

**KONUTLARDA KULLANILAN BÜYÜK PENCERE
ALANLARININ ISI YALITIM KALINLIĞINA
ETKİSİ VE MALİYET ANALİZİ**

Zeynep Azra GÜNGÖR

**Doç. Dr. Şükran EFE
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2023
(Her hakkı saklıdır.)**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**KONUTLARDA KULLANILAN BÜYÜK PENCERE ALANLARININ ISI YALITIM
KALINLIĞINA ETKİSİ VE MALİYET ANALİZİ**

(The Effect of on Heat Insulation Thickness Using Tall Windows in Residences and Cost
Analysis)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep Azra GÜNGÖR

Danışman: Doç. Dr. Şükran EFE

Erzurum
Eylül, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Zeynep Azra GÜNGÖR tarafından hazırlanan “Konutlarda Kullanılan Büyük Pencere Alanların Isı Yalıtım Kalınlığına Etkisi Ve Maliyet Analizi ” başlıklı çalışması 20 / 09 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Enerji Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Doç.Dr. Faraz AFŞAR <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Doç.Dr. Şükran EFE <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr.Öğr.Ü. Fadime ŞİMŞEK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
..../.../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Doç.Dr. Şükran EFE* danışmanlığında sunulan “Konutlarda Kullanılan Büyük Pencere Alanlarının Isı Yalıtım Kalınlığına Etkisi ve Maliyet Analizi ” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	10	30
Kuramsal Temeller	20	30
Materyal ve Yöntem	6	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	6	20
Sonuç ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	18	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Zeynep Azra GÜNGÖR	Doç.Dr. Şükran EFE
20.9.2023	20.9.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince büyük sabır ve anlayışla bilgi ve tecrübelerini bana aktaran, tez çalışmamın her aşamasında büyük titizlik gösteren, beni her aşamada yönlendiren ve yüreklendiren, her konuda bana destek olan, öğrencisi olma gururunu ve sevincini yaşadığım Sayın hocam Doç.Dr. Şükran EFE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Başta her zaman duaları ve telkinleri ile bu süreçte yanımda olan ve desteğini bir an olsun esirgemeyen sevgili annem Rukiye GÜNGÖR'e, anlayışı ve maddi manevi desteği ile sevgili babam Hasan GÜNGÖR'e, varlığı ile akademik hayatımı en çok destekleyen bu yolu seçmemde en büyük payı olan can yolculuğu yaptığım canıma, uzakta olsa dahi desteğiyle ve sevgisiyle yanımda hissettiğim sevgili ablam Hatice CENAN'a ve her zaman yanımda hissettiğim beni destekleyen ve başarılarıma mutlu olan arkadaşlarıma, dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak da bu sancılı süreçte pes etmeyip sonuna kadar savaştığım ve hayallerime hedeflerime bir adım daha yaklaştığım için başarıma bir başarı daha eklediğim için kendime teşekkür ederim.

Zeynep Azra GÜNGÖR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONUTLARDA KULLANILAN BÜYÜK PENCERE ALANLARININ ISI YALITIM KALINLIĞINA ETKİSİ VE MALİYET ANALİZİ

Zeynep Azra GÜNGÖR

Danışman: Doç. Dr. Şükran EFE

Günümüzde gelişen teknolojinin etkisiyle çok katlı ve kompleks mimarili binalar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Binalarda genellikle şehirleşmenin negatif etkisini bertaraf etmek ve daha konforlu yaşam alanları oluşturmak için ya tamamen cam kaplamalı dış yüzeyler veya büyük alanlı pencereler tercih edilmekte ancak bu dış yüzeyler binanın ısı yükünde olumsuz etkiye sebep olmaktadır. Türkiye’de yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %24’ünün konutlarda olduğu göz önüne alınırsa, ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkelerde bu durum büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, konutlarda kullanımı her geçen gün artan ve piyasada Fransız Pencere Tipi olarak da bilinen büyük alanlı pencere kullanımının, konutların ısı yüküne etkisini incelenmiş ve bu ısı yükünü maliyet açısından minimum yapacak optimum yalıtım kalınlığı tespit edilmiştir. Literatürde bina dış kabuğundaki cam yüzey alanını %10, %20 gibi yaklaşık oranlarda artıran birçok çalışma bulunmasına rağmen, bu çalışmada piyasadaki mevcut pencere boyutları kullanıldığı için elde edilen sonuçlar gerçek piyasa şartlarına çok daha yakındır. Çalışma, iklimler arası sıcaklık farkının yüksek olduğu Kayseri ilinde bulunan ayrıık nizamalı bir konut mimarisi üzerinde yürütülmüştür. Öncelikle pencere yüksekliği 150 cm ve altı farklı mahale (salon, mutfak vs.) sahip bir referans binası modellenmiştir. Daha sonra artan pencere boyutun etkisini karşılaştırmalı olarak inceleyebilmek için her bir mahalin pencere yüksekliğini sırasıyla 150 cm’den 220 cm’ye kadar artırarak altı farklı bina tipi daha tasarlanmıştır. Artan pencere yüksekliğinin binanın ısı yüküne etkisine ek olarak, pencere tipinin etkisini de inceleyebilmek için hem iki farklı cam tipi (çift cam ve low-e kaplamalı cam) hem de iki farklı ara dolgu malzemesi (hava ve argon gazı) için hesaplamalar tekrar edilmiştir. Dört farklı pencere tipi için yedi farklı bina tipinde yürütülen çalışmada, binaların ısı yükleri hesaplanmış ve pencere boyutu ile pencere tipinin bina ısı yüküne etkisi karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Yapılan çalışma ile %46,67 oranında artan pencere boyutuna karşılık hava ara dolgulu çift camlı pencereli binalarda %8,49, low-e pencereli binalarda %6,98 iken bu değerler argon dolgulu pencerelerde sırasıyla %7,82 ve %6,11’dir. Işınım ile ısı kazanımı, pencere yüzey alanı ile doğru orantılı olduğu için bütün pencere tiplerinin de %46,67’dir. Bütün mahallerinin pencere yükseklikleri 220 cm olarak kabul edilen Tip-6 binasında ısı yalıtım kalınlığının 8 cm’den 11 cm’ye kadar artırıldığında, ısı kayıp değerinin en az argon dolgulu Low-e pencereli binada, en fazla da hava dolgulu çift camlı binada olduğu görülmektedir. 10,50 cm yalıtım kalınlığı için enerji tüketim miktarlarının yapılan maliyet araştırmasında %5,44 ile hava dolgulu çift camlı pencerenin en yüksek olduğu ve %3,00 ile argon dolgulu low-e camlı pencerenin en düşük olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isıl yük, Kayseri, maliyet analizi, pencere tipi, pencere yüksekliği, yalıtım kalınlığı.

Eylül 2023, 78 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECT OF ON HEAT INSULATION THICKNESS USING TALL WINDOWS IN RESIDENCES AND COST ANALYSIS

Zeynep Azra GÜNGÖR

Supervisor: Assoc. Prof. Şükran EFE

Today, with the effect of developing technology, multi-stories and complex architectural buildings are widely used. In buildings, either completely glass-covered exterior surfaces or large-area windows are generally preferred to eliminate the negative effects of urbanization and to create more comfortable living spaces, but these exterior surfaces cause a negative effect on the thermal load of the building. Considering that approximately 24% of the annual energy consumption of Turkey is in residences, this situation is of great importance in countries like our country that are dependent on foreign energy.

In this study, the effect of the use of large-area windows, also known as French Window Type, on the thermal load of the residences, which is increasing day by day in the market, has been investigated and the optimum insulation thickness that will minimize terms of cost this heat load has been determined. Although there are many studies in the literature that increase the glass surface area in the exterior surfaces of the building by 10%, 20%, etc. since the window sizes available in the market are used in this study, obtained results are much closer to the real market conditions. The study was carried out on a residential architecture located in the province of Kayseri, where the temperature difference between climates is high and detached building. Firstly, a reference building with a window height of 150 cm and six different spaces (living room, kitchen, etc.) was modeled. Then, six different building types were also designed by increasing the window height of each location from 150 cm to 220 cm, in order to examine the effect of increasing window size comparatively, respectively. Calculations were repeated for both two different glass types (double glazing and low-e coated glass) and two different filler materials (air and argon gas) in order to examine the effect of window type in addition to the effect of increasing window height on the heat load of the building.

According to the study, while the window size increased by 46.67%, it was 8.49% in buildings with air-filled double-glazed windows and 6.98% in buildings with low-e windows, while these values were 7.82% and 6.11%, respectively, in argon-filled windows. Since heat gain by radiation is directly proportional to the window surface area, it is 46.67% for all window types. In a Type-6 building, window heights are 220 cm, when the thermal insulation thickness is increased from 8 cm to 11 cm, it is seen that the heat loss value is the least in the building with argon-filled Low-e windows and the highest in the air-filled double-glazed building. In the cost research of energy consumption amounts for 10.50 cm insulation thickness, it is seen that the air-filled double glazed window with 5.44% is the highest and the argon-filled low-e glass window with 3.00% is the lowest.

Keywords: Heat loss, Kayseri, cost analysis, window type, window high, insulation thickness.

September 2023, 78 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	11
KURAMSAL TEMELLER.....	18
Camlar	18
Çerçeveler	22
Ara Dolgu Malzemeleri.....	24
Isı Kaybı	25
Isı Kazanımı	26
Yalıtım	27
MATERYAL ve YÖNTEM	29
Konum Belirlenmesi	29
Mimari Projenin Belirlenmesi.....	29
Bina Tiplerinin Belirlenmesi.....	31
Pencere Tiplerinin Belirlenmesi.....	32
Yapı Bileşenlerinin Belirlenmesi	33
Isı Kaybı Hesabı.....	35
Isı Kazancı Hesabı.....	35
Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi	36
Enerji Maliyetinin Belirlenmesi	37
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	38
Isı Kayıp Değerleri.....	38
Isı Kazanım Değerleri	39
Isı Yüğü.....	46
Optimum Yalıtım Kalınlığı.....	52
Maliyet Analizi.....	54

SONUÇ ve ÖNERİLER	55
Sonuçlar.....	55
Öneriler	57
KAYNAKLAR.....	58
EKLER	61
EK-1. Ölçekli Daire Planı	61
EK-2. Daire yerleşim planı	62
EK-3. Yapı Elemanları.....	63
EK-4. Elektrikli Cihazların Duyulur Ve Gizli Isı Değerleri	67
EK-5. Yapı Bileşenlerinin Fiyat Detayı	68
EK-6. Isı Kaybı Hesabı Örneği	69
EK-7. Her Bir Pencere Tipi İçin Bina Tiplerinin Daire Başı Isıl Kayıp Değerleri Tablosu.....	70
EK-8. Her Bir Pencere Tipi İçin Bina Tiplerinin Daire Başı Isıl Kayıp Değerler Grafiği	74
EK-9. Isı Kazanım Hesabı Örneği	75
ÖZGEÇMİŞ.....	76

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Temel Enerji İstatistikleri	11
Tablo 2. Türkiye'de Yıllara Göre Enerji Denge Değerleri (Bin TEP	13
Tablo 3. Ara gaz Malzemesi İletkenlik Değerleri.....	24
Tablo 4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri	28
Tablo 5. Kayseri İline Ait Meteorolojik Veriler (1931-2022)	30
Tablo 6. Bina Tiplerine Göre Pencere Boyutları (cm).....	32
Tablo 7. Pencere Tipleri.....	33
Tablo 8. Yapı Bileşenleri	34
Tablo 9. Pencere Tiplerine Göre Bina Tipleindeki Isı Kayıpları (kcal/h)	38
Tablo 10. A Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı.....	40
Tablo 11. B Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı	41
Tablo 12. C Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı	42
Tablo 13. D Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı.....	43
Tablo 14. Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki İletimle Isı Kazanımı (kcal/h)	44
Tablo 15. A Tipi ve C Tipi Pencerelelerinin Bina Tiplerine Göre Işınım Isı Kazanımı (kcal/h)	45
Tablo 16. B Tipi ve D Tipi Pencerelelerinin Bina Tiplerine Göre Işınım Isı Kazanımı (kcal/h)	45
Tablo 17. Pencere Tiplerinin Bina Tiplerine Göre Işınım Isı Kazanımı-Ocak Ayı (kcal/h)	46
Tablo 18. Yıllık Isıl Yük Miktarları (kcal/h)	47
Tablo 19. A Tipi Pencere İçin Net Isı Yükü	48
Tablo 20. B Tipi Pencere İçin Net Isı Yükü	49
Tablo 21. C Tipi Pencere İçin Net Isı Yükü	50
Tablo 22. D Tipi Pencere İçin Net Isı Yükü	51
Tablo 23. Optimum Yalıtım Kalınlığı	53
Tablo 24. Toplam Maliyet	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Sera gazı emisyonlarının yıllara göre değişimi.....	12
Şekil 2. Sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı.....	12
Şekil 3. Sektörel enerji tüketimi dağılımı.....	13
Şekil 4. Binalarda ısı kaybı	14
Şekil 5. a-Yaz için uygun pencere b-Kış için uygun pencere	19
Şekil 6. Pencere sistemlerinde ısı transferi.....	19
Şekil 7. a-Tek cam b-Düz çift cam c-Üçlü cam	20
Şekil 8. Çift cam (yalıtlımlı).....	21
Şekil 9. Elektromanyetik tayfın görünür ışınlım bölgesi	21
Şekil 10. Low-e kaplamalı cam.....	22
Şekil 11. a-Ahşap çerçeve b- PVC çerçeve c-Alüminyum çerçeve	24
Şekil 12. Binanın izometrik görünüşü [cm]	31
Şekil 13. Binanın iç mimarisi	31
Şekil 14. Bina tipi.....	32
Şekil 15. Kayseri iline ait aylık güneş radyasyon verileri	36
Şekil 16. TGÜB ısı yalıtım programı arayüzü	37
Şekil 17. Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki Isı Kayıpları (kcal/h).....	38
Şekil 18. Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki İletimle Isı Kazanımı (kcal/h).....	44
Şekil 19. Pencere Tiplerinin Bina Tiplerine Göre Işınımla Isı Kazanımı-Ocak Ayı (kcal/h) ..	46

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ΔT	Yapı Bileşenin İki Tarafındaki Ortam Sıcaklık Farkı	[°C]
Q_G	Radyasyonla Gelen Isı Akısı	[W/m ²]
Q_R	Radyasyonla Olan Isı Kazancı	
Q_{RN}	Net Radyasyonla Olan Isı Kazancı	
q_0	Yapı Bileşeninden Olan Isı Kaybı	[W]
E	Yayınım	
PVC	Polyvinyl-Chloride	
SHGC	Güneş Isı Kazanç Değeri	
VT	Gün Işığı Geçirgenlik Değeri	
A	Yapı Bileşenin Alanı	[m ²]
H	Bina Durum Katsayısı	[Wh/m ³ K]
K	Yapı Bileşenin Toplam Isı Geçiş Katsayısı	[W/m ² .K]
K	Gölgeleme Faktörü	
R	Oda Özelliği	
U	Isı Geçirgenlik Katsayısı	[W/m ² K]
Ze	Köşe Artırım Katsayısı	
a	Birim Aralık Sızdırganlığı	[m ³ /mh]
a	Isı Taşınım Katsayısı	[W/m ² K]
d	Duvar Kalınlığı	[m]
l	Sızıntı Aralık Fuga Çevre Uzunluğu	[m]
q	Hacmin Isı Kaybı	[W]
qi	Yapı Bileşeninden Olan Artırımlı Isı Kaybı	[W]
λ	Isı İletkenliği Hesap Değeri	[W/mK]

GİRİŞ

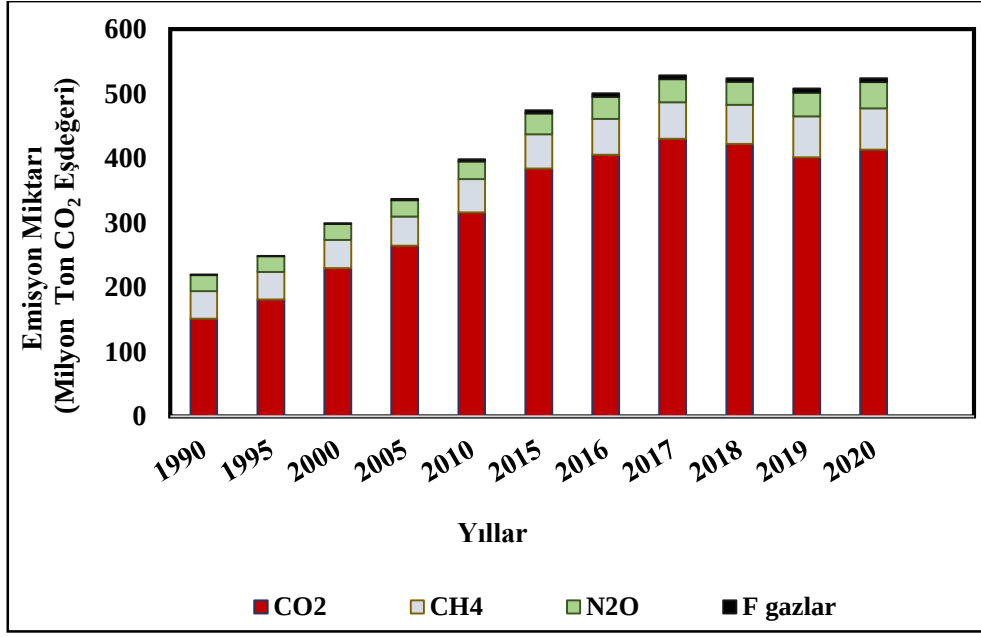
Evrenin vazgeçilmez öğelerinden biri olan enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmasındaki artışını sağlayan en önemli faktördür. Artan dünya nüfusu, yükselen yaşam standartları ve teknolojik gelişmeler enerji tüketimini artırmakta, enerji talebi her geçen gün büyümektedir. Tablo 1’de, enerji potansiyeli yüksek ülkeler ile Türkiye verileri karşılaştırılmıştır (Anonymous, 2022).

Tablo 1. Temel Enerji İstatistikleri

Bölgeler	GSYH (Milyar Dolar)	Nüfus (Milyon)	CO ₂ (Milyon Ton)	Enerji Üretimi (TJ)	Toplam Birincil Enerji Kaynağı (MTEP)	Elektrik Nihai Tüketimi (TWH)
Dünya	84.705	7.674 ^a	31.665,44	-	1.396,33	24.901,43
Amerika Birleşik Devletleri	19.278,19	330.15	4.257,74	904.369,734	2.037,92	410.939
Birleşik Krallık	3.111,31	67.53	30.261	48.998,12	15.392	30.285
Almanya	3.531,16	83.2	58.999	404.570,48	27.836	5.267
Japonya	4.435,82	12.55	98.957	181.581,52	38.475	97.151
Türkiye	1.015,02	83.39	3.666	185.307,77	14.692	27.674

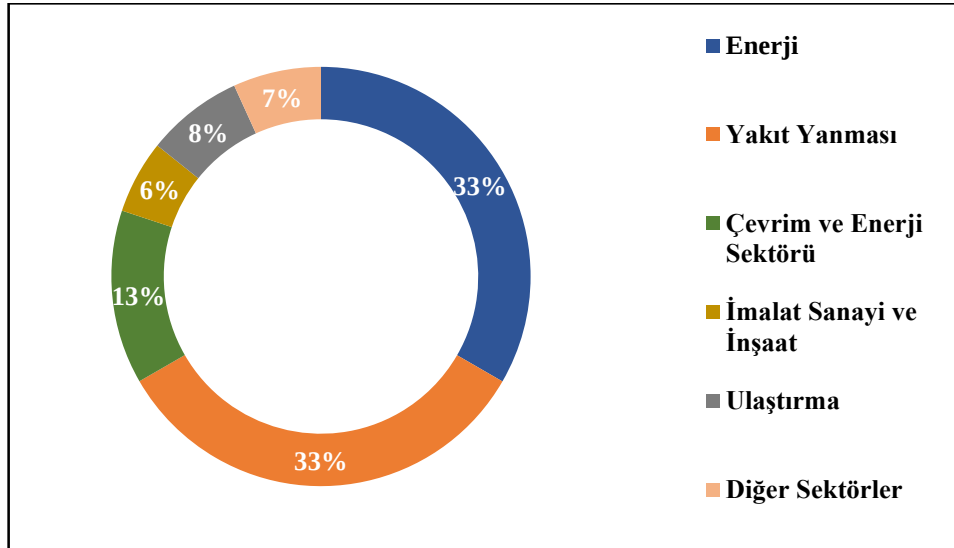
^a x1000

Dünyadaki enerji tüketimi, yenilenebilirlik hızı düşük olduğu için yenilenemeyen olarak tanımlanan başta petrol olmak üzere kömür, doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından temin edilmektedir. Fosil yakıtlarının oluşum sürecinin etkisi ve yapılarındaki bileşenlerin nedeniyle yanma sonucunda yanma ürünlerine ek olarak CO₂, NO_x, SO₂ gibi zararlı gazların salınımı da söz konusudur. Bu gazların atmosferdeki miktarının artması, sera gazı etkisi de olarak bilinen küresel ısınmanın temel nedenidir. Şekil 1’de çevreye yayılan gazların emisyon miktarlarının yıllara göre değişimi verilmektedir (Anonim, 2022).



