and changeable transparent insulating materials have been evaluated.

The most important development in clean energy technologies is transparent insulation materials. The aim of this study is calculate, evaluate and compare of yearly heating energy needs of a case building with different transparency proportion and heat permeability factor.

In second chapter, solar energy in clean energy sources and profit from this possibilities in architecture have been explained.

In third chapter, evaluation of three case building use with 'aerogel' and cost analysis have been done.

In conclusion, advantages of transparent insulation materials for buildings have been introduced.

Keywords: Transparent insulation material, glass, double glazing, aerogel, chromogenic component.

1. GIRIS

İç ve dış mekanlar arasında sınır oluşturan yapı dış duvarları, sürekli değişen iklimsel koşulların etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle yapı içerisinde istenen iklimsel konfor, dış duvar elemanlarının ısı depolama, ısı geçirgenlik, buhar geçirgenlik ve hava geçirimsizlik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Bilindiği gibi, gün boyunca güneş ısınımı ve çevre sıcaklığının yapı üzerindeki etkisi sürekli değişmektedir. Bu nedenle yapının opak ve saydam elemanlarından gelen ısı kazancı, zamana bağlı olarak sürekli değişim gösterir. Yapının maksimum ısı kazancının ve zamanının saptanmasında opak ve saydam elemanlardan gelen ısı kazançları etkili olduklarından, dış duvarlar ısı kazancı hesaplarında dikkate alınması gereken en önemli elemanlardır. Dış duvarlarda ısı kaybını azaltmak amacıyla alınması gereken önlemlerden biri duvarın ısı geçiş direncinin artırılmasıdır. Bu yapı elemanı kalınlığının büyütülmesi veya ısı iletim katsayısının küçültülmesini gerektirir. Bu nedenle masif yapı duvarlarının ısı iletim katsayısı düşük malzemeden seçilmesi ya da ısı iletim katsayısı düşük yalıtım malzemeleri ile desteklenmesi gerekir. Duvarların yalıtılmasında

- enerji tüketiminin azaltılarak yakıttan tasarruf sağlanması,
- duvar iç yüzey sıcaklığının artması sonucu ısı konforunun iyileştirilmesi ve
- duvar iç yüzeylerindeki yoğuşma ve küflenme sorunlarının ortadan kalkması amaçlanır.

(Özbalta, 2002)

Gerek ısı korunumu gerekse iç mekan konforunun sağlanmasında dış duvarlardan ısı kütlesi olarak yararlanabilme açısından “sönüm oranı” ve “faz kayması” değerleri önemlidir. Yalıtım değeri yüksek olan ağır ve masif yapı elemanları sistemin etkinliğini arttırdığından, malzeme seçiminde birim ağırlık önem kazanır. Isıl kütle olarak çalışan iç ve dış duvarlar sıcak dönemlerde mekan sıcaklığını düzenleyici rol oynarlar. Günün sıcak saatlerinde depolanan ısının gece havanın soğuması ile tekrar iç mekana verilmesi ile konforda süreklilik sağlanır, ayrıca duvar yüzey sıcaklığının iç ortam hava sıcaklığından yüksek olması mekan konforunu olumlu etkiler.

Yapı fiziki açısından opak ısı yalıtım malzemesinin duvar dış yüzeyinde yer alması en doğru çözümdür. Opak yalıtım malzemelerinin güneş ısınım geçirgenliği olmadığı için ısı kütlede güneş enerjisinin depolanması olanaklı değildir. Ancak ısı iletkenliği $0,20-1,00 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değişen saydam yalıtım malzemelerinin güneş ısınım geçirgenliği $0,70-0,95$ arasında değişmektedir. Bu nedenle edilgen güneş enerjisi uygulamalarında saydam yalıtım malzemelerinin kullanımı güneşten ek ısı kazancı sağlaması nedeniyle önemli avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada amaç, temiz enerji teknolojisindeki en önemli gelişmelerden biri olan saydam yalıtım gereçlerinin farklı saydamlık oranlarında ve ısı geçirgenlik katsayılarında örnek bir yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması ile değerlendirilmesidir.

Bu çalışma,

- Öncelikli olarak güneş enerjisi ve mimaride yararlanma olanakları, içerik olarak etken edilgen ısıtma teknolojileri ve bunların ısı ve optik özelliklerinin değerlendirilmesi,
- Güneş enerjisinden yararlanarak saydam yalıtım malzemelerinin kullanılması,
- Sıydam yalıtım gereçlerinden arojel'i kullanarak örnek üç yapı üzerinde bir karşılaştırma yapılması ve maliyet analizlerinin karşılaştırılması,
- Arojel elemanlarının mimari tasarıma etkisinin değerlendirilmesi,

konularını kapsamaktadır.

2. YAPILARDA GÜNES ENERJISINDEN YARARLANMA YÖNTEMLERİ

Gerek yapı gerekse yerleşme ölçeğinde güneş enerjisinden yararlanma konusu.

- yapıların ısıtılması, soğutulması,
- yapılarda sıcak su elde edilmesi,

gibi baslıca iki önemli konuyu kapsar. Bu konularda güneş enerjisinden yararlanmada etken (aktif) ve edilgen (pasif) olmak üzere iki ana yöntem söz konusudur. Yararlanmada duruma göre bu yöntemlerden birinin ya da ikisinin birlikte kullanımı gerekir.

ETKEN YÖNTEMLE GÜNES ENERJISINDEN YARARLANMA: Isı enerjisinin toplamında ve dağıtımında ayrı bir sistemin kullanıldığı yöntemdir. Bu yöntemde güneş enerjisi doğrudan iç mekanları ısıtmak için kullanılmaz. Bu enerjiden faydalanarak önce su v.b. akiskanlar ısıtılır, sonra bu ısıtılmış akiskanda depolanan enerji ile iç mekanlar ısıtılır. Bu süreç,

- güneş enerjisinin yapılarda genellikle düz toplaç adı verilen öğeler aracılığıyla toplanması,

(düz toplaçlar yapıların dışında ya da bünyesinde yer alabilirler, örn. çatı, duvar, korkuluk v.b.)

- toplanan bu enerjinin yapının bitişinde ve ya alt bölümünde yer alan su depolarında ya da çakilli alanlarda depolanması,
- depolanan enerjinin pompa, boru v.b. gereçlerle dağıtılması, şeklinde gerçekleşir.

(Zorer, 1995)

EDILGEN YÖNTEMLE GÜNES ENERJISINDEN YARARLANMA: Isı enerjisini toplayıcı ve doğal yollarla dağıtıcı (iletim, doğal taşınım akımları, ısınım) olan yöntemdir. Yapıya enerjiye gereksinim göstermeyen yapıyla bütünleşmiş toplama ve depolama söz konusudur. Edilgen yöntemle güneş enerjisinden yararlanmak için tasarlanmış tipik bir yapı;

- başka yapıların ya da ağaçların gölgesinde kalmayacak biçimde dikkatli yer seçimi ve yönlendirmesi yapılmış,
- pencerelerin büyük bir bölümü kış aylarında güneş ışığından max. yararlanmak için güneye yönlendirilmiş,

- döşeme ve duvarları isi enerjisini yutucu ve toplayıcı kagir, beton v.b. gereçlerden olusturulmus,
- yaz aylarında asiri isinma sorununu önlemek için yapıdaki çıkıntılar (saçak v.b) cam yüzeyleri gölgede bırakacak biçimde etüd edilmiş,

bir yapıdır. (Zorer, 1995)

Günes Enerjisinden yararlanmada etken ve edilgen yöntemlerin her ikisinin de olumlu ve olumsuz yanları söz konusudur. Edilgen yöntemin ana öğelerini oluşturan duvarlar, pencereler ve döşemeler zaten tüm yapıların islevsel gereksinimleri olduğundan, bu yöntem genellikle etken yöntemle göre daha ekonomik, uygulaması ve kullanımı daha kolaydır. Edilgen yöntemle güneş enerjisinden yararlanan yapılar, vantilatör, pompa v.b. gereçlerle bunların elektronik denetimine gereksinim duymayan, bakımı daha kolay, daha az elektrik enerjisi tüketen ve daha uzun ömürlü yapılardır.

Etken yöntemin olumlu yani tasarımda sağladığı esnekliktir. Etken yöntemin başarılı bir biçimde uygulanabilmesi için, yapı ve yakın çevresinin tasarımında çok dikkatli olunması gerekmez. Güneş toplacıları yapıda ya da yapı yakınında herhangi bir yere yerleştirilebildiğinden yapıların ya da ağaçların gölgeleme sorunundan kaçınmak çok daha kolaydır. Aynı zamanda, etken yöntem çoğu kez kullanılmakta olan herhangi bir yapıya sonradan rahatlıkla uygulanabilirken, edilgen yöntem için bu genellikle olanaksız ya da zordur.

Etken yöntemin uygulandığı bir yapıda, isi enerjisinin dağılımı termostat kullanımı ile denetlenerek, iç mekan sıcaklığı hemen hemen değişmez düzeyde tutulabilir. Edilgen yöntemin uygulamalarında ise denetim çok iyi yapılmıyorsa isi yükü oluşabilir. Edilgen yöntem, iç mekan sıcaklıkları daha fazla değişim gösterebilen bir yöntem olmasına karşın yapı kabuğunun yararlanmaya yönelik yüzeyleri aynı zamanda enerji depolama özelliği olan yüzeyler olduğundan, güneşli bir günün sonunda öteki yapı yüzeylerine göre daha yüksek sıcaklığa erişirler ve isinim yoluyla tüm yüzeylerden kullanıcıya isi yayarlar. Dolayısıyla döşeme ile tavan arasındaki isi farkları azalır Bu nedenle de edilgen yöntemle güneşten yararlanan yapı, sağlık ve konfor düzeyi açısından öteki yapılara göre üstünlük sağlar.

Gerek etken gerekse edilgen yöntemlerin uygulanacağı yapının, iyi yalıtılmış ve hava sızdırmazlığı sağlanmış bir yapı olması gerektiği açıktır. Edilgen yöntemde ısıtıcı ögeler, etken sistemin ögelerine göre daha ekonomik olduğundan, yapılar edilgen yolla olanaklı olan her türlü ısı kazancını olabildiğince elde edecek biçimde tasarlanmalıdır.

Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin genelde:

- Dolaysız (doğrudan) Isı Kazancı,
- Isı Depolayıcı Duvarlar, • Sürekli Dolasım Halkası,
- Isı Depolayıcı Çatılar,
- Güneş Odası (limonluk) Ekleme,

olarak sınıflandırılan uygulanış biçimleri söz konusudur. (Zorer, 1995)

Son yıllardaki araştırma ve geliştirmeler, Saydam Isı Yalıtım Gereçlerinin kullanıldığı düşük enerjili uygulamalar üzerine yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla edilgen yolla güneşten yararlanma yöntemlerinde en son adım

- Saydam Isı Yalıtım Uygulamaları,

olarak 2.5 bölümünde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Edilgen Isıtma Sistemi olarak tasarlanan yapılara ya da hacimlere uygulanabilecek güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinin, güneş isinimlerini,

- toplama,
- depolama,
- dağıtma,
- denetleme,

gibi dört ana işlevi söz konusudur. (Zorer, 1995)

Gün isigindan isi enerjisi elde etme süreci, isinimleri toplayıcı sürecin tasarımıyla başlar. Toplayıcılar güneş isinimlerini geçirici cam ya da plastik gereçlerdir. Bu yüzeylerden geçen güneş isinimlerinin olabildiğince yutularak isi enerjisine dönüşümünü sağlamak için yutucu, koyu renkli yüzeyler kullanılır. Elde edilen isi enerjisinin korunabilmesi için, toplayıcı sistemin tasarımında genellikle ser etkisinden yararlanma yoluna gidilir.

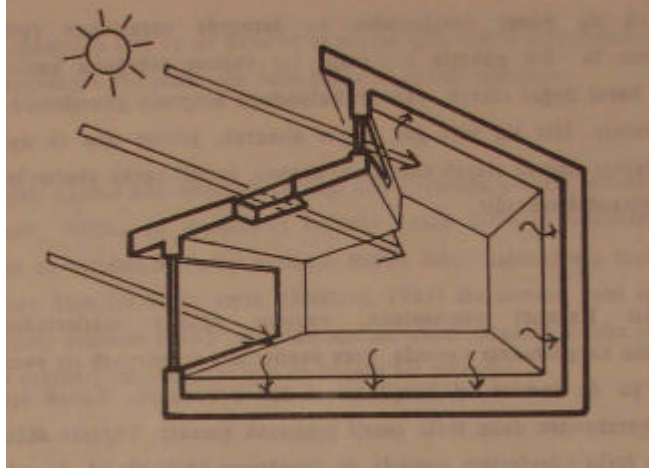
Güneş enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinin ikinci islevi, isi enerjisinin depolanmasıdır. Bu yöntemlerde güneş isinimlerinin toplanması yanında, depolanarak daha sonra dolaysız güneş isiginin olmadığı saatlerde kullanılması göz önüne alınır. Böylece güneş enerjisinin mekana isi enerjisi sağladığı süre uzatılır.

Üçüncü islev, toplanan depolanan isi enerjisinin deviniminin ve mekana dağıtımının sağlanmasıdır. Bu yöntemlerle elde edilen isi enerjisi düşük sıcaklıklı olduğundan, ısıtılacak alanda isinin etkin biçimde devinimini sağlamak gereklidir. Isi enerjisinin dolayım alanı ne kadar minimum tutulursa, mekan içerisinde dağıtımı o kadar etkin olacaktır.

Dördüncü islev, toplanan ve depolanan isinin devinimini ve dağılımını denetlemektir. Soğuk hava koşullarında iç mekanda konfor sıcaklığına erisebilmek için tasarlanan sistem, daha sıcak günlerde konfor sıcaklığının üstüne kolaylıkla çıkabilir. Bu nedenle bu sistemlerde edilgen soğutmanın da dikkate alınarak çözümlenmesi gereklidir.

2.1 Dolaysız (Dogrudan) Isi Kazancı

Bu yöntemin uygulamalarında yapının güney duvarında büyük cam alanlar ve beton, kerpiç, tuğla gibi masif gereçlerden oluşan tavan, döşeme ve duvarlar yer alır. Dis duvarda ya da çatıda yer alan cam yüzeyler aracılığıyla hacme giren güneş isigi, hacmin döşeme, duvar, tavan hatta eşyalarında yutulur, isi enerjisine dönüşür ve depolanır (Sekil 2.1)



Sekil 2.1

Bu yöntemde öncelikle, yeterli güneş enerjisinin iç mekanlara girişinin ve bu enerjinin minimum kaybının sağlanması gerekir. Bunun için ilk koşul, cam yüzeylerin yapının güney yüzünde kesin güneş isinimlerinden max. yararlanacak biçimde yerleştirilmesidir. Optimum yön güney olmakla birlikte, sistemin verimini belli oranda düşürse de, doğu ve batı yönüne 30°'lik sapmalar yararlanma yönü olarak kabul edilmektedir. Doğru bir biçimde yönlendirilen cam yüzeylerin, elde edilen ısı enerjisinin kaybını engellemek için genellikle çift camlı olmaları ve hava sızdırmazlıklarının da kesinlikle sağlanmış olması gerekir. Ayrıca, gece durumunda ısı kayıplarını azaltmak için bu alanların bir çeşit hareketli yalıtım gereçleri ile kapatılması verimi artırır.

Güneş isinimlerinin iç mekana girmesine olanak sağlayan cam yüzeylerin başarılı bir biçimde çalışabilmesi için, yönlendirilmeleri yanında doğru bir biçimde boyutlandırılmaları da önemlidir. Soyutlandırma için öncelikle yapının ısı kaybının, iç- dış sıcaklık farklarına ve yapı kabuğunun ısısal direncine bağlı olarak hesaplanması gerekir. Bunun yanında, yapının toplam ısı gereksiniminde güneş enerjisinin ne tür bir rol oynayacağı belirlenmelidir. Yapının ağırlıklı olarak güneşle ısıtılan (yillik enerji gereksiniminin % 80'i güneşle sağlanan) güneş enerjisinden orta derecede yararlanan (yillik enerji gereksiniminin %60'i güneşle sağlanan) ya da güneş enerjisinden az derecede yararlanan (yillik enerji gereksiniminin % 30'u güneşle sağlanan) bir yapıya olduğuna karar verilmesi gerekir. Bu karar doğal olarak, yapının bulunduğu bölgenin güneşlenme durumuna göre verilecektir. Her iki veri göz önüne alınarak, sistem için en uygun güneş enerjisi toplayici eleman olarak cam alanı boyutu, çeşitli hesap yöntemleriyle kesin olarak hesaplanabilmektedir.

Dolaysiz Isi Kazanci yönteminde, yapinin gündüz saatlerindeki ısıtma gereksiniminin karsilanmasi yaninda, gece saatlerinde de gereken isi enerjisinin bir bölümünün ya da tamamının karsilanmasi söz konusudur. Bunun için gündüz saatlerinde gerekenden daha fazla enerji toplamak gerekir. Yapinin döşeme, tavan ve duvarlari öteki islevlerinin yaninda isi depolayici kütle olarak da çalışirlar. Isi depolayici kütleinin görevi, dis sicakligin düştüğü, yapinin isi kaybinin antigi, güneş battiktan sonra ki saatlerde kullanilmak üzere fazla enerji depolamaktır. Isi depolayici kütleinin,

- gereçsel yapisi,
- mekandaki kullanım yerinin belirlenmesi,
- boyutlandırılması,
- yüzey rengi (yansıtma çarpanı)

önemlidir. (Zorer, 1995)

Isi depolayici kütle olarak seçilecek gerecin, birim hacminde fazla enerji depolama, depoladigi enerjiyi yüzeyine ve iç mekana çabuk iletibilme özelligi olmalıdır. Bu yöntemde en çok kullanılan isi depolayici gereçler; tas, beton, tuğla, kerpiç gibi kati gereçlerdir. Bu gereçlerin hem isi enerjisini depolama kapasiteleri hem de isi iletkenlikleri oldukça yüksektir. Isi depolayici olarak suyun, yukarida sözü edilen kati gereçlerden daha fazla enerji depolama kapasitesi vardır. Ayrıca sivi olduğu için, tasınım akımlarıyla isi enerjisini etkin (daha çabuk, hızlı) bir biçimde iletibilme özelligine sahiptir. Bu yöntemde, isi depolayici gereç olan suyun, plastik kolonların, tüplerin içinde kullanilisi söz konusudur, ancak kullanimi kati gereçler kadar yaygın degildir. Bunun nedeni, kati gereçlerin tasiy.ci. yapı kabugunu oluşturan öğelerden biri ve isi depolayici olarak çok islevli kullanilabilmeleri, aynı zamanda uygulama yöntemlerinin daha kolay ve bilinir olmasıdır.

