

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİNALARIN ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN AZALTILMASI

TAMER HAFIZOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALı
ISI-PROSES PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ.DR.DERYA BURCU ÖZKAN**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARIN ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN AZALTILMASI

Tamer HAFIZOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 05.06.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Derya Burcu ÖZKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Derya Burcu ÖZKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Düriye BİLGE

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Esra SAKINÇ

Maltepe Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 1245A numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

İnsanların konforlu bir şekilde yaşaması için kullanılan enerji kaynaklarının hızla azalması ve enerji kullanımına bağlı olarak atmosfere atılan CO₂ salınımının artması ile enerji kavramı çok önemli bir konuma gelmiştir. CO₂ salınımının artması ile küresel ısınma ve iklim değişiklikleri meydana gelmektedir. Enerji elde etmenin çok pahalı olması ve bu kaynakların tükenir olması dolayısı ile enerji kavramı tüm ülkelerin en önemli politikası haline gelmiştir. Gelişmiş ülkeler, enerji verimliliği üzerine ve alternatif enerji kaynakları kullanılmasını zorunlu kılan yönetmelikleri oluşturmuşlardır. Bu tez kapsamında enerji tüketiminin büyük bir bölümünün gerçekleştiği binalarda enerji performansı incelenmiştir.

Binaların enerji performansını incelemek için bu tezde bilgisayar destekli simülasyon programları kullanılmıştır.

Bu tez konusunda çalışmamı ve bu sayede bu konular üzerinde daha fazla düşünmemi neden olan Sayın Hocam Doç. Dr. Derya B. Tümer Özkan'a ve bu konuda araştırmalarım için bana destek veren çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2013

Tamer HAFIZOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez.....	3
BÖLÜM 2	
BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ	4
2.1 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.....	6
2.1.1 Enerji Performansı Açısından Mimari Proje Tasarımı	8
2.1.2 Enerji Performansı Açısından Mekanik Tesisat Tasarımı.....	8
2.1.3 Enerji Performansı Açısından Elektrik Tesisat Tasarımı	8
2.2 BREEAM	9
2.2.1 BREEAM Değerlendirme Kriterleri	10
2.3 LEED	13
2.3.1 LEED Değerlendirme Kriterleri.....	14

2.4	Enerji Performansı Yazılımları	17
2.4.1	IES <VE>	17
BÖLÜM 3		
ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLARI		19
3.1	Isıtma ve Soğutma Hesap Kriterleri.....	21
3.1.1	Tasarım Kriterleri	21
3.1.2	Isıtma Yükleri	23
3.1.3	Soğutma Yükleri	23
BÖLÜM 4		
ISIL YÜKLERİN AZALTILMASI İÇİN YAPILAN İYİLEŞTİRMELER		27
4.1	Giriş.....	27
4.2	Pencere Alanları	29
4.3	Pencere Saçakları	30
4.4	Pencerelerin Özellikleri.....	31
4.5	Dış Duvarların Yalıtım Kalınlığı	35
4.6	Binanın Güney Cephesine Kışın Yapraklarını Döken Ağaç Ekilmesi	39
4.7	Hava Sızıntılarının Engellenmesi	40
4.8	Batı Cephesindeki Pencerelere Dış Panjur Konulması	41
BÖLÜM 5		
ISITMA SOĞUTMA HESAPLARI		42
5.1	Mevcut Bina Hesapları.....	42
5.2	Mevcut Bina Hesap Sonuçları	47
5.3	Yeni Bina Hesap Değerleri	50
5.4	Yeni Bina Hesap Sonuçları	54
BÖLÜM 6		
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....		57
KAYNAKLAR.....		64
ÖZGEÇMİŞ.....		66