Şekil 1. Sera gazı emisyonlarının yıllara göre değişimi

Ülkemizde ekonomik ve sanayi kalkınmanın neticesinde enerji tüketimi ve bu tüketime bağlı olarak sera gazı emisyonlarında artış meydana gelmiştir. Sera gazı emisyonlarındaki bu artış sektörel bazda enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanmaktadır. 2020 yılı sera gazı emisyonları verileri incelendiğinde, birinci sırada %33 ile yakıt yanması ve enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırası ile %13 ile çevrim ve enerji sektörü, %8 ile ulaştırma, %7 diğer sektörler, %6 ile imalat sanayi ve inşaat takip etmiştir. Şekil 2’de gösterilmektedir (Anonim, 2022b).



Şekil 2. Sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı

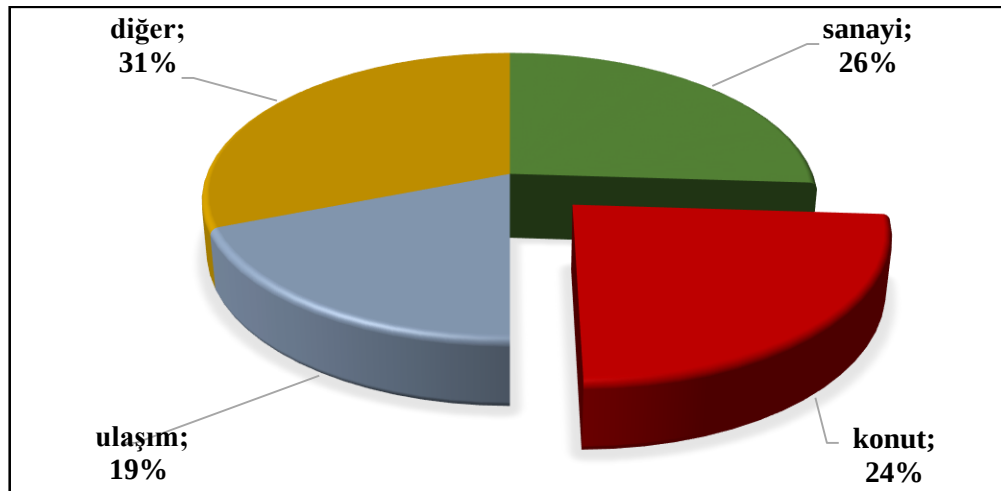
Türkiye’de enerjinin kullanım alanları; sanayi sektörü, mesken ve hizmet sektörü, ulaştırma sektörü, tarım ve hayvancılık sektörü, çevrim ve enerji sektörü ve enerji dışı tüketim sektörleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu değerlerin yıllara göre değişimi Tablo 2’de

verilmektedir. Nüfus ve teknoloji olarak gelişen Türkiye’de, 2015-2021 döneminde 2018 yılı dışında enerji ürünleri arzının devamlı artış sağladığı görülmektedir. Sektörel olarak incelendiğinde, mesken ve hizmet sektörlerinin sanayi sektörü arasında yıllara göre tüketim liderliğinin birbirleri arasında el değiştirdiği, çevrim ve enerji sektörünün bu ikisi arasına bazı yıllarda yerleştiği görülmektedir. Bu veriler ışığında Türkiye’de en fazla enerji kullanımı sanayi sektörü, ulaşım, mesken ve hizmet sektörü adı altında da konut sektörüdür. (Anonim, 2022c) .

Tablo 2. Türkiye'de Yıllara Göre Enerji Denge Değerleri (Bin TEP

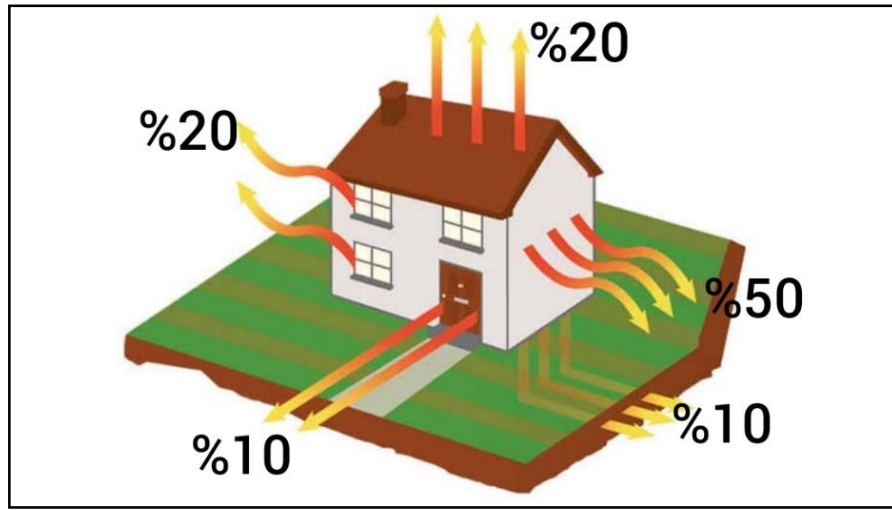
Enerji Denge Değerleri	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Enerji Ürünleri Arzı	129.139	136.229	145.305	143.666	144.205	147.168	159.432
Çevrim ve Enerji Sektörü	29.672	31.655	33.522	34.517	33.556	33.468	35.573
Sanayi	32.157	33.254	35.329	36.277	34.300	36.256	41.488
Ulaştırma	24.936	26.812	28.425	28.452	27.687	26.971	30.562
Mesken ve Hizmetler	32.329	33.222	36.013	33.074	35.609	37.233	38.284
Tarım ve Hayvancılık	3.932	4.056	4.273	4.381	4.712	4.978	5.093
Enerji Dışı Tüketim	5.652	6.989	7.372	6.296	7.076	7.578	7.717

Türkiye’de 2021 yılı toplam sektörel enerji tüketiminin dağılımında en büyük tüketimin %26 oranında sanayi sektöründe gerçekleşmektedir. Bu sektörü enerji kullanımında konut sektörü izlemektedir. Türkiye’de konut sektörü toplam enerji tüketiminin %24’lük bir payına sahiptir (Şekil 3) (Anonim, 2022c).



Şekil 3. Sektörel enerji tüketimi dağılımı

Binaların (hastaneler, camiler, ofisler, iş merkezleri, okullar, konutlar vb.) saydam ve opak yüzeyleri enerji kazanç ve kayıpları açısından büyük önem taşımaktadır. Konutlarda ısı kaybı dış cephede %50, kapıda %10, çatıda %20, pencerelerde %20, beton zeminde %10 oranındadır ve Şekil 4'te gösterilmektedir (Demircan, 2020). Konutlarda pencerelerden dolayı oluşan ısı kazanç ve kayıp miktarları; pencerenin yüzey alanı, çerçeve ve cam tipi vb. özelliklere bağlıdır (Koç, 2019). Pencereler, konutlarda iç ve dış ortam arasında ilişki kurmak amacıyla dış ortamdan ışık, hava, sıcaklık gibi yaşamsal unsurların geçişine izin veren, görsel, işitsel ve termal olarak iyileştirme sağlayan, insanların bulundukları ortamda kendilerini konforlu hissetmelerinde etkili yapı kabuğunun en önemli yapı bileşenidir.



Şekil 4. Binalarda ısı kaybı

Günümüzde artan konfor şartlarına ek olarak gelişen teknoloji ve inşaat sektöründeki ilerlemelerinde etkisiyle binalarda pencere kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Bu artışlar binanın kullanım amacına göre farklılık göstermektedir. Ofis ve kamu binalarında, genellikle tüm cepheyi kaplayan pencere alanları kullanılıyorken, konutlarda geçmişte kullanılan geleneksel pencere boylarında artış (tavana kadar uzanan uzun pencereler) tercih edilmektedir. 1851 yılında ilk kez Joseph Paxton tarafından Crystal Palace isimli binada kullanılan camlar, öncekilerden farklı olarak daha büyük boyutlarda kullanılmıştır. Camın özelliklerinden faydalanarak gökdelenlerde camın perde görevi görmesi ise ilk kez Mies Van Rohe tarafından 1948 – 1951 yılları arasında tasarlanmıştır (Orbay, 2019).

Binalarda artan pencere oranlarının görsel konfor şartlarına olumlu etkisi kadar ısı konfor şartlarına da olumsuz etkisi vardır. Bu etkiler soğuk iklimlerde, kış aylarında ısı kaybında artışa, sıcak iklimlerde ise yaz aylarında ısı kazanımında artışa neden olmaktadır. Artışları bertaraf etmek enerji tüketimi azaltmak kadar enerji verimliliğini artırmakla da mümkündür. Bu nedenle artan pencere boyutlarının enerji tüketimi üzerindeki etkisini, inceleyen literatürde birçok çalışmayla karşılaşmak mümkündür.

Koç ve Tansel yapmış oldukları çalışmada farklı özelliklere sahip pencereli (çift cam, tek cam ve low-e) konutlarda pencere/duvar alanını %30 dan %40'a artırarak oluşacak ısı kayıplarının değişimini incelemişlerdir (Koyun ve Koç, 2017). Yang ve arkadaşları konutlarda pencere/duvar oranı ile yıllık toplam enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla simülasyon yapmışlardır. Ayrıca çalışma da düşük emisyonlu low-e camların da etkinliği gösterilmiştir (Yang, *et al.*, 2015). Farklı bir çalışmada Feng ve arkadaşları birinci katı konut ikinci katı ofis olan iki katlı bir binayı farklı yönelimler için pencere/duvar oranının enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelenmişlerdir. Sonuç olarak farklı yönelimlerin pencere/duvar alanı oranının enerji tüketim üzerindeki etkisi olduğunu göstermişlerdir (Feng, *et al.*, 2017). Şenyurt ve Altın çalışmalarında, bir ofis için pencere/duvar oranı değerlerinin; %20, %30 ve %40 artması durumundaki enerji tüketimindeki artışı incelemişlerdir (Uslusoy Şenyurt ve Altın, 2020).

Bir pencere cam, çerçeve ve ara dolgu bileşenlerinden oluşmaktadır. Cam, M.Ö 3500'de keşfedilmiş ve Mısır'da M.Ö 1500 yılında pencerelerde kullanılmaya başlanmıştır. M.S 100 yılında, Roma'nın Pompei kentindeki yapıların camları 30x60 cm boylarında ve kenarlarında çerçeve ile kullanılmıştır. Cam malzeme ile giydirilmiş cam kulelerin ilk örneği, Rohe'nin Chicago'da inşa ettiği "Göl Kıyısı Apartman Kuleleri". 1959 yılında Allastair Pilkington float cam üretimini gerçekleştirmiştir (Maçka, 2008; Yazıcı, 2019). Camlar; yansıtıcılık, geçirgenlik, emicilik gibi özelliklerine göre farklı tipte sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma içinde yer alan yalıtımlı çift camlı pencere, 1950'lerde ABD'de ve 1970'lerde Birleşik Krallık'ta (İngiltere) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Simko and Moore 2021). İki veya daha fazla camın, aralarında kuru hava ya da farklı gazların salınarak bir araya getirilmesiyle ısı kayıplarını %50 oranında azaltabilen camlardır (İlhan ve Aygün, 2019).

Pencere sistemlerinde ısı kayıplarını minimize eden bir diğer yöntem, Low-e kaplamalı cam kullanımıdır. Low-e camlar ilk olarak 1980'lerin başında geliştirilip pazar piyasasına sunulmuştur (Khaled and Berardi, 2021). İngilizceden dilimize geçen ve düşük emisyonlu anlamında kullanılan Low-e kelimesi, cam yüzeyinin ısıyı yansıtabilme özelliğini ifade etmektedir. Low-e kaplı camlar, cam yüzeyinin içine ya da dışına uzun dalga ışınlarını şeffaf metal ve/veya metal oksit karakterli bir kaplama yapılması sonucunda üretilir. Uygulandıkları cam panoların ısı iletkenlik katsayılarını düşürürler (İlhan ve Aygün, 2019). Bu kaplamalar gözle görülemeyecek kadar incedir (Orbay, 2019). Enerji kaybını azaltmasına rağmen diğer pencerelere göre maliyeti yüksektir.

Pencere sistemine fiziksel karakterini veren çerçevelerdir. Konutlarda genellikle hazır çerçeve sistemleri kullanılırken ofis tipi yapılarda, pencere sistemleri genelde dış kabuğu oluşturan sistemler haline geldiği için mimari tasarıma ve ihtiyaçlara uygun tasarlanmaktadır. Çerçeveler; ahşap, metal, vinil, alüminyum, fiberglas, polimer ve kompozit sistemler gibi geniş bir malzeme seçeneğine sahiptir. Ahşabın diğer çerçeve türlerine göre yalıtımı iyi olmasına rağmen iklim şartlarından, nemden ve böcek gibi canlılardan kolay etkilenmektedir. Metal uzun ömürlü olmasına rağmen ısı geçirgenlikleri kötüdür. Alüminyum metal çerçevelerde en çok kullanılan malzemedir. İmalat kolaylığı, ucuz olması ve kütlesinin az olmasından kaynaklı kullanılmaktadır. Polimerler sıkıştırılmış vinil ya da camla kuvvetlendirilmiş polyesterden oluşur. Polimer çerçevelerin ısı geçirgenlikleri ahşabinkine benzerdir (Okumuş M. , 2014).

Cam sistemlerinin ısı geçirgenliğini artırmak için cam tabakaları arasındaki iletim yoluyla ısı transferini azaltmak amacıyla ara boşluk ısı iletkenliği düşük bir gazla doldurulur. Çok katmanlı cam ünitelerinde bu boşluk kuru hava ile doldurulmaktadır. İç ortam ile dış ortam arasındaki ısı transferini azaltmak için ara boşluk daha az iletken bir gazla doldurulmaktadır. Daha iyi ısı performans sağlayabilmek amacıyla iletkenlik değerleri daha düşük olan karbondioksit (CO₂), argon (Ar), krypton (Kr), xenon (Xe) ve Sülfürhexaflorür (SF₆) gazları da kullanılmaktadır (Yurttakal, 2007; Karakurt, 2008).

Camlar arasında hava veya gaz boşluğu oluşturabilmek için ara boşluk ırtası kullanılmalı, ara boşluk ırtası içinde boşluk ırtası maksimum 3 Å (Angstrom) olan nem alıcı malzeme bulunmalıdır. Yalıtım camlarında tabakalar arasında ısı tampon görevi gören boşluklar nemi alınmış kuru havanın yanında havadan daha düşük ısı iletkenlik değerine sahip gazlar ile doldurulmaktadır (Okumuş M. , 2014). Düşük yayılım kaplamalı camlarla oluşturulmuş, 15 mm boşluklu çift camlı bir üniteye dolgu gazı olarak argon kullanılması durumunda U= 1.1 W/m²K iken krypton kullanılması durumunda U= 0.8 W/m²K olmaktadır. Normal havada %1 oranında argonun bulunması bu gazın teminini kolaylaştırıp maliyetini düşürdüğünden kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Diğer yandan normal havada krypton %0,0001 ve xenon ise %0,000009 oranında bulunmaktadır (İlhan ve Aygün, 2019).

Artan pencere boyutlarından kaynaklanan enerji kayıplarını minimize etmek amacıyla pencerelerin yapı bileşenlerinin (cam, çerçeve ve dolgu malzemesi) özelliklerini inceleyen birçok çalışmayla literatürde karşılaşmak mümkündür. Bektaş ve Aksoy'un cam türlerinden, tek cam, çift cam ve low-e cam, çerçeve türlerinden de ahşap, alüminyum ve plastik kullanarak yapmış oldukları çalışma bunlardan biridir (Bektaş ve Aksoy, 2005). Ahşap çerçeve üzerine Okumuş ve Eren çalışma gerçekleştirmişlerdir (Okumuş ve Eren, 2020). Alüminyum ve PVC üzerine İkinci çalışma gerçekleştirmiştir (İkinci, 2016). Biçergil yüksek lisans tez

alışmasında PVC profil sistemlerinin yaşam döngüsü çevresel sürdürülebilirliğini incelemiştir (Biçergil, 2020). Kon ve Bulgurcu, farklı cam ve çerçeve özelliğindeki pencerelere baēlı ısıtma ve soēutma enerji gereksinimi üzerine bildiri yayınlamışlardır (Kon ve Bulgurcu, 2015). Çift camlı pencerelerle ilgili çalışmalardan; Wang ve arkadaşlarının, yalıtımlı pencereleri kullanmanın enerji verimliliēi yararını analiz etmek ve ölçmek için yapmış oldukları çalışmalarıdır (Wang, *et al.*, 2021). Amirkhani ve arkadaşları Low-e cam kaplamalı camın yıllık enerji tüketimi ve CO_2 emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlardır (Amirkhani, *et al.*, 2019). Low-e kaplamaların mevcut endüstride ulaştığı noktayı ele almışlardır (Khaled and Berardi, 2021).

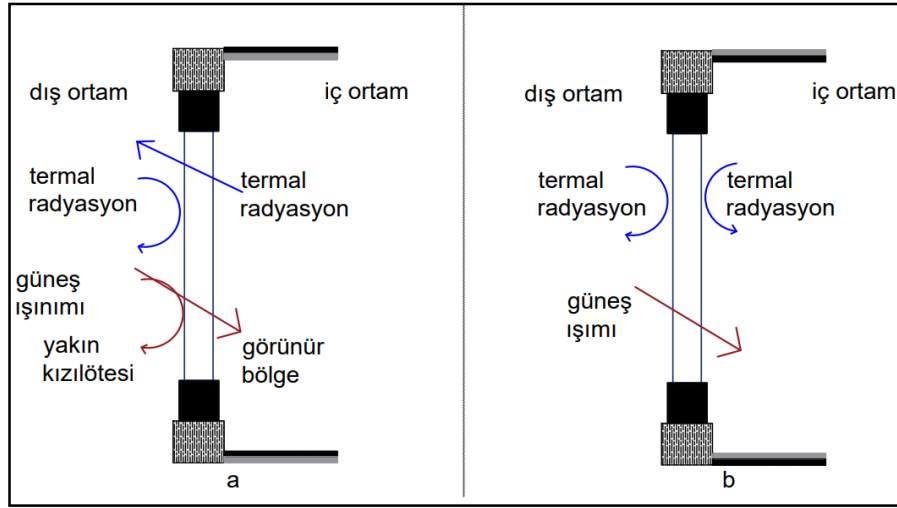
Bu tez çalışmasının amacı; konutlarda kullanımı her geçen gün artan büyük pencere kullanımının konutun ısıl yüküne etkisini inceleyerek bu ısı yükünü minimuma indirecek optimum yalıtım kalınlığını belirlemektir. Literatürdeki sayısız birçok çalışmadan farklı olarak, pencere boyutlarındaki artışların %10, %20 gibi ortalama bir oran olarak kabul etmeyip piyasadaki mevcut pencere boyutlarının kullanılması ve elde edilen sonuçların gerçek şartlara çok daha yakın olmasıdır. Konum olarak, iklimler arası sıcaklık farkının yüksek olduēu Kayseri ili seçilmiştir. Ayrık nizam bir konut mimarisi üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya, pencere yüksekliēi 150 cm olan, altı farklı mahale (salon, mutfak vs.) sahip bir referans binası modellenerek başlanılmıştır. Artan pencere boyutun etkisini karşılaştırmalı olarak inceleyebilmek için her bir mahalın pencere yüksekliğini sırasıyla 150 cm'den 220 cm'ye kadar artırarak altı farklı bina tipi daha tasarlanmıştır. Pencere boyutun binanın ısı yükü üzerindeki etkisine ek olarak, pencere tipinin etkisini de inceleyebilmek için hem iki farklı cam tipi (çift cam ve low-e kaplamalı cam) hem de iki farklı ara dolgu malzemesi (hava ve argon) için çalışmalar tekrar edilmiştir. Toplam yedi farklı bina tipi ve dört farklı pencere tipi için yürütölen çalışmada, binaların ısıl yükleri hesaplanmış ve pencere boyutu ile pencere tipinin bina ısı yüküne etkisi karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Çalışmanın son kısmında ise artan pencere boyutundan kaynaklanan ısıl yükleri minimum edecek optimum yalıtım kalınlığını belirlenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Konutlarda ısı sistemlerinde (ısı kaybı ve ısı kazanımı) kullanılan enerjinin birçok sebebi bulunmasına rağmen, pencerelerdeki enerji tüketimi hem günümüzde boyutlarının her geçen gün artması hem de hareketli sistemler olması nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Pencereler şeffaf yüzeyler (camlar), onu çevreleyen opak yüzeyler (çerçeveler) ve ara dolgu malzemelerinden oluşur (Okumuş M. , 2014).