Isi depolayici ögenin doğrudan güneş isigi alır durumda yerinin belirlenmesi en iyi sonucu verir. Ayrıca isi depolayici kitlenin yüzey alaninin büyüklüğüne karsin kalinliginin az tutulmasi, yüzey alaninin küçük fakat kalinliginin fazla tutuldugu duruma göre daha iyi sonuç verir. Bu durum, yani isi depolayici kütleinin yüzey alaninin büyük tutulmasi mekan içinde sicakligin daha iyi (homojen) dagilimini sagladigindan konfor için de önemli bir etkidir.

Isi depolayıcı kitlenin boyutunu ise, literatürde çeşitli hesap yöntemleriyle oluşturulmuş tablolar aracılığıyla seçme olanakları vardır. Genellikle bu hesap yöntemleriyle, birim cam alanı için gereken birim kütle alanı hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemde, ısı depolayıcı öğelerin, yalıtımsız ya da içten yalıtımlı olarak kullanılmaları yanlıştır. Isı depolayıcı masif öğelerin yüzeyleri yapının iç yüzeylerini oluşturacak biçimde, dıştan yalıtımlı olarak kullanılmaları gerekir.

Yukarıda sözü edilen etkenlerin yanında, ısı depolayıcı kütlelerin yüzeyinin yansıtma çarpanı yani açıklık ya da koyuluğu, üzerine gelen güneş ışığının yutulma oranını ve bu yolla elde edilen ısı enerjisini etkilediği için dolaysız ısı kazancı sisteminin bütününe başarısında etkilidir. Ancak bu özellik, dolaysız ısı kazancı sisteminde öteki sistemlerde olduğu kadar önemli değildir. Çünkü bu sistemde, mekana giren güneş ışığının çoğu yansımalar sonunda eninde sonunda yine mekanın farklı yüzeylerinde yutulacak, çok az bir bölümü cam yüzeylerden dışarı çıkabilecektir. Bu sistemde yüzeylerin tam yutucu (siyah) olduğu durumla, yutuculuğun %80 olduğu durum karşılaştırıldığında sistemin başarısının önemli ölçüde değişmediği görülmüştür. O halde, sistemde tam yutucu yüzeylerin kullanılması zorunluluğu yoktur. Isı depolayıcı yüzeylerin olabildiğince koyu renkte, öteki yüzeylerin görelisi olarak daha açık, üzerine gelen ışığı yansıtarak depolayıcı yüzeye gönderecek biçimde tasarlanması doğru olacaktır. Özellikle perde, mobilya v.b. hafif öğelerin, koyu renkli ve doğrudan güneş ışığı alması aşırı ısınma sorununa neden olduğundan bu öğeler, doğrudan güneş ışığı alan bölgeden uzakta ve açık renkte olmalıdır. Ayrıca mekanın tefrisinde mobilya, insan v.b. öğelerin güneş ışığının depolayıcı yüzeye gelmesinde engel oluşturmamasına dikkat etmek gereklidir.

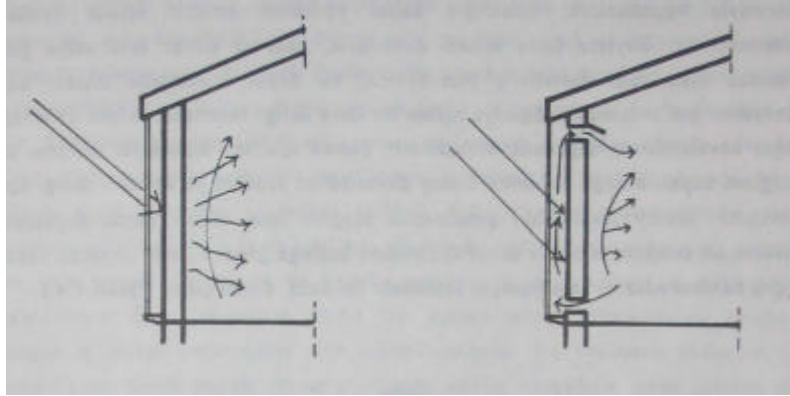
Bu yöntemde çözümlenmesi gereken önemli konulardan biri de, yaz aylarında oluşabilecek aşırı ısınma sorununun denetlenerek engellenmesidir. Bunun için yapının güney yüzünde;

- yapı içinde perde, jaluzi v.b.,
- yapı dışında stor, panjur, kapak v.b. hareketli elemanlar,
- yatay ve dikey güneş kiranlar, yansıtıcı özel renkli camlar.
- kışın yapraklarını döken ağaçlar (dalları kış aylarındaki verimi etkilese de)

yaz aylarında gölgelendirici olarak kullanılabilirler. Ayrıca bunlarla birlikte, doğal havalandırma olanaklarının da sağlanması yaz aylarında genellikle konforu sağlayacaktır. (Zorer, 1995)

2.2 Isi Depolayıcı Duvarlar

Dolaysız Isi Kazancı Sisteminden farkı; enerji toplayıcı ve depolayıcı olarak tasarlanan duvarın yapının içinde değil, güneşle yapı içi arasında yer almasıdır. Güneş ışığı camdan geçerek cam ile iç mekan arasındaki koyu renk ya da siyah duvar yüzeyinde yutulur, ısı enerjisine dönüşür ve bu enerji iletim yoluyla duvardan geçerek taşınım ve ısınım yollarıyla iç mekana aktarılır. Ayrıca, ısı depolayıcı duvar sistemlerinin bazılarında duvar üzerinde kanallar (hava delikleri) yer alır. Bu durumda; cam yüzeyle duvar arasında ısınan hava da doğal taşınım akımlarıyla üst hava deliginden iç mekana aktarılır. Hacimdeki serin hava ise alt delikten camla duvar arasındaki boşluğa geçer. (Şekil 2.2) Dolaysız Isi Kazancı yönteminde güneş enerjisini toplayıcı cam yüzeyler için geçerli olan yönlendirme kuralları bu sistemde de depolayıcı duvarlar için geçerlidir.



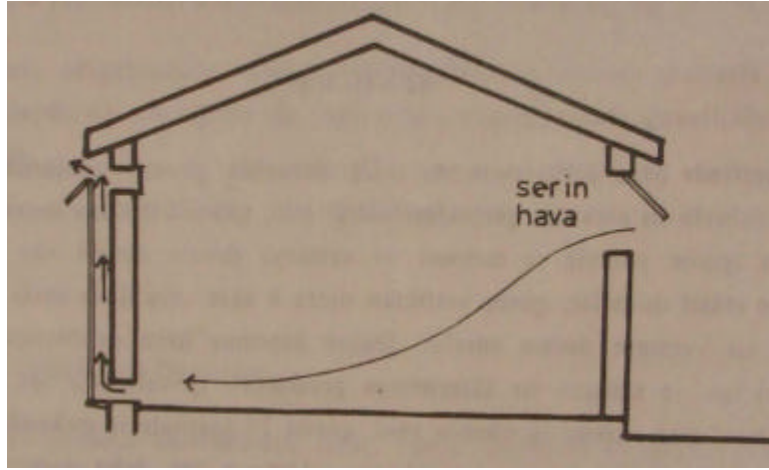
Şekil 2.2

Duvar üzerinde hava deliklerinin yer aldığı durumda, güneşli alanlarda iç mekana taşınım yoluyla ısı aktarımı gerçekleştirebildiği gibi, güneş battıktan sonra depolanan enerjinin ısınım yoluyla iç mekana ısı vermeye devam etmesi söz konusudur. Özellikle masif duvarlar, güneş battıktan sonra 8 saat veya daha fazla bir süre iç mekana ısı vermeye devam ederler. Duvar üzerinde hava deliklerinin olmadığı durumda ise, iç mekana ısı aktarımının gecikmesi, yavaşlaması söz konusudur. Ancak, bu duvar sisteminin olumlu yanı, günün 24 saatinde iç mekandaki sıcaklık değişimlerini azaltması, yani iç mekan sıcaklığının çok daha duragan olmasını sağlamasıdır. Buna karşılık, hava delikli duvarların kullanımında, iç mekandaki sıcaklık değişimleri daha fazla olsa da bunların sabah saatlerinde mekana çok kısa sürede ısı enerjisi sağlaması gibi bir üstünlüğü olduğu da göz önünde tutulmalıdır. Ayrıca bu duvarlar, toplanan enerjiyi çok daha kısa sürede iç mekana ilettiğinden, cam yüzeylerden ısı kaybı için

de daha kısa bir süre söz konusu olacak ve mekan öteki duvar sistemine göre daha çabuk konfor sıcaklığına ulaştığından, bu sistemin verimi de daha yüksek olacaktır.

- Hava delikli isi depolayıcı duvar tasarımı, alt ve üst hava deliklerinin her biri toplam duvar alanının %3'ü kadar (her iki hava deliğinin toplam % 6'si kadar) eşit boyutlarda olmalıdır.

Hava delikli duvar sisteminde, iç mekan sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu durumda, hava deliklerinin boyutları onları yavaş yavaş kapatacak bir kapak sistemiyle küçültülerek, sıcaklığın kabul edilebilir sınırlar içinde kalması denetlenebilir. Böylece hava delikli duvarların, deliksiz duvar tasarımına göre olumsuz olan yani giderilmiş olur. Ayrıca, bu duvar sisteminde dıştaki cam yüzeyinin üst bölümünde dışarıya açılan bir hava deliği tasarlanarak yaz aylarında doğal havalandırma sağlamak olanaklıdır. Bunun için isi depolayıcı duvarın üst deliğinin kapalı olduğu durumda, kuzey duvarındaki pencere ya da hava deliği açık olmalıdır. Kuzey tarafındaki pencereden aşağıya inen soğuk hava, depolayıcı duvarın alt deliğinden camla duvar arasındaki boşluğa geçer, burada ısınarak yukarı doğru hareket eder ve cam yüzeyin üstündeki delikten dışarı çıkar. (Şekil 2.3)



Şekil 3.3

Bu yöntemde isi depolayıcı duvarlar genellikle, beton, tuğla, kerpiç gibi kagir gereçlerden ya da içi su dolu olarak oluşturulurlar. Kagir gereçlerden oluşan duvarlar, Felix Trombe ve Jacques ve Jacques Michel'in Odeillo'da (Fransa) bu konudaki yoğun çalışmaları nedeniyle, çoğunlukla Trombe duvarlar, olarak adlandırılırlar. Isi, depolayıcı duvar tasarımının en önemli aşamalarından biri de duvar kalınlığının belirlenmesidir, literatürde çeşitli, hesap

yöntemleriyle oluşturulmuş tablolardan, farklı gereçler için önerilen en uygun Trombe duvar, kalınlıklarını belirlemek olanaklıdır.

Isı depolayıcı kütle olarak suyun kâğıt gereçlere göre daha fazla ısı enerjisi depolama özelliği yanında, taşıma akımlarıyla daha hızlı ısı iletimi özelliği de söz konusudur. Aynı kalınlıkta kâğıt duvara göre çok daha hızlı ısı aktarımı olan sulu sistem duvarların yüzey sıcaklığı da kâğıt duvarlardan daha düşüktür ve dolayısıyla duvar önündeki cam yüzeye doğru yayılan enerji ve sistemin ısı kaybı da daha az olur. Sabahları mekana hızlı ısı enerjisi sağlanması açısından olumlu olan bu sistem, aynı zamanda kolaylıkla asiri ısıtma sorununa yol açabilir. Ayrıca, hava deliksiz kâğıt duvarlar, iç mekân sıcaklık değişimlerinin azaltılmasında, sulu duvarlara göre çok daha fazla etkilidir (Balcomb, 1982). Kâğıt duvarlarda olduğu gibi, sulu sistem duvarlarda da kalınlık arttıkça, iç mekân sıcaklık değişimleri azalmaktadır. Sulu duvarların 40-50 cm. kalınlığında kullanılmaları halinde, duran iç mekân sıcaklıkları elde edilebilmektedir. Bu yöntemde Dolaysız Isı Kazancı'ndan farklı olarak, duvar yüzeyinde estetik nedenlerle siyah dışında bir renk kullanılması durumunda, sistemin verimi önemli ölçüde düşer.

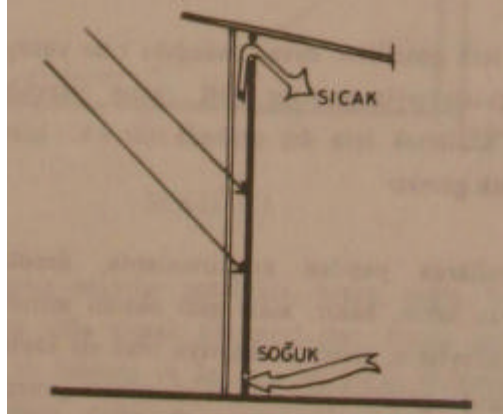
Isı depolayıcı duvar sisteminin kullanıldığı bir pasif sistem tasarımıda, max. güneş enerjisinin toplanması amaçlanırken dışarıya olan ısı kaybının da min. tutulması gerekir.

- Bunun için genellikle duvar önündeki cam yüzeylerin ısısal direnci çift cam uygulamasıyla artırılır. Çift camın yanında geceleri olacak ısı kaybını azaltmak için dış cephede stor v.b. hareketli yalıtım gereçleri kullanmak gerekir.

- Son yıllarda yapılan araştırmalarda, depolayıcı duvar yüzeyine uygulanan krom, bakır, nikel gibi oksitli metallere oluşturulan bazı seçici yüzeylerin, sistemin dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında çok etkili olduğu görülmüştür. Seçici yüzeylerin güneş ışığını düz siyah boyalı yüzeyler kadar yutma özelliği varken, elektrik akımını taşıma yeteneklerine bağlı olarak kızılaltı ısıyı yayıcılıkları düşüktür. Bu nedenle dışarıya olan ısı kaybının azaltılmasında etkilidirler ve dolayısıyla depolayıcı duvar sisteminin verimini artırırlar. Amerika'da Los Alamos Laboratuvarında, R.O. McFarland tarafından yapılan testlerde çift camlı bir Trombe duvarına seçici yüzey uygulanmasıyla sistemin etkinliğinin %40 arttığı saptanmıştır (Meltzer, 1985). Seçici yüzeyler ısı tutucu olduğundan geceleri dışarıya olan ısı kaybını önlemek için

gereken hareketli yalitim gereci gereksinimini de ortadan kaldirmaktadirlar. Ayrica, bu yüzeylerin uygulanmasi, sulu sistem duvarlarin isi kaybi açisindan kagir duvarlara (Trombe duvarina) üstünlügünü de yani isi kaybi açisindan aralarindaki farki da azaltir.

Isi depolayici duvarlar yönteminin ilkelerini kullanarak Sekil 2.4'de verilen örnek gibi baska çözümlere de gitmek olanaklidir. Sekil 2.4'de görüldüğü gibi Sürekli Dolasim Halkasi adini verebilecegimiz sistemde günes isinimlarini yutucu siyah bir levha ve örtü gereci olarak cam ya da benzeri gereçler kullanilir. Ayrica, sürekli hava dolasimi için bir ara bosluk tasarlanir Isitma amaçli sürekli hava dolasimi sistemin mekana bakan iç yüzeyinde yer alan alt ve üst kapaklar yoluyla gerçekleştirilir.Havalandirma amaçli hava dolasimi ise sistemin dis yüzeyinde tasarlanacak bir üst kapak araciligıyla tasarlanir Yapinin güney yüzünde tasarlanacak bu sistem sürekli akim halkasi yoluyla isi depolayici duvarlar yöntemi gibi çalisarak mekana isi iletir Ancak, sistemde isi depolayici kitle yer almadigi için mekana isi aktariminda gecikme söz konusu degildir Günesli saatlerde mekana çok daha çabuk isi aktarimi olanagi vardir.



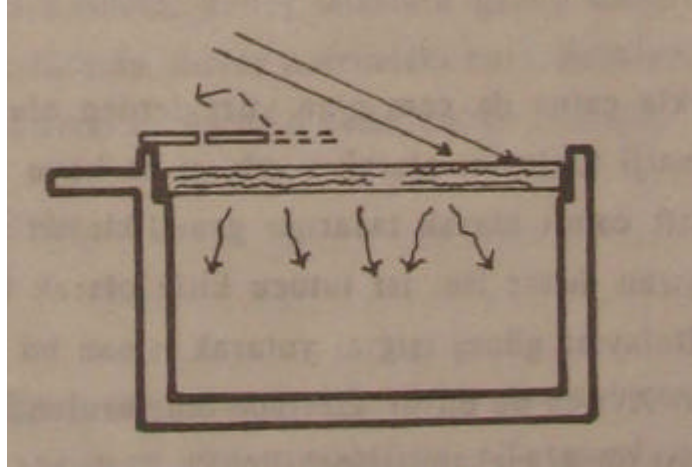
Sekil 2.4

Sistemin degisik kullanım biçimleri için farkli detaylar olusturmak olanaklidir. özellikle iyilestirme projelerinde var olan cam yüzeylerin arkasina uygulanmasi, oldukça ekonomik ve basit çözümlere olanak saglayabilir Sistemin bir baska olumlu yani, kullanılacak döseme alanin, sinirlamamasi, az ver kaplayan, uygulaması kolay ve basit çözümler olanagi vermesidir. Yapilarin özellikle güney yüzünde, saydam alanlarin yaninda dolu alanlara duvar yerine bu sistemin yalitimi çözümlüs detaylarinin uygulanmasi olanaklidir. Bu sistem ayni zamanda dogal aydinlatmanin ve dogal havalandirmanin saydam alanlar araciligıyla gerçekleştirilmesini saglar.

2.3 Isi Depolayıcı Çatılar

Bu sistem isi depolayıcı duvarlar sisteminin bir benzeridir, yalnız aradaki isi depolayıcı maddenin çatı üzerinde yer almasından dolayı farklılık gösterir. Isi depolayıcı madde, plastik torbalar içindeki su havuzlarından oluşur. Metal taşıyıcılar üzerinde alttaki hacim için tavan görevini yapar. Bu sistem kışın ısıtma yazın ise serinleme için aynı derecede uygundur.