SİMGE LİSTESİ

A	Alan (m^2)
ACH	Saatteki Hava Değişim Sayısı
CO ₂	Karbondiyoksit Gazı
E _t	Toplam Güneş Işınım Şiddeti (W/m^2)
H _u	Doğalgaz Alt ısı değeri (kWh/m^3)
KT	Kuru Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
Q _{iletim}	İletim Yolu ile Oluşan Isıl Yük (kW)
Q _{gizli}	Hava Sızıntısı Gizli Isı Kazancı (kW)
Q _{ışınım}	Toplam Güneş Isı Kazancı (W)
Q _{duyulur}	Hava Sızıntısı Duyulur Isı Kazancı (kW)
Q _{ısıtma}	Yıllık hesaplanan ısıtma enerjisi miktarı (kWh)
U _{dd}	Dış Duvar Isı Geçirgenlik Katsayısı ($W/m^2^{\circ}K$)
U _p	Pencere Isı Geçirgenlik Katsayısı ($W/m^2^{\circ}K$)
U _t	Tavan Isı Geçirgenlik Katsayısı ($W/m^2^{\circ}K$)
U _{dö}	Döşeme Isı Geçirgenlik Katsayısı ($W/m^2^{\circ}K$)
V	Yıllık Harcanan Doğalgaz Miktarı (m^3)
YT	Yaş Termometre Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
ΔT	Sıcaklık Farkı ($^{\circ}K$)
ΔW	Mutlak Nem Farkı ($kg_{su}/kg_{kuruhava}$)
V	Hava sızıntısı miktarı (m^3/s)
μ	Kazan Verimi

KISALTMA LİSTESİ

ACH	Air Change Rate Per Hour
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BEP-TR	Bina Enerji Performansı Yazılımı
BEPY	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CFD	Computational Fluid Dynamics
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
COP	Coefficient of Performance
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
Low-E	Low Emissivity
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio
SHGC	Solar Heat Gain Coefficient

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Binaların Çevreye Olan Etkileri ve Yüzdelik Dağılımları.....5
Şekil 2. 2	Enerji Kimlik Belgesi7
Şekil 2. 3	Breeam Logosu9
Şekil 2. 4	BREEAM Değerlendirme Kriterlerine Göre Puan Dağılımı12
Şekil 2. 5	LEED Logosu13
Şekil 2. 6	LEED Değerlendirme Kriterlerine Göre Puan Dağılımı16
Şekil 2. 7	SunCast'e Göre Binanın Gölgeleme Durumu.....18
Şekil 3. 1	Türkiye'de Toplam Enerji Kullanımı19
Şekil 3. 2	Türkiyede'deki Elektrik Kullanımı.....20
Şekil 3. 3	Binalardaki Enerji Tüketim Yerleri.....20
Şekil 3. 4	Isıcam Performans Değerleri22
Şekil 4. 1	Bina Yan Görünüşü27
Şekil 4. 2	Bina Ön Görünüşü28
Şekil 4. 3	Bina Uydu Görünüşü28
Şekil 4. 4	Sera Etkisi.....29
Şekil 4. 5	Pencere Saçaklarının Güneş Işınına Etkisi.....31
Şekil 4. 6	Çerçeve ve Cam Tipine göre Toplam Pencere U değerleri32
Şekil 4. 7	Low-E Kaplamalı Cam Kesiti.....33
Şekil 4. 8	Üçlü Cam ve Low-E Kaplama Uygulaması.....34
Şekil 4. 9	Mevcut Bina Dış Duvar Detayı36
Şekil 4. 10	Ağaçların Gölgeleme Etkisi39
Şekil 4. 11	Hava Sızıntısı Olan Bölgeler40
Şekil 4. 12	Dış Cephe Panjur Uygulaması.....41
Şekil 5. 1	Mevcut Bina Normal Kat Planı42
Şekil 5. 2	Mevcut Bina Görünüşü.....43
Şekil 5. 3	Komşu Binaların Görünüşü44
Şekil 5. 4	Komşu Binaların Gölgeleme Etkisi44
Şekil 5. 5	İç Yüklerin Saatlik Profilleri46
Şekil 5. 6	Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi48
Şekil 5. 7	Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi49
Şekil 5. 8	Yeni Bina Yaz Görünüşü.....50
Şekil 5. 9	Yeni Bina Kış Görünüşü.....51
Şekil 5. 10	Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi.....52
Şekil 5. 11	Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi.....52