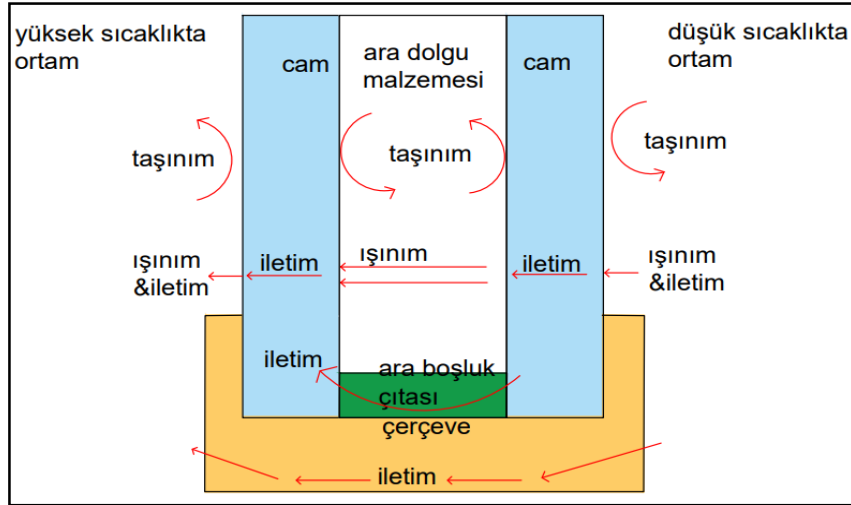
Camlar

Cam, hammaddelerin bir silo içinde karıştırılıp, büyük ocaklarda çok yüksek sıcaklıklarda eritilip, bu işlem sonucu sıvı hale gelen, düzensiz yapısını koruyarak katılaştıran cisimlerdir (Okumuş M. , 2014). Camın bilinen 4.000 yıllık bir tarihi olmasına rağmen, pencerelerde kullanımı icadından 2000 yıl sonra Roma döneminde gerçekleşmiştir (Persson, 2006). Büyük boyutlarda pencere, 1800'li yıllarda geliştirilen cam üretim tekniği sonucunda üretilmiştir (Okumuş M. , 2014). Cam dış cephede 1820 yılında Philadelphia'da iki katlı bir banka cephesinde ilk defa uygulanmıştır (Zor, 2019). 1830'larda 1.0 x 1.3 metre boyutlarında cam üretimi yapılmıştır (Persson, 2006). Sanayi Devrimi ile birlikte cam üretme ve kullanma yöntemlerindeki çeşitlilik artmıştır (Yıldırım, Çağatay, vd., 2018). 1959'da Pilkington, düz cam üretiminde devrim yaratan düz cam tekniğini tanıtmıştır (Persson, 2006). Dünyada enerji krizi 1970'lerde ortaya çıkmış ve enerjiyi tasarruflu kullanma ihtiyacı öne çıkmıştır. Bunun sonucunda enerji etkin camlar üzerine çalışılma gerçekleştirilmiştir (Okumuş M. , 2014). Mimari yapılarda cam önce küçük ve kalın parçalar olarak, sonra ise işlenerek renkli camlar halinde kilise ve cami mimarisinde kullanılmıştır (Yıldırım, Çağatay, vd., 2018). Cam ilk olarak ışığı iç ortama taşımak amacıyla pencerelerde kullanılmıştır. 20.yy'ın ilk yarısından sonra cam sadece pencerelerde kullanılmayıp, cephenin tamamında kullanılmaktadır (Şenkal Sezer, 2005). Bina tasarımında tasarımcının amacı kışın bina içindeki güneş kazancını en üst düzeye çıkarmak (ısıtma yükünü azaltmak) ve yazın ise kontrol etmektir (soğutma yükünü azaltmak) (Düzgün, 2020). Şekil 5'te bu tanıma uygun yaz ve kış için uygun pencere görünümü verilmektedir.



Şekil 5. a-Yaz için uygun pencere b-Kış için uygun pencere

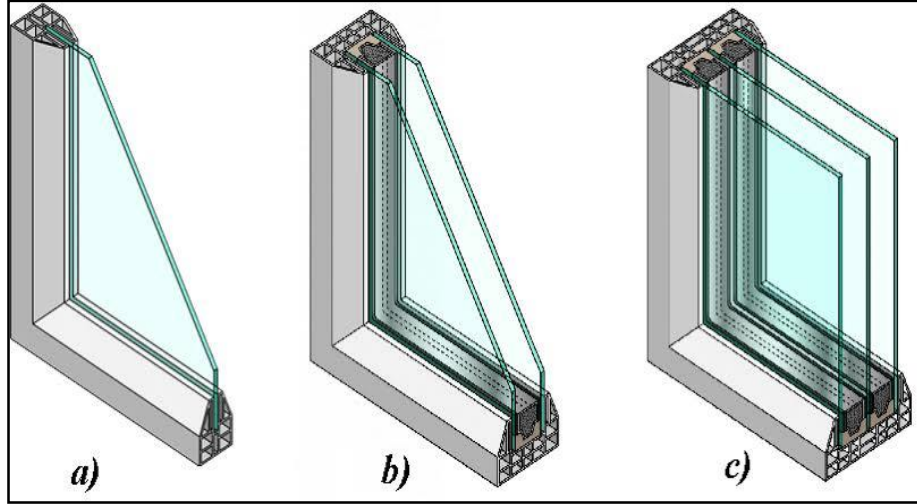
Camlar zayıf termal performansları ve hareketli mekanizmalar olmaları sebebiyle daha fazla ısı transferinden sorumludur. Pencere sistemlerinde üç şekilde (iletim, taşınım, ışıma) de ısı transferi gerçekleşmektedir (Khaled and Berardi, 2021; Simko and Moore, 2021). Şekil 6’da pencere sistemlerinde gerçekleşen ısı transferi verilmektedir (Simko and Moore, 2021).



Şekil 6. Pencere sistemlerinde ısı transferi

Camlar; kullanım amaçlarına ve yerlerine göre fiziksel, kimyasal olarak farklı niteliktedir ve çeşitli üretim işlemlerinden geçirilerek elde edilmektedirler. Camlar farklı özelliklerine göre, güneş kontrol camı, güvenlik camı, ısı yalıtım camı ve pencere camı olarak kullanılmaktadır. Pencereelerde cam kullanımı tek cam ile başlamış fakat teknolojik gelişmeler ve ihtiyaçları daha iyi karşılaması amacıyla yerini çift ya da üçlü camlara aktarmaktadır. Şekil 7’de tek cam, çift cam ve üçlü cam gösterilmektedir. Tek camlı pencereler 3 mm’den 12 mm’ye kadar çeşitli kalınlıklarda tek cam kullanılarak üretilen sistemlerdir. Düşük enerji verimliliği sebebiyle günümüzde yeni yapılarda tercih edilmemektedir (Düzgün, 2020). Tek camlı

sistemlere göre çift veya üçlü cam sistemlerinin ısı ve ses kontrolü çok daha iyidir. İlk çift cam, Frank Lloyd Wright tarafından 1904 yılında Larkin Şirketi Yönetim Binası'nda kullanılmıştır. Üçlü ya da dördü camlar, çift camlara göre daha iyi ısı transferi sergilemeler de kesitlerinin kalın ve ağır olmaları çok fazla tercih edilmemelerine neden olmaktadır.

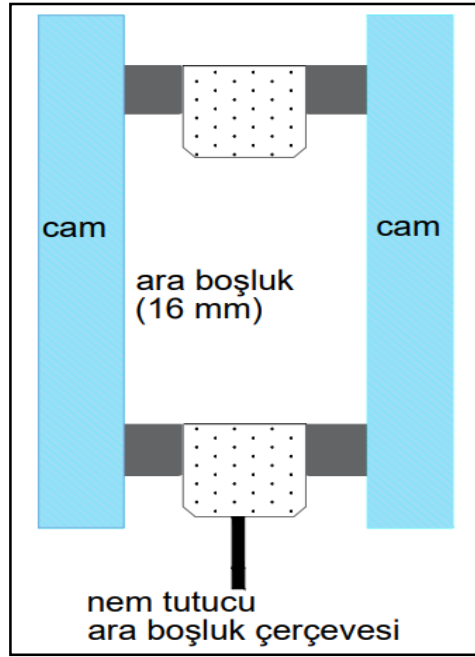


Şekil 7. a-Tek cam b-Düz çift cam c-Üçlü cam

Cam üreticilerinin, enerji maliyetlerinin minimize edilmesi ve düz camların iyileştirilmesi için yaptıkları çalışmalarda; kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda, doğal aydınlatma ve havalandırma ile karşılanması; güneş enerjisinden gelen ısı ve radyasyonun kontrol edilebilmesi istenmiştir. Düz cam yerine ara gaz dolgulu, ikili ya da üçlü camlar, ısı yalıtımlı çerçeveli camlar, low-e kaplamalı camlar kullanılmaktadır.

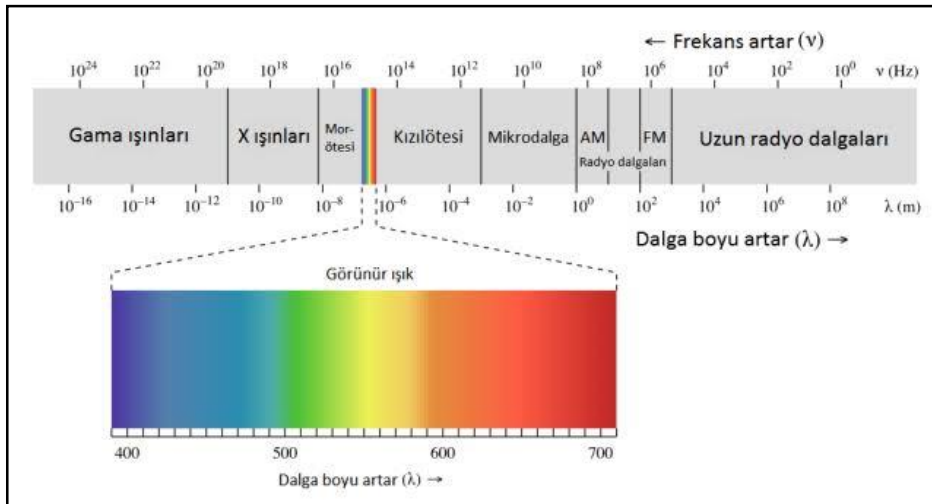
Yalıtım camları kaplamalı veya kaplamasız iki ya da daha fazla sayıdaki saydam pencere camının ısı transferini azaltmak amacıyla cam bölmenin aralarında ortam basıncına uygun nemi alınmış kuru hava ya da gaz doldurulmuş 6-20 mm kalınlığındaki boşluklarla birbirlerinden ayrılarak tek bir cam sistemi gibi bir araya getirilerek oluşturulan camlardır (İlhan ve Aygün, 2019; Simko and Moore, 2021). Şekil 8'de gösterilmektedir.

Yalıtım camları emniyet, güvenlik, ses ve ısı yalıtımı, gereksinimlerin hepsine cevap vermektedir (Zor, 2019). Cam katmanlar arasındaki boşluk nedeniyle cephedeki ısı kayıplarını %50 oranında yarı yarıya düşürmektedir (Zor, 2019; Düzgün, 2020). Yaz aylarında ters etkiye sahiptir ve istenmeyen ısıya bir kısmının hacme girmesini de önlemektedir. Çift camın U değeri, aynı özelliklerdeki tek cam ile karşılaştırıldığında %49 daha düşüktür (Düzgün, 2020).



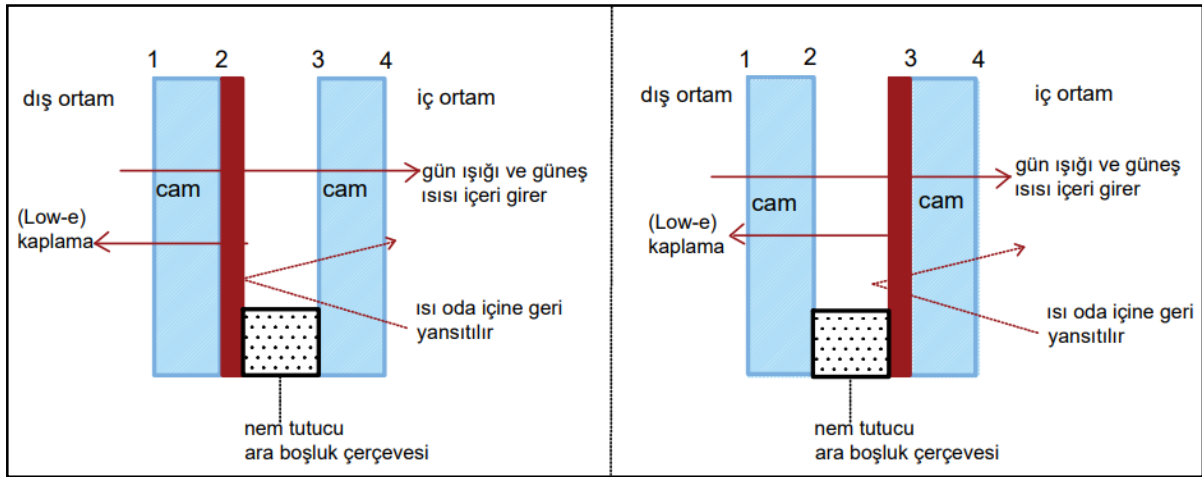
Şekil 8. Çift cam (yalıtlımlı)

Çift camlarda, ısı geçirgenlik katsayısı değerlerinde azalmaya neden olan bir diğer etken de cam yüzeyinin ‘Low-E’ (low emissivity) ile kaplanmasıdır. Güneş ışınımı farklı dalga boylarında yayılmaktadır. Güneş spektrumu ise yayılan bu dalga boylarının sıralı görünümüdür. Bir diğer adı ile de elektromanyetik güneş spektrumudur. Elektromanyetik tayfın görünür ışınım bölgesi Şekil 9’da verilmiştir. Elektromanyetik güneş spektrumunda güneş ışınımı dalga boylarına göre sıralanmaktadır. Sırasıyla; gama ışınları, X- ray ışınları, mor ötesi ışınları, kızılötesi ışınları ve radyo dalgaları olarak ifade edilir (Maçka, 2008). Gama ışınımından radyo dalgalarına doğru dalga boyu değeri artmaktadır. Görünmez bölgede kızıl ötesi ışınımı ileten, görünür bölgede ise güneş ışığını geçiren ve oda sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalgalı ışınım enerjisini iç ortama geri yansıtan, uygulandıkları camların ısı iletkenlik katsayılarını düşüren camlara low-e kaplamalı cam denir (Yurttakal, 2007; İlhan ve Aygün, 2019).



Şekil 9. Elektromanyetik tayfın görünür ışınım bölgesi

Low-e olarak adlandırılan cam türündeki “e” emisivite anlamına gelmektedir. Low-e cam kaplama ile yayılım değeri azaldıkça ısı yalıtım değeri artış göstermektedir (Karakurt, 2008). İklim bölgesine göre ısı, ışık geçirgenliğini kontrol etmek için cam yüzeylerden birine ya da tamamına, dışına veya içine çeşitli film tabakalarının (altın, gümüş, bakır, alüminyum, şeffaf metal ve/veya metal oksit karakterli 10 nm kalınlığından daha az değere sahip kaplamalar) uygulanmasıyla elde edilir. Güneş kontrolü pencerelerde, düşük güneş enerjisi geçirgenliğine ya da düşük gün ışığı geçirgenliğine sahip camlar ve cam kaplamalar kullanılarak yapılmaktadır. Kaplamalar dış camın iç yüzeyinde , ya da aşırı soğuk iklime sahip bölgelerde ise pasif solar kazançlardan maksimum düzeyde fayda sağlamak için iç camın iç yüzeyinde uygulanmaktadır (Yurttakal, 2007). Camın ışık geçirgenliği yeryüzüne gelen güneş ışınımının 380-780 nanometre dalga boyları arasındaki görünür güneş ışığının camdan geçiş yüzdesidir. Seçici geçirgen yüzey kaplamalı camlar güneş ışınımı tayfı alanında görünür ışınımın alt sınır değeri olan 380-780 nm dalga boyu aralığındaki görülebilir kısmı geçirirken üst sınırı olan 780-2500 nm dalga boyu aralığında güneş kontrolü ve gün ışığı geçirgenliği açısından yüksek performans göstermektedirler (Şenkal Sezer, 2005; Mačka, 2008; Düzgün, 2020). Şekil 10’da low-e camın uygulama şekli verilmektedir.



Şekil 10. Low-e kaplamalı cam

Low-e camların kullanılması ile ortamda yer alan soba, radyatör vb. ısı kaynaklarından yayılan ısıyı tekrar geri yansıtması sonucu ısı transferinde azalma sağlamaktadır. Çalışmalarda ısı transferi %30 oranında iletimle, %70 oranında ışınlama gerçekleşmektedir. Low-e kaplamalar bu ısı transferinin %70’ini engellemektedir (Düzgün, 2020). Low-e kaplamalı camlar sert (prolytic) ve yumuşak (soft) olarak iki tiptir (Amirkhani, etc. al.,2019).

Çerçeveler

Pencerelerin alt bileşenlerinden çerçeveler, geçmişten günümüze devamlı olarak gelişimini devam ettirmektedir. Yapı türüne ve ekonomik şartlara bağlı olarak çerçeve seçimi

yapılmalıdır. Çerçeveler bir çok farklı malzemeden üretilmektedir. Bu malzemeler ahşap, alüminyum ve polimerdir Şekil 11’de gösterilmektedir. 17. yy.’ın ortalarında kadar çerçevelerde yalnızca ahşap malzeme kullanılmıştır. Ahşap pencerelerin birçok olumlu özellikleri olması nedeniyle uzun süre kullanılmış, günümüzde de kullanımı devam etmektedir. Ahşap çerçevelerde ısı kaybının az olması ısıtma masrafında avantaj sağlamaktadır. Olumsuz hava şartlarına (yağmur, güneş, soğuk, sıcak) ve havadaki çeşitli gazlara karşı dayanıklıdır. Büzülme ve şişmeye yatkın bir malzeme olması ise en büyük dezavantajıdır. Ahşabı boyayarak ya da dışını alüminyum, fiberglas veya vinyl gibi bir malzeme ile kaplayarak daha uzun ömürlü hale getirmek mümkündür (Yurttakal, 2007; Karakurt, 2008; Okumuş M. , 2014). Çelik üretiminin ekonomik ve pratik olması nedeniyle 1880’li yıllarda çelik pencereler görülmektedir. 1930’lu yıllarda ise çeliğin yerine alüminyum kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyum; pencerelerde, çatı pencereleri ve cephe giydirmeleri gibi birçok yerde kullanılmaktadır. Çerçevelerde ise alaşım olarak kullanılmaktadır. Ahşaba göre daha uzun ömürlü olmaktadırlar. Kullanışlı, dirençli ve hafif olmaları avantajları arasında yer almaktadır. Dezavantajı ise ısı geçirgenlik değerlerinin yüksek olmasıdır. Günümüzde ısı yalıtımlı alüminyum çerçeveler üretilmektedir. Isı yalıtımlı alüminyum çerçeveler, ısı iletimi daha az olan bir malzeme tarafından birbirine bağlanan iki ayrı parçadan meydana gelmektedir. Isı korunumunda yaklaşık %8’lik bir iyileşme performansı sağlamaktadır (Karakurt, 2008; Okumuş M. , 2014). Plastik çerçeve 20.yy ortalarında ilk olarak Almanya’da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde polimer adı verilen gelişmiş sentetik plastikler yapılarda kullanılmaktadır. Pencere üretiminde de polimer diğer adı ile polyvinyl-chloride (PVC) kullanılmaktadır. PVC diğer malzemeler ile karşılaştırıldığında sertlik ve dayanıklılık açısından başarısız bir malzemedir. Uzun ömürlü olması, bakım kolaylığı, kolay işlenmesi ve biçimlenmesi, hafifliği, seri üretime yatkınlığı, yatırım maliyetini karşılaması, avantajları arasında yer almaktadır. Plastik uzun ömürlü bir malzemedir. Bu bakımdan en büyük dezavantajı doğada kolay yok olmaması ve çevreye zarar vermesidir (Yurttakal, 2007; Karakurt, 2008; Maçka, 2008).



Şekil 11. a-Ahşap çerçeve b- PVC çerçeve c-Alüminyum çerçeve

Ara Dolgu Malzemeleri

Pencerelerin ısııl değerini yükseltmek için cam katmanları arasındaki iletim yoluyla ısı transferini minimize etmek amacıyla ara boşluk, ısııl iletkenliği az gaz ya da gazlarla doldurulur (Savaşırve Begeç, 2004; Simko and Moore, 2021). Ara boşluk genişliği ve dolgu malzemeleri cam sistemlerinin ses ve ısııl yalıtımı sağlayan önemli etmenlerdir. Dolgu malzemeleri, renksiz oldukları için camların optik özelliklerini değıştirmezler. Gün ışığı geçirgenlik değeri (VT) ve güneş ısııl kazanç (SHGC) değeri etkilemezler (Yurttakal, 2007). Dolgu gazı olarak en yaygın kullanılan kuru havadır. Bunun yanı sıra, argon (Ar),), krypton (Kr), karbondioksit (CO₂ xenon (Xe), sülfürhexaflorür (SF₆) gibi soy gazlarda kullanılır (Karakurt, 2008; İlhan ve Aygün, 2019). Bu gazların %5 hava + %95 krypton, %5 hava + %95 argon, %12 hava + %22 argon +%66 krypton gibi karışımlar olarak da kullanılmaktadır (Karakurt, 2008). Krypton, argon ve xenon gibi soy gazların ısııl iletkenlik katsayıları ve konveksiyon özellikleri havadan daha düşüktür ve iletkenlik değeri Tablo 3'te verilmiştir (İlhan ve Aygün, 2019).

Tablo 3. Ara gaz Malzemesi İletkenlik Değeri

Gaz	İletkenlik
Hava	0,15
Argon	0,1
Krypton	0,053
Xenon	0,032

Kryptonun ısııl performansı diğer gazlara göre daha iyi olmasına karşın, argonun ucuz olması daha çok tercih sebebidir. Performans ve fiyat olarak denge sağlamak amacıyla argon ve krypton gazları karışım olarak da kullanılırlar. Xenon gazlı camların maliyeti fazla olması nedeniyle pek tercih edilmemektedir (Yurttakal, 2007). Cam tabakaları arasındaki boşluk

kalınlığı değişkenlik göstermektedir fakat hava veya argon kullanıldığında bu gaz katmanı yalıtım boşluğu değeri optimum 12 mm'dir (Karakurt, 2008). Çift cam sistemlerinde ise bu değeri 6 mm, 9 mm, 12 mm ve 16 mm'dir (Yurttakal, 2007). Boşluk büyüdükçe, boşluk içerisinde gerçekleşen konveksiyon (taşınım) yoluyla ısı geçişi artmaktadır. 9 mm altına inildiğinde ise iletim yoluyla ısı geçişi artmakta ve ısı iletim katsayısı değeri hızla artmaktadır (Karakurt, 2008).