Kışın gün boyunca güneş isinimlerine açık olan havuzlar geceleri yalıtım yapılmış levhalarla kapatılır. Havuzlarda toplanan isi enerjisi, alttaki hacme doğrudan büyük oranda isinim yoluyla yayılır. Yaz aylarında havuzu kapatan levhaların sistemi tersine döner. Gün boyunca kapatılan levhalar, havuzları güneş isinimlerinden korurken, geceleri ise serin olan havaya açılan havuz yüzeylerinden doğal taşınım ve isinim yoluyla isi kaybedilerek havuz soğutulur. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5

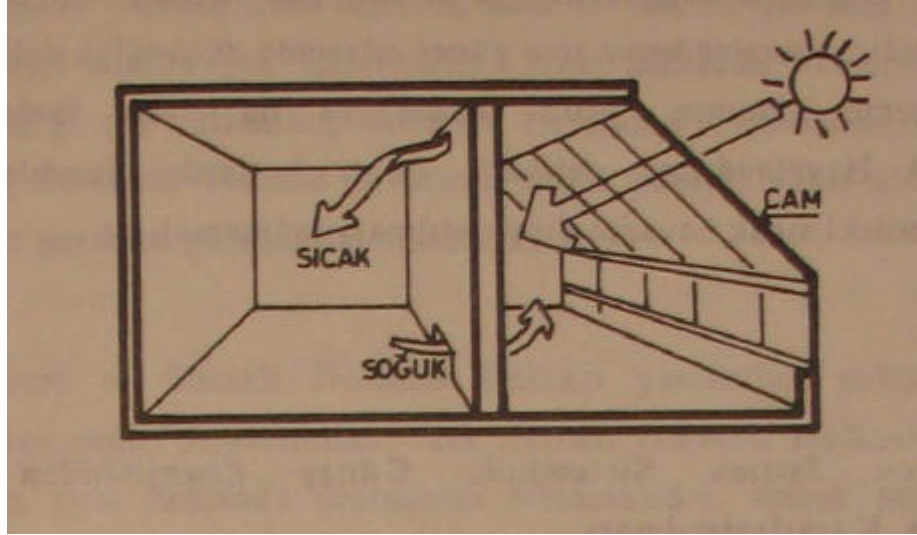
Bu sistemin uygulamalarında, iç sıcaklığın yıl boyunca oldukça sabit tutulabildiği (19 -23°C) görülmüştür. Isıtma ve soğutma sistemi baslıca isinim yoluyla olduğu için, genellikle hacimde her mevsimde konfor koşulları üst düzeyde sağlanmaktadır.

2.4 Günes Odasi Ekleme

Günes enerjisinden edilgen yolla yararlanma yöntemlerinden bin de. yapıya günes odasi (limonluk) adini verebilecegimiz, ana islevi günes enerjisini toplayarak bitisik oldugu hacmi isitmak olan bir mekanin eklenmesidir Bu mekan, yapinin kullanilabilen bir bölümü olarak gereken büyüklükte tasarlanabilecegi gibi. yalnızca günes enerjisini toplayici yüzey ve depolayici kütle boyutu için gereken boyutlarda, oldukça küçük bir mekan olarak da tasarlanabilir.

Öteki yöntemlerde günes enerjisini toplayici cam yüzeyler için geçerli olan yönlendirme kurallari, yapinin güney yüzünde yer almasi gereken bu mekan için de geçerlidir Bu yöntemin Dolaysiz Isi Kazanci yönteminden farki, günes odasinin yapinin ana islevini olusturan mekani olmaması, ana islevi olusturan mekana isi kazanci saglamak için eklenmiş bir mekan olmasidir.

Güney duvari ve çoğunlukla çatisi da cam olan yüzeylerden olusan bu mekanin, döseme ve duvarlari da enerji toplayici olarak siyah ya da koyu renk yüzeylerden olusur. Cam yüzeylerin çift camli olarak tasarimi genellikle en iyi sonucu verir. Günes odasini yapıdan ayiran duvar ise, isi tutucu kitle olarak kagir ya da sulu sistem olarak tasarlanir Dolaysiz günes isigini yutarak isinan bu kitle araciligıyla isi bitisik mekana aktarilir Ayrica bu duvar üzerinde olusturulan hava delikleriyle, günes odasinin isinan havasi içteki mekana alınabilir. Bu durumda isleyis açısından sistem isi depolayici duvar sisteminin bir benzeridir (Sekil 2.6)



Sekil 2.6

Günes odalarinin tasariminda ,

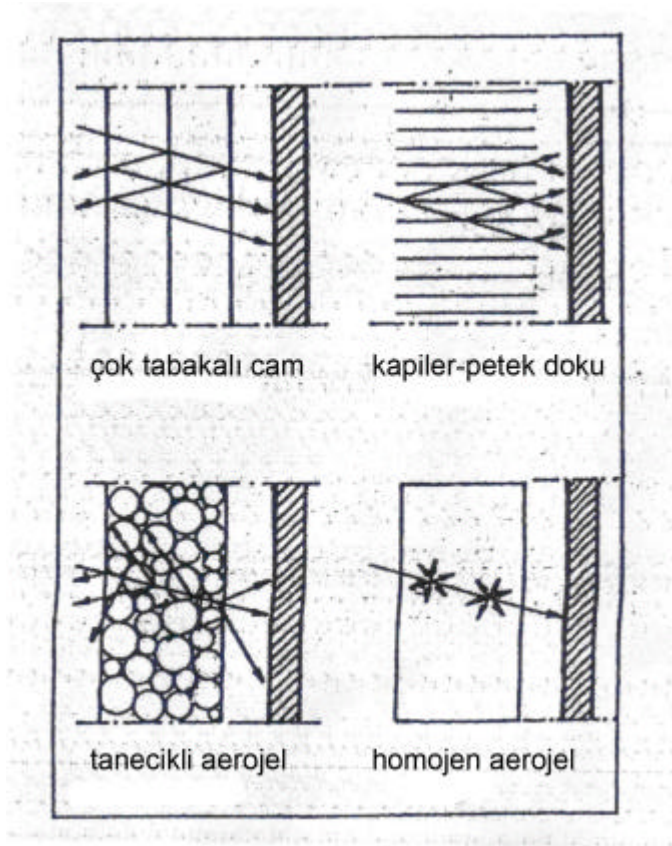
- güneye bakan camalani ne kadar çok tutulursa o kadar fazla güneş enerjisinin toplanabileceği,
- güneş odasıyla yapı arasındaki ısı tutucu duvar alanı ne kadar fazla olursa enerji aktarımının da o kadar çabuk olacağı, bu durumda soğuk dış iklime karşı da daha iyi bir tampon olacağı,
- ısı tutucu duvarla, güneş odasının güney duvarı arasındaki uzaklık ne kadar az tutulursa, duvar üzerindeki hava deliklerinden taşınım yoluyla iç mekana ısı aktarımının da o kadar çabuk olacağı,

göz önünde tutulmalıdır.

Güneş odalarının eğimli çatı yüzeyleri özellikle yaz aylarında, bazı durumlarda kış aylarında da asiri ısınmaya neden olabilirler. Tasarımlarında yaz aylarında cam yüzeylerin gölgelendirilmesi ve havalandırılması düşünülmelidir. Yaz aylarında asin ısınma sorununun önlenmesi için, mekanin yeterince havalandırılması da gereklidir. Bunun için güneş odasının duvarında, çatısında ve yan duvarlarında açılabilir pencere, kapı, v.b. öğeler düşünülmeli ya da cam panellerden bazıları yaz aylarında kaldırılabilir. Havalandırma için güneş odasında düşünülen delik, pencere v.b. boşluklar döşeme alanının %20'si kadar ya da daha fazla tutulmalıdır. Havalandırma delikleri farklı kotlarda düzenlenerek taşınım akımlarıyla içerdeki sıcak havanın dışarı atılması sağlanmalıdır.

2.5.1 Kapiler dokulu saydam yalitim

Günümüzde en sik kullanılan saydam yalitim, çaplari yaklasik 38 mm olan, cepheye dik gelecek sekilde konumlanmış borucuklardan olusmakta olup, cam veya plastik esasli malzemelerden üretilmektedir. Saydam yalitim üzerine gelen isinlar, borucukların cephelerinde yansiyarak iç kislmlara, malzemenin derinliklerine iletilmektedir. (Sekil 2.8)



Sekil 2.8 Saydam Yalitim Türleri

Isınların siddeti güneşin konumuna ve yalitim gerecinin düzenlemesine bağlı olarak değişir. Yaz aylarında düşeyler dar açı yaparak gelen ışınlar borucuklardan içeri girememekte, kış aylarında ise yataya yakın konumda gelen ışınlar borucuklar tarafından absorbe edici yüzeye ve depolayıcı duvara ulaşmaktadır.

2.5.2 Petek dokulu saydam yalitim

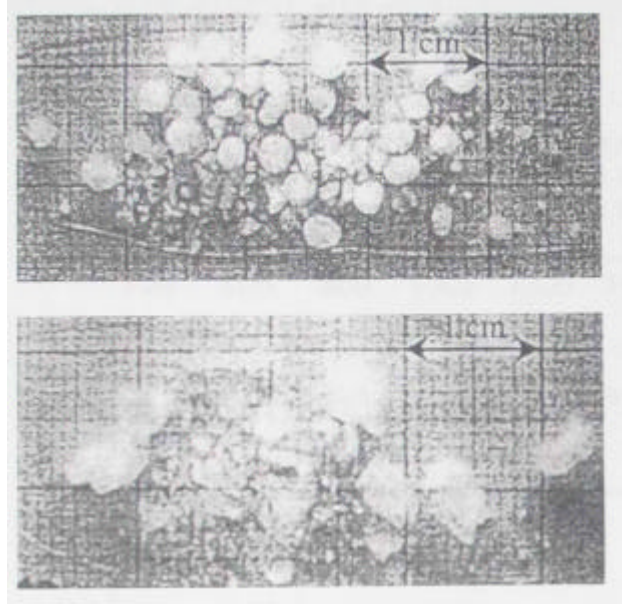
Petek dokulu yalitim gerecinde hücreler kare (~15 mm) kesitlerden olusmaktadır. Üretimde agirlikli olarak PMMA(Acrylat) ve PC(Policarbonat) kullanilmasina karsin, renksiz, U-V isinlarina, isi ve yangina dayanikli, ayrica statik açidan daha stabil olan cam elemanlar tercih edilmektedir. Ancak camin isi iletkenlik degeri $X=0.8$ W/mK, plastiklerin ise $K=0.3$ W/mKdir. Bu nedenle cam borucuklarin çeper kalinliklari(70-100 mm) olabildigince az tutulmalidir. Tabi ki bu sonuça oldukça titiz bir üretim gerektirmektedir. Petek dokulu ya da kapiler strüktürlü olsun, plastik yalitim gereci cam esasli malzemeye karsin daha hafiftir. Bu nedenle gerek tasima gerekse santiye islemlerinde asiri titizlik gerektirdigi için paneller halinde sandviç konstrüksiyonlu olarak kullanima sunulmaktadır.

2.5.3 Aerogel saydam yalitim

Aerogel saydam yalitim malzemelerinin tanecikli ve jel esasli türleri vardır.

Aerogel tanecikleri sodyum silikattan hazirlanir.Oldukça düzgün kürelerden ve düzensiz olarak kirilmis parçalardan olusmak üzere kullanılan iki çeşit tanecikli aerogel vardır. (sekil 2.9.) Düzgün küreler spre yöntemiyle üretilir. Yüksek saydamliga sahip aerogel için normalden daha uzun bir jellesme süresi gerekir, bunun için farklı bir method kullanilir. Bu yöntemle daha büyük aerogel parçalan üretilir. Bunlar ezilerek düzgün olmayan parçalar elde edilir.

Kirik taneler lekeli, dumanli bir görünümüne neden olabilir. Çünkü irili ufakli düzensiz tanelerin dagilimi da düzgün olmaz, daginik bir yerlesim olusur. Düzgün küresel taneciklerin çok daha homojen bir dagilimi vardır. Ancak daha düşük saydamliga sahiplerdir. Kirik taneciklerin yarisaydam veya daha düşük saydamlikta türleri vardır. Düzgün ve kirik tanecikler optik bakimdan da önemli farklara sahiptirler.



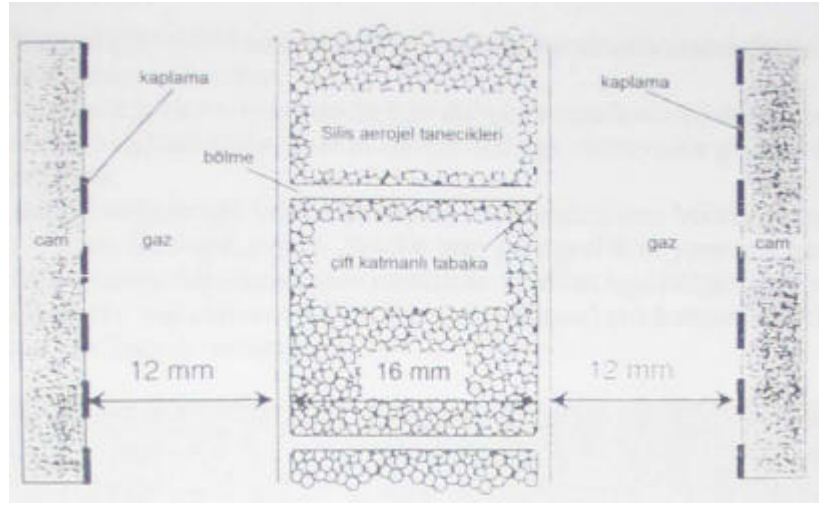
Sekil 2.9 Sirasiyla düzgün ve kirik aerogel taneciklerinin fotolari

Silikal oranı %2-10 olan aerogel küreciklerinin %90 i havadan oluşmakta olup ısı geçirgenlik değeri % 40 ve k-değeri 1.0 W/m²K dir. Ancak eleman kalınlığının artması ile g değeri azalmaktadır. Bunun dışında iki camın arasına dökülen ve donduktan sonra seffaf olan jel esaslı malzemeler de mevcut olup henüz deney aşamasındadır. Monolitik olarak adlandırılan jel esaslı aerogelin enerji geçirgenlik ve ısı geçirme katsayıları yapılan deneyler sonucunda $U = W/m^2K$, g değeri ise %73 olarak bulunmuştur.(cam aralığı 20 mm). Isı iletkenlik değeri $\lambda = 0.006 W/mK$ ve polystyrole karsin yalıtım değeri 6 kat daha fazladır. (Reim M.v.d.2002)

Sekil 2.10'da aerogel taneciklerle dolu bir camın uygulaması görülmektedir.

Yarisaydam camda 16 mm kalınlıkta Silisyum dioksit aerogel taneciklerle doldurulmuş çift katmanlı tabaka bulunmaktadır. Çift katmanlı tabakada bulunan 2.5 mm kalınlıktaki bölmeler 64 mm mesafede yerleştirilmiştir. Çok düşük U değerleri elde etmek için düşük kızılötesi ısınım yayıcılığa sahip iki cam ve yoğun olmayan gazlar (argon veya kripton) kullanılmıştır.

Yapıların özellikle güneşini yoğun alan cephelerinde yüksek güneş enerjisi kazanım katsayısı düşük kızılötesi ısınım yayıcılığına sahip elemanlar kullanılır. Ofis binalarında ise güneş ısisi girdisini azaltmak için küçük güneş enerjisi kazanım katsayısına sahip elemanlar kullanılır. Cam ile aerogel tabaka arasındaki mesafe kullanılan gazın ısı iletimini engelleyecek şekilde ayarlanabilir. Argon ve kripton gazları için optimum boşluklar sırasıyla 16 mm ve 12 mm dir. Bu kalınlığı geçen boşluklarda ısı iletimi baslar.



Sekil 2.10 Yarisaydam aerjel camin kesiti (Reim M.v.d.2002)

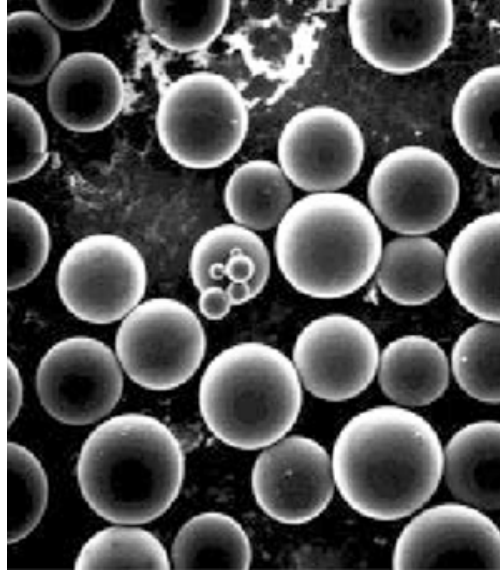
Aerjel dolgulu çift katmanlı tabaka atmosfer basıncındaki değişimler nedeniyle oluşan ve önceki aerjel pencerelerdeki aerjel taneciklerin çökmesine neden olan, pencere camlarının pompalama hareketinden etkilenmez. Sekil 2.11’ de cepheye yerleştirilmiş aerjel cam prototipinin fotoğrafı bulunuyor. Disarıdan bakıldığında beyazimsi bir görünüme sahip olan çift katmanlı tabakadaki bölmelerle ayrılmış aerjel katman sistem görsel etkisini belirler. İçeriden bakıldığında hafif sarımsı görünen cam ışığı dağıtması nedeniyle hoş, yaygın bir aydınlatma sağlar.



Sekil 2.11 Cepheye Yerleştirilmiş Yarisaydam Aerjel Camin Görünüsü



Sekil 2.12 Aerojel



Sekil 2.13 Aerojel molekülleri

2.6 Yapi Kabugunun Saydam Alanlarinin Isil ve Optik Özellikleri

2.6.1 Çok Katli Cam Ünitelerinin Isil Özellikleri

Yüksek teknoloji ürünü saydam elemanların ilk basamağı olan çok katli cam ünitelerinde ısı geçişi, ısınım, iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen iletimlerin toplamıdır. Optimum hava boşluğu kalınlığı 12-25 mm arasındadır. Taşınım ile ısı iletimini azaltmak için akışkan hareketin azaltılması (yüksek viskozite), iletimle ısı geçişini azaltmak için ise, düşük iletim değerinde gazların kullanılması gerekir. Isınım ile olan ısı transferi ise cam yüzeyine düşük emisiviteli kaplamalar uygulanarak azaltılabilir.

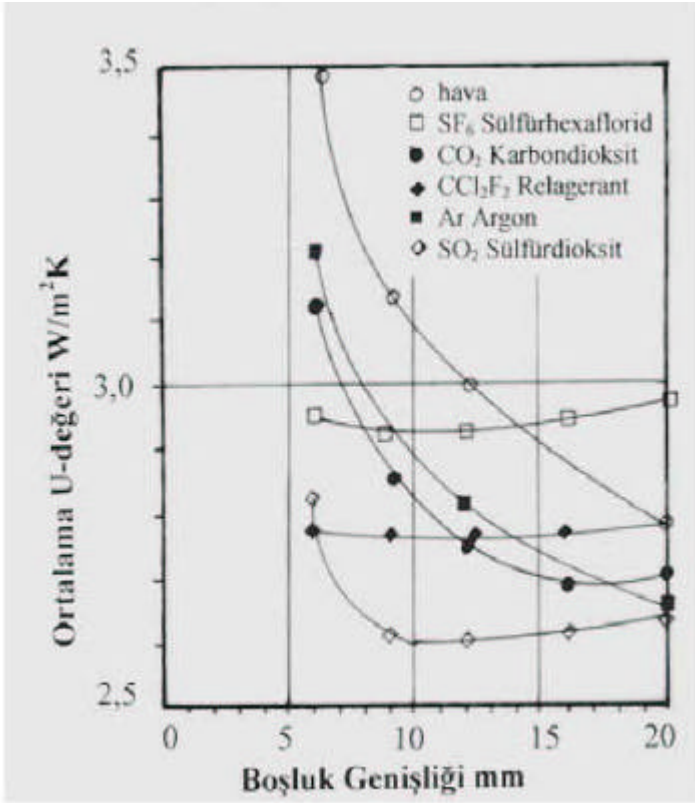
Hareketsiz havanın ısı geçirgenliğinin çok küçük olmasından faydalanılan çok katli cam ünitelerinde iki cam arasındaki hava tabakasının kalınlığı önemlidir. Bu değer 12 mm'den az ise ısı direnci düşmekte, bunun aksi durumda taşınım iletim artmaktadır. Dolayısıyla, cam boşluğu 15-20 mm arasında oluşturulmalıdır. Isınım ile ısı iletimini engellemek için dış taraftaki camın iç yüzeyine düşük emisiviteli (low-e) bir kaplama uygulanır. Böylece bir yüzey aynı dalga boylu ısı ışınları da daha fazla yansıtır. Yani iç ortamdan gelen ısı ışınları (infrared kızıl ötesi ışınları) tekrar iç ortama vererek (yaklaşık % 80 yansıtma sağlarlar) iç ortamın soğumasını engelleyecektir.