Şekil 5. 12	Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi	53
Şekil 5. 13	Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi	53
Şekil 5. 14	Yeni Bina Yıllık Isıtma Enerjisi	55
Şekil 5. 15	Yeni Bina Yıllık Soğutma Enerjisi	56
Şekil 6. 1	Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi	59
Şekil 6. 2	Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi	60

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 BREEAM Puan Tablosu.....	10
Çizelge 2. 2 LEED Puan Tablosu.....	13
Çizelge 3. 1 Bina Tipine Göre Hava Sızıntı Değerleri.....	23
Çizelge 3. 2 İnsanlardan Yayılan Isı Kazançları.....	24
Çizelge 3. 3 Mahal Tipine Göre Aydınlatma Yoğunluğu.....	24
Çizelge 3. 4 Yönlere Göre Güneş Radyasyon Değerleri.....	26
Çizelge 4. 1 Bina Cam Alanları.....	30
Çizelge 4. 2 Camların Özellikleri.....	35
Çizelge 4. 3 TS 825'e Göre Tavsiye Edilen Yalıtım Kalınlıkları.....	35
Çizelge 4. 4 Mevcut Bina Isı Geçirgenlik Katsayıları.....	37
Çizelge 4. 5 Yeni Bina Isı Geçirgenlik Katsayıları.....	38
Çizelge 5. 1 Mevcut Bina Bilgileri ve Hesap Kabulleri.....	45
Çizelge 5. 2 Mevcut Bina Isıtma Yükleri.....	47
Çizelge 5. 3 Mevcut Bina Soğutma Yükleri.....	47
Çizelge 5. 4 Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi.....	48
Çizelge 5. 5 Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi.....	49
Çizelge 5. 6 Yeni Bina Bilgileri	51
Çizelge 5. 7 Yeni Bina Isıtma Yükleri.....	54
Çizelge 5. 8 Yeni Bina Soğutma Yükleri.....	54
Çizelge 5. 9 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerji.....	55
Çizelge 5. 10 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi.....	56
Çizelge 6. 1 Yıllık Doğalgaz Tüketim Maliyeti.....	61
Çizelge 6. 2 SEER Hesaplama Değerleri.....	61
Çizelge 6. 3 Yıllık Elektrik Tüketim Maliyeti.....	62
Çizelge 6. 4 Isıtma Enerjisi Kaynaklı Yıllık Sera Gazı Miktarı.....	62
Çizelge 6. 5 Soğutma Enerjisi Kaynaklı Yıllık Sera Gazı Miktarı.....	62

BİNALARIN ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN AZALTILMASI

Tamer HAFIZOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Derya BURCU ÖZKAN

Bu tez kapsamında, İstanbul'un Beykoz İlçesi'ndeki Kanlıca mahallesinde bulunan bir binanın aylık ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Çalışmanın devamında mimari öngörüler doğrultusunda binada iyileştirmeler yapılarak aylık ısıtma soğutma enerji ihtiyacı tekrar hesaplanmıştır.

İlk bölümde, Dünya'daki ve Türkiye'deki enerji tüketimini azaltmak için oluşturulan enerji verimliliği yönetmeliklerinden ve binaların enerji performanslarını sertifikalandıran yöntemlerden bahsedilmiştir. Binaların çevreye olan etkilerini bütün olarak değerlendiren, dünyada yaygın değerlendirme yöntemleri olan LEED ve BREEAM'in kriterleri anlatılmıştır. Bu kriterlerin puanlamasında, enerji verimliliğinin en yüksek puan kriteri olduğu vurgulanmıştır. Binaların enerji tüketimlerini hesaplamak için, binanın saatlik iklim verilerine göre ısı kaybı ve kazançlarını hesaplayan bilgisayar destekli simülasyon programları ile bu tez kapsamında kullanılan IES <VE> programının ayrıntıları anlatılmıştır.

Daha sonraki bölümde, binanın enerji tüketim değerlerini belirleyen ısı kaybı-ısı kazancı hesapları ve bu hesapların temel prensipleri anlatılmıştır. Binada ısıtma soğutma enerji tüketimini azaltmak amacıyla iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan iyileştirmeler ve etkileri üzerinde durulmuştur.