Isı Kaybı

Binalarda ısı kaybı açılır-kapanır sistemlerden enfilitrasyon ile ve/veya sıcaklık farkı nedeniyle iletimle olmak üzere iki farkı şekilde olur. Enfilitrasyon ısı kaybı hem mahalin hava değişimi nedeniyle hem de sızıntı kaynaklı olmaktadır. İletimle ısı kaybı önce iç mahalden taşınım ile duvarın içi yüzeyine, sonra duvarın iç yüzeyinden dış yüzeyine iletimle ve en son aşamada duvarın dış yüzeyinden taşınım ile dış ortama havasına transfer olur (Şeker, 2019).

Toplam ısı kaybı hesabı denklem 1'de verilmiştir.

$$q = q_i + q_s \quad (1)$$

q : hacmin gerçek ısı kaybı (W)

q_i : yapı bileşeninden olan artırımı ısı kaybı (W)

q_s : hava sızıntısı ile olan artırımı ısı kaybı (W)

q_i : yapı bileşeninden olan artırımı ısı kaybı (W) denklem 2'de verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$q_i = q_0 \times (1 + \%Z_D + \%Z_H) \quad (W) \quad (2)$$

q_0 : yapı bileşeninden olan artırımı ısı kaybıdır denklem 3'te verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$q_0 = K \cdot A \cdot \Delta T \quad (W) \quad (3)$$

q_0 : yapı bileşeninden olan ısı kaybı (W)

K : yapı bileşenin toplam ısı geçiş katsayısı (W/m².K)

A : yapı bileşenin alanı (m²)

ΔT : yapı bileşenin iki tarafındaki ortam sıcaklık farkı (°C)

Isıtılan bir mahalde bulunan balkon ve pencere vb. kapısı açılıp kapanan bileşenlerin kasa ve kanat yerlerindeki aralıklardan basınç farkı sebebiyle hava sızıntısı meydana gelir. Hava sızıntısı ile meydana gelen verim düşüklüğünü karşılamak için ortama ek ısı verilmelidir. Hava sızıntısı ısı gereksinimi olarak adlandırılan bu ısı değeri denklem 4'te verilmektedir.

$$q_s = \Sigma (a.l)_{dış}.R.H.\Delta T.Ze \quad (W) \quad (4)$$

a : birim aralık sızdırganlığı (m^3/mh)

l : sızıntı aralık fuga çevre uzunluğu (m)

$\Sigma (a.l)_{dış}$: rüzgarın üflediği kapı ve pencere aralıklarından saatte odaya sızan dış hava miktarı

R : oda özelliği

H : bina durum katsayısı (Wh/m^3K)

$\Delta T = (T_i - T_d)$ (°C) iç ve dış hava sıcaklıkları farklı

Ze : köşe artırım katsayısı

Isı Kazanımı

Yapılarda ısı kazanımı; ısı kaybının tersi mantıkla iletimle, saydam yüzeylerden gelen güneş ışınlarının etkisiyle (ışınım) ve iç ortamda bulunan insanlar ve aydınlatma, pişirme cihazları, elektrikli makineler gibi cihazların ürettiği enerjiden kaynaklanmaktadır (Şeker, 2019).

Pencereden radyasyonla olan ısı kazancı denklem 5 ile hesaplanır.

$$Q_R = F \times Q_G \quad (5)$$

F : pencere alanı

Q_G : radyasyonla gelen ısı akısı (W/m^2)

Q_{RN} : net radyasyonla olan ısı kazancı denklem 6 ile hesaplanır.

$$Q_{RN} = K \times Q_R \quad (6)$$

K : gölgeleme faktörü

Q_R : radyasyonla olan ısı kazancı

Çatı ve duvardan radyasyonla olan ısı kazancı, çatı, duvar ve pencereden konveksiyonla olan ısı kazancı denklem 7 ile hesaplanır.

$$Q_{çatı,duvar,pen} = U \times A \times \Delta t_{eş} \quad (7)$$

U : ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)

A : çatı, duvar, pencere alanı (m^2)

$\Delta t_{eş}$: çatı ve duvar için eşdeğer sıcaklık farkı olup gün içinde zamana bağlı olarak değişir.

Δt : $t_{iç} - t_{dış}$ (Pencere için) sıcaklık farkı olarak alınır zamana göre değişiklik göstermez.

Yapı elemanları için ısı geçirgenlik katsayısı tablolardan pratik olarak alınır. Tabloda verilmeyen yapı elemanları ise denklem 8 ile hesaplanabilir.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (8)$$

α : ısı taşınım katsayısı ($\text{W/m}^2\text{K}$)

d : duvar kalınlığı (m)

λ : ısı iletkenliği hesap değeri (W/mK)

İç ısı kazancı kaynaklarını; insanlar, aydınlatma, pişirme cihazları, elektrikli makineler gibi genel kategoriler halinde ayırabiliriz ve ortama yaydıkları ısının toplamı ile iç ısı kazancı belirlenmiş olur (Şeker, 2019).

Yalıtım

Enerji korunumu, çevre, sağlık ve ekonomiklik yönünden konutlarda ısı yalıtımı yapılması önemlidir. Isı yalıtımı ile kullanıcıya daha konforlu mekanlar oluşturmak ve yapının ömrünü uzatmak mümkündür. Isı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında, ısı geçişini minimize etmek amacıyla yapılmaktadır (Koç, 2019). Binalarda ve ısıtma tesisatlarında uygulanmaktadır. Binalarda; pencere, duvar, döşeme, çatı, kapı vb. yapı elemanlarında ısı kayıpları meydana gelmektedir. Isı yalıtımın performans değerleri; yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesi ile ölçülmektedir. Yalıtım kalınlığının artması ısı kayıp ve kazancı önemli ölçüde azaltmaktadır. Enerji tasarrufu bakımından yalıtım kalınlığının optimum bir değer seçilmesi gerekmektedir. Yalıtımın optimum kalınlığı ve maliyeti yapının ömrü üzerinden enerji tüketim maliyetini içine alan minimum toplam maliyeti sağlayan değerdir.

Yalıtım malzemeleri, ısı kazanç ve kayıplarının azaltılmasında kullanılan, yüksek ısı dirence sahip, heterojen yapıli malzemelerin karışımı ürünlerdir. Yalıtma özelliğini ısı iletim katsayıları belirlemektedir. Isı iletim katsayısı ne kadar düşük değere sahip olursa, o ürünün yalıtım özelliği o kadar artmaktadır (Ögetürk, 2019). Yalıtım malzemeleri, kullanım amacı ve yapının bulunduğu bölgeye göre farklılıklar göstermektedir. Bu amaçla kullanılan ürünler aşağıda sıralanmaktadır;

- Mineral lifli malzemeler; Cam yünü, taş yünü, seramik yünü
- Sert plastik köpükler; Expanded polistiren - EPS, extruded polistiren - XPS, fenol köpüğü, poliüretan vs.
- Yumuşak köpükler; Flex malzemeler, elastomerik kauçuk köpüğü ve polietilen köpük
- Cam köpüğü ve kalsiyum silikat malzemeler

Cam yünü ve Taş yünü; kullanılan malzeme kaynakları oldukça geniştir. Demir endüstrisinde atık olan malzemelerin %80'i mineral yünler için kullanılabilir. Yangın halinde yanıcı değildir ve toksik salınımlar gözlenmez. Hammadde eritilmesine bağlı olarak enerji kullanımı diğer malzemelere oranla orta derecededir. Uygun kullanıldığında yapının işletim enerjisinde tasarruf sağlar. Kuru kalması sağlandığı takdirde durabilitesi uzundur. Bakım gerektirmez. Yeniden kullanılabilir. Geri dönüştürülebilir.

Ekstrüde polistiren (Xps) ve Cam köpüğü; üretim sırasında sera gazı etkili CFC-12, fosil yakıt ve elektrik kullanımına bağlı salınımlar oluşur. Petrokimyasallar, doğalgaz ve benzen ile üretilir. Geri dönüştürülmüş içerik kullanılabilir. Hammadde kullanımı azdır. Kimyasal hassasiyeti olan insanlarda yarattığı alerjik reaksiyonlar haricinde bilinen bir sağlık etkisi yoktur. Yalıtım malzemeleri içinde enerji kullanımı en yüksek olandır. Uygun kullanıldığında yapının işletim enerjisinde tasarruf sağlar. İçeriğindeki gazın havayla yer değiştirmesine bağlı olarak ısı direnci azalabilir. Kimyasal çözücü ve güneş ışınlarından etkilenir. Zemin üstü uygulamalarda güneş etkisinden korunması için periyodik sıva gerektirir. Yeniden kullanılabilir.

Genleştirilmiş polistiren (Eps); Xps ve cam köpüğü ile aynı özelliklere sahip olmasının yanı sıra sera gazı etkisi olmayan tek sert levha yalıtım malzemesidir.

Isı yalıtım malzemelerinin çeşitli özellikleri Tablo 4'te karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Ülker, 2009; Ögetürk, 2019; Ünver, Adıgüzel, vd., 2020).

Tablo 4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

Özellikler	Malzeme				
	Cam Yünü	Taş Yünü	Ekstrüde Polistiren (Xps)	Genleştirilmiş Polistiren (Eps)	Cam Köpüğü
Yoğunluk (kg/m ³)	14-100	30-150	25-48	25-45	100-200
Isıl İletkenlik (W/m.K)	0,04	0,04	0,03	0,04	0,052
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/+250	650-1000	-50/+75	75-85/-180	-260/ +430
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1	1	80-225	1	10000

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, piyasa da fransız pencere tipi olarak da bilinen ve günümüzde konutlarda kullanımı her geçen gün artan tabana kadar uzanan yüksek pencerelerin bina ısı yükü üzerine etkisini inceleyerek bu ısı yükünü minimize edecek yalıtım kalınlığını tespit etmektir. Çalışma seçilen bölgede yaygın kullanımlı mimariye uygun olarak tasarlanan bir bina modeli üzerinde yürütülmüş ve hesaplamalarda kullanılan bütün veriler piyasa şartları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Çalışma, dört farklı iklim kuşağına sahip olan Türkiye’de hangi iklim bölgesi için yürütüleceği, mimari projenin tasarımı, pencere boyutları göre bina tiplerinin belirlenmesi, pencere tiplerinin belirlenmesi, ısı yüklerinin (ısı kaybı ve ısı kazanımı) hesabı ve uygun yalıtım kalınlığının belirlenmesinden ibarettir.

Konum Belirlenmesi

Türkiye’de dört farklı iklim kuşağı vardır. Çalışma TS 2164 standartlarına göre 4. Derece-Gün bölgesinde yer alan, yaz/kış aylarındaki maksimum sıcaklık farkının 50 °C üzerinde olduğu Kayseri ili, konum olarak seçilmiştir (Anonim, 2013). Kayseri iline ait meteorolojik veriler Tablo 5’te verilmiştir (Anonim, 2023). Kayseri ilinin seçilmesinin en önemli nedeni yaz/kış aylarındaki sıcaklık farkının yüksek olması nedeniyle binalardaki ısı yüklerinin (hem ısı kaybı hem ısı kazanım değerlerinin) yüksek olmasıdır.

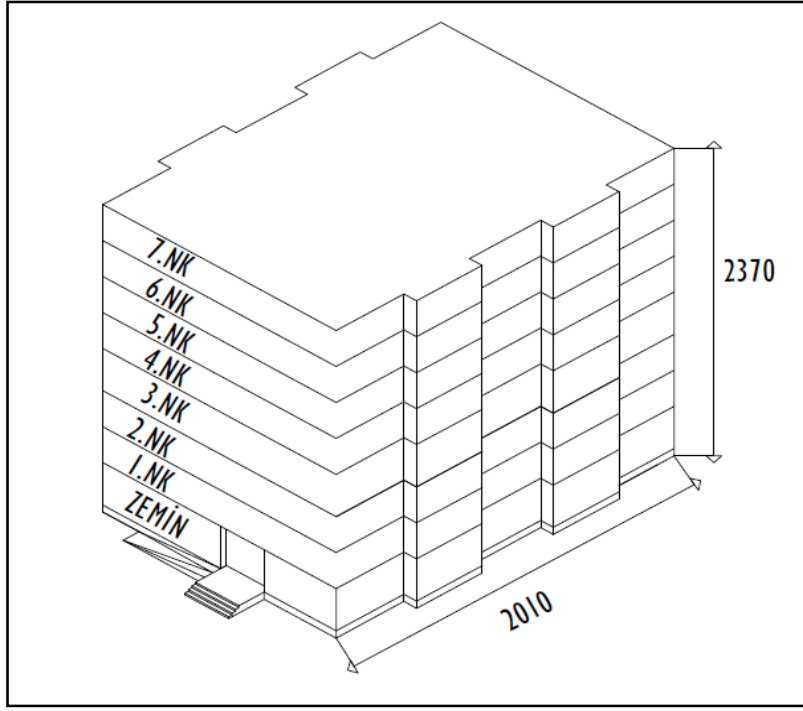
Mimari Projenin Belirlenmesi

Çalışmanın yürütüleceği mimari proje, konum olarak seçilen Kayseri ilinin genel mimari yapısı dikkate alınarak belirlenmiştir. Seçilen binanın mimarisi, zemin kat dahil toplam sekiz katlı, zemin katta üç daire ve bir depo, normal katlarda dört dairesi bulunan toplam 31 daireden oluşmaktadır. Her daire, antre (A), mutfak (M), salon (S), 3 yatak odası (Y1, Y2 ve Y3) ve balkon (B) olacak şekilde 7 farklı mahal vardır. Bina yüksekliği 23,7 m, kat yüksekliği 2,9 m’dir. Toplam dış yüzey alanı 3.372,125 m² ve zemin alanı 623,8 m²’dir.

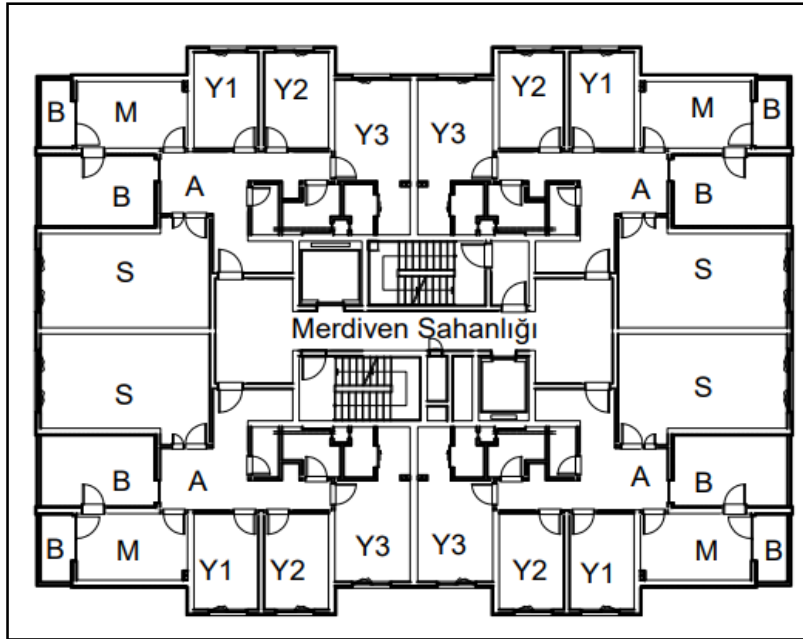
Binanın izometrik görünümü, Şekil 12’de ve normal kata ait daire yerleşim planı Şekil 13’te, 3 numaralı dairenin ölçekli planı Ek 1’de ve daire yerleşim planı Ek 2’de yer almaktadır.

Tablo 5. Kayseri İline Ait Meteorolojik Veriler (1931-2022)

Kayseri	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıc.(°C)	-1.6	0.3	4.8	10.6	15.1	19.1	22.3	22.0	17.5	11.9	5.5	0.7	10.7
Ortalama En Yüksek Sıc. (°C)	4.2	6.3	11.4	17.8	22.6	26.9	30.7	30.8	26.6	20.5	13.1	6.6	18.1
Ortalama En Düşük Sıc. (°C)	-6.8	-5.1	-1.4	3.2	6.9	9.8	12.1	11.6	7.5	3.6	-0.9	-4.3	3.0
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	3.0	4.0	4.9	6.2	8.3	10.3	11.9	11.4	9.1	6.7	4.9	2.9	7.0
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12.78	11.48	13.06	12.56	12.93	8.71	2.28	1.83	3.71	7.34	8.73	11.98	107.4
En Yüksek Sıc. (°C)	19.3	22.6	28.6	31.2	34.2	37.6	40.7	40.6	38.4	33.6	26.0	21.0	40.7
En Düşük Sıc. (°C)	-32.5	-31.2	-28.1	-11.6	-6.9	-0.6	2.9	1.4	-3.8	-12.2	-20.7	-28.4	-32.5



Şekil 12. Binanın izometrik görünüşü [cm]



Şekil 13. Binanın iç mimarisi

Bina Tiplerinin Belirlenmesi

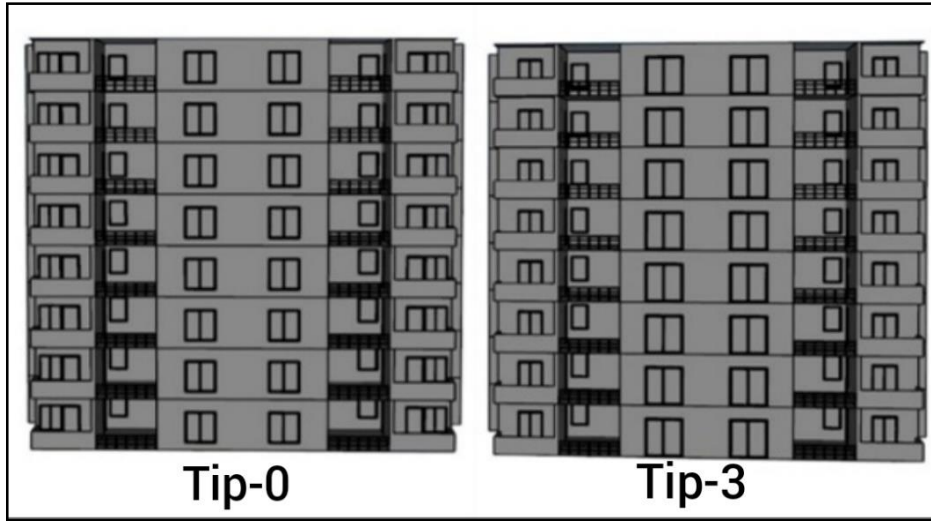
Çalışmanın temel amacı olan pencere boyutunun etkisini karşılaştırmalı olarak inceleyebilmek amacıyla, pencere yükseklikleri dairelerdeki her bir mahalde sırasıyla artırılarak oluşturulduğu 7 farklı bina tipi kullanılmıştır. Referans binası olarak kabul edilen Tip-0 kodlu binada, mimari projede ki bütün pencerelerin yükseklikleri standart pencere yüksekliği olan 150 cm olarak kabul edilmiştir. Oluşturulan diğer 7 farklı bina tipinde ise sırasıyla dairedeki her bir mahalin pencere yükseklikleri tabana kadar uzatılarak farklı pencere

yüksekliklerine sahip farklı bina tipleri elde edilmiştir. Örneğin Tip-1 binasında sadece S pencerelerinin yüksekliği 220 cm'ye uzatılırken, Tip-2 binasında S ve M, Tip-3 binasında S, M ve YO-1 şeklindedir. Tip-6 binasında ise binadaki bütün pencerelerin yükseklikleri 220 cm olarak seçilmiştir. Pencere yüksekliklerine göre bina tipleri Tablo 6'da sunulmuştur. Tip-0 ve Tip-3 binaları için oluşturulan mimari proje Şekil 14'te sunulmuştur.

Tablo 6. Bina Tiplerine Göre Pencere Boyutları (cm)

Bina Tipi	Mahaller					
	S	M	Y1	Y2	Y3	A
Tip-0	180x150	120x150	140x150	140x150	140x150	100x150
Tip-1	180x220	120x150	140x150	140x150	140x150	100x150
Tip-2	180x220	120x220	140x150	140x150	140x150	100x150
Tip-3	180x220	120x220	140x220	140x150	140x150	100x150
Tip-4	180x220	120x220	140x220	140x220	140x150	100x150
Tip-5	180x220	120x220	140x220	140x220	140x220	100x150
Tip-6	180x220	120x220	140x220	140x220	140x220	100x220

S: Salon, M: Mutfak, Y1: Yatak Odası-1, Y2: Yatak Odası-2, Y3: Yatak Odası-3, A: Antre



Şekil 14. Bina tipi

Pencere Tiplerinin Belirlenmesi

Bina ısı yükü üzerine pencere boyutu kadar pencere tipinin de etkisi vardır. Bu nedenle doğru pencere tipi seçiminin bina ısı yüküne etkisini göstermek amacıyla, pencere bileşenleri de (çerçeve, cam ve dolgu malzemesi) incelenmiştir.

Piyasada bulunan çerçeve tipleri ahşap, alüminyum ve PVC çerçevelerdir. Ahşap çerçevelerin ekonomik ömrünün düşük olması, alüminyum çerçevelerin ısı geçirgenlik katsayısının yüksek olması nedeniyle piyasada en fazla tercih edilen PVC çerçeveler, bu çalışmada da çerçeve olarak seçilmiştir.