Metal oksitler düşük emisiviteli kaplamaların kaynağıdır. Low-e kaplamalı ürünler sert ve yumuşak kaplamalar olarak iki kategoriye ayrılır. Sert kaplamalar, temelinde kalayoksit dayalıdır ve float hattı ile direkt bağlantılı olan üretim süreci yüzünden hat-üstü kaplama olarak tanımlanır. Yumuşak kaplamalar dielektrik koruyucu tabakalar tarafından çevrilen ince bir bakır kaplamaya bağlıdır. Yumuşak kaplamalar float hattı dışında, ikincil üretim işlemleri ile üretilir. Yumuşak kaplamalar dış hava şartlarına karşı dayanıklı olmadıkları için çift cam ünitesinin iç taraftaki yüzeylerinden birine kaplanır ve yerleştirme sırasınca da bu yüzeyin iç tarafa bakması sağlanır. Bu kaplamaların kendisi düşük ısı ışı yaydığı gibi, iç ortamdan üzerlerine gelen ısı ışınlarının da önemli bir bölümünü geri yansıtır. Böylece ısınım ile ısı kaybı da önemli ölçüde azaltılır ve cam ünitesinin U-değeri aşağıya çekilir ($2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$). Çift camlı pencerelerin avantajı sadece U-değerinin azaltılması değil aynı zamanda bu değer hava şartlarından bağımsız biçimde sabit kalmasıdır. Tek camların $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ U değerlerine

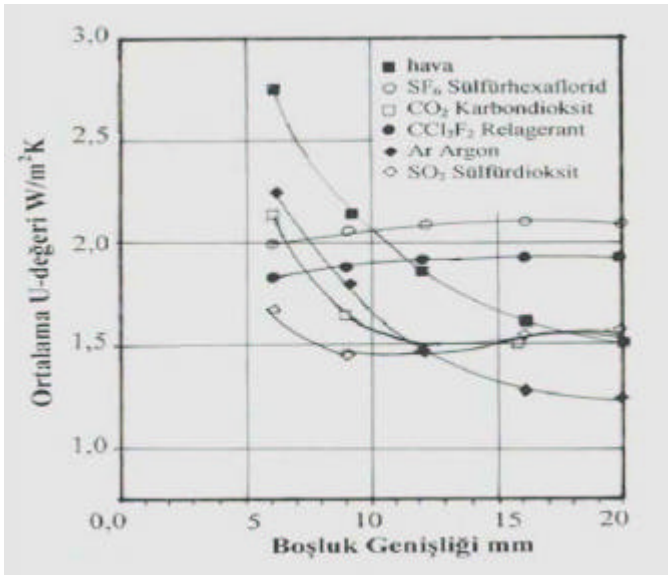
karsilik çok katli cam üniteleri: 6 mm ara bosluklu ise 3.25 W/m²K, 12 mm ara boslukla ise 2.90 W/m²K U degerlerini saglayabilmektedirler. (Umarogullari 2001)

Çok katli camlar ülkemizde sadece çift cam üniteleri seklinde kullanılmaktayken yurt disinda üç katli camların da yaygın bir biçimde kullanıldıkları görülmektedir. Ayrıca, çift camların ara bosluguna kuru hava yerine havadan daha ağır gazların (Argon, Xenon, Kripton gibi ?, degeri daha düşük gazlar) doldurulması ile isi iletkenliğinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu durumda doldurulacak gazın özellikleri çok önemlidir. Cam üzerine düşen sıcaklığa bağlı olarak gaz ısınırken sıcak yüzeylerde çogu durumda yükselir, soguk yüzeylerde ise düşer. Teorik ve deneysel çalısmalarla araştırılmış olan bu tasınımsal hareket gaz tabakasının kalınlıgından etkilenmektedir. Genellikle gaz dolu üniteler low-e kaplamaya da sahiptir. Low-e kaplama ve gaz doldurmanın ısı dayanıma etkileri Sekil 2.14 ve 2.15 'de görülmektedir. Argon gazının yalıtkanlığı havanın 2/3 'ü kadardır ve tüm U-degerinde % 15 azalma mümkündür. Örneğin, sadece 36 mm kalınlıgında ve 30 kg/m² ağırlıgında olan 4 mm kalınlıkta cam tabakaları ve 12 mm bosluklu low-e kaplamalı, argon dolgulu bir üçlü ünitenin U-degeri 0,84 W/m²K dir. Yalıtım degeri yaklaşık 460 mm düzey delikli tuğla duvar veya 5 cm polistiren sert köpük levha ile karşılaştırılabilir düzeydedir.

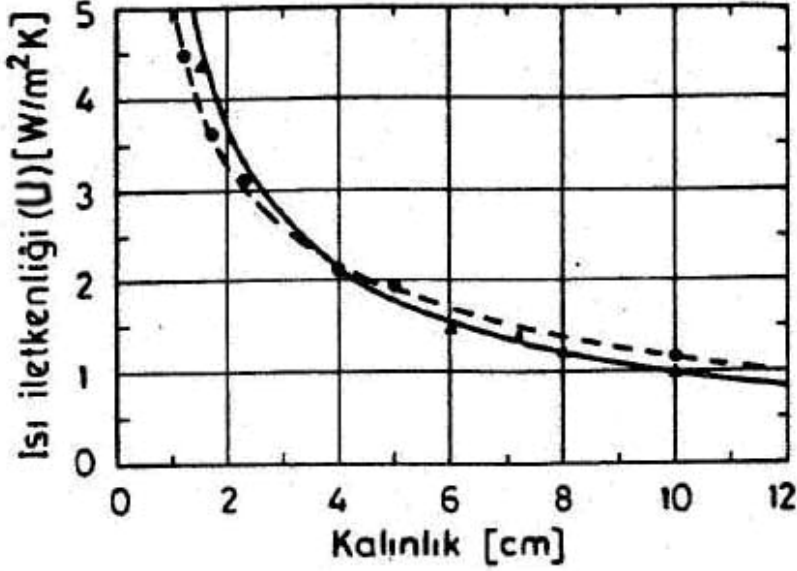
Isi yalıtım degerinin daha fazla azaltılması söz konusu olduğunda saydam yalıtım malzemeleri gündeme gelmektedir. Bu malzemelerin isi iletkenlikleri (U) 0,20-1,00 W/m²K arasında değisir. Saydam yalıtım malzemeleri optik geçirgenliği sabit ve değisken olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Optik geçirgenliği sabit saydam yalıtım malzemeleri balpetegi, kapiler yapılar ve arojellerdir. Balpetegi yapılar hem iyi yalıtımı olan hem de güneşe karşı yüksek geçirgenliği olan, kalın katmanların yapımına izin verir. Balpeteginin yalıtım özellikleri, ancak balpetegi hücre büyüklüğünün konveksiyon ve radyasyonla isi transferini engelleyecek yeterlilikte küçük olması ile sağlanır.



Sekil 2.14 Gaz Doldurulmuş çift camin U-Değeri



Sekil 2.15 Gaz Doldurulmuş Low-e kaplamalı çift camin U-Değeri



Sekil 2.16 Balpetegi ve Kapiler Yapıdaki Saydam yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenliğinin Kalınlıkla Değişimi (U değeri)

Optik geçirgenliği sabit saydam yalıtım malzemelerinden aerojeller tipik olarak iki tabaka cam arasına sıkıştırılmış olan silis jelinden oluşmuştur. Bosluk çapı 100 nm olan mikro yapıda bosluklu, açık hücreli bir malzemedir. Bosluk çapının böyle küçük olması tasarımla olan iletkenliği sınırlar. Aerojeller hareketsiz havadan daha düşük bir ısı iletkenliğine sahiptirler. Çünkü küçük gözenekler içerisinde hacimlerinin % 97'si havadır ve direnci hava moleküllerinden daha küçüktür. Isıl performans gaz doldurulmuş cam ile birlikteliği sayesinde bekleneni vermektedir. Aerojellerin katı bölümü boyunca ısı iletimi parçacıklar arasındaki küçük bağlantılarla sınırlandırılmıştır. Radyasyonla ısı iletimi ise, aerojellerin küçük kütle, büyük yüzey alanına sahip olmaları nedeniyle düşüktür.

Aerojellerin özgül ısı iletkenliği 300 K ve 1 atmde $\lambda = 0,020 - 0,013$ W/mK aralığında ölçülmüştür. Organik aerojeller tabiatıyla silika aerojelden daha düşük ısı iletimine ve modifiye olmamış silika aerojellerin den 4 kat yüksek kızıl ötesi sönüm katsayısına sahiptirler. Silika aerojeller yanmazdır, zehirli değildir, hafiftir, saydamdır ve ısı dayanıklılığı 650 °C'dir. Sekil 2.17' de çeşitli yüksek teknoloji ürünü saydam elemanların ısı özellikleri ile ilgili karakteristikleri topluca verilmiştir.

Cam Tipleri	U – değeri ($Wm^{-2}C$)
Tek Cam	5,6
Çift Cam	3,0
Üçlü Cam	2,4
Low-E Kaplamalı Çift Cam	2,4
Low-E Kaplamalı Argon Dolgulu Çift Cam	2,2
Low-E Kaplamalı Argon Dolgulu Üçlü Cam	1,0
Balpeteği ve Kapiler Yapılar	1,0-1,5
Aerojelli Çift Cam	0,5-1,0

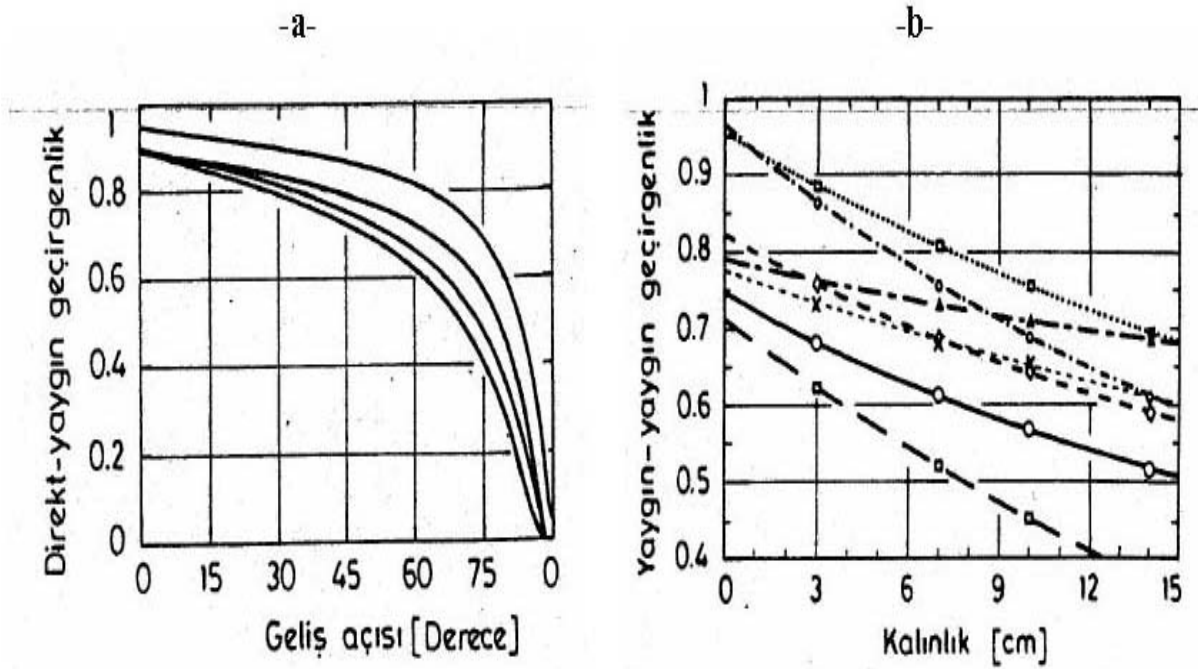
Şekil 2.17 Degisik Cam Tiplerinin U- Degerlerinin Karsilastirilmesi (Umarogullari 2001)

2.6.2 Çok Katli Cam Ünitelerinin Optik Özellikleri

Standart çift cam ünitelerinin cam yüzeylerinden bir veya birden fazlasına degisik özellikte film tabakalari kaplanip geçirgenlik ve yansiticilik özelliklerinde degisiklikler meydana getirilmektedir. Reflektif (yansima) camlarda yansiticilik oranı yükseltilmiş böylece isigin yüksek olduğu tarafta camin tek yönlü ayna gibi hareketi saglanmistir. Diger tarafta ise manzara engellenmemektedir. Minimum isik geçisine izin verirler. İki veya daha fazla cam katmaninin eklenmesiyle yalitim özelligi artırilirken, paneller ve aralarındaki bosluklar vasitasiyla iç ortama giren günisiginda belirli miktarda azalma olmaktadır. Çünkü yansitma ve yutulma her cam paneli tarafından gerçekleştirilerek artar ve iç ortama geçebilen isik oranini azaltilir. Low-e kaplamali ünitelerde, farkli kaplamalarda kullanılan malzemeler optik özellikleri sinirlar. Genelde yumusak kaplamalar, sert kaplamalardan daha yüksek kızil ötesi yansitmaya ve solar geçise sahiptir. Saydam yüzeylerdeki bu enerji performansina bu kaplamaların etkisi bir çok çalışmada yer almaktadır.

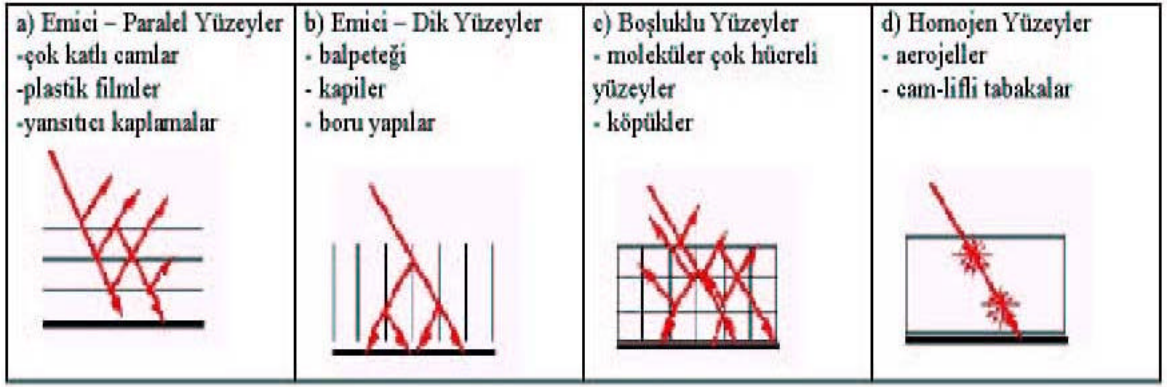
Saydam yalitkan malzemeler ile ilgili yaklaşık 20 yıldır süren yeni gelişme ve araştırmalar sonucunda, balpeteği ve diğer geometrik strüktürler ve aerojeller olarak isimlendirilen malzemeleri ve ürünleri ortaya koymuştur.

Saydam yalitim malzemelerinden optik geirgenligi sabit olan balpetegi ve kapiler yapilar yansiyan isigi yonlendirerek yutucu yuzye dogru gitmesini saglarlar. Buylece optik kayiplar çok kuuk olmaktadır. Sadece i ve dis struktrel yuzyeler arasindaki bazi sailma ve emme sebebiyle toplam geçis azalir (Sekil 2.18). Balpeteginin yüksek geirgenligi, balpetegi yapili duvarlardaki n yansimadan anlasilabilir. (Umarogullari 2001)



Sekil 2.18 a) Balpetegi ve kapiler yapidaki saydam yalitim malzemelerinin direkt-yaygin geçirgenliginin gelis aisi ile deęisimi

b)Balpetegi ve kapiler yapidaki saydam yalitim malzemelerinin yaygin-yaygin geçirgenliginin kalınlıkla değisimi



Sekil 2.19 Saydam yalıtkan malzemelerin geometrik sınıflandırılması

Optik geçirgenliği sabit diğer saydam yalıtım malzemesi aerogel tabakalı camların arasındaki boşluğa doldurulur. Aerogeller en iyi transparan olma özellikleri ile tanımlanır. Bunun sebebi de aerogelin cam ile aynı malzemedan yapılmış olmasıdır. Buna rağmen durum bu kıyaslama kadar basit değildir. Aerogellerin birkaç cm içerisinde uzak nesnelere görülebilmesine rağmen, aydınlatılmış bir parça karanlık bir fonda bakıldığında hafif mavimsi bir renk gösterir ve gönderilen ışığı hafifçe kırmızılaştırır.(Sekil 2.20.)



Sekil 2.20 Aerogellerin gelen güneş ışığını kırmızılaştırması

Aerogelin en önemli kusuru kırılma olusu ve suya karşı dayanıksızlığıdır, Ayrıca, yansiyen ışınların bir bölümünün yutucu yüzeyden uzaklaşması da bir başka problemdir. Bununla beraber kırılma indisinin n 'e çok yakın olmasıyla çok net bir görüntü sağlanır. Isı iletkenliği (U) balpetegi ve kapiler yapılardan çok daha düşüktür. 10 cm kalınlığındaki silika aerogel elemanın yaygın-yaygın güneş ışınımı geçirgenliği 0,77 olarak verilmektedir.

Geçirgenlikleri değişken camlar üzerine yapılan araştırmalar; ısı performansındaki iyileşmeler kadar görsel performans ve fonksiyonlarını da dikkate almaktadır. Geçirgenliği değişebilir camlarda optik özellikler değişir ve bu değişiklik geri dönüşümlüdür. Örneğin, kromojenik karakter tasir. Termokromik, fotokromik ve elektrokromik metodlar kromojenik metodların örnekleridir.

Termokromik saydam malzemeler, güneş enerjisinin zararlı etkilerini önlemek için tasarlanırlar. Sıcaklık değiştiğinde tepki olarak optik özelliklerini değiştirirler. Bu malzemeler cam tabakaları arasında sıkıştırılmış likit veya jellerden oluşur. Bu sistemlerin eksik yani görülebilir ışığın geçişini azaltmaları ve uzun süreli kararlılığını etkileyecek şekilde likit fazın pencere ünitesinden sızma ihtimalidir. Termokromik camların bağımsız olarak kontrol edilmeleri zordur.