Son bölümde binanın, yapısı ile ilgili yapılan iyileştirmeler, bilgisayar programında modellenerek aylık ve yıllık olarak ısıtma soğutma enerji ihtiyacı hesaplamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar mevcut binanın enerji tüketim değerleri ile karşılaştırılarak enerji tüketimindeki azalma belirlenmiştir. Bu değerlere göre toplam enerji tasarruf miktarı ve CO₂ salınım miktarları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Isı Kaybı, Isı Kazancı, Simülasyon Programı, Bina Yapısındaki İyileştirmeler

REDUCTION OF HEATING COOLING ENERGY CONSUMPTIONS IN BUILDINGS

Tamer HAFIZOĞLU

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Derya BURCU ÖZKAN

Energy consumption rate has been analyzed for the existing residential building located in Kanlica town, Beykoz, Istanbul. After amendment of building structure, energy consumption analyze has been re-calculated.

In the first capter, energy efficiency and performance regolations and energy assessment methods has been mentioned in the World and Turkey, which was launched to reduce energy consumption. LEED and BREEAM criteria have been explained. LEED and BREEAM are well-knownn enviromental assessment methods and assessing total enviromental impact of buildings in the World among many countries.

The main weights of these assessment methods are energy section. The highest point can be gained from this section by reducing energy consumption. Computer based simulation programs which analyse energy consumption rates, have been mentioned. These programs calculate heat gain and heat loss values according to hourly weather data. IES <VE> software has been explained in detail which was used in this thesis.

In the next chapter, heat gain and heat loss calculations and their principles have been explained energy consumption values are based on heat gain and haet loss results. Some amendments have been made in the building structure to reduce energy coonsumptions. These amendments have been explained in detail.

In the last chapter, all amendments have been input to the computer model and hourly heat loss and heat gain results have been obtained. Existing building energy consumption rates and new building energy consumption rates have been compared and decreases of energy consumptions have been determined. Total energy saving and CO₂ emissions have been indicated.

Key words: Energy consumption, Heat loss and Heat gain, Simulation Program, Amendment of Building Structure

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Küresel ısınmanın büyük bir bölümü, insanlar tarafından atmosfere salınan sera gazları nedeniyle oluşmaktadır. Sera gazlarının en önemlisi karbondioksit gazıdır. İngiltere’de yapılan araştırmalar, atmosfere salınan sera gazının % 50’sinin binalarda kullanılan enerji nedeniyle kaynaklandığını göstermektedir. Türkiye’de binlarda kullanılan enerji miktarının, toplam tüketilen enerjinin % 35 olduğu görülmektedir. [1]. Gelecekteki sera gazı salınımlarını düşürmek için, son zamanlarda yapılan enerji konusundaki araştırmalar, binalardaki enerji ihtiyaçlarını düşürmek, enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya teşvik etmek gibi konularda vurgular yapmaktadır. Son zamanlarda, tüm dünyada, enerji kullanımını azaltmak adına yönetmelikler, tasarım kılavuzları ve enerji performansı değerlendirme yöntemleri oluşturulmuştur. Atmosfere atılan sera gazlarının azaltılmasının yolu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak ve düşük ya da sıfır karbon üreten sistemleri uygulamaktan geçmektedir.

Kullanılacak enerji kaynağı ve uygulanacak mekanik sistemlerin seçimi, binanın görünüşünü, yönünü ve yapısını etkileyebileceği için bu seçimlere tasarım aşamalarının ilk bölümlerinde karar vermek gerekmektedir.

Binalarda enerji tüketiminin azaltılması için mimari ve mekanik tesisattaki iyileştirmelerin ve düzenlemelerin etkileri çok büyüktür. Bu tez kapsamında İstanbul Beykoz’da mevcut bir yapı ele alınacaktır. Bu yapı binasında enerji tüketimini azaltacak mimari değişiklikler yapılacak ve bu değişikliklerin enerji tüketimindeki etkileri sayısal olarak irdelenecektir.