Cam olarak piyasada tekli, arasında gaz dolgusu olan ikili ve üçlü cam tipleri bulunmaktadır. Tek camların ısı geçirgenliğinin zayıf olması, üç camlılar maliyetlerinin iki camlılara göre çok yüksek olması nedeniyle, piyasada aktif olarak çift camlı olarak da bilinen iki camlı pencereler kullanılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada da cam sayısı olarak 4-16-4 mm aralıklı çift cam seçilmiştir. Pencereler camlarında cam sayısı kadar diğer bir önemli parametre de camın ısı geçirgenlik özelliğidir. Çalışmada, günümüzde yaygın kullanımlı düz camlara alternatif olan low-e camlar da incelenmiştir.

Pencerelerin son bileşeni olan dolgu malzemelerinde ise yaygın kullanımlı hava ve argon gazları karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Pencere tipleri Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Pencere Tipleri

Pencere Tipi	Çerçeve Tipi	Cam Sayısı	Cam Türü	Dolgu Türü	U değeri (W/m ² K)
A	PVC	Çift	Düz	Hava	2,9
B			Low-e Kaplamalı		2,4
C			Düz	Argon	2,7
D			Low-e Kaplamalı		2,1

Yapı Bileşenlerinin Belirlenmesi

Binanın ısı yükü hesapları yapılmadan önce binadaki ısı transferi esnasında oluşan yoğuşma miktarının, TS 825 standartlarına uygunluğunu sağlayan yapı bileşenleri seçilmiştir (Anonim, 2013). Yapı bileşenleri oluşturulurken, Türkiye Gaz beton Üreticiler Birliği tarafından hazırlanan “TGÜB Isı Yalıtım Programı” kullanılmıştır (Anonim, 2023b). TS 825 standartlarında uygun yoğuşma aralığına sahip oluşturulan yapı bileşenleri listesi Tablo 8’de ve detay gösterimi Ek 3’de sunulmuştur.

Tablo 8. Yapı Bileşenleri

Bileşen Adı	Bileşen Tipi	Kalınlık	U (W/m ² K)
Dış Duvar	Hava temaslı	27 cm	0,326
Kolon-Kiriş-Perde Duvar	Hava temaslı	42 cm	0,377
	Isıtılan Hacim	20 cm	0,97
İç Duvar	Isıtılmayan Hacim	10 cm	1,483
	Nemli Hacim	15 cm	1,173
Tavan	Üzeri açık	36	0,273
Taban	Zemin	31,8	0,311
	Toprak temaslı	162,1	0,144
Çatı	-	-	0,5
Kapı	İç kapı	-	2
	Dış kapı	-	3,5
Pencere-A	Çift Cam	-	2,9
Pencere-B	Low-e Kaplamalı Çift Cam	-	2,4
Pencere-C	Çift Cam		2,7
Pencere-D	Low-e Kaplamalı Çift Cam		2,1

Isı Kaybı Hesabı

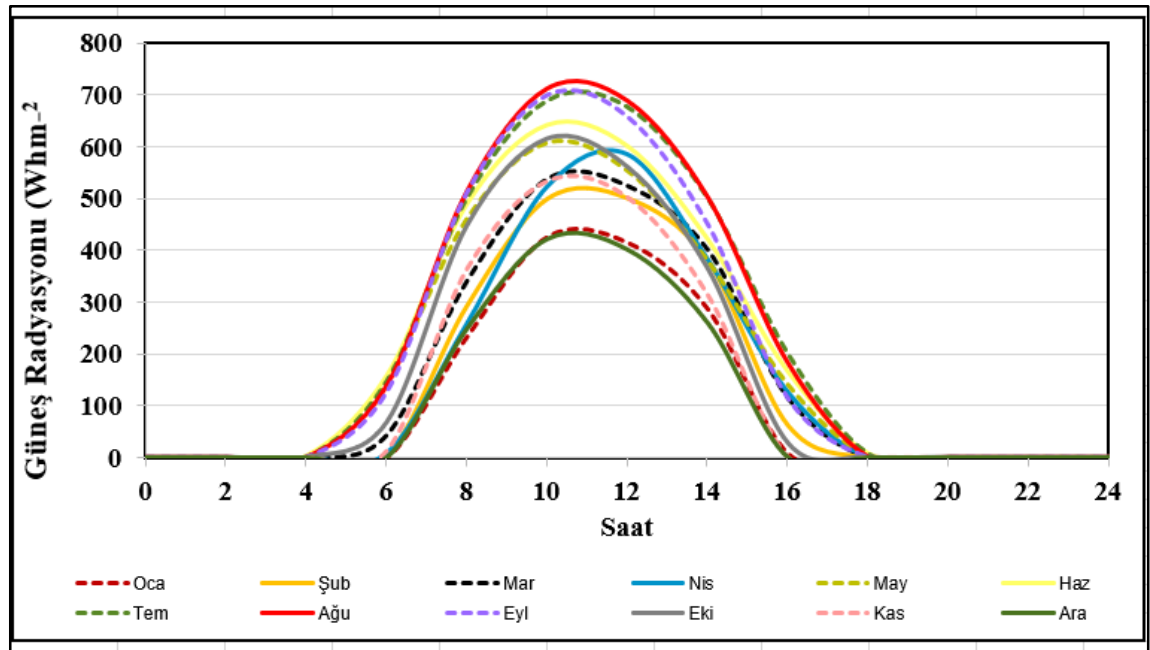
Bütün bina tiplerinde ısı kaybı değerleri TS 2164 standartlarına uygun olarak hesaplanmıştır (Anonim, 2000). Isı kaybı hesabında kullanılan ve/veya kabul edilen değerler aşağıda sunulmuştur.

- Konut ayırık nizama sahiptir.
- Konumu serbest ve normal bölge olarak belirlenmiştir.
- İşletme durumu birinci işletmedir (tesisat sürekli çalışır yalnız geceleri azaltılır)
- Isıtma sistemi merkezi ısıtma, kullanılan yakıtın cinsi doğalgazdır.
- Havalandırma doğal yapılmaktadır.
- ΔT sıcaklık farkında dış cephe sıcaklığı $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve toprak temaslı döşeme detayında $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir.
- Mahallere ait iç hava sıcaklık değerleri; salon için $22\text{ }^{\circ}\text{C}$; yatak odası $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; antre, hela ve mutfak $18\text{ }^{\circ}\text{C}$; banyo $26\text{ }^{\circ}\text{C}$; merdiven ve asansör $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplamalarda kullanılmıştır.
- Pencere ve kapıların açılabilen kısımlarından sızma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (fuga infiltrasyonu) ve hava sızıntılarından kaynaklanan sızıntı (infiltrasyon) hesabı yapılmıştır.
- Pencere ve kapılar için hava sızdırma katsayısı değeri 2 alınmıştır.
- Oda durum katsayısı normal boyutlarda pencere ve kapıları olan odalar için 0,9 olarak kabul edilmiştir.
- Ekim-Mayıs aylarında farklı kapasitelerde çalıştığı kabul edilmiştir (Ekim-Mayıs aylarında 7 saat, Kasım-Nisan aylarında 14 saat, Aralık-Ocak-Şubat-Mart aylarında 20 saat çalışmaktadır).
- Her mahalin dört cepheye göre ısı kaybı hesabı yapılırken kat artırımı zammı ve yön zammı değerleri dikkate alınarak tüm binanın toplam ısı kaybı değeri hesaplanmıştır.

Isı Kazancı Hesabı

Binalarda ısı kazanımı, güneş ışınlarının daha uzun sürede ve daha dik olarak yerküreye geldiği yaz aylarında hem iletimle hem de radyasyonla olmaktadır. Radyasyonla olan ısı kazanımı için de güneş ışınlarının eşdeğer sıcaklık verileri kullanılmıştır. Kayseri iline ait güneş radyasyon verileri Şekil 15'de sunulmuştur (Global Solar Atlas, 2023). En yüksek değerlerin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu görülmektedir. Isı kazanımı hesabında kullanılan ve/veya kabul edilen değerler aşağıda sunulmuştur (Küçükçalı, 2000).

- Dış hava özgül nem değeri 5 gr/kg'dır.
- Duyulur ısı kazancı değeri 70 kcal/h, gizli ısı kazancı değeri 60 kcal/h kabul edilmiştir.
- Aydınlatma yükü 20 Watt/m² olarak kabul edilmiştir.
- Duyulur ısı kazancı hesabında emniyet katsayısı (flüoresan lamba seçilmiş ve radyasyon olarak yayıldığı için verilen değerler yüzdelere ile çarpılmıştır) % 25 olarak hesaplanmıştır.
- Elektrikli cihazların duyulur ve gizli ısı değerleri Ek 4'te verilmiştir.



Şekil 15. Kayseri iline ait aylık güneş radyasyon verileri

Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Çalışmanın nihai amacı olarak, binalarda büyük pencere kullanımından kaynaklanan ısı yüklerinin neden olacağı enerji tüketimini minimuma indirecek optimum yalıtım kalınlıkları tespit edilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle artan pencere boyutundan kaynaklanan Tip-1, Tip-2, Tip-3, Tip-4, Tip-5 ve Tip-6 binaları için ısı yük miktarları hesap edilerek, referans binası olan Tip-0'a göre yalıtım kalınlığındaki artış tespit edilmiştir. Artan pencere boyutundan kaynaklanan enerji kayıpları artırılan yalıtım kalınlığı ile bertaraf edilmiştir. Binaların ısı yalıtım kalınlıkları, Türkiye Gaz beton Üreticiler Birliği tarafından hazırlanan "TGÜB Isı Yalıtım Programı" ile hesap edilmiştir (Anonim, 2023b). Söz konusu program TS 825 ve TS 2164 standartlarına göre hesaplamalar yapmaktadır. TGÜB Isı Yalıtım Programının arayüzü Şekil 16'da sunulmuştur.

DİZAYN BİLGİLERİ	
İç Hacim (V_b)	1381,47 m ³
İlanım Alanı (A_n)	442,07 m ²
İçerik Yüksekliği	☒ ≤ 2.6 m ☐ > 2.6 m
İçerik Adedi	8
İçerik Tipi	Konut
İçerik Dış Yüzeylerde Camlama	☒ % 60'tan Az ☐ % 60 ve Üzeri
İçerik Yalıtım Yalıtım	☒ Doğal ☐ Mekanik
İçerik İlgisi	KAYSERİ
İçerik Türü	Doğalgaz
Sıcaklık	19 °C
Bağıl Nem	65 %
İçerik Tarihi	18 Ekim 2022 Salı

Şekil 16. TGÜB ısı yalıtım programı arayüzü

Enerji Maliyetinin Belirlenmesi

Çalışmamızda günümüz mimarisinde kullanımı her geçen gün artan yüksek pencere boyutlarının, bina ısı yükü üzerindeki etkisini enerji tüketimi açısından incelemiş ve aynı enerji tüketimi için optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Daha sonra enerji tüketimi ile optimum yalıtım kalınlığı arasındaki ilişki ekonomik olarak incelenmiştir. Maliyetlendirme işleminde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait 2023 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabı referans alınarak, piyasa şartlarında bir araştırma yürütülmüştür (Anonim, 2023c). Maliyet hesabında kullanılan yapı bileşenlerinin detayı Ek 5'de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan enerji kaynağı olan doğalgazın, tüketim bedeli Kayseri Gaz'dan 6,03 TL olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2023d). Maliyet hesaplamalarına KDV ve işçilik dahildir.

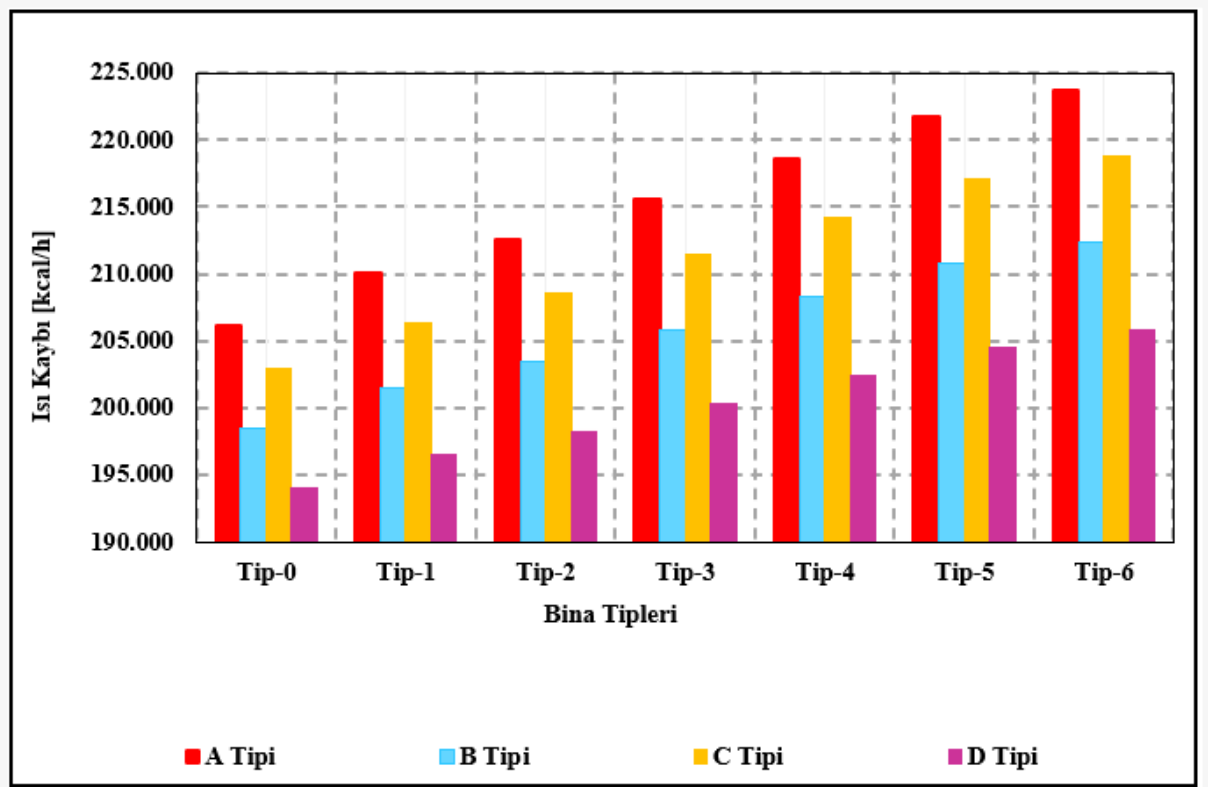
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Isı Kayıp Değerleri

Zemin ve yedi normal kattan oluşan toplam 31 dairesli bina modelinde, her bir bina tipi ve pencere tipi için ısı kayıp değerleri detaylı olarak hesaplanmıştır. Örnek amaçlı, A Tipi pencereli Tip-3 binasının 5 Nolu dairesindeki salonun ısı kaybı hesabı Ek 6'da sunulmuştur. Her bir pencere tipi için bina tiplerinin daire başı ısı kayıp değerleri sırasıyla Ek-7'de ve grafiksel karşılaştırması Ek-8'de sunulmuştur. Pencere tiplerine göre bina tiplerindeki ısı kayıp değerleri Tablo 9'da ve Şekil 17'de sunulmuştur.

Tablo 9. Pencere Tiplerine Göre Bina Tipleindeki Isı Kayıpları (kcal/h)

Pencere Tipi	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
A Tipi	206.129,00	210.089,00	212.524,00	215.541,00	218.557,00	221.669,00	223.631,00
B Tipi	198.498,00	201.443,00	203.405,00	205.836,00	208.266,00	210.773,00	212.354,00
C Tipi	202.979,00	206.356,00	208.601,00	211.383,00	214.166,00	217.035,00	218.845,00
D Tipi	194.016,00	196.531,00	198.209,00	200.288,00	202.367,00	204.511,00	205.864,00



Şekil 17. Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki Isı Kayıpları (kcal/h)

Isı Kazanım Değerleri

Farklı pencere tiplerine göre her bir bina tipinin ısı kazanım değerleri hem iletimle hem de radyasyonla ayrı ayrı hesaplanmıştır. Örnek amaçlı Temmuz ayına ait iletimle ısı kazanım hesabı Ek 9'da sunulmuştur.

Pencere tiplerinin göre bina tiplerine göre iletimle ısı kazanım değerleri Tablo 10-13'de, pencere tiplerine göre iletimle ısı kazanımı Tablo 14'de ve Şekli 18'de sunulmuştur.

Pencere tiplerinin göre bina tiplerine göre ışınlama ısı kazanımı Tablo 15 ve Tablo 16'da, bina tiplerine göre ışınlama ısı kazanımı (Ocak ayı için) değerleri Tablo 17'de ve Şekli 19'da sunulmuştur.

Tablo 10. A Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı

Enerji Türü	Bina Tipi						
	TİP-0	TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
Transmisyon Isısı (kcal/h)	32.773,17	33.818,35	34.491,00	35.714,10	36.941,32	38.168,54	38.617,60
Duyulur Isı (kcal/h)	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80
Toplam Isı (kcal/h)	72.725,97	73.771,15	74.443,80	75.666,90	76.894,12	78.121,34	78.570,40
Toplam Isı (kcal/gün)	Haziran	749.077,49	759.842,85	766.771,14	779.369,07	792.009,44	804.649,80
	Temmuz	865.439,04	877.876,69	885.881,22	900.436,11	915.040,03	929.643,95
	Ağustos	829.076,06	840.991,11	848.659,32	862.602,66	876.592,97	890.583,28
	Eylül	661.806,33	671.317,47	677.438,58	688.568,79	699.736,49	710.904,19
Toplam Isı (kcal/ay)	Haziran	22.472.324,73	22.795.285,35	23.003.134,20	23.381.072,10	23.760.283,08	24.139.494,06
	Temmuz	26.828.610,33	27.214.177,24	27.462.317,82	27.913.519,41	28.366.240,87	28.818.962,33
	Ağustos	25.701.357,80	26.070.724,41	26.308.438,92	26.740.682,46	27.174.382,01	27.608.081,56
	Eylül	19.854.189,81	20.139.523,95	20.323.157,40	20.657.063,70	20.992.094,76	21.327.125,82
Toplam Isı (kcal/yıl)	94.856.482,67	96.219.710,95	97.097.048,34	98.692.337,67	100.293.000,72	101.893.663,76	102.479.372,72

Tablo 11. B Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı

Enerji Türü		Bina Tipi						
		TİP-0	TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
Transmisyon Isısı(kcal/h)		30.341,72	31.185,29	31.727,28	32.712,68	33.702,20	34.691,72	35.051,47
Duyulur Isı (kcal/h)		39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80
Toplam Isı (kcal/h)		70.294,52	71.138,09	71.680,08	72.665,48	73.655,00	74.644,52	75.004,27
Toplam Isı (kcal/gün)	Haziran	724.033,51	732.722,35	738.304,81	748.454,44	758.646,51	768.838,59	772.543,96
	Temmuz	836.504,74	846.543,30	852.992,94	864.719,21	876.494,52	888.269,82	892.550,79
	Ağustos	801.357,48	810.974,26	817.152,90	828.386,47	839.667,02	850.947,56	855.048,66
	Eylül	639.680,09	647.356,64	652.288,72	661.255,87	670.260,51	679.265,16	682.538,84
Toplam Isı (kcal/ay)	Haziran	21.721.005,32	21.981.670,65	22.149.144,32	22.453.633,24	22.759.395,44	23.065.157,64	23.176.318,89
	Temmuz	25.931.646,80	26.242.842,40	26.442.781,03	26.806.295,47	27.171.330,02	27.536.364,57	27.669.074,56
	Ağustos	24.842.081,81	25.140.201,97	25.331.739,81	25.679.980,54	26.029.677,50	26.379.374,46	26.506.508,40
	Eylül	19.190.402,76	19.420.699,31	19.568.661,48	19.837.675,97	20.107.815,39	20.377.954,80	20.476.165,23
Toplam Isı (kcal/yıl)		91.685.136,68	92.785.414,33	93.492.326,64	94.777.585,22	96.068.218,34	97.358.851,47	97.828.067,08