Fotokromik saydam malzemeler, güneş gözlükleri ve dürbünler gibi ışığa cevap olarak optik özelliklerini değiştirirler. Geçirgenliklerini değiştirdiklerinde de ısı emme oranı artar. Güneşli soğuk günlerde güneş ısı ve oda kaynak ısınıni emer ve sonra bir miktar ısıyı tekrar çevresine yayarlar. Güneşli sıcak günlerde, yansıtıcı camlar kadar güneş enerjisini yansıtımazlar. Bunlar otomatik olarak reaksiyon gösterirler ve bağımsız kontrole izin vermezler. Bazı teknik problemler nedeniyle fotokromik camlar henüz pencere boyutlarında üretilmemektedir.

Elektrokromik saydam malzemeler, ünite içinden bir elektrik akımı geçtiğinde optik özelliklerini değiştirir. İnce bir metalik film, low-e camlarının üretimine benzer bir süreçle cam üzerine yerleştirilir.

Diğer bir teknik de camın iki paneli arasında sıkıştırılmış sıvı kuvars filminin konulmasıdır.

En kontrollü sistemdir. Isteğe bağlı olarak küçük bir elektrik sinyalinin verilmesiyle, elektrokromik tabakanın optik ve güneş enerjisi ile ilgili özellikleri değişir. Saydam yalıtım malzemelerinin optik geçirgenlikleri ise 0,70-0,95 arasında değişir. Şekil 3.21’ de optik ve ısı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Saydam sistemlerin ısı, optik ve solar özellikleri (Umarogullari 2001)

Malzemeler	d (mm)	U (Wm ⁻² K ⁻¹)	$\tau_{\text{dış}}$ (-)	$G_{\text{dış}}$ (-)
Hava doldurulmuş çift camlı pencere	0	2,9	0,63	0,67
Argon doldurulmuş Low-E kaplamalı çift camlı pencere	4-16-4	1,3	0,42	0,53
Kripton doldurulmuş Low-E kaplamalı çift camlı pencere	4-8-4-8-4	0,7	0,28	0,35
Aerojel doldurulmuş (düşük demir) çift camlı pencere	4-24-4	0,8	0,45	0,50
Vakumlu camlı pencere	9	(0,3-0,6)	0,32-0,36	0,35-0,40
PC balpeteği doldurulmuş (düşük demir) çift camlı pencere	4-50-4 4-100-4	1,3-1,4 0,8-0,9	0,65 0,57	0,67 0,64
d = cam panellerin ve boşlukların kalınlığı U = ısı geçirimsizlik katsayısı $\tau_{\text{dış}}$ = Solar ışık geçirimsizliği $G_{\text{dış}}$ = Enerji geçirimsizliği				

3. ÖRNEK BİR YAPININ SAYDAM YALITIM GEREÇLERİ KULLANILARAK YILLIK ENERJİ GEREKSİNİMİNİN HESAPLANMASI

Bu bölümün amacı, saydam elemanların binanın ısı kaybı üzerindeki etkisini ve ileri teknoloji ürünü malzemelerin olumlu sonuçlarının sayısal değerlendirmesini yapmaktır. Bu amaçla farklı U değerlerine sahip saydam alanlar kullanarak, ECOTECT programında üç boyutlu modellenmesi yapılan örnek yapıların TS 825 (Binalarda ısı yalıtım standartının hesap yöntemi) ile yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi hesaplanmış ve karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.1 Türkiye’de Yapılarda Yıllık Isıtma Enerji Harcamalarının Belirlenmesinde Yürürlükte Olan Yönetmelik (TS 825)

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım kurallarının getirdikleri avantajları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Dört derece-gün bölgesi vardır,
- Binanın sekline (Atop / Vbrüt) ve binanın bulunduğu derece-gün bölgesine göre binanın bir yılda kaybedeceği ısı miktarı sınırlandırılmıştır,
- Yapı bileşenlerinin ısı geçirme katsayılarında bazı istisnalar dışında sınırlama yoktur. Sadece bölgelere göre yapı bileşenleri için tavsiye edilen ısı geçirme katsayıları vardır,
- Binada ısı köprüsü olabilecek kolon, kiriş, hatıl, lento gibi elemanların mutlaka yalıtılması şartı getirilmiştir,
- İç ısı kazançları ve pencerelerden kaynaklanan güneş enerji kazançları hesaba katılmıştır,
- Yapı bileşenlerinden iletim ve havalandırma yoluyla olan ısı kayıpları hesaplanmaktadır,
- Buhar geçişi hesaplamaları analizi ve sınırlandırılması yapılmaktadır.

Hesap yönteminde, yıllık ısıtma enerjisi ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunmaktadır. Hesap yöntemi aşağıda açıklanmıştır.

Hesap yönteminde ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa ısıtılmayan iç ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşmaktadır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K’den küçük ise binanın tamamı tek bölge olarak ele alınmaktadır.

$$Q_{\text{yil}} = ? Q_{\text{ay}}$$

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

Q_{yil} : Yillik ısıtma enerjisi gereksinimi, joule, J

Q_{ay} : Aylık enerji ihtiyacı gereksinimi, joule, J

H: Binanın özgül ısı kaybı, W/K

T_i : Aylık ortalama iç sıcaklık, °C

T_d : Aylık ortalama dış sıcaklık, °C

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

$F_{i,\text{ay}}$: Aylık ortalama iç kazançlar, W

$F_{g,\text{ay}}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı, W

t: Zaman (saniye olarak bir ay=86400x30), s

Binalardaki hacimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar aşağıdaki durumlardan birine göre yapılmalıdır.

İç sıcaklık (T_i), binadaki ortalama sıcaklık olarak alınmalı ve tek bölge hesap yöntemi uygulanmalıdır.

Ortalama sıcaklık hesabında tavan yüksekliği 3 m ve altında ise döşeme alanı ağırlıklı, 3 m'den yukarı ise hacim ağırlıklı ortalama değer kullanılmalıdır.

Tek bölge hesap yöntemi, farklı sıcaklıktaki her bölge için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bölgedeki ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

Hacimlerin yıllık ısıtma enerji gereksiniminin hesaplanmasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir

- Hacmin özgül ısı kayıplarının hesaplanması (H)

$$H = H_i + H_h$$

H:Hacmin özgül isi kaybi, W/K

H_i :İletim yoluyla gerçekleşen isi kaybi,W/K

H_h :Havalandırma yoluyla gerçekleşen isi kaybi

• İletim yoluyla gerçekleşen isi kayiplarının hesaplanması (H_i)

$$H_i: (A \times U) + I \times U_i$$

H_i : İletim yoluyla gerçekleşen isi kaybi, W/K

$I \times U_i$: Varsa isi köprülerinden

I : Isi köprüsünün uzunluğu, m

U_i : Isi köprüsünün doğrusal geçirgenliği, W/mK

$$AU: U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_i A_i + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic}$$

A_D :Dis duvar alanı, m²

U_D :Dis duvarın isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_P :Pencere alanı, m²

U_P :Pencerenin isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_t :Döşeme (isitilmeyen iç ortama bitişik) alanı, m²

U_t :Döşemenin isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_T :Tavan (disariya karşı isi yalıtımı yapılmış tavan alanı) alanı, m²

U_T :Tavanın isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_d :Dis hava ile temas eden döşeme alanı, m²

U_d :Dis hava ile temas eden döşemenin isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

A_{dsic} :Daha düşük iç sıcaklıklara sahip bölgelere sınır oluşturan yapı elemanı yüzeyleri, m²

U_{dsic} :Düşük iç sıcaklıklara sahip bölgelere sınır oluşturan yapı elemanlarının isi geçirgenlik katsayısı, W/m²K

(Çati döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa formülde U_T 'nin basındaki 0.8 katsayısı 1 olarak alınır.)

Isi köprüsü olması durumunda yukarıdaki büyüklükler TS-8441'de belirtilen yöntem ile hesaplanmalıdır. Isı kaybı, binanın ortalama ısı kaybından çok daha yüksek ve kesin kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümler ısı köprüsünün olduğu bölümlerdir. Kolon, kiriş, cepheye dik bölme duvarlarının ve döşemelerinin cepheye bakan yüzeyleri eğer yalıtılmamışsa ısı köprüleri oluşturur.

- Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarının hesaplanması (H_h)

$$H_h = \rho \times c \times V^1 \times n_h \times V_h$$

ρ : Havanın yoğunluğu, m^3

c: Havanın özgül ısısı, J/kgK

V^1 : Hacimsel hava değişim hızı, m^3

n_h : Hava değişim sayısı, h^{-1} ($n_h=1.0h^{-1}$ değeri kullanılmıstır)

V_h : Havalandırılan hacim, m^3 ($V_h=0.8 \times V_{brüt}$)

ρ ve c'nin sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişimi ihmal edilebilir. Bu durumda yukarıdaki formül $20^\circ C$ ve 100 kPa için aşağıdaki gibi yazılabilir

$$H_h = 0.33 \times n_h \times V_h$$

Pencereler için, Türk Standartlarına uygun pencere sistemlerinin seçilmesi durumunda $n_h=1.0h^{-1}$ değeri, diğer pencere sistemleri için $n_h=2.0h^{-1}$ değeri kullanılır.

Eğer binada mekanik havalandırma kullanılıyorsa, hacimsel hava değişim hızı formülleri TS-825'den alınarak uygulanmalıdır.

• Aylık ortalama iç kazançların hesabi ($F_{i,ay}$)

İç kazançlar,

- insanlardan kaynaklanan metabolik isi kazançları,
- sıcak su sisteminden kaynaklanan isi kazançları,
- yemek pişirme eyleminden kaynaklanan isi kazançları,
- binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan isi kazançlarını içermektedir.

Konutlar, okullar ve normal donanımlı binalar : $F_{i,ay} = 5 \times A_n$

Ticari binalarda : $F_{i,ay} = 10 \times A_n$

$F_{i,ay}$: Aylık ortalama iç isi kazançları, W

A_n : Faydalı kullanım alanı, m^2 ($A_n: 0.32 \times V_{brüt}$)

• Aylık ortalama güneş isinimlerinden elde edilen isi kazançlarının hesabi ($F_{g,ay}$)

$$F_{g,ay} = r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölge faktörü,

$g_{i,ay}$: i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: i yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş isinimi şiddeti, W/m^2

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı, m^2

$r_{i,ay}$ değerleri aşağıdaki gibi seçilebilir;

ayrık (müstakil) veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için ; $r_{i,ay} = 0,8$

açaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalıyorsa ; $r_{i,ay} = 0,6$

bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için ; $r_{i,ay} = 0,5$

$g_{i,ay}$ asagidaki gibi hesaplanır ;

$$g_{i,ay} = 0.80 \times g_{-}$$

g_{-} : laboratuvar sartlarinda ölçülen ve yüzeye dik gelen isin için güneş enerjisi geçirme faktörü, boyutsuz.

Ölçüm degerlerinin olmamasi durumunda g_{-} için asagidaki degerler kullanilabilir.

tek katli cam için $g_{-} = 0.85$

çok katli cam (berrak) için $g_{-} = 0.75$

isi geçirgenlik degeri = 2,0 W/m²K olan isi yalitkan camlar için $g_{-} = 0.50$ $I_{i,ay}$ degerleri TS-825 'de verilmistir.

- Aylik ortalama kazanç kullanım faktörünün hesaplanmasi (η_{ay})

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

KKO, kazanç/kayip oranidir ve asagidaki sekilde hesaplanır.

$$KKO_{ay} = (F_{i,ay} + F_{gi,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay})$$

$T_{i,ay}$: Aylik ortalama iç ortam sicakligi, °C

$T_{d,ay}$: Aylik ortalama dis hava sicakligi, °C

H: Hacmin özgül isi kaybi, W

$F_{i,ay}$: Aylik ortalama iç kazanç lar, W

$F_{gi,ay}$: Aylik ortalama güneş enerjisi kazanci, W

KKO_{ay} oranı 2.5 ve üzerinde ise o ay için isi kaybı olmadığı kabul edilir.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam isi kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu kontrol edilir.

- Hacmin kullanım alanı basına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q)

$$Q = Q_{\text{yil}} / A_n$$

Hesaplanan bu değer yönetmelikte öngörülen değerlerle karşılaştırılabilmesi için bölgelere göre $A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}}$ oranlarına bağlı olarak gereken yıllık enerji miktarının (Q) hesabında kullanılan bağıntılar Çizelge 3.1'den alınır. Buna göre $Q < Q'$ koşulu sağlanmalıdır.

Çizelge 3.1. Bölgelere göre $A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}}$ oranlarına bağlı olarak Q' nun hesaplanması

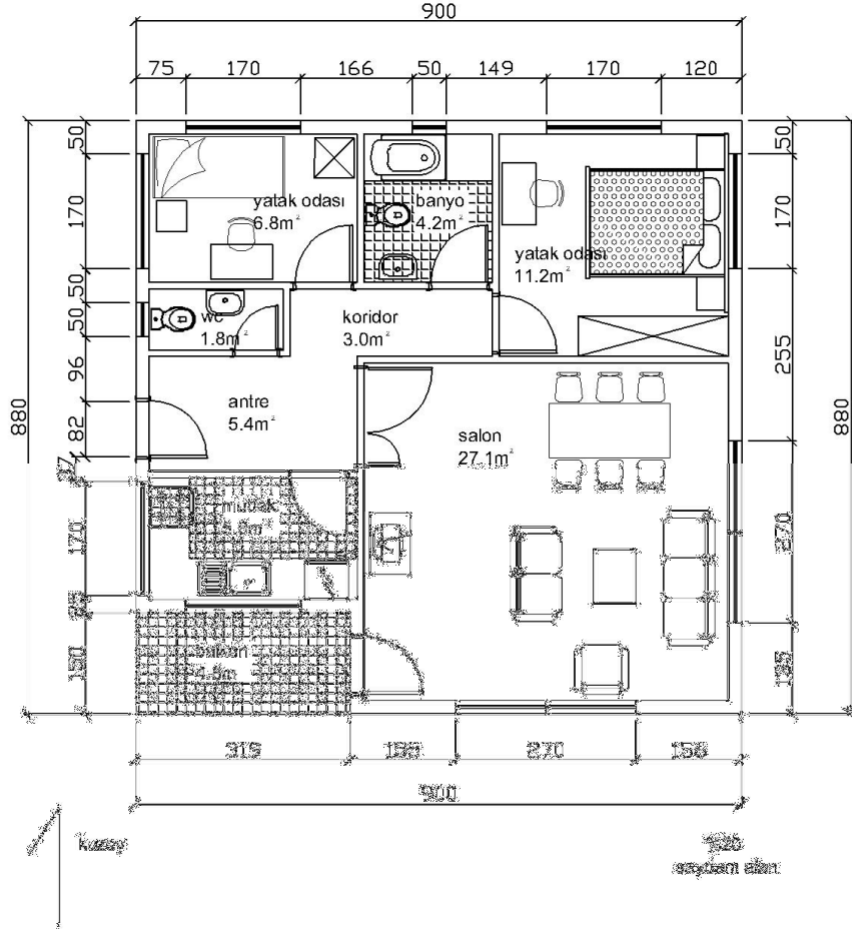
1.Bölge	$Q' = 46,62 \times A/V + 17,32$	[kWh/m ²]
2.Bölge	$Q' = 68,59 \times A/V + 32,30$	[kWh/m ²]
3.Bölge	$Q' = 67,29 \times A/V + 50,16$	[kWh/m ²]
4.Bölge	$Q' = 82,81 \times A/V + 37,70$	[kWh/m ²]

Çizelge 3.2. Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri

	U _D (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _p * (W/m ² K)
1.Bölge	0,80	0,50	0,80	2,80
2.Bölge	0,60	0,40	0,60	2,80
3.Bölge	0,50	0,30	0,45	2,80
4.Bölge	0,40	0,25	0,40	2,80

U_p * olarak verilen ısı iletim katsayıları bir cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı iletim katsayıları TS-2164'den alınır ve hesaba katılır.

3.2 İzmir’de Tek Katlı Bir Konut Binasının Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 1)



Sekil 3.1 Örnek yapı saydamlık oranı %20

Örnek yapıya ait veriler:

Bina tipi: Tek katlı konut

Taban Alanı = 79.2 m²

Tavan Alanı = 79.2 m²

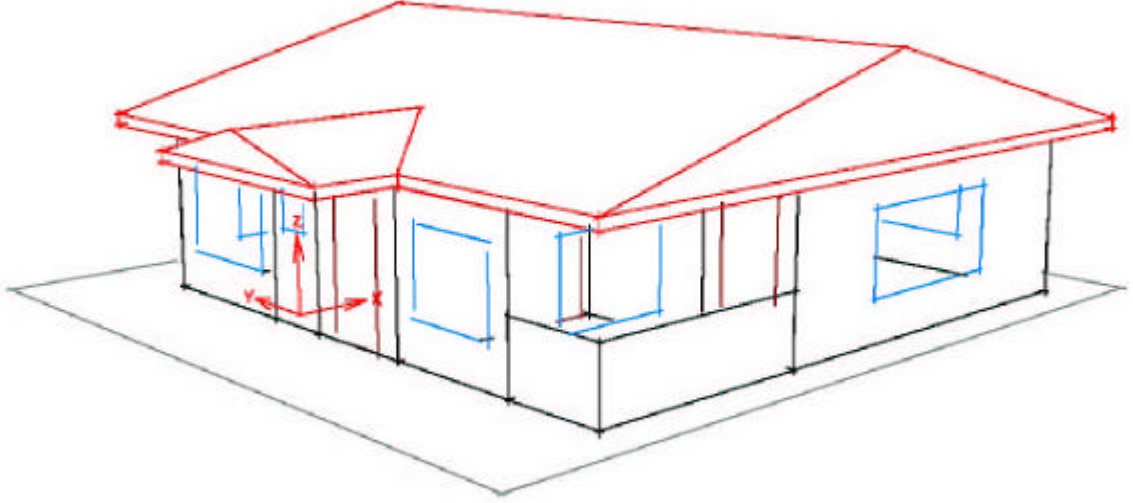
Doğu Cephesi Pencere Alanı (A_{dogu}) = 5.28 m² $A_{\text{toplam}} = 99.68 \text{ m}^2$

Bati Cephesi Pencere Alanı (A_{bati}) = 4.68 m² $A_{\text{pencere}} = 19.92 \text{ m}^2$

Kuzey Cephesi Pencere Alanı (A_{kuzey}) = 4.68 m² $V = 221.76 \text{ m}^3$

Güney Cephesi Pencere Alanı ($A_{\text{güney}}$) = 5.28 m² $A_p/A_t = \% 20$

$A/V = 0.45$




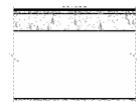
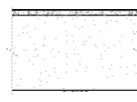
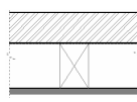

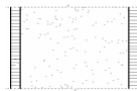

Sekil 3.2 Saydamlik orani %20 olan örnek yapinin perspektifi

Tek katli konut olarak seçilen örnek yapinin, pencere, kapi, tavan , döşeme ve duvarlarinin yapisi asagida belirtilmistir (Çizelge 3.3). Yapida kullanılan malzemeler ECOTECT programinin kendi malzeme kütüphanesinden seçilerek olusturulmustur.