1.1 Literatür Özeti

Yılmaz [2], yaptığı çalışmada bir ofis binası için saatlik bazda enerji simülasyonu yaparak binada tüketilen enerji miktarını ve neden olduğu karbondioksit salınımlarını incelemiş ve binadaki enerji tüketim miktarlarını en aza indirmek için hem mimari hem de mekanik tesisat ile ilgili olarak çeşitli alternatif çözümleri karşılaştırmıştır.

Eskin ve arkadaşları [3] çalışmalarında bir ofis binasında, iklim koşullarının, ısı yalıtım faktörünün, binanın yönünün, dış yüzey renginin ve cam sistemlerinin enerji tüketimine olan etkilerini incelemiştir.

Kılıçlı [4], yaptığı çalışmada örnek bir bina için enerji tüketimlerini incelemiştir. Isıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin azaltılması için bina kabuğunda iyileştirmelerin yapılması gerekliliğini anlatmıştır.

Çelik ve arkadaşları [5] çalışmalarında, dış duvar ısı geçirgenlik katsayıları, pencere özellikleri ve hava sızıntı oranlarına göre binanın ısıtma ve soğutma enerji ihtiyaçlarını BEP-TR hesaplama yöntemiyle belirlemiş ve bunların enerji tasarrufuna etkilerini göstermiştir.

Cheung ve arkadaşları [6] çalışmalarında, yüksek katlı bir apartman binasında soğutma yüklerini azaltmak için bina kabuğunda yapılan değişikliklerin etkilerini göstermiştir. Dış duvarların, camların özelliklerinin iyileştirilmesi ve gölgeleme etkilerinin katılması ile soğutma enerjisi yıllık tüketiminde % 31 lik bir azalmayı hesaplamışlardır.

Bektaş ve arkadaşları [7] çalışmalarında, pencere yönlerine ve pencere tiplerine göre binaların yıllık ısıtma ihtiyacını hesaplamışlardır. Bu hesaplamaların sonucu soğuk iklimlerde sadece pencerelerin tek cam yerine çift camlı ve low-E' li yapılması durumunda ısıtma ihtiyaçlarının % 20-30 oranında azaltılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Soysal [8] yaptığı çalışmada, örnek bir binanın ECOTECT 5.5v programı kullanılarak enerji tüketim değerleri hesaplamıştır. Binadaki dış duvarların ısı geçirgenlik katsayılarının, camla kapatılmış balkonların etkileri ve ısıtılmayan mahallere komşu ısıtılan hacimlere etkilerini hesaplamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezde İstanbul Kanlıca da konut amaçlı kullanılan örnek bir bina ele alınmıştır. Binanın ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacı IES <VE> enerji modelleme programı kullanılarak yapılmıştır. IES programı, enerji modelleme programları için uluslararası test standardı olan ASHRAE 140'a göre test edilmiş, üç boyutlu çizime dayalı bir programdır. Bina ile ilgili tüm yapı bileşenleri çizime aktarılıp, bu bileşenlerin özellikleri tanımlanarak hesaplama yapılmaktadır. Örnek olarak ele alınan binada, ısıtma soğutma enerji tüketimini azaltacak yönde, mimari ve yapısal değişiklikler yapılarak, binanın enerji tüketimindeki azalma grafik olarak verilmiştir.

1.3 Hipotez

Son yıllarda, bilgisayar programlarının gelişmesi ile ısıtma ve soğutma yüklerine bağlı olarak binaların enerji ihtiyaçları hassas olarak hesaplanabilmektedir. Bu programların kütüphanelerinde saatlik olarak KT, YT ve güneş ışınımı vb. iklim verileri bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında model binanın tüm yapı bileşenleri IES <VE> enerji modelleme programına girilerek, ısıtma ve soğutma yüklerine bağlı olan enerji ihtiyacı yıllık olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın devamında BEP yönetmeliği gözönüne alınarak bina mimarisi ve yapı elemanlarındaki değişikliklerin ısıtma soğutma enerji tüketimine etkisi ayrı ayrı irdelenerek, hesaplanmıştır. Yeni tasarlanacak binalarda ısıtma soğutma enerji tüketiminin az olması için öneriler getirilmiştir.