Tablo 12. C Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı

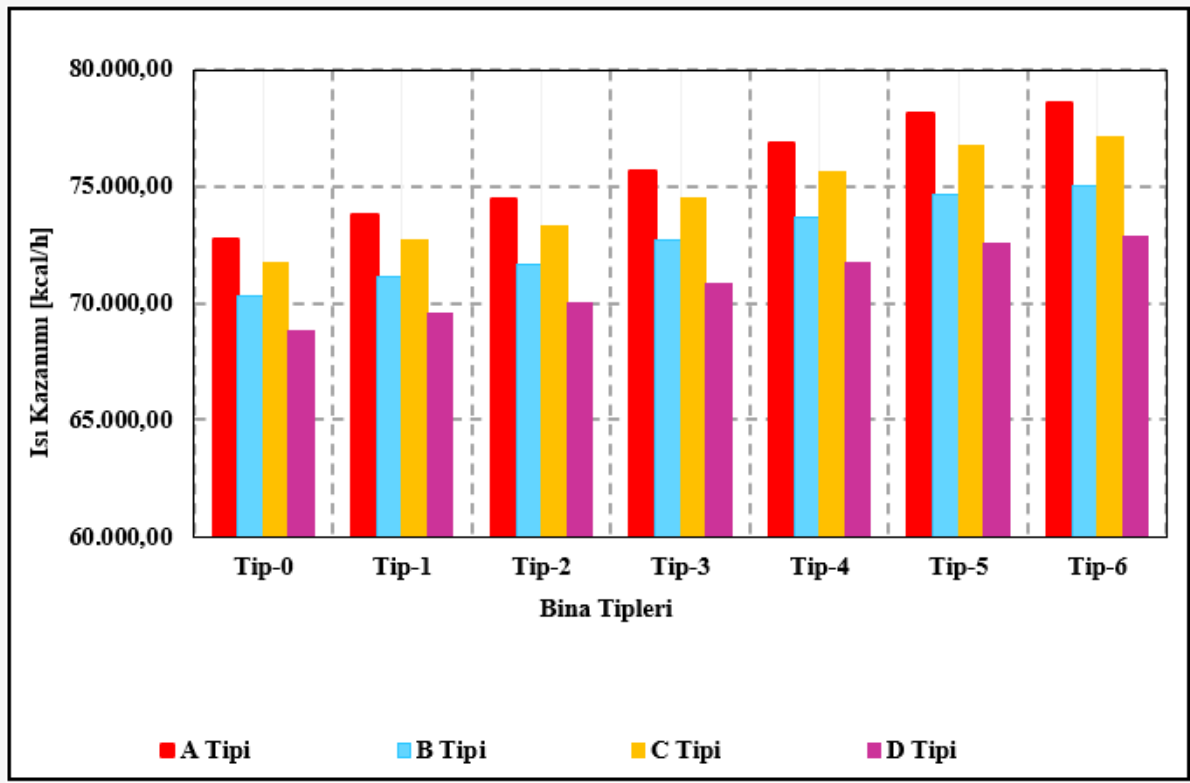
Enerji Türü	Bina Tipi						
	TİP-0	TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
Transmisyon Isısı(kcal/h)	31.800,59	32.765,13	33.385,51	34.513,53	35.645,67	36.777,82	37.191,15
Duyulur Isı (kcal/h)	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80
Toplam Isı (kcal/h)	71.753,39	72.717,93	73.338,31	74.466,33	75.598,47	76.730,62	77.143,95
42	Toplam Isı (kcal/gün)						
	Haziran	739.059,90	748.994,67	755.384,62	767.003,23	778.664,28	790.325,34
	Temmuz	853.865,32	865.343,36	872.725,92	886.149,36	899.621,84	913.094,32
	Ağustos	817.988,63	828.984,39	836.056,76	848.916,20	861.822,60	874.729,01
42	Toplam Isı (kcal/ay)						
	Eylül	652.955,84	661.733,16	667.378,64	677.643,63	687.946,11	698.248,60
	Haziran	22.171.797,07	22.469.840,16	22.661.538,56	23.010.096,88	23.359.928,47	23.709.760,06
	Temmuz	26.469.825,05	26.825.644,13	27.054.503,48	27.470.630,22	27.888.277,06	28.305.923,91
42	Toplam Isı (kcal/yıl)						
	Ağustos	25.357.647,53	25.698.516,22	25.917.759,64	26.316.402,06	26.716.500,72	27.116.599,37
42	Toplam Isı (kcal/yıl)						
	Eylül	19.588.675,09	19.851.994,70	20.021.359,31	20.329.308,89	20.638.383,41	20.947.457,92
42	Toplam Isı (kcal/yıl)						
		93.587.944,74	94.845.995,21	95.655.160,99	97.126.438,05	98.603.089,66	100.079.741,27
42	Toplam Isı (kcal/yıl)						

Tablo 13. D Tipi Pencerenin Bina Tiplerine Göre İletimle Isı Kazanımı

Enerji Türü		Bina Tipi						
		TİP-0	TİP-1	TİP-2	TİP-3	TİP-4	TİP-5	TİP-6
Transmisyon Isısı(kcal/h)		28.882,84	29.605,46	30.069,04	30.911,83	31.758,73	32.605,63	32.911,79
Duyulur Isı (kcal/h)		39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80	39.952,80
Toplam Isı (kcal/h)		68.835,64	69.558,26	70.021,84	70.864,63	71.711,53	72.558,43	72.864,59
Toplam Isı (kcal/gün)	Haziran	709.007,12	716.450,04	721.225,00	729.905,65	738.628,75	747.351,84	750.505,25
	Temmuz	819.144,15	827.743,25	833.259,95	843.289,06	853.367,19	863.445,33	867.088,60
	Ağustos	784.726,33	792.964,12	798.249,03	807.856,74	817.511,43	827.166,11	830.656,30
	Eylül	626.404,35	632.980,13	637.198,79	644.868,10	652.574,91	660.281,72	663.067,75
Toplam Isı (kcal/ay)	Haziran	21.270.213,56	21.493.501,14	21.636.750,07	21.897.169,60	22.158.862,40	22.420.555,21	22.515.157,65
	Temmuz	25.393.468,55	25.660.040,68	25.831.058,58	26.141.960,73	26.454.382,98	26.766.805,23	26.879.746,46
	Ağustos	24.326.516,09	24.581.887,71	24.745.719,99	25.043.559,02	25.342.854,28	25.642.149,55	25.750.345,35
	Eylül	18.792.130,43	18.989.403,92	19.115.963,66	19.346.043,04	19.577.247,37	19.808.451,69	19.892.032,48
Toplam Isı (kcal/yıl)		89.782.328,63	90.724.833,45	91.329.492,30	92.428.732,39	93.533.347,03	94.637.961,68	95.037.281,94

Tablo 14. Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki İletimle Isı Kazanımı (kcal/h)

Pencere Tipi	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
A Tipi	72.725,97	73.771,15	74.443,80	75.666,90	76.894,12	78.121,34	78.570,40
B Tipi	70.294,52	71.138,09	71.680,08	72.665,48	73.655,00	74.644,52	75.004,27
C Tipi	71.753,39	72.717,93	73.338,31	74.466,33	75.598,47	76.730,62	77.143,95
D Tipi	68.835,64	69.558,26	70.021,84	70.864,63	71.711,53	72.558,43	72.864,59

**Şekil 18.** Pencere Tiplerine Göre Bina Tiplerindeki İletimle Isı Kazanımı (kcal/h)

Tablo 15. A Tipi ve C Tipi Pencerelerinin Bina Tiplerine Göre Işınım İle Isı Kazanımı (kcal/h)

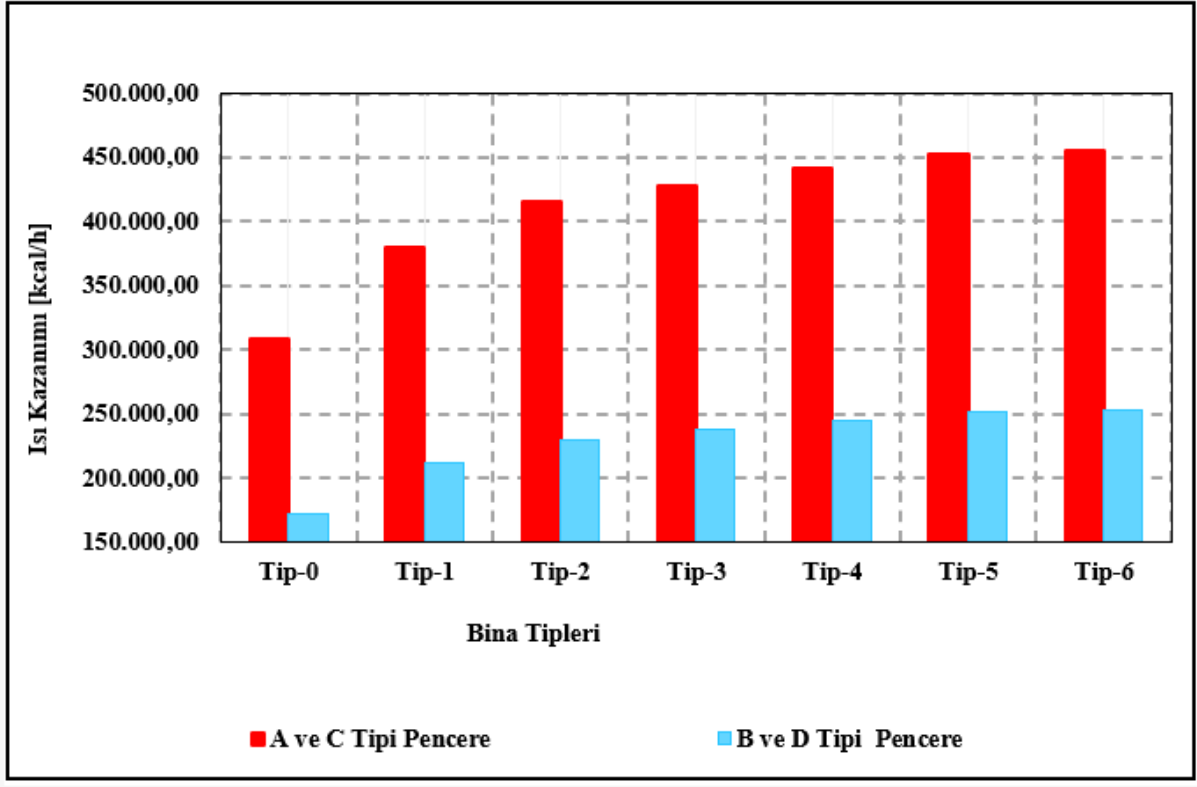
Ay	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
Ocak	308.90	380.77	415.13	428.40	441.68	453.05	454.96
Şubat	486.67	594.01	645.80	668.97	692.14	713.78	715.31
Mart	524.74	637.25	692.52	717.84	743.15	768.46	769.62
Nisan	630.54	753.03	815.43	849.42	883.40	917.39	924.79
Mayıs	736.09	864.90	933.43	976.88	1.020,33	1.063,79	1.079,60
Haziran	857.11	1.000,38	1.077,38	1.130,71	1.184,03	1.237,35	1.257,10
Temmuz	1.022,48	1.210,68	1.307,68	1.366,85	1.426,01	1.485,18	1.499,64
Ağustos	1.084,04	1.313,04	1.426,18	1.479,40	1.532,62	1.585,84	1.589,93
Eylül	1.028,35	1.271,08	1.387,00	1.429,65	1.472,30	1.508,25	1.514,96
Ekim	763,79	948,32	1.036,13	1.066,15	1.096,17	1.120,22	1.126,19
Kasım	520.38	654.81	717.80	735.29	752.78	763.22	770.26
Aralık	269.54	337.54	369.66	379.17	388.68	395.32	398.20

**Tablo 16.** B Tipi ve D Tipi Pencerelerinin Bina Tiplerine Göre Işınım İle Isı Kazanımı (kcal/h)

Ay	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
Ocak	171.61	211.54	230.63	238.00	245.38	251.70	252.75
Şubat	270.37	330.01	358.78	371.65	384.52	396.54	397.40
Mart	291.52	354.03	384.73	398.80	412.86	426.92	427.57
Nisan	350.30	418.35	453.02	471.90	490.78	509.66	513.77
Mayıs	408.94	480.50	518.57	542.71	566.85	590.99	599.78
Haziran	476.17	555.76	598.55	628.17	657.79	687.42	698.39
Temmuz	568.04	672.60	726.49	759.36	792.23	825.10	833.13
Ağustos	602.25	729.47	792.32	821.89	851.45	881.02	883.29
Eylül	571.31	706.16	770.55	794.25	817.95	837.92	841.64
Ekim	424.33	526.85	575.63	592.31	608.98	622.35	625.66
Kasım	289.10	363.78	398.78	408.49	418.21	424.01	427.92
Aralık	149.74	187.52	205.37	210.65	215.94	219.62	221.22

Tablo 17. Pencere Tiplerinin Bina Tiplerine Göre Işınım İle Isı Kazanımı-Ocak Ayı (kcal/h)

Pencere Tipi	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
A/C	308.900,00	380.770,00	415.130,00	428.040,00	441.680,00	453.050,00	454.960,00
B/D	171.610,00	211.540,00	230.263,00	238.000,00	245.380,00	251.700,00	252.750,00

**Şekil 19.** Pencere Tiplerinin Bina Tiplerine Göre Işınım İle Isı Kazanımı-Ocak Ayı (kcal/h)

Isı Yükü

Pencere tipine göre bina tiplerinin ısı kaybı ve ısı kazanım değerleri Tablo 18’de sunulmuştur. Tablo 18’deki ısı kaybı değerleri hesaplanırken ısıtma sisteminin Ekim-Mayıs ayları arasında çalıştığı kabul edilmiştir. Bu aylarda ısıtma sisteminin sırasıyla 7, 14, 20, 20, 20, 14 ve 7 saat çalıştığı kabul edilmiştir.

Artan pencere boyutunun bina ısı kaybına negatif etkisi olduğu kadar, kış aylarında ısı kazanımına da pozitif etkisi vardır. Her ne kadar Tablo 18’de sunulan değerlerde ısı kaybı ve ısı kazanımı birbirinden bağımsız hesaplanmış olsa da, büyük pencere kullanımının bina yalıtım kalınlığı üzerindeki etkisi incelenirken, net ısı yükü göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar, bütün pencere yükseklikleri 220 cm olan Tip-6 binası ile bütün pencere yükseklikleri 150 cm olan Tip-0 binası arasındaki fark üzerinden yapılmıştır. Net ısı yükü tablo 19-22’de gösterilmiştir.

Tablo 18. Yıllık Isıl Yük Miktarları (kcal/h)

Pencere Tipi	Bina Tipi	Isı Kaybı	İletimle Isı Kazanımı	İşinimla Isı Kazanımı
A Tipi	Tip-0	761.440.526,00	94.856.482,67	6.017.160,55
	Tip-1	776.068.766,00	96.219.710,95	7.283.491,77
	Tip-2	785.063.656,00	97.097.048,34	7.910.714,64
	Tip-3	796.208.454,00	98.692.337,67	8.206.517,15
	Tip-4	807.349.558,00	100.293.000,72	8.502.319,66
	Tip-5	818.845.286,00	101.893.663,76	8.798.122,16
B Tipi	Tip-6	826.092.914,00	102.479.372,72	8.825.168,80
	Tip-0	733.251.612,00	91.685.136,68	3.342.866,97
	Tip-1	744.130.442,00	92.785.414,33	4.046.384,32
	Tip-2	751.378.070,00	93.492.326,64	4.394.841,47
	Tip-3	760.358.184,00	94.777.585,22	4.559.176,19
	Tip-4	769.334.604,00	96.068.218,34	4.723.510,92
C Tipi	Tip-5	778.595.462,00	97.358.851,47	4.887.845,65
	Tip-6	784.435.676,00	97.828.067,08	4.902.871,56
	Tip-0	749.804.426,00	93.587.944,74	6.017.160,55
	Tip-1	762.279.064,00	94.845.995,21	7.283.491,77
	Tip-2	770.572.094,00	95.655.160,99	7.910.714,64
	Tip-3	780.848.802,00	97.126.438,05	8.206.517,15
D Tipi	Tip-4	791.129.204,00	98.603.089,66	8.502.319,66
	Tip-5	801.727.290,00	100.079.741,27	8.798.122,16
	Tip-6	808.413.430,00	100.618.852,23	8.825.168,80
	Tip-0	716.695.104,00	89.782.328,63	3.342.866,97
	Tip-1	725.985.514,00	90.724.833,45	4.046.384,32
	Tip-2	732.184.046,00	91.329.492,30	4.394.841,47
	Tip-3	739.863.872,00	92.428.732,39	4.559.176,19
	Tip-4	747.543.698,00	93.533.347,03	4.723.510,92
	Tip-5	755.463.634,00	94.637.961,68	4.887.845,65
	Tip-6	760.461.616,00	95.037.281,94	4.902.871,56

Tablo 19. A Tipi Pencere İçin Net Isı Yüğü

Bina Tipi	Isıl Yük	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tip-0	Kayıp	127.799.980	115.432.240	127.799.980	865.741.80	447.299.93	0	0	0	0	447.299.93	865.741.80	127.799.980
	İletim	0	0	0	0	0	224.723.25	268.2861.0	257.013.58	198.541.90	0	0	0
	İşınım	229.822	327.040	390.409	453.986	547.649	617.122	760.725	806.528	740.415	568.258	374.670	200.537
Tip-6	Kayıp	138.651.220	125.233.360	138.651.220	939.250.20	485.279.27	0	0	0	0	485.279.27	939.250.20	138.651.220
	İletim	0	0	0	0	0	242.782.54	289.846.21	277.667.79	214.497.19	0	0	0
	İşınım	337.072	479.659	572.600	665.846	803.219	905.112	111.573.0	118.290.7	108.594.2	833.445	549.517	294.120
Fark*		107.439.90	964.850.1	106.690.49	713.898.0	354.236.4	-209.391.9	-251.101.5	-244.180.1	-194.105.6	353.274.7	717.599.4	107.576.56
* Tip-6 ile Tip-0 arasındaki net ısıl yük													

Tablo 20. B Tipi Pencere İçin Net Isı Yüğü

Bina Tipi	Isıl Yük	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tip-0	Kayıp	123.068.760	111.158.880	123.068.760	833.691.60	430.740.66	0	0	0	0	430.740.66	833.691.60	123.068.760
	İletim	0	0	0	0	0	217.210.07	259.316.48	248.420.83	191.904.04	0	0	0
	Işınım	127.679	181.689	216.894	252.215	304.250	342.845	422.625	448.071	411.341	315.699	208.150	111.409
Tip-6	Kayıp	131.659.480	118.918.240	131.659.480	891.886.80	460.808.18	0	0	0	0	460.808.18	891.886.80	131.6594.80
	İletim	0	0	0	0	0	231.763.19	276.690.75	265.065.09	204.761.66	0	0	0
	Işınım	187.262	266.477	318.111	369.915	446.233	502.840	619.850	657.171	603.301	463.025	305.287	163.400
Fark*		853.113.6	767.457.2	848.950.3	570.182.0	286.476.9	-161.530.7	-193.465.2	-187.352.5	-147.772.1	285.942.6	572.238.3	853.872.9
* Tip-6 ile Tip-0 arasındaki net ısıl yük													

Tablo 21. C Tipi Pencere İçin Net Isı Yüğü

Bina Tipi	Isıl Yük	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tip-0	Kayıp	125.846.980	113.668.240	125.846.980	852.511.80	440.464.43	0	0	0	0	440.464.43	852.511.80	125.846.980
	İletim	0	0	0	0	0	221.717.98	264.698.26	253.576.48	195.886.75	0	0	0
	Işınım	229.822	327.040	390.409	453.986	547.649	617.122	760.725	806.528	740.415	568.258	374.670	200.537
Tip-6	Kayıp	135.683.900	122.553.200	135.683.900	919.149.00	474.893.65	0	0	0	0	474.893.65	919.149.00	135.683.900
	İletim	0	0	0	0	0	238.374.81	284.584.03	272.626.72	210.602.98	0	0	0
	Işınım	337.072	479.659	572.600	665.846	803.219	905.112	111.573.0	118.290.7	108.594.2	833.445	549.517	294.120
Fark*		972.967.0	873.234.1	965.472.9	645.186.0	318.735.2	-195.367.3	-234.3583	-228.140.3	-181.715.0	317.773.5	648.887.4	974.333.6
* Tip-6 ile Tip-0 arasındaki net ısıl yük													

Tablo 22. D Tipi Pencere İçin Net Isı Yüğü

Bina Tipi	Isıl Yük	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tip-0	Kayıp	120.289.920	108.648.960	120.289.920	814.867.20	421.014.72	0	0	0	0	421.014.72	8148.672.0	120.289.920
	İletim	0	0	0	0	0	212.702.135	253.934.685	243.265.160	187.921.304	0	0	0
	Işınım	127.679	181.689	216.894	252.215	304.250	342.845	422.625	448.071	411.341	315.699	208.150	111.409
Tip-6	Kayıp	127.635.680	115.283.840	127.635.680	864.628.80	446.724.88	0	0	0	0	446.724.88	864.628.80	127.635.680
	İletim	0	0	0	0	0	225.151.576	268.797.464	257.503.453	198.920.324	0	0	0
	Işınım	187.262	266.477	318.111	369.915	446.233	502.840	619.850	657.171	603.301	463.025	305.287	163.400
Fark*		728.617.6	655.009.2	724.454.3	485.846.0	242.903.3	-140.493.9	-168.350.3	-163.292.9	-129.186.1	242.369.0	487.902.3	729.376.9
* Tip-6 ile Tip-0 arasındaki net ısıl yük													

Optimum Yalıtım Kalınlığı

Referans binamız olan Tip-0'a alternatif olarak tasarlanan ve farklı mahallerde farklı pencere yükseklikleri kullanılan 6 farklı bina tipinde, artan pencere boyutu nedeniyle oluşacak ısı yüklerinin, binalarda ekstra bir negatif enerji tüketimine neden olmaması için optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Tablo 23'te optimum yalıtım kalınlığı değerleri verilmiştir.