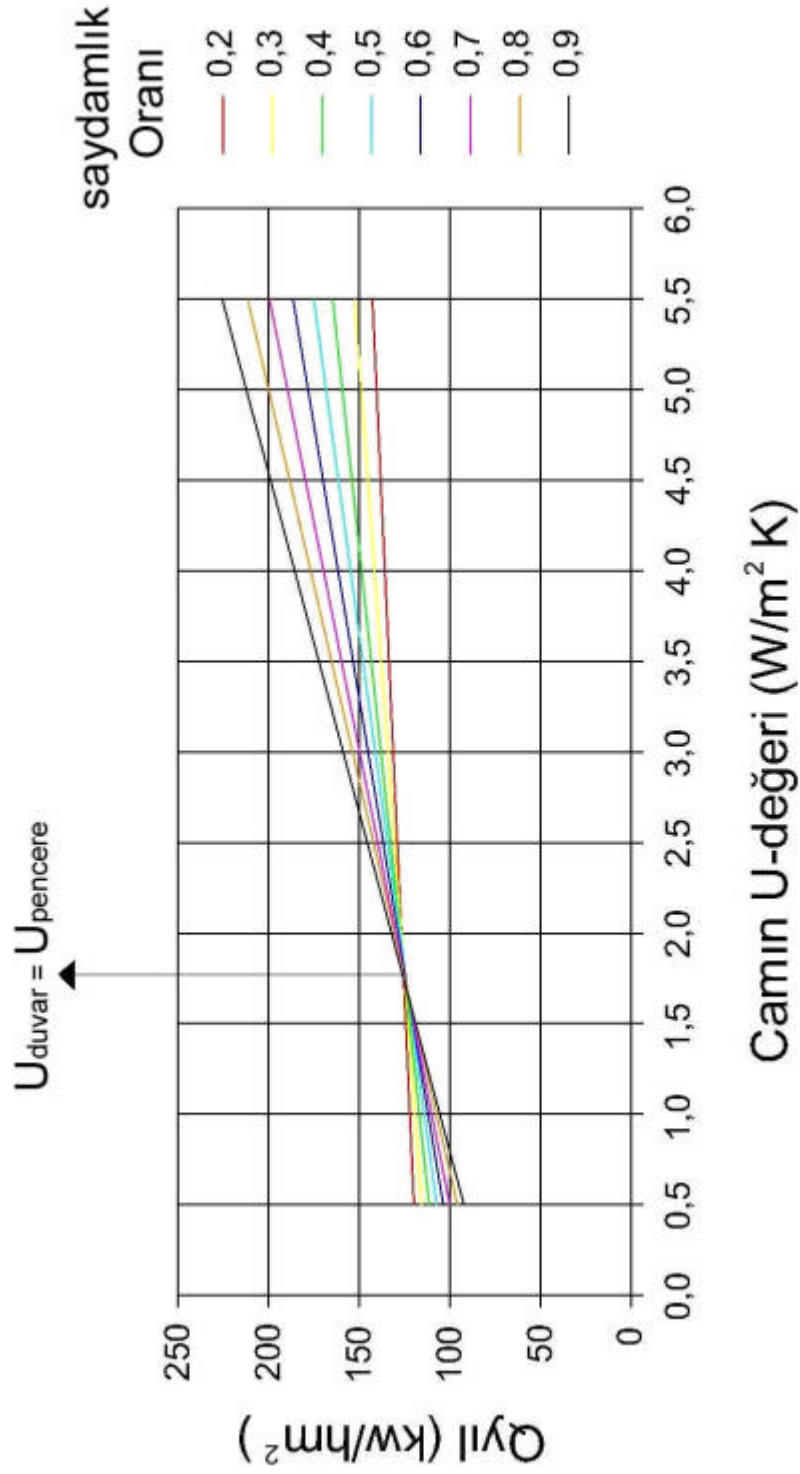
Sekil 3.3. ' deki grafikte örnek yapinin farklı Ucam değerleriyle Qyil (Yillik net ısıtma enerjisi ihtiyaci) değişimi görülmektedir. Burada $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ U degeri arojel degerini, $5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ U degeri de günümüzde artık çok fazla kullanılmayan tek cam degeridir. Binanın pencere alaninin toplam düşey yüzey alanina oranı (A_p/A_t) %20 olarak hesaplanmistir. Pencere alaninin değişimi ile Qyil değişimini de görmek amacıyla bu degerler %20 'den %90 'a kadar esit araliklarla arttirilerek grafikte gösterilmistir.

Sekil 3.3'de saydamlik oranı çizgilerinin bir noktada kesistigi görülmektedir. Bunun nedeni örnek yapida kullanılan duvarın U-degeri $1.72 \text{ W/m}^2\text{K}$ dir. Dolayisiyla saydamlik oranı ne olursa olsun yıllık enerji ihtiyaci (Qyil) degeri bu noktada aynıdır. Tüm cephe U degeri $1.72 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğundan saydam alan dolu alan ayrimida ortadan kalkmis olmaktadır.

Çizelge 3.3 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler

Yapı elemanı	Strüktür	Kesit	Isi İletkenlik Katsayisi U , W/m ² K
Duvar	Dis siva Bosluklu çift tuğla duvar 110+50+110 İç siva		1.74
Tavan	Yalitim 20 mm Beton plaka 150 mm Hava boslugu 600 mm Asma tavan 12 mm		2.56
Zemin	Toprak-blokaj 1500mm Beton plaka 100 mm Yalitim 5 mm Seramik kaplama 10mm		0.88
Çati	Kiremit 50 mm Alüminyum yalitim örtüsü 0.6 mm Hava boslugu 75 mm Yalitim 10 mm		1.82
Dis kapi	Masif ahşap 40mm		2.31
İç Kapi	3 mm.konrplak arasi polistren köpük 3+50+3		3.31
Pencere	Çift cam arasi arojel dograma 4+12+16+12+4		0,50

Seçilen malzemelerin isi iletkenlik katsayilari (U degerleri) ECOTECT bilgisayar programi ortaminda hesaplanarak yapı elemanlari özelligine göre tanımlanmistir.



Sekil 3.3 Örnek yapı U-değeri / Q_{yil} (Yillik ısıtma enerjisi ihtiyacı) değeri ve alan grafiği

Sekil 3.3' de görüldüğü gibi U- degeri arttikça Q_{yil} degerinde de artis olmaktadır. Örnekteki binada (saydamlik %20) U_{cam} degeri 5.5'den 0.5 'e indirildiginde Q_{yil} 'da %19 luk bir azalma hesaplanmistir. Fakat $U_{cam}= 5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ tek camin U degeridir ve günümüzde hemen hiç kullanilmamaktadır. Günümüzde en çok kullanılan camlar hava tabakali standart çift cam ünitelerdir ve bunlarin U_{cam} degeri 2.4ile 2.8 arasinda degismektedir.Bu nedenle degerlendirmeler yapilirken U_{cam} degeri = $3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ maksimum deger olarak alinip $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ' e kadar 0.5 araliklarla düşürülerek hesaplanan degerler alinmistir. Bu durumda örnek yapinin U_{cam} degeri $3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e indirildiginde Q_{yil} degerinde %10 luk bir azalma olmaktadır.

Saydamlik oraninin %20 oldugu durumda, pencerenin U degerinin degisimine bagli olarak binanin isi kaybindaki azalma yukarida belirlenmistir. A_p/A_t degerleri %20 den %90'a ,%10'luk artislarla çikarildiginda Q_{yil} degerindeki degisim de sekil 3.3'de görülmektedir.

Pencerealani arttikça Q_{yil} 'da da artis olmaktadır. Fakat U_{cam} degeri düşük oldugunda (teknolojik olarak gelismis camlar) ve pencerealani arttikça Q_{yil} degerinde bir azalma görülmektedir. Bu azalma $U= 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ oldugunda %25 olarak hesaplanirken U_{cam} degeri yüksek olan camlarda ($U= 5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$) ise Q_{yil} degerinde %58 artis olmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan çift cam ünitelerde bu bina için cam alaninin %20 'den %90'a çikmasiyla Q_{yil} degerinde %20'lik bir artis meydana gelmektedir.

Sonuçta örnek olarak, U_{cam} degeri 3.0 için $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %2 lik bir azalma hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çikarildiginda ise Q_{yil} 'da %20 lik bir artma hesaplanmistir. U_{cam} degeri 0.5 için ise $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %3' lük bir artis hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çikarildiginda ise Q_{yil} 'da %30' luk bir azalma hesaplanmaktadır. (Çizelge 3.4). Bu azalma binayi saydamlastirirken %30'luk bir isitma enerjisi korunumu göstermektedir. Gün isigi kazançlari da düşünülügünde U-degeri düşük saydam yüzeylerin binanin toplam enerji harcamasindaki katkisinin önemli oldugu görülmektedir.

Çizelge 3.4 Örnek 1 için Q_{yil} degerindeki yüzdellik degisim

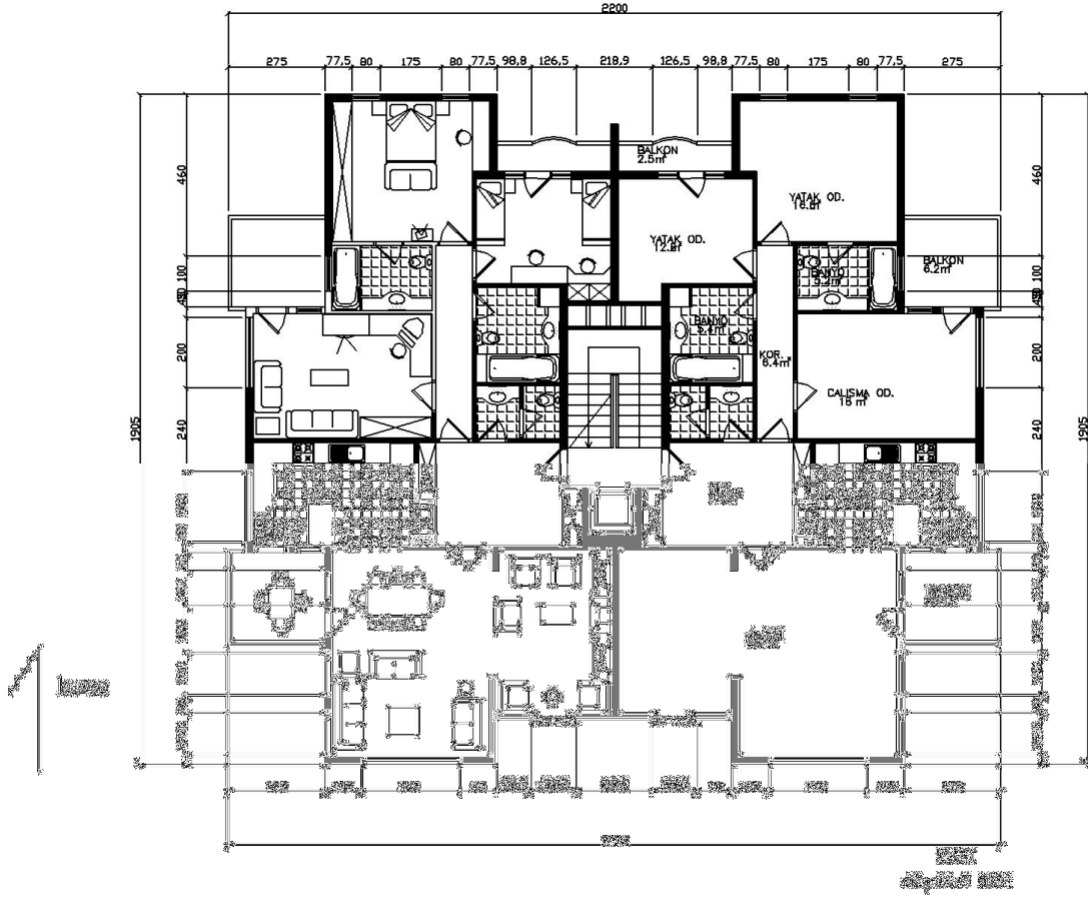
Örnek 1 $A/V=0.45$	$U_{\text{cam}} = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{cam}} = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
saydamlık oranı	Q_{yil}	Q_{yil}
%30 ↓ 14.20	%2'lik azalma	%3'lik artış
14.20 ↑ 14.20	14.20 artış	14.20 azalış

U-cam degeri ve pencere alaninin toplam düşey yüzey alanina oranı ile Q_{yil} degerindeki degisim çizelge 3.5.'de verilmistir.

Çizelge 3.5 Örnek yapı için Q_{yil} degerindeki degisim grafigi

Saydamlik Oran	Q _{yil} (kwh/m ²)-Yillik Isıtma Enerjisi İhtiyacı										
	Cam Alanların U-değerleri										
Ap/AI	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
0,2	120,0	122,3	124,5	126,9	129,1	131,4	133,7	136,0	138,3	140,6	142,8
0,3	115,8	119,5	123,2	127,0	130,6	134,3	138,0	141,7	145,4	149,0	152,7
0,4	111,7	117,0	122,3	127,6	133,0	138,3	143,6	148,9	154,2	159,5	164,8
0,5	107,4	114,8	121,0	127,2	134,5	141,3	148,1	154,9	161,7	168,4	175,2
0,6	103,5	111,9	120,1	128,4	136,7	145,0	153,2	161,5	169,8	178,1	186,3
0,7	100,0	109,2	119,9	129,2	139,8	149,7	159,7	169,6	179,6	189,5	199,5
0,8	95,7	107,9	118,9	130,4	142,0	153,6	165,1	176,7	188,3	199,8	211,4
0,9	92,0	105,3	118,7	132,1	145,4	158,8	172,1	185,5	198,9	212,2	225,6

3.3 İzmir’de Bir Konut Binası (Apartman) İçin Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 2)



Sekil 3.4 Örnek yapı saydamlık oranı %20

Örnek yapıya ait veriler:

Bina tipi:Konut (apartman)

Taban Alanı = 322.7 m²

Tavan Alanı = 322.7 m²

Doğu Cephesi Pencere Alanı (A_{dogu}) = 75 m²

A_{toplam} = 1230 m²

Bati Cephesi Pencere Alanı (A_{bati}) = 75 m²

A_{pencere} = 249 m²

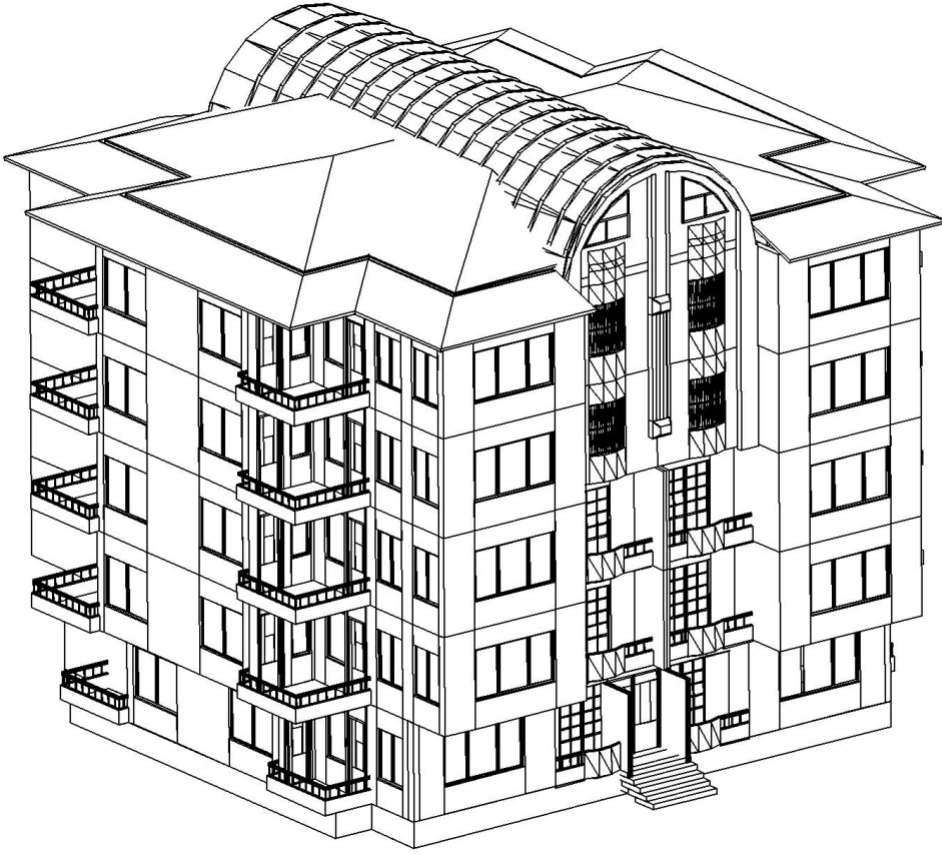
Kuzey Cephesi Pencere Alanı (A_{kuzey}) = 42 m²

V = 4840 m³

Güney Cephesi Pencere Alanı (A_{güney}) = 57 m²

A_p/A_t = % 20

A/V = 0.25




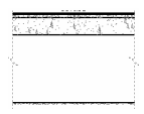

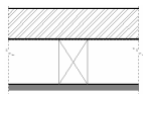

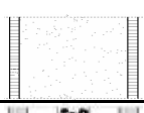

Sekil 3.5 Saydamlik orani %20 olan örnek yapinin perspektifi

Konut (apartman) olarak seçilen örnek yapinin, pencere, kapi, tavan , döşeme ve duvarlarinin yapisi asagida belirtilmistir (Çizelge 3.6). Yapida kullanılan malzemeler ECOTECT programinin kendi malzeme kütüphanesinden seçilerek olusturulmustur.