Tablo 23. Optimum Yalıtım Kalınlığı

Pencere Tipi	Bina Tipi	Saatlik Isı Kaybı (kcal/h)	Min. Işınım Değ. (kcal/h)	Isıl Fark	Yalıtım Kalınlığı							
					7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
A Tipi	Tip-0	206.129,00	269,54	205.859,46	207.616,00	206.129,00	----	----	----	----	----	----
	Tip-6	223.631,00	398,2	223.232,80	225.066,00	223.631,00	222.065,00	220.701,00	219.507,00	218.404,00	217.337,00	216.442,00
	Fark ¹	17.502,00	128,66	17.373,34	17.450,00	17.502,00	15.936,00	14.572,00	13.378,00	12.275,00	11.208,00	10.313,00
	Fark ²	8,49	47,73	8,44	8,40	8,49	7,73	7,07	6,49	5,96	5,44	5,00
B Tipi	Tip-0	198.498,00	149,74	198.348,26	200.210,00	198.498,00	----	----	----	----	----	----
	Tip-6	212.354,00	221,22	212.132,78	214.077,00	212.354,00	211.077,00	209.711,00	208.517,00	207.416,00	206.349,00	205.453,00
	Fark ¹	13.856,00	71,48	13.784,52	13.867,00	13.856,00	12.579,00	11.213,00	10.019,00	8.918,00	7.851,00	6.955,00
	Fark ²	6,98	47,73	6,95	6,93	6,98	6,34	5,65	5,05	4,49	3,96	3,50
C Tipi	Tip-0	202.979,00	269,54	202.709,46	204.689,00	202.979,00	----	----	----	----	----	----
	Tip-6	218.845,00	398,2	218.446,80	220.581,00	218.845,00	217.579,00	216.215,00	215.021,00	213.923,00	212.851,00	211.958,00
	Fark ¹	15.866,00	128,66	15.737,34	15.892,00	15.866,00	14.600,00	13.236,00	12.042,00	10.944,00	9.872,00	8.979,00
	Fark ²	7,82	47,73	7,76	7,76	7,82	7,19	6,52	5,93	5,39	4,86	4,42
D Tipi	Tip-0	194.016,00	149,74	193.866,26	195.727,00	194.016,00	----	----	----	----	----	----
	Tip-6	205.864,00	221,22	205.642,78	207.567,00	205.864,00	204.568,00	203.203,00	202.009,00	200.911,00	199.840,00	198.945,00
	Fark ¹	11.848,00	71,48	11.776,52	11.840,00	11.848,00	10.552,00	9.187,00	7.993,00	6.895,00	5.824,00	4.929,00
	Fark ²	6,11	47,73	6,07	6,05	6,11	5,44	4,74	4,12	3,55	3,00	2.54
Fark ¹ : Tip-6'nın Tip-0 a göre artış miktarı (değer)												
Fark ² : Tip-6'nın Tip-0 a göre artış miktarı (yüzde)												

Maliyet Analizi

Tablo 24. Toplam Maliyet

Pencere Tipi	Bina Tipi	Toplam Pencere Alanı (m ²)	Toplam Duvar Alanı (m ²)	Toplam Pencere Maliyeti (₺)	Toplam Duvar Maliyeti (₺)	Toplam İnşaat Maliyeti (₺)	Yıllık Isı Kaybı (kcal)	Enerji Tüketim Miktarı (m ³)	Enerji Maliyeti (₺)
A Tipi	Tip-0 ^a	377,10	2.606.195,00	836.928,20	1.672.812.322,70	1.673.649.250,90	761.440.526,00	599,65	3.615,88
	Tip-6 ^a	553,08	2.432.355,00	1.227.494,69	1.561.231.380,30	1.562.458.874,99	826.092.914,00	650,56	3.922,89
	Tip-6 ^b	553,08	2.432.355,00	1.227.494,69	1.604.989.446,75	1.606.216.941,44	802.842.878,00	632,25	3.812,49
	Fark ¹	175,98	-173.840,00	390.566,49	-67.822.875,95	-67.432.309,46	41.402.352,00	32,60	196,61
	Fark ²	46,67	-6,67	46,67	-4,05	-4,03	5,44	5,44	5,44
	Tip-0 ^a	377,10	2.606.195,00	857.219,95	1.672.812.322,70	1.673.669.542,65	733.251.612,00	577,45	3.482,02
B Tipi	Tip-6 ^a	553,08	2.432.355,00	1.257.255,93	1.561.231.380,30	1.562.488.636,23	784.435.676,00	617,76	3.725,08
	Tip-6 ^b	553,08	2.432.355,00	1.257.255,93	1.604.989.446,75	1.606.246.702,68	762.253.206,00	600,29	3.619,74
	Fark ¹	175,98	-173.840,00	400.035,98	-67.822.875,95	-67.422.839,97	29.001.594,00	22,84	137,72
	Fark ²	46,67	-6,67	46,67	-4,05	-4,03	3,96	3,95	3,96
	Tip-0 ^a	377,10	2.606.195,00	744.915,80	1.672.812.322,70	1.673.557.238,50	749.804.426,00	590,48	3.560,62
	Tip-6 ^a	553,08	2.432.355,00	1.092.543,17	1.561.231.380,30	1.562.323.923,47	808.413.430,00	636,64	3.838,94
C Tipi	Tip-6 ^b	553,08	2.432.355,00	1.092.543,17	1.604.989.446,75	1.606.081.989,92	786.271.594,00	619,20	3.733,79
	Fark ¹	175,98	-173.840,00	347.627,37	-67.822.875,95	-67.475.248,58	36.467.168,00	28,72	173,17
	Fark ²	46,67	-6,67	46,67	-4,05	-4,03	4,86	4,86	4,86
	Tip-0 ^a	377,10	2.606.195,00	760.376,90	1.672.812.322,70	1.673.572.699,60	716.695.104,00	564,41	3.403,39
	Tip-6 ^a	553,08	2.432.355,00	1.115.219,45	1.561.231.380,30	1.562.346.599,75	760.461.616,00	598,88	3.611,23
	Tip-6 ^b	553,08	2.432.355,00	1.115.219,45	1.604.989.446,75	1.606.104.666,20	738.208.960,00	581,35	3.505,56
D Tipi	Fark ¹	175,98	-173.840,00	354.842,55	-67.822.875,95	-67.468.033,40	21.513.856,00	16,94	102,17
	Fark ²	46,67	-6,67	46,67	-4,05	-4,03	3,00	3,00	3,00

^a : 8 cm kalınlık için

^b : 10.5 cm kalınlık için

Fark¹ : Tip-6'nın Tip-0 a göre artış miktarı (değer)

Fark² : Tip-6'nın Tip-0 a göre artış miktarı (yüzde)

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında, konutlarda kullanımı her geçen gün artan ve piyasada fransız pencere tipi olarak da bilinen büyük alanlı pencere kullanımının, konutların ısı yüküne etkisi ve bu ısı yükünü maliyet açısından minimum yapacak optimum yalıtım kalınlığının maliyet etkisi incelenmiştir. Konum olarak Kayseri ilinin seçildiği çalışmada bütün hesaplamalar bir mimari proje üzerinden yürütülmüştür. Günümüz standart pencere boylarının 150 cm'den 220 cm artırılarak tasarlanan ve toplam yedi farklı bina tiplerinden oluşan çalışma da pencere boyutunun etkisinin yanında hem iki farklı cam tipi (çift cam ve low-e kaplamalı cam) hem de iki farklı ara dolgu malzemesi (hava ve argon) den oluşan dört farklı pencere kombinasyonları da incelenmiştir. Yapılan çalışmada her bir bina tipi ve pencere tipi için tüm mahallerde ısı yükler (kayıp ve kazanım) detaylı olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışma ile;

- Pencere boyutunun %46,67 artması ile ısı kayıp değerleri artarken ısı iletim katsayısı en yüksek değere sahip hava dolgulu çift camlı pencerede bu değer %8,49 ile en fazla iken ısı iletim katsayısı düşük olan argon dolgulu low-e camlı pencerede bu değer ve %6,11 ile daha düşüktür.
- Kayseri iline ait meteorolojik veriler ışığında, ortalama sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu aylar baz alınarak hesaplanan yıllık toplam iletimle ısı kazanım değerlerinde de aynı şekilde pencere boyutunun %46,67 artması sonucunda hava dolgulu çift camlı pencerede artış miktarının %8,04, hava dolgulu low-e camlı pencerede %6,70, argon dolgulu çift camlı pencerede %7,51 ve argon dolgulu low-e camlı pencerede %5,85'tir. İletimle ısı kazanım değerlerinde en yüksek artışın hava dolgulu çift camlı pencere iken en düşük değere sahip argon dolgulu low-e kaplamalı cam tipidir.
- Gölgeleme faktörlerinin aynı değerlere sahip olduğu hava dolgulu çift camlı pencere ve argon dolgulu çift camlı pencere tiplerinin bina tiplerine göre ışınlı ısı kazanım değerleri ve hava dolgulu low-e camlı pencere ve argon dolgulu low-e camlı pencere için değerler bütün aylar için tek tek hesaplanmıştır. Kayseri iline ait aylık güneş ışınlı verilerine göre en yüksek değerlerin Ağustos ayına, en düşük değerlerin ise Aralık ayına ait olduğu tespit edilmiştir. Hava dolgulu çift camlı pencere ve argon dolgulu çift camlı pencere tiplerinin, ışınlı ısı kazanım değerleri, hava dolgulu

low-e camlı pencere ve argon dolgulu low-e camlı pencerelere göre daha yüksek değere sahiptir.

- Yıllık ısı kayıp değerleri incelendiğinde, referans binası olarak kabul edilen Tip-0 kodlu binaya göre diğer bina tiplerinde artış olduğu görülmektedir.
- Hava dolgulu çift camlı pencere için bu değerler Tip-1'de %1,92, Tip-2'de %3,10, Tip-3'de %4,57, Tip-4'te %6,03, Tip-5'te %7,54 ve Tip-6'da %8,49'dur. Hava dolgulu low-e camlı pencere için bu değerler Tip-1'de %1,48, Tip-2'de %2,47, Tip-3'de %3,7, Tip-4'te %4,92, Tip-5'te %6,18 ve Tip-6'da %6,98'dir. Argon dolgulu çift camlı pencere için bu değerler sırası ile Tip-1'de %1,66, Tip-2'de %2,77, Tip-3'de %4,14, Tip-4'te %5,51, Tip-5'te %6,92 ve Tip-6'da %7,82'dir. Argon dolgulu low-e camlı pencerede Tip-1'de %1,3, Tip-2'de %2,16, Tip-3'de %3,23, Tip-4'te %4,30, Tip-5'te %5,41 ve Tip-6'da %6,11'dir. Hava dolgulu çift camlı pencerenin yüzdesel olarak daha yüksek değere, argon dolgulu low-e camlı pencere ise daha düşük değere sahiptir.
- İletimle ısı kazanımında, hava dolgulu çift camlı pencere için Tip-6'da %8,04, hava dolgulu low-e camlı pencerede %6,70, argon dolgulu çift camlı pencerede %7,51 ve argon dolgulu low-e camlı pencerenin için bu değer %5,85'dir. Çift camlı pencereler için bu değerlerin maksimum değere, low-e kaplamalı camlı pencereler için ise minimum değere sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Işınım ile ısı kazanımında, bütün pencere tipi için bu değerler Tip-1'de %21,05, Tip-2'de %31,47, Tip-3'te %36,39, Tip-4'te %41,30, Tip-5'te %46,22 ve Tip-6'da %46,67'dir.
- Artan pencere boyutunun bina ısı kaybına negatif etkisi olduğu kadar, kış aylarında ısı kazanımına da pozitif etkisi vardır. Hesaplamalar, bütün pencere yükseklikleri 220 cm olan Tip-6 binası ile bütün pencere yükseklikleri 150 cm olan Tip-0 binası arasındaki fark üzerinden yapılmıştır.
- Bütün mahallerin pencere yükseklikleri 220 cm olarak kabul edilen Tip-6 binasında ısı yalıtım kalınlığının 8 cm'den 11 cm'ye kadar artırıldığında, 10,5 cm den daha yüksek değerlerde ısı kaybındaki azalış ile inşaat maliyetindeki artış arasındaki oran büyüdüğü için daha yüksek yalıtım kalınlıkları için ısı yük/maliyet incelemesi yapılmamıştır. Maliyet artış miktarının %3 ile en az argon dolgulu low-e pencereli binada, %5,44 ile de en fazla da hava dolgulu çift camlı binada olduğu görülmektedir.

- Tüm pencere tiplerinde toplam pencere alanlarının %46,67 artması ve toplam duvar alanlarının %6,67 azalması sonucunda toplam inşaat maliyetinin %4,03 azaldığı görülmektedir.
- 10,50 cm yalıtım kalınlığı için enerji tüketim miktarlarının yapılan maliyet araştırmasında %5,44 ile hava dolgulu çift camlı pencerenin en yüksek olduğu ve %3,00 ile argon dolgulu low-e camlı pencerenin en düşük olduğu görülmektedir.

Öneriler

Elde edilen hesaplamalara göre bundan sonraki çalışmalar için aşağıdaki öneriler belirlenmiştir;

- Belirgin bir şekilde ekonomik ve verimli olan low-e cam kullanımı ile ilgili farklı çalışmalar yapılabilir.
- Eşdeğer güneş faktörü göz önüne alındığında bina tasarımlarında doğu cephelerindeki pencere boyutlarının maksimum da ve kuzey cephelerdeki pencere boyutlarının da minimum da tutulması ve bu amaçla farklı çalışmalar yapılabilir.
- Konut sektöründe enerji verimliliği yüksek malzeme kullanımının ile ilgili farklı çalışmalar yapılabilir.
- Pencereelerde kullanılacak cam ve çerçevenin düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip ve seçilen camın güneşten maksimum ısı kazancı sağlayacak özellikte olmasına dikkat edilmelidir.
- Low-e kaplamalı pencere ısı transferi açısından, çift camlı pencere maliyet açısından en tercih edilir pencere olduğu tavsiye edilmektedir.
- İklim şartları ve konutun bulunduğu bölge geniş cam alanını bir noktaya kadar bünyesinde barındırabilir bundan kaynaklı farklı iklim ve bölge için çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- Amirkhani, S., Jahromi , A., Mylona, A., Godfrey, P., & Cook, D. (2019). Impact of Low-E Window Films on Energy Consumption and CO2 Emissions of an Existing UK Hotel Building. *Sustainability*, 11, 42-65. doi:doi:10.3390/su11164265
- Anonim. (2000). Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları. Türk Standardı TS 2164. Ankara. ntweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073101109106079048112048122052117048 adresinden alındı
- Anonim. (2013). TSE 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standardı TSE 825. Ankara. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/cf3e258fbdf3eb7_ek.pdf adresinden alındı
- Anonim. (2022, Eylül). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2021. Türkiye İstatistik Kurumu: <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=emisyonlar> adresinden alındı
- Anonim. (2022b, Eylül). Türkiye İstatistik Kurumu. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2021: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=cevre-ve-enerji-103&dil=1> adresinden alındı
- Anonim. (2022c, Eylül). T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. EİGM Raporları: <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari> adresinden alındı
- Anonim. (2023, Ocak). T.C. Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllere Ait Mevsim Normalleri(1991-2020): <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KAYSERI> adresinden alındı
- Anonim. (2023b, Şubat). TGÜB Isı Yalıtım Programı. Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği. <http://tgub.org.tr/> adresinden alındı
- Anonim. (2023c, Ocak). T.C. Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları. Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler/2023-2-birim-fiyatlar-170723-20230717105538.pdf> adresinden alındı
- Anonim. (2023d, Şubat). Kayserigaz. Fiyat Tarifesi: <https://www.kayserigaz.com.tr/fiyat-tarifesi> adresinden alındı
- Anonymous. (2022, Eylül). iea. Retrieved from iea: <https://www.iea.org/countries/turkiye>
- Bektaş, B., & Aksoy, U. T. (2005). Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der. ,* 17(3), 499-508.
- Biçergil, G. (2020). PVC Profil Sistemlerinin Yaşam Döngüsü Çevresel Sürdürülebilirliği. Yüksek Lisans Tezi. Bilecik: Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demircan, H. (2020). Termal Kamera Yöntemiyle Binalarda Meydana Gelen Isı Kayıplarının Tespit Edilmesi. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 3(1), 26-31.
- Düzgün, N. (2020, Temmuz). Pencere Camı Özelliklerinin Bina Enerji Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Ekinci, S. (2016). Alüminyum ve PVC Doğrama Pencere Duvar, Lento, Denizlik Birleşim Detayları ve Sorunları. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi .
- Feng, G., Chi, D., Xu, X., Dou, B., Sun, Y., & Fu, Y. (2017). Study on the Influence of Window-wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings. *Procedia Engineering*, 205, 730–737. doi:10.1016/j.proeng.2017.10.003
- Global Solar Atlas. (2023). Global Solar Atlas. Global Solar Atlas: <https://globalsolaratlas.info/map?s=38.658223,35.554637&m=site&c=38.658437,35.555191,11&pv=small,180,33,1> adresinden alındı
- İlhan, Y., & Aygün, M. (2019). Cephe Sistemlerinde Kullanılan Yalıtım Camı., (s. 1-6).
- Karakurt, H. S. (2008). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Doğrama Seçeneklerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü .
- Khaled, K., & Berardi, U. (2021). Current And Future Coating Technologies For Architectural Glazing Applications. *Energy & Buildings*, 244(111022). doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111022>
- Koç, E. (2019). Bir Binanın Değişken Cam Ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi Ve Maliyet Optimizasyonu”. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kon, O., & Bulgurcu, H. (2015). Konutların Farklı Cam ve Doğrama Özelliğindeki Pencere Bağılı Isıtma ve Soğutma Enerji Gereksinimi. Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu. Balıkesir.
- Koyun, T., & Koç, E. (2017). Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi. *Mühendis ve Makina*, 58(688), 1-14.
- Küçükçalı, R. (2000). Isıtma Tesisatı Kitabı. <https://gunesisi.com/assets/images/pdf/Isitma-Tesisatı.pdf> adresinden alındı
- Maçka, S. (2008, Ocak). Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Okumuş, E. M., & Eren, Ö. (2020). Konutlardaki Ahşap Pencere Oluşan Hasarların Tespiti ve İyileştirmesine Yönelik Öneriler: İstanbul'dan Fener ve Balat Örneği. *Engineering Sciences*, 15(1), 43-68. doi:<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.1.1A0450>
- Okumuş, M. (2014). Yaşlı Evlerinde Pencere Bina Enerji Ve Gün Işığı Performansına Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü .
- Orbay, A. (2019). Binalarda Cephe Sistemlerinin İncelenmesi ve Performans Kriterlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ögetürk, İ. (2019, Haziran). Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Batman: Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Persson, M. L. (2006). Windows of Opportunities The Glazed Area and its Impact on the Energy Balance of Buildings. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology .

- Savaşır, K., & Begeç, H. (2004). Giydirmce Cephelelerde Kullanılan Camların Isı Yalıtımı Ve Maliyet Açısından Performanslarının Karşılaştırılması.
- Simko, T., & Moore, T. (2021). Optimal window designs for Australian houses. *Energy & Buildings*, 250(111300). doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111300>
- Şeker, U. (2019). Kayseri İlinde Genel Kullanım Amaçlı Binalarda Isı Pompası Kullanımının Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Bayburt: Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şenkal Sezer, F. (2005). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10(1).
- Uslusoy Şenyurt, S., & Altın, M. (2020). Ofis Yapıları İçin Çevreyle Uyumlu Yapı Dış Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Enerji Tüketimine Etkisini Belirlemede Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. *MEGARON*, 15(1), 55-66. doi:DOI: 10.14744/MEGARON.2019.57704
- Ülker, S. (2009). Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünver, Ü., Adıgüzel, E., Adıgüzel, E., Çivi, S., & Roshanaei, K. (2020). Türkiye'deki İklim Bölgelerine Göre Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 171-187.
- Wang, Z., Tian, Q., & Jia, J. (2021). Numerical Study on Performance Optimization of an Energy-Saving Insulated Window. *Sustainability*, 13(935). doi:<https://doi.org/10.3390/su13020935>
- Yang, Q., Liu, M., Shu, C., Mmereki, D., Hossain, M., & Zhan, X. (2015). Impact Analysis of Window-Wall Ratio on Heating and Cooling Energy Consumption of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone in China. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering*, 17 pages. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2015/538254>
- Yazıcı, B. (2019). Cam Malzemenin Bir Düşey Sirkülasyon Elemanı Olarak Merdivenlerde Kullanımı ve İç Mekan Tasarımına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Yıldırım, K., Çağatay, K., Yıldırım Kaya, N., & Ertunç, C. (2018). Orta Nitelikli Konutların Pencere Özelliklerinin Belirlenmesi (A Study on the Determination of Window Properties of Moderately Dwellings). *Online Journal of Art and Design*, 6(5). doi:<https://www.researchgate.net/publication/329809568>
- Yurttakal, Ö. (2007). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman Ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zor, Ö. (2019). Belirli İklim Koşullarında Cephe Kaplama İmalatlarının Isıl Ve Mali Yönleri İle Karşılaştırılması. İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Tezi. Konya: KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

61

DAİRE GİRİŞİ

SALON

MUTFAK

BALKON

ANTRE

Y.ODASI

Y.ODASI

Y.ODASI

BANYO

WC

VESTİYER ODASI

KAT MERDİVENİ

HOL

DUŞ

P1:180/150

P2:100/150

P3:120/150

P4:140/150

P4:140/150

K1 100/220

K2 90/220

K3 50

K4 80/220

K5 90/220

K6 90/220

K7 90/220

K8 90/220

K9 90/220

K10 90/220

K11 90/220

K12 90/220

K13 90/220

K14 90/220

K15 90/220

K16 90/220

K17 90/220

K18 90/220

K19 90/220

K20 90/220

K21 90/220

K22 90/220

K23 90/220

K24 90/220

K25 90/220

K26 90/220

K27 90/220

K28 90/220

K29 90/220

K30 90/220

K31 90/220

K32 90/220

K33 90/220

K34 90/220

K35 90/220

K36 90/220

K37 90/220

K38 90/220

K39 90/220

K40 90/220

K41 90/220

K42 90/220

K43 90/220

K44 90/220

K45 90/220

K46 90/220

K47 90/220

K48 90/220

K49 90/220

K50 90/220

K51 90/220

K52 90/220

K53 90/220

K54 90/220

K55 90/220

K56 90/220

K57 90/220

K58 90/220

K59 90/220

K60 90/220

K61 90/220

K62 90/220

K63 90/220

K64 90/220

K65 90/220

K66 90/220

K67 90/220

K68 90/220

K69 90/220

K70 90/220

K71 90/220

K72 90/220

K73 90/220

K74 90/220

K75 90/220

K76 90/220

K77 90/220

K78 90/220

K79 90/220

K80 90/220

K81 90/220

K82 90/220

K83 90/220

K84 90/220

K85 90/220

K86 90/220

K87 90/220

K88 90/220

K89 90/220

K90 90/220

K91 90/220

K92 90/220

K93 90/220

K94 90/220

K95 90/220

K96 90/220

K97 90/220

K98 90/220

K99 90/220

K100 90/220

K101 90/220

K102 90/220

K103 90/220

K104 90/220

K105 90/220

K106 90/220

K107 90/220

K108 90/220

K109 90/220

K110 90/220

K111 90/220

K112 90/220

K113 90/220

K114 90/220

K115 90/220

K116 90/220

K117 90/220

K118 90/220

K119 90/220

K120 90/220

K121 90/220

K122 90/220

K123 90/220

K124 90/220

K125 90/220

K126 90/220

K127 90/220

K128 90/220

K129 90/220

K130 90/220

K131 90/220

K132 90/220

K133 90/220

K134 90/220

K135 90/220

K136 90/220

K137 90/220

K138 90/220

K139 90/220

K140 90/220

K141 90/220

K142 90/220

K143 90/220

K144 90/220

K145 90/220

K146 90/220

K147 90/220

K148 90/220

K149 90/220

K150 90/220

K151 90/220

K152 90/220

K153 90/220

K154 90/220

K155 90/220

K156 90/220

K157 90/220

K158 90/220

K159 90/220

K160 90/220

K161 90/220

K162 90/220

K163 90/220

K164 90/220

K165 90/220

K166 90/220

K167 90/220

K168 90/220

K169 90/220

K170 90/220

K171 90/220

K172 90/220

K173 90/220

K174 90/220

K175 90/220

K176 90/220

K177 90/220

K178 90/220

K179 90/220

K180 90/220

K181 90/220

K182 90/220

K183 90/220

K184 90/220

K185 90/220

K186 90/220

K187 90/220

K188 90/220

K189 90/220

K190 90/220

EK-2. Daire yerleşim planı

Katlar	Yön			
	GB	GD	KD	KB
7. Kat	27	28	29	30
6. Kat	23	24	25	26
5. Kat	19	20	21	22
4. Kat	15	16	17	18
3. Kat	11	12	13	14
2. Kat	7	8	9	10
1. Kat	3	4	5	6
Zemin	1	2	Depo	BS

EK-3. Yapı Elemanları

YAPI ELEMANLARI

DH – Duvar (Dış Hava Teması) DH-1/DH-2/ DH-1

Alan m² U Değeri W/m²K 1/α_i m²K/W 1/α_d m²K/W ☐ Giydirme Cephe Var

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapılu püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Ardüvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam
Dış Ortam
Ekle
Sil
Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
7.1.3.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak AB sınıfı t...	15	600	0,28	8
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	2	1800	1,0	15
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15...	8	15	0,035	30
4.8.1	Anorganik asılı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,8	800	0,30	10

YAPI ELEMANLARI

DH – Duvar (Dış Hava Teması) DH-1/DH-2/ DH-2

Alan m² U Değeri W/m²K 1/α_i m²K/W 1/α_d m²K/W ☐ Giydirme Cephe Var

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
10.2.1.1	Isıl iletkenlik grubu 035	45	0,035	50
10.2.1.2	Isıl iletkenlik grubu 040	45	0,040	50
10.2.2	Recine formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2 ve uygun); yoğunluk ≥10			
10.2.2.1	Isıl iletkenlik grubu 035	20	0,035	2
10.2.2.2	Isıl iletkenlik grubu 040	30	0,040	2
10.3	SENTETİK KÖPÜK MALZEMELER			
10.3.1	EKSPANDE POLİSTREN KÖPÜK (PS) LEVHALAR			
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15			
10.3.1.1	Isıl iletkenlik grubu 035	15	0,035	30
10.3.1.2	Isıl iletkenlik grubu 040	20	0,040	50
10.3.1.3	Isıl iletkenlik grubu 040	30	0,040	70
10.3.2	EKSTRÜDE POLİSTREN KÖPÜK (XPS) LEVHALAR			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam
Dış Ortam
Ekle
Sil
Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanı...	30	2400	2,5	100
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	2	1800	1,0	15
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygu...	8	250	0,035	5
4.8.1	Anorganik asılı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,8	800	0,30	10

DO – Duvar (Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik) DO-1/DO-2/DO-3/ DO-1

Alan 10,7 m² U Değeri 1,173 W/m²K 1/α_i 0,13 m²K/W 1/α_d 0,13 m²K/W

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapıli püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam Dış Ortam Ekle Sil Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
7.1.3.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak AB sınıfı t...	15	600	0,28	8
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10

DO – Duvar (Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik) DO-1/DO-2/DO-3/ DO-2

Alan 20,8 m² U Değeri 0,97 W/m²K 1/α_i 0,13 m²K/W 1/α_d 0,13 m²K/W

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapıli püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam Dış Ortam Ekle Sil Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
7.1.3.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak AB sınıfı t...	20	600	0,28	8
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10

DO – Duvar (Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik) DO-1/DO-2/DO-3/ DO-3

Alan m² U Değeri W/m²K 1/α_i m²K/W 1/α_d m²K/W

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam Dış Ortam

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Dire...
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
7.1.3.2.2	TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu ≤ 1000 harç kullanılarak AB sınıfı t...	10	600	0,28	8
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10

CC – Tavan (Üzeri Çatılı) CC-1/ CC-1

Alan m² U Değeri W/m²K 1/α_i m²K/W 1/α_d m²K/W

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

Dış Ortam

Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Dire...
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanı...	14	2400	2,5	100
4.6	Çimento harçlı şap	5	2000	1,4	15
10.6.1.1	Cam köpüğü TS 901 EN 13167 e uygun; yoğunluk 100-150; ısı iletkenlik ...	15	150	0,045	20000

TT – Taban (Toprak Teması) TT-1/ TT-1

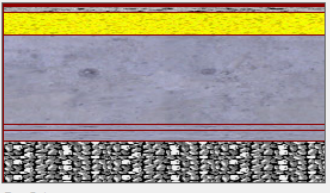
Alan 621,9 m² U Değeri 0,144 W/m²K 1/α_i 0,17 m²K/W 1/α_d 0 m²K/W

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapılu püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam Ekle Sil Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni



Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
1.4	Granit	1	2600	2,8	10000
4.8.1	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,8	800	0,30	10
4.6	Çimento harçlı şap	5	2000	1,4	15
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun...	20	250	0,035	5
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılı...	80	2400	2,5	100
5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kulla...	5	2200	1,65	100
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,3	3000	0,19	20000
5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kulla...	10	2200	1,65	100
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (micir)	40	1800	0,70	3

Diş Ortam

TG – Taban (Açık Geçit Üzeri) TG-1/ TG-1

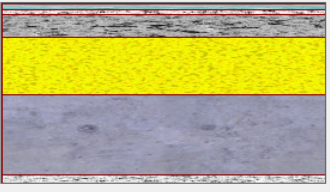
Alan 72,98 m² U Değeri 0,311 W/m²K 1/α_i 0,17 m²K/W 1/α_d 0,04 m²K/W ☐ Giydirmeye Cephe Var

Yapı Bileşenleri

Sıra No	Açıklama	Yoğunluk	İletkenlik	Difüzyon Direnci
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1.1	Kristal yapılu püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	2800	3,5	10000
1.1.2	Yoğunluk 2600	2600	2,3	225
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	225
1.3	Gözenekli püskürük taşlar; yoğunluk ≤1600	1600	0,55	15
1.4	Granit	2600	2,8	10000
1.5	Bazalt	2900	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı Taşı	2600	2,3	225
1.8	Yapay Taşlar	1750	1,3	45
1.9	Arduvaz	2400	2,2	900
2	DOĞAL ZEMİNLER			

Kalınlık cm λ W/mk μ Yoğunluk kg/m³

İç Ortam Ekle Sil Kullanıcı Tanımlı Yapı Bileşeni



Sıra No	Malzeme	d(cm)	Yoğunluk	İletkenlik	Dif. Direnci
1.4	Granit	1	2600	2,8	10000
4.8.1	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,8	800	0,30	10
4.6	Çimento harçlı şap	4	2000	1,4	15
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun...	10	250	0,035	5
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılı...	14	2400	2,5	100
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	2	1400	0,70	10

Diş Ortam

EK-4. Elektrikli Cihazların Duyulur Ve Gizli Isı Değerleri

Elektrikli Cihaz	Gücü Watt	Duyulur Isı kcal/h	Gizli Isı kcal/h
Elektrik Fırını	3.000,0	1.500,0	1.500,0
	5.000,0	2.500,0	2.500,0
Elektrik Süpürgesi	200,0	50,0	-
Çamaşır Makinası	3.000,0	1.500,0	1.500,0
	6.000,0	3.000,0	3.000,0
Buzdolabı	100,0	290,0	-
	175,0	520,0	-
Ütü	500,0	230,0	270,0
Radio	40,0	40,0	-
Elektrik Sobası	1.000,0	1.000,0	-
	2.000,0	2.000,0	-
Çaydanlık	500,0	180,0	70,0
	3.000,0	1.130,0	370,0
Tost Makinası	500,0	200,0	50,0
	2.000,0	800,0	200,0
Saç Kurutma Makinası	500,0	180,0	70,0
	1.000,0	350,0	150,0
Elektrik Ocağı	500,0	110,0	140,0
	1.000,0	220,0	280,0
Elektrik Izgarası	3.000,0	1.130,0	370,0
Saç Ondüle Aleti	1.500,0	300,0	70,0
Neon Lamba	30,0	30,0	-

EK-5. Yapı Bileşenlerinin Fiyat Detayı

Poz No	İmalat Türü	Ölçü Birimi	Rayiç Fiyatı (TL)
152.801.013	Sıva	m ²	129,18
101.302.023	Tuğla (15'lik)	m ²	5,45
152.751.102	Sıva	m ²	165,24
152.801.010	Sıva	m ²	58,43
153.411.001	Yalıtım (5'lik)	m ²	256,59
153.411.002	Yalıtım (6'lık)	m ²	265,59
153.411.002	Yalıtım (8'lik)	m ²	283,56
153.411.004	Yalıtım (10'luk)	m ²	301,55
15.470.1010	Çift Cam/Hava	m ²	724
15.470.1211	Low-e Cam/Hava	m ²	777,81
10.380.1512	Çift Cam/Argon	m ²	480
10.380.1541	Low-e Cam/Argon	m ²	521
15.455.1001	PVC	Kg	66,41
*Aksesuar maliyeti toplam 300 TL'dir (fitil, conta, menteşe, pencere kulpu).			

EK-7. Her Bir Pencere Tipi İçin Bina Tiplerinin Daire Başı Isıl Kayıp Değerleri Tablosu

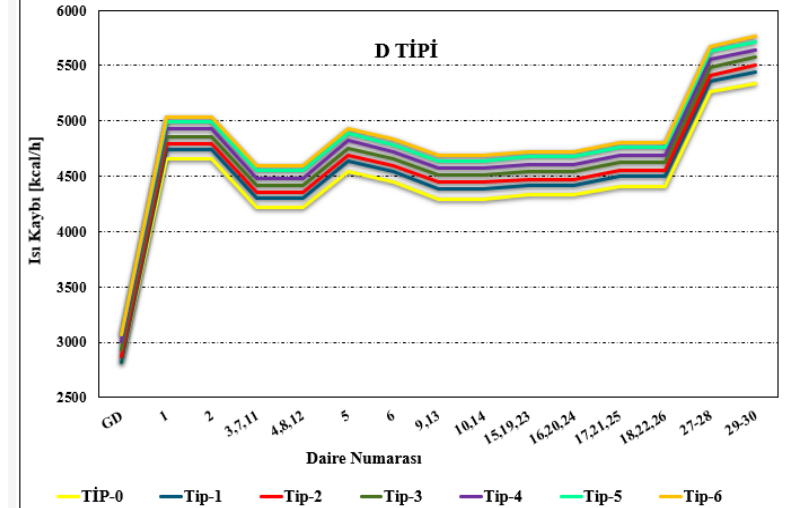
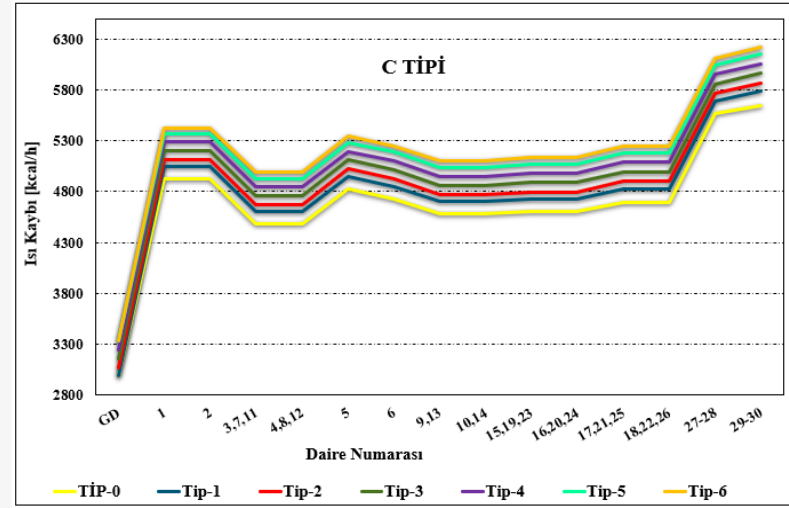
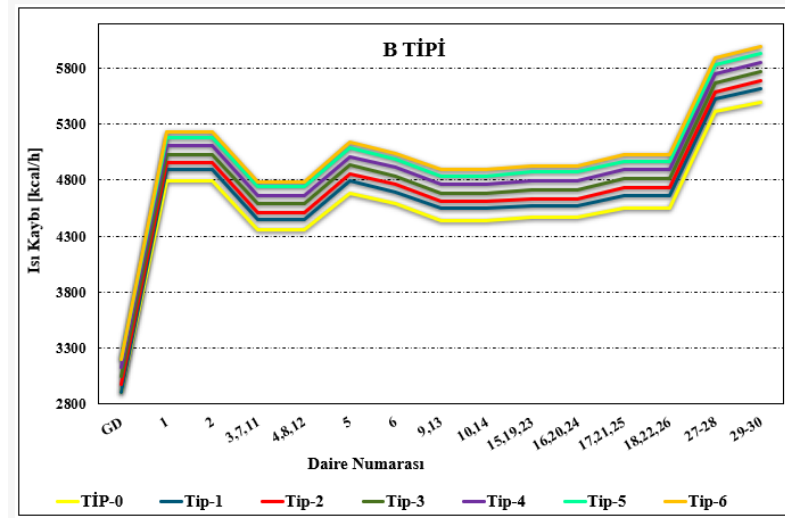
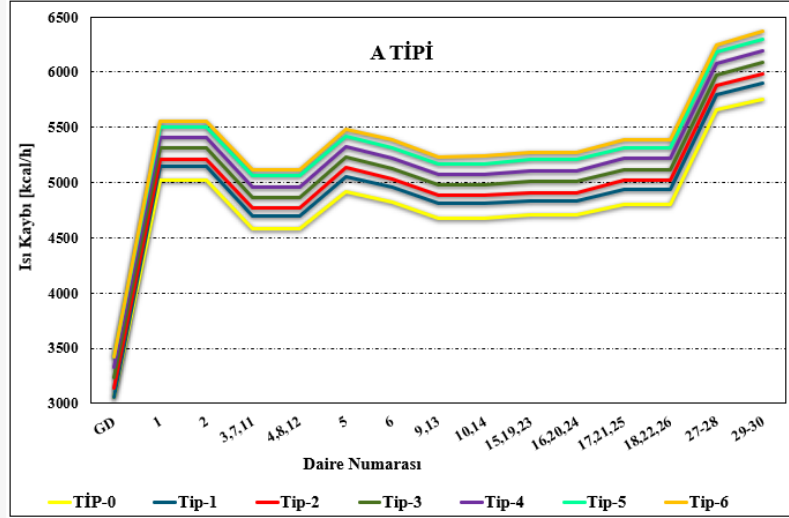
A Tipi							
Daire Nu.	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
G.D	3058	3058	3138	3233	3327	3421	3421
1	5020	5142	5215	5310	5405	5499	5559
2	5020	5142	5215	5310	5405	5499	5559
3	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
4	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
5	4921	5055	5135	5229	5323	5417	5484
6	4823	4957	5037	5131	5225	5319	5385
7	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
8	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
9	4673	4808	4888	4982	5076	5170	5236
10	4673	4808	4888	4982	5076	5170	5236
11	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
12	4673	4808	4888	4982	5076	5170	5236
13	4578	4701	4774	4869	4964	5059	5120
14	4673	4808	4888	4982	5076	5170	5236
15	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
16	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
17	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
18	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
19	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
20	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
21	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
22	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
23	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
24	4705	4834	4910	5009	5108	5207	5271
25	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
26	4797	4937	5020	5119	5218	5317	5386
27	5660	5794	5874	5977	6080	6183	6249
28	5660	5794	5874	5977	6080	6183	6249
29	5753	5899	5986	6089	6192	6295	6368
30	5753	5899	5986	6089	6192	6295	6368

B Tipi							
Daire Nu.	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
G.D	2907	2907	2972	3048	3124	3200	3200
1	4796	4895	4953	5029	5105	5181	5230
2	4796	4895	4953	5029	5105	5181	5230
3	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
4	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
5	4684	4792	4857	4933	5009	5085	5139
6	4587	4695	4760	4836	4912	4988	5042
7	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
8	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
9	4438	4546	4611	4687	4763	4840	4894
10	4438	4546	4611	4687	4763	4840	4894
11	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
12	4355	4453	4512	4588	4664	4740	4789
13	4438	4546	4611	4687	4763	4840	4894
14	4438	4546	4611	4687	4763	4840	4894
15	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
16	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
17	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
18	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
19	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
20	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
21	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
22	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
23	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
24	4471	4574	4636	4715	4794	4873	4924
25	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
26	4551	4665	4732	4812	4891	4970	5026
27	5414	5522	5586	5669	5752	5835	5889
28	5414	5522	5586	5669	5752	5835	5889
29	5497	5615	5685	5768	5851	5934	5992
30	5497	5615	5685	5768	5851	5934	5992

C Tipi							
Daire Nu.	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
G.D	2997	2997	3071	3158	3245	3332	3332
1	4930	5043	5110	5198	5286	5373	5428
2	4930	5043	5110	5198	5286	5373	5428
3	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
4	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
5	4824	4948	5022	5109	5199	5283	5344
6	4727	4851	4925	5012	5099	5186	5247
7	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
8	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
9	4578	4702	4776	4863	4950	5038	5099
10	4578	4702	4776	4863	4950	5038	5099
11	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
12	4489	4602	4669	4757	4844	4931	4987
13	4578	4702	4776	4863	4950	5038	5099
14	4578	4702	4776	4863	4950	5038	5099
15	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
16	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
17	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
18	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
19	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
20	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
21	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
22	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
23	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
24	4610	4728	4799	4890	4982	5074	5133
25	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
26	4697	4827	4904	4995	5087	5179	5243
27	5563	5687	5761	5856	5951	6046	6107
28	5563	5687	5761	5856	5951	6046	6107
29	5649	5784	5864	5960	6056	6151	6218
30	5649	5784	5864	5960	6056	6151	6218

D Tipi							
Daire Num.	Tip-0	Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4	Tip-5	Tip-6
G.D	2816	2816	2871	2937	3002	3067	3067
1	4660	4744	4795	4860	4925	4990	5032
2	4660	4744	4795	4860	4925	4990	5032
3	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
4	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
5	4542	4635	4690	4755	4820	4885	4931
6	4445	4538	4593	4658	4723	4788	4834
7	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
8	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
9	4296	4389	4444	4509	4574	4640	4685
10	4296	4389	4444	4509	4574	4640	4685
11	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
12	4219	4303	4353	4418	4483	4549	4591
13	4296	4389	4444	4509	4574	4640	4685
14	4296	4389	4444	4509	4574	4640	4685
15	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
16	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
17	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
18	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
19	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
20	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
21	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
22	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
23	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
24	4329	4417	4470	4538	4606	4674	4718
25	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
26	4402	4499	4557	4625	4693	4761	4809
27	5265	5358	5413	5485	5556	5627	5673
28	5265	5358	5413	5485	5556	5627	5673
29	5342	5443	5503	5574	5645	5716	5766
30	5342	5443	5503	5574	5645	5716	5766

EK-8. Her Bir Pencere Tipi İçin Bina Tiplerinin Daire Başı Isıl Kayıp Değerleri Grafiği



ISI KAZANÇ HESAP TABLOSU

75

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Zeynep Azra GÜNGÖR
Doğum tarihi:	-
Doğum Yeri:	-
Uyruğu:	T.C.
Tel:	-
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Şehit Fuat Bahadır Buharalıoğlu Anadolu Lisesi
Lisans:	Bayburt Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Almanca:	Orta