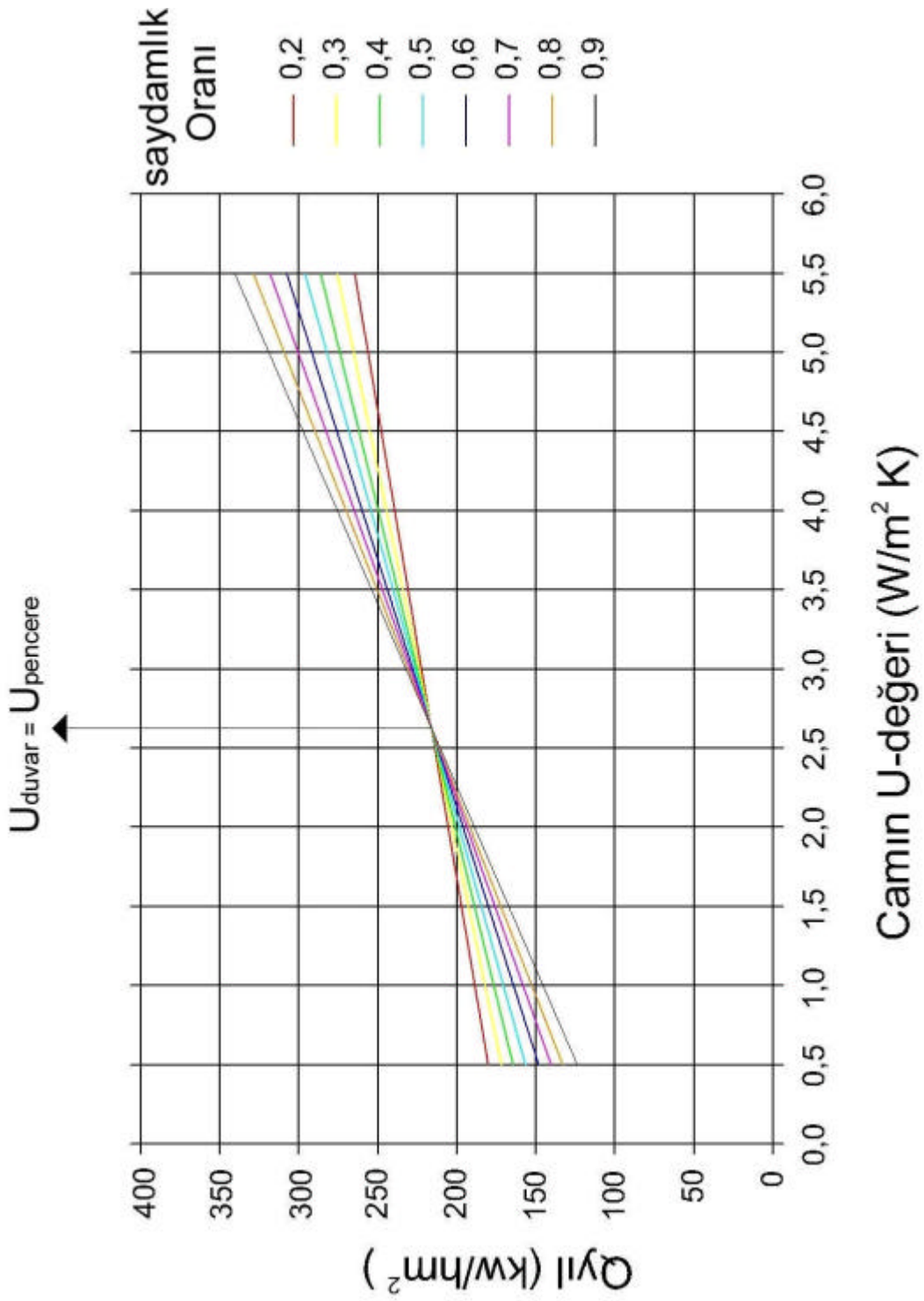
Sekil 3.6. ' deki grafikte örnek yapinin farklı Ucam değerleriyle Qyil (Yillik net ısıtma enerjisi ihtiyaci) değişimi görülmektedir. Burada $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ U değeri aerogel değerini, $5.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ U değeri de günümüzde artık çok fazla kullanılmayan tek cam değeridir. Bir önceki örnekte olduğu gibi, binanın pencere alaninin toplam düşey yüzey alanina oranı (A_p/A_t) %20 olarak hesaplanmistir. Pencere alaninin değişimi ile Qyil değişimini de görmek amacıyla bu değerler %20 'den %90 'a kadar esit aralıklarla arttirilerek grafikte gösterilmistir.

Sekil 3.6'de saydamlik oranı çizgilerinin bir noktada kesistigi görülmektedir. Bunun nedeni örnek yapıda kullanılan duvarın Udeğeri $2.62 \text{ W/m}^2\text{K}$ dir. Dolayisiyle saydamlik oranı ne olursa olsun yıllık enerji ihtiyaci (Qyil) değeri bu noktada aynıdır. Tüm cephe U değeri $2.62 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğundan saydam alan dolu alan ayrimida ortadan kalkmis olmaktadır.

Çizelge 3.6 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler

Yapı elemanı	Strüktür	Kesit	Isi İletkenlik Katsayısı U , W/m ² K
Duvar	Dis siva Bosluklu tek tuğla duvar 10+110+10 İç siva		2.62
Tavan	Yalitim 20 mm Beton plaka 150 mm Hava boslugu 600 mm Asma tavan 12 mm		2.56
Zemin	Toprak-blokaj 1500mm Beton plaka 100 mm Yalitim 5 mm Seramik kaplama 10mm		0.88
Çati	Kiremit 50 mm Alüminyum yalitim örtüsü 0.6 mm Hava boslugu 75 mm Yalitim 10 mm		1.82
Dis kapi	Masif ahşap 40mm		2.31
İç Kapi	3 mm.konrplak arasi polistren köpük 3+50+3		3.31
Pencere	Çift cam arasi arojel dograma 4+12+16+12+4		0,50

Seçilen malzemelerin isi iletkenlik katsayisi (U) degerleri ECOTECT bilgisayar programi ortaminda yapı elemanlari özelligine göre tanımlanmistir.



Sekil 3.6 Örnek yapı U-değeri / Q_{yil} (Yillik ısıtma enerjisi ihtiyacı) değeri ve alan grafiği

Sekil 3.6.' da görüldüğü gibi U- degeri arttikça Q_{yil} degerinde de artis olmaktadır. Örnekteki binada (saydamlik orani %20) U_{cam} degeri 5.5'den 0.5 'e indirildiginde Q_{yil} 'da %46' lik bir azalma hesaplanmistir. Bir önceki örnekte %19'luk azalma olurken bu yapida %46'lik azalma hesaplanmistir. Bu örnek yapinin U_{cam} degeri 3.0 W/m²K'den 0.5 W/m²K 'e indirildiginde ise Q_{yil} degerinde %23 luk bir azalma olmaktadır.

Bir önceki örnekte olduğu gibi, camin gelisimi sonucu binanın isi kaybindaki azalmanın boyutu A_p/A_t 'nin %20 olduğu durumda, yukarıdaki degerleri almaktadır. Pencere alaninin degismesi halinde sonucun ne yönde gelsecegi ise asagida degerlendirilmistir. A_p/A_t degerleri %20 den %90'a ,%10'luk artislarla çıkarildiginda Q_{yil} degerindeki degisimde Sekil 3.6.'da görülmektedir.

Pencere alanı arttikça Q_{yil} 'da da artis olmaktadır. Fakat U_{cam} degeri düşük olduğunda ve pencere alanı arttikça Q_{yil} degerinde bir azalma görülmektedir. Bu azalma miktarı ($U= 0.5$ W/m²K) %46 olarak hesaplanırken U_{cam} degeri yüksek olan camlarda ($U= 5.5$ W/m²K) ise Q_{yil} degerinde %28 artis olmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan çift cam ünitelerde bu bina için cam alaninin %20 'den %90'a çıkmasıyla Q_{yil} degerinde %5'lik bir artis meydana gelmektedir.

Sonuç'ta örnek olarak, U_{cam} degeri 3.0 için $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %1 lik bir azalma hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çıkarildiginda ise Q_{yil} 'da %5 lik bir artma hesaplanmistir. U_{cam} degeri 0.5 için ise $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %5' lük bir artis hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çıkarildiginda ise Q_{yil} 'da %45' lik bir azalma hesaplanmaktadır. (Çizelge 3.7)

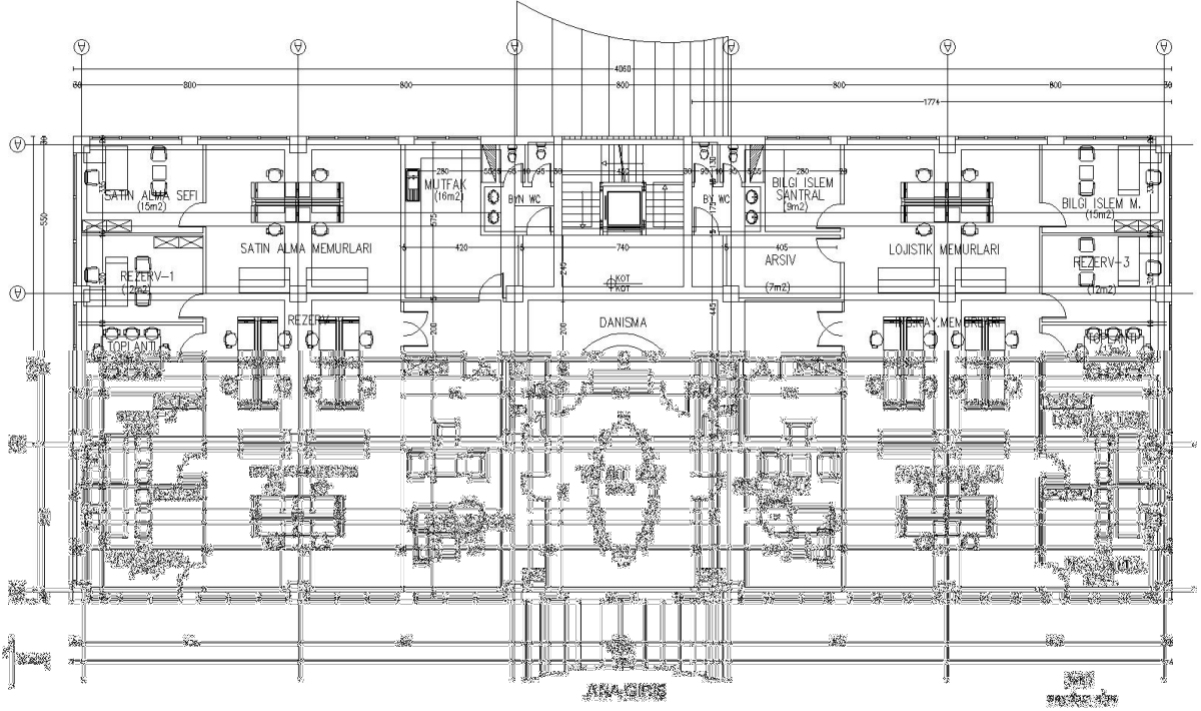
Her iki örnek bina sonuçları arasındaki fark; ikinci binanın dolu alan U-degerinin daha yüksek olması, dolayısıyla saydam alandaki degisimin daha etkili olmasından ayrıca A/V oranlarının farklıligından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.7 Örnek 2 için Q_{yil} degerindeki yüzdellik degisim

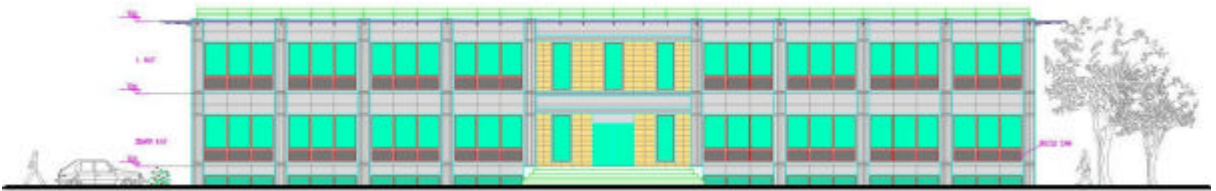
Örnek 2 $A/V=0.25$	$U_{cam} = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{cam} = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
saydamlık oranı	Q_{yil}	Q_{yil}
%30 ↓ %20	%1'lik azalma	%5'lik artış
%30 ↑ %20	%5'lik artış	%45'lik azalma

U-cam degeri ve pencere alaninin toplam düsey yüzey alanina oranı ile Q_{yil} degerindeki degisim çizelge 3.8.'da verilmistir.

3.4 Izmit'de Bir Yönetim Binasının Isıtma Amaçlı Yıllık Enerji Gereksiniminin Değerlendirilmesi (Örnek 3)




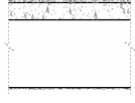

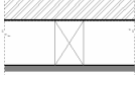



Sekil 3.7 Örnek yapı saydamlık oranı %50



Sekil 3.8 Saydamlık oranı %50 olan örnek yapının görünüşü

İki katlı ofis olarak seçilen örnek yapının, pencere, kapı, tavan, döşeme ve duvarlarının yapısı aşağıda belirtilmiştir (Çizelge 3.9). Yapıda kullanılan malzemeler ECOTECT programının kendi malzeme kütüphanesinden seçilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.9 Örnek binaya ilişkin fiziksel özellikler

Yapı elemanı	Strüktür	Kesit	Isi İletkenlik Katsayısı U , W/m ² K
Duvar	Kompozit 5mm Tasyünü 75 mm Delikli tuğla 110 mm		0.92
Tavan	Yalitim 20 mm Beton plaka 150 mm Hava boslugu 600 mm Asma tavan 12 mm		2.56
Zemin	Toprak-blokaj 1500mm Beton plaka 100 mm Yalitim 5 mm Seramik kaplama 10mm		0.88
Çati	Kiremit 50 mm Alüminyum yalitim örtüsü 0.6 mm Hava boslugu 75 mm Yalitim 10 mm		1.82
Dis kapi	Masif ahşap 40mm		2.31
Iç Kapi	3 mm.konrplak arasi polistren köpük 3+50+3		3.31
Pencere	Çift cam arasi aerojel dograma 4+12+16+12+4		0,50

Seçilen malzemelerin isi iletkenlik katsayilari (U degerleri) ECOTECT bilgisayar programi ortaminda hesaplanarak yap-i elemanlari özelligine göre tanimlanmistir.

Örnek yapıya ait veriler:

Bina tipi: Tek katlı konut

Taban Alanı = 694 m²

Tavan Alanı = 694 m²

Doğu Cephesi Pencere Alanı (A_{dogu}) = 83.00 m²

Bati Cephesi Pencere Alanı (A_{bati}) = 83.00 m²

Kuzey Cephesi Pencere Alanı (A_{kuzey}) = 165.00 m²

Güney Cephesi Pencere Alanı ($A_{\text{güney}}$) = 165.00 m²

A_{toplam} = 992.00 m²

A_{pencere} = 496.00 m²

V = 56.58 m³

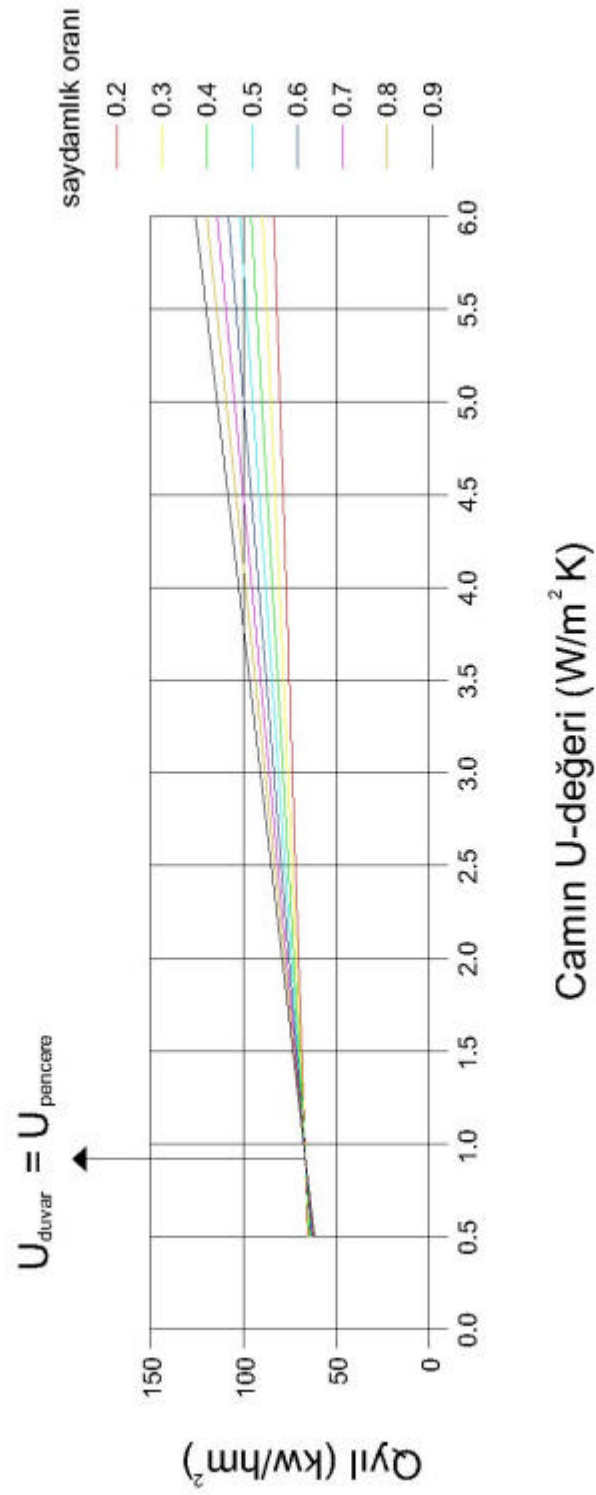
A_p/A_t = % 50

A/V = 0.18

Şekil 3.9. ' deki grafikte örnek yapının farklı U_{cam} değerleriyle $Q_{\text{yıl}}$ (Yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı) değişimi görülmektedir. Burada 0.5 W/m²K U değeri arojel değerini, 5.5 W/m²K U değeri de günümüzde artık çok fazla kullanılmayan tek cam değeridir. Binanın pencere alanının toplam dikey yüzey alanına oranı (A_p/A_t) %20 olarak hesaplanmıştır. Pencere alanının değişimi ile $Q_{\text{yıl}}$ değişimini de görmek amacıyla bu değerler %20 'den %90 'a kadar eşit aralıklarla artırılarak grafikte gösterilmiştir.

Bu örnek , diğer iki örneğe göre yapı kabuğunun dolu alanlarının U değerinin daha düşük olmasından yalıtımlı bir örnek olarak incelenmiştir.

Şekil 3.9'de saydamlık oranı çizgilerinin bir noktada kesiştiği görülmektedir. Bunun nedeni örnek yapıda kullanılan duvarın U -değeri 0.92 W/m²K dir. Dolayısıyla saydamlık oranı ne olursa olsun yıllık enerji ihtiyacı ($Q_{\text{yıl}}$) değeri bu noktada aynıdır. Tüm cephe U değeri 0.92 W/m²K olduğundan saydam alan dolu alan ayrımı da ortadan kalkmış olmaktadır.



Sekil 3.9 Örnek yapı U-değeri / Q_{yil} (Yillik ısıtma enerjisi ihtiyacı) değeri ve alan grafiği

Sekil 3.9' da görüldüğü gibi U degeri arttikça Q_{yil} degerinde de artis olmaktadır. Örnekteki binada (saydamlik %50) U_{cam} degeri 5.5'den 0.5 'e indirildiginde Q_{yil} 'da %54 lük bir azalma hesaplanmistir. Bu durumda örnek yapinin U_{cam} degeri 3.0 W/m²K'den 0.5 W/m²K 'e indirildiginde Q_{yil} degerinde %27 lik bir azalma olmaktadır.

Saydamlik oraninin %20 oldugu durumda, pencerenin U degerinin degisimine bagli olarak binanin isi kaybindaki azalma yukarida verilmistir. Pencere alaninin degismesi durumu ise, asagida degerlendirilmistir. A_p/A_t degerleri %20 den %90'a ,%10'luk artislarla çikarildiginda Q_{yil} degerindeki degisim de sekil 3.9'da görülmektedir.

Pencerealani arttikça Q_{yil} 'da da artis olmaktadır. Fakat U_{cam} degeri düşük oldugunda (teknolojik olarak gelismis camlar) ve pencerealani arttikça Q_{yil} degerinde bir azalma görülmektedir. Bu azalma $U= 0.5$ W/m²K oldugunda bu örnek için %5 olarak hesaplanirken, U_{cam} degeri yüksek olan camlarda ($U= 5.5$ W/m²K) ise Q_{yil} degerinde %46 artis olmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan çift cam ünitelerde bu bina için cam alaninin %20 'den %90'a çikmasiyla Q_{yil} degerinde %23'lük bir artis meydana gelmektedir.

Sonuçta örnek olarak, U_{cam} degeri 3.0 için $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %3 lik bir azalma hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çikarildiginda ise Q_{yil} 'da %23 lük bir artma hesaplanmistir. U_{cam} degeri 0.5 için ise $A_p/A_t = \%30$ 'dan %20'ye indirildiginde Q_{yil} 'da %1' lük bir artis hesaplanmistir. $A_p/A_t = \%20$ 'den %90'a çikarildiginda ise Q_{yil} 'da %6' lik bir azalma hesaplanmaktadır. (Çizelge 3.10).

Bu örnekte diger iki örnege göre dolu alanlarin yalitimi yüksek, U degeri düşük oldugu için yapıyi ileri teknoloji ürünü camlarla saydamlastirmak diger iki örnekte oldugu kadar etkili olmamistir. Zaten dolu alanlarin yalitim degerleri de yüksektir.

Çizelge 3.10 Örnek 1 için Q_{yil} degerindeki yüzdelik degisim

Örnek 3 $A/V=0.18$	$U_{cam} = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{cam} = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
saydamlık oranı	Q_{yil}	Q_{yil}
%30 ↓ %20	%3'lük azalma	%1'lik artış
%90 ↑ %20	%23'lük artış	%6'lık azalma

U-cam degeri ve pencere alaninin toplam düşey yüzey alanina oranı ile Q_{yil} degerindeki degisim çizelge 3.11.'de verilmistir.

Çizelge 3.11 Örnek yapı için Q_{yil} degerindeki degisim grafigi

Kısıtlanmış Oran	Çatı Isıtma Enerjisi İhtiyacı												
	Kullanılan Alanların U- Değerleri												
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	
0.2	65,9	66,9	68,6	70,3	71,9	73,6	75,3	76,9	78,6	80,3	81,9	83,6	
0.3	64,8	67,8	69,5	71,5	73,5	76,1	78,3	80,6	82,8	85,1	87,4	89,6	
0.4	64,2	67,1	70,0	72,9	75,7	78,5	81,4	84,3	87,1	90,0	92,8	95,7	
0.5	63,8	67,8	70,7	74,1	77,6	81,0	84,5	87,9	91,4	94,8	98,3	101,7	
0.6	63,3	67,3	71,4	75,4	79,4	83,5	87,5	91,6	95,6	99,7	103,7	107,8	
0.7	62,8	67,4	72,0	76,7	81,3	86,0	90,6	95,3	99,9	104,5	109,2	113,8	
0.8	62,3	67,5	72,7	78,0	83,3	88,4	93,7	98,9	104,2	109,4	114,6	119,9	
0.9	61,8	67,8	73,4	79,7	85,1	90,9	96,8	102,6	108,4	114,3	120,1	125,9	

Tüm bu hesaplamalar sonucunda binalarda pencere alaninin artmasiyla yillik enerji tüketiminin de arttigi görülmektedir. Fakat U-degeri düşük camlar kullanildiginda bu artisın önemszenmeyecek derecede düstügünü ,üstelik güneş kazanimlari sayesinde cam alanlarinin büyümesinin ısıtma enerjisinin azaltılmasına katkıda olduğu sonucuna varılmıstır.

Özellikle saydam yalıtkan malzemeler olarak tanımladığımız (aerojeller vs.)U-degeri çok küçük ve güneş enerjisi kazanimlari çok büyük olduğu malzemeler kullanildiginda binalarda yillik enerji kullanımı çok düşük seviyelere çekilebilmekte hatta opak duvarın bu malzemelerle kaplanarak kış mevsiminde bile bu elemanların ısı kayıp noktaları değil ısı kazanç bölgeleri olarak çalıştırılabilirdiği de görülmektedir.

3.5 Örnek Yapılar İçin Maliyet Analizlerinin Karsilastirilmesi

Örnek 1 için (%20 saydamlık oranı)

Qyil değeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 131.4 kw/hm² dir.

Qyil değeri Low-E kaplamalı çift cam kull. U= 2.5 için 129.1 kw/hm² dir.

Qyil değeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 120.0 kw/hm² dir.

Yapım montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamalı cam kullanılırsa yillik %2' lik bir azalma sağlanır. Buda 10 yıl içinde 0.2 yıl kazanç demektir. Aerojel kullanildiginda ise yillik %10'luk bir azalma sağlanır bu ise 10 yıl içerisinde 1 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.12. Örnek 1, %20 saydam alan yillik kazanç tablosu

Örnek 1 %20 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	131.4	-
Low-e kaplamalı	2.5	129.1	2
Aerojel	0.5	120.0	10

Örnek 1 için (%50 saydamlik orani)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 141.3 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 134.5 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 107.4 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilrsa yıllık %5' lik bir azalma saglanir. Buda 10 yil içinde 0.5 yil kazanç demektir. Aerojel kullanildiginda ise yıllık %31'lik bir azalma saglanir bu ise 10 yil içerisinde 3.1 yil kazanç demektir.

Çizelge 3.13. Örnek 1, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 1 %50 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	141.3	-
Low-e kaplamali	2.4	134.5	5
Aerojel	0.5	107.4	31

Örnek 1 için (%90 saydamlik orani)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 158.8 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 145.4 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 92.0 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilrsa yıllık %9' luk bir azalma saglanir. Buda 10 yil içinde 0.9 yil kazanç demektir. Aerojel kullanildiginda ise yıllık %72'lik bir azalma saglanir bu ise 10 yil içerisinde 7.2 yil kazanç demektir.

Çizelge 3.14. Örnek 1, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 1 %90 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	158.8	-
Low-e kaplamalı	2.5	145.4	9
Aerojel	0.5	92.0	72

Örnek 2 için (%20 saydamlık oranı)

Qyil değeri çift cam ünitesi kullanıldığında U= 3 için 222.1 kw/hm² dir.

Qyil değeri Low-E kaplamalı çift cam kull. U= 2.5 için 213.7 kw/hm² dir.

Qyil değeri aerojel kullanıldığında U= 0.5 için 180.0 kw/hm² dir.

Yapım montaj maliyeti dikkate alınmadığında çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamalı cam kullanılırsa yıllık %4' lük bir azalma sağlanır. Buda 10 yıl içinde 0.4 yıl kazanç demektir. Aerojel kullanıldığında ise yıllık %23'lük bir azalma sağlanır bu ise 10 yıl içerisinde 2.3 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.15. Örnek 2, %20 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 2 %20 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	222.1	-
Low-e kaplamalı	2.5	213.7	4
Aerojel	0.5	180.0	23

Örnek 2 için (%50 saydamlik orani)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 226.3 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 212.4 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 156.6 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilirse yıllık %6' lik bir azalma saglanir. Buda 10 yıl içinde 0.6 yıl kazanç demektir. Arojel kullanildiginda ise yıllık %44'lük bir azalma saglanir bu ise 10 yıl içerisinde 4.4 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.16. Örnek 2, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 2 %50 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yıllık Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	226.3	-
Low-e kaplamali	2.5	212.4	6
Arojel	0.5	156.6	44

Örnek 2 için (%90 saydamlik orani)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 232.2 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 210.5 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 123.8 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilirse yıllık %10' luk bir azalma saglanir. Buda 10 yıl içinde 1 yıl kazanç demektir. Arojel kullanildiginda ise yıllık %87'lik bir azalma saglanir bu ise 10 yıl içerisinde 8.7 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.17. Örnek 2, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 2 %90 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	232.2	-
Low-e kaplamalı	2.5	210.5	10
Aerojel	0.5	123.8	87

Örnek 3 için (%20 saydamlık oranı)

Qyil değeri çift cam ünitesi kullanıldığında U= 3 için 73.6 kw/hm² dir.

Qyil değeri Low-E kaplamalı çift cam kull. U= 2.5 için 71.9 kw/hm² dir.

Qyil değeri aerojel kullanıldığında U= 0.5 için 65.3 kw/hm² dir.

Yapım montaj maliyeti dikkate alınmadığında çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamalı cam kullanılırsa yıllık %2' lik bir azalma sağlanır. Buda 10 yıl içinde 0.2 yıl kazanç demektir. Aerojel kullanıldığında ise yıllık %13'lük bir azalma sağlanır bu ise 10 yıl içerisinde 1.3 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.18. Örnek 3, %20 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 3 %20 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	73.6	-
Low-e kaplamalı	2.5	71.9	2
Aerojel	0.5	65.3	13

Örnek 3 için (%50 saydamlik oranı)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 81.0 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 77.6 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 63.8 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilirsayillik %4' lük bir azalma saglanir. Buda 10 yıl içinde 0.4 yıl kazanç demektir. Arojel kullanildiginda ise yıllık %27'lik bir azalma saglanir bu ise 10 yıl içerisinde 2.7 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.19. Örnek 3, %50 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 3 %50 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	81.0	-
Low-e kaplamali	2.5	77.6	4
Arojel	0.5	63.8	27

Örnek 3 için (%90 saydamlik oranı)

Qyil degeri çift cam ünitesi kullanildiginda U= 3 için 90.9 kw/hm² dir.

Qyil degeri Low-E kaplamali çift cam kull. U= 2.5 için 85.1 kw/hm² dir.

Qyil degeri arojel kullanildiginda U= 0.5 için 61.8 kw/hm² dir.

Yapim montaj maliyeti dikkate alınmadiginda çift cam ünitesi yerine Low-E kaplamali cam kullanilirsayillik %7' lik bir azalma saglanir. Buda 10 yıl içinde 0,7 yıl kazanç demektir. Arojel kullanildiginda ise yıllık %47'lik bir azalma saglanir bu ise 10 yıl içerisinde 4.7 yıl kazanç demektir.

Çizelge 3.20. Örnek 3, %90 saydam alan yıllık kazanç tablosu

Örnek 3 %90 saydam alan	Ucam (W/m ² K)	Qyil (kw/hm ²)	Yillik Kazanç (%)
Çift cam ünitesi	3	90.9	-
Low-e kaplamalı	2.5	85.1	7
Aerojel	0.5	61.8	47

Sonuç olarak görülüyor ki saydamlık oranı arttıkça çift cam arası aerojel kullanılması, standart çift cam uygulamalarına ve low-e kaplamalı camlara karşı ciddi bir kazanım sağlamaktadır.

Bu oran geleneksel cephelerde çok etkili olmakta fakat giydirme cephe bir büro binasında dolu alanların yalıtımının saydam alanlara yakın olması nedeniyle o kadar etkili olmamaktadır. %90 saydamlıkta birinci örnekte aerojel kullanılmasıyla %72 kazanç sağlanmıştır, ikinci örnekte bu rakam %87 'lere çıkarken, üçüncü örnekte ise bu rakam %47 lere kalmıştır. (çizelge 3.21)

4. SONUÇ

Bu çalışmada yapıların saydam alanlarında kullanılan saydam yalıtım gereçleri, farklı örnekler üzerinde yıllık enerji ihtiyaçları hesaplanarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Giderek artan çevre kirliliği sonucu bozulan ekolojik dengeler ve teknolojik gelişmeler sonucu artan enerji gereksinimi, her alanda enerji kullanımını en aza indirmeye yönünde önlemler alınmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmaktadır. Mekanlarda iklimsel konforun sağlanabilmesi için gereken enerji miktarının azaltılabilmesi için, tasarımın iklimsel verilere dayalı olarak ve en az enerji kaybı sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesi kaçınılmazdır. Enerji gereksiniminin düşük bina tasarımının gerçekleştirilmesinde en önemli etkenler ısı kayıpları, ısı köprülerini engellemek, edilgen sistemlerde güneşten maksimum ölçülerde yararlanmayı olanaklı kılan tasarımın parametrelerini göz ardı etmemektir. Bina kabuğu tasarımı, enerji korunumu ve mekanlarda iklimsel konfor sağlanması açısından en önemli etkenlerden biridir. Edilgen sistemde düşük enerjili bina uygulamalarında saydam ısı yalıtımı kullanımı oldukça yeni olmakla birlikte giderek artmaktadır. Enerji gereksinimi <60kWh/m².yıl olarak kabul edilen düşük enerjili binaların yanı sıra, Avrupa'da trend sıfır enerjili (<15kWh/m².yıl) ve Artı enerjili (+-enerjili) bina yönünde gelişmektedir.

Sonuç olarak iklim koşulları ne olursa olsun saydam yalıtım gereçleri düşük ısı geçiş değerleriyle günümüze kadar kullanılan diğer elemanlara göre büyük enerji tasarrufu ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra binalarda elektrik tüketiminde, yapay aydınlatma gereksiniminde ve soğutma yükünde azalma sağlanmaktadır. Ayrıca bilindiği gibi iç mekan aydınlatması psikolojik durum için önemlidir ve bu yüzden insanın psikolojisini ve genel sağlık durumunu etkiler. Bu nedenle Avrupa'ya karşı daha iyi konumda, güneş kuşağında bulunmamız nedeniyle bina tasarımlarında enerji gereksinimini azaltmak, mekanlarda konfor düzeyini yükseltmek amacıyla bina kabuğunun detaylandırılmasında saydam yalıtım gerecinin önemi dikkatlerden kaçmamalıdır.

KAYNAKLAR

Anon., (1998) Konutlarda Isıtma ve Soğutma Yüğü Hesapları,ASHRAE Temel El Kitabı,Istanbul

Anon., (1974) ‘‘Asherae Standart 55-74’’, Thermal Comfort Conditions, American Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, New York .

Anon., (1981) ‘‘Asherae Standart 55-81’’, Thermal Comfort Conditions, for Human Occupancy American Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta .

Anon., (1983) ‘‘ Information Sheet ,U.S. Department of Housing and Urban Development’’ Conservation and Renewable Energy Inquiry and Referral Service .

A. Hunt, M. Ayers, A Brief History of Silica Aerogels, Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory

A. Marko, P.O. Braun, "Thermal Use Of Solar Energy In Buildings" Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Sy. 41-80 , 113-178

A.H. Elmahdy, S.M. Comick, "New Technology in the Window Industry" BSI-88-5 G.F.Menzies, J.R.Wherrett, Windows in the woiiicplace:examining issues of environmental sustain ability and occupant comfort in the selection of multi-glazed windows, Energy and buildings volume 37, issue 6, June 2005, 623-630

Balcomb., (1982) ‘‘Passive Solar Design Handbook’’ , Vol.3., Los Almos Natonel Lab., Los Almos ,U.S. Department of Energy .

G.F. Menzies, J.R. Wherrett,Issues in the design and selection of sustain able multi-glazed windows:a study of qualitative issues in Scotland,in:The Worldwide CIBSE/ASHRAE Gathering of the Building Services Industry International Conference, Edinburgh, September 2003.

Gedik Z. G., (1992), Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, YTÜ, Istanbul.

J.R. Sasaki CBD-129 "Potential for Thermal Breakage of Sealed Double-Glazing Units" Canadian Building Digest

Reim M.,Beck A., Petricevic R., Glora M., Weth M., Schliermann T.,Fricke J. and Schmidt Ch.(2002). "Highly Insulating Aerogel Glazing For Solar Energy Usage ". Solar Energy Vol.72 No.1 ,sf.21-29, Elsevier Science Ltd., Great Britain (Çeviri: Soner Bilgin)

S.C.Sekhar, K.L.C.Toon, On the study of energy performance and life cycle cost of smart window, Energy and Buildings (1998)

T.E. Johnson, Low-e Glazing Design Guide, Butterworth - Heinemann,1991

"Highly efficient, lightweight, and transparent insulating materials" Aerogel for Thermal Insulation, Lawrence Livermore National Laboratory, Berkeley University

Serefhanoglu. S.,M., (1981), Yapılarda Isısal Konfor ve Cam Yüzeyler, IDMMMA Basımevi,

Umarogullari, Filiz (2001) Binalarda Kullanılan İleri Teknoloji Ürünü Saydam Elemanlar, Y.Lisans Tezi, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Werner J.Platzer, Transparent insulation materials and products:A review, Fraunhofer-Institute for Solar Energy Systems, Proc. SPIE Vol. 2255, p. 616-627, Optical Materials Technology for Energy Efficiency and Solar Energy Conversion XIII, Volker Wittwer; Claes G. Granqvist; Carl M. Lampert; Eds.

W.C. Brown and K. Ruberg "Window Performance Factors" BSI-88-2

Y. Akyurek "Mimarlar Cam Seçimi ve Tasarımında Daha Etkili Olabilmeli" Ege Mimarlık Dergisi Sayı 22

Yılmaz Z. (1983) "İklimsel Konfor Sağlanması ve Yogusma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapi Kabugunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım." Doktora Tezi, İstanbul, İTÜ Mimarlık Fakültesi

Yılmaz Z.(1989) " Kullanıcı Konforu ve Enerji Tasarrufu Açısından Binaların Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi" Doga,TU Müh.ve Çev.D.C.

Zorer, G., (1995), Dersliklerde Edilgen Sistemle Isısal Konforun Sağlanmasında Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yöntemi Olusturulması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

INTERNET KAYNAKLARI

www.eie.gov.tr

www.meteor.gov.tr

www.geocities.com

www.tmmob.gov.tr

www.tug.tubitak.gov.tr

www.mta.gov.tr

www.irc-cnrc.ac.ca/cbd/cbd129e.html

www.nrc.ca/irc/bsi/88-5E.html

ÖZGEÇMİS

Dogum tarihi	30.05.1980	
Dogum yeri	Izmir	
Ortaokul	1992-1995	Zübeyde Hanim Ortaokulu-Izmir
Lise	1995-1998	Bergama Lisesi-Izmir
Lisans	1998-2002	Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlik Fakültesi Mimarlik Bölümü –Edirne
Y.Lisans	2003-.....	Yildiz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlik Anabilim Dalı,Yapi Fizigi Programi

Çalıştığı kurumlar

2002-2004	Yavuz Mimarlik –Istanbul
2004-2005	Tayka Yapi Otomasyon –Istanbul
2005-.....	Almesa Alüminyum San.Ltd.Sti - Istanbul