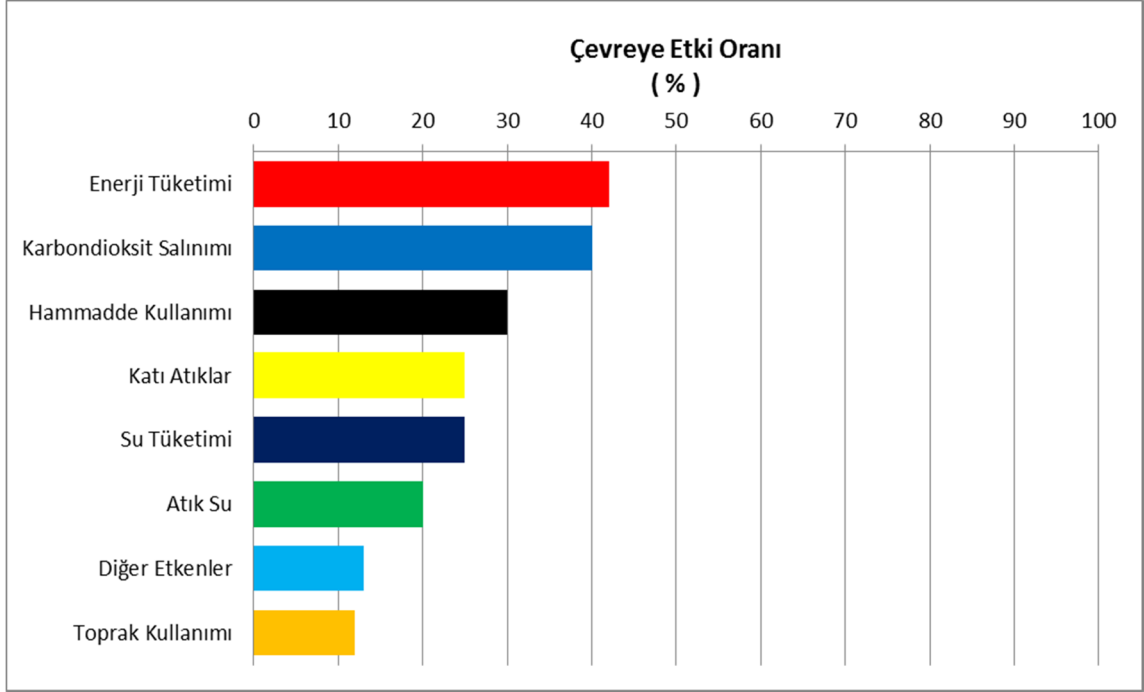
BÖLÜM 2

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Binalarda enerji verimliliğini arttırmak için son yıllarda tüm dünyada enerji tüketimini azaltan yönetmelikler ve enerji tüketim değerlerine göre binayı sınıflandıran sertifika yöntemleri geliştirilmiştir. 2002 yılında Avrupa Birliği ülkeleri için çıkarılan EPBD “The Directive on the Energy Performance of Buildings “ ülkemizde de “ Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği “ olarak 2009 yılında uygulamaya konulmuştur. Enerji verimliliği yönetmeliklerinin dışında enerji tüketimini dikkate alan ve dünyada en yaygın olarak kullanılan sertifika yöntemleri ise Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından oluşturulan LEED “Leadership in Energy and Environmental Design” ve İngiltere’ de Bina Araştırma Kuruluşu tarafından oluşturulan BREEAM “ Building Research Establishment Environmental Assessment Method ” yöntemleridir. Bu değerlendirme yöntemleri binaların çevreye olan etkilerini kapsamlı olarak incelemektedir. Binaların enerji verimliliği ve atmosfere olan karbondioksit salınımı bu sertifika programlarının ele aldığı konulardan birisidir.

Bu bina değerlendirme yöntemlerinin hedefi çevreye en az seviyede zarar veren ve insan konforunu en üst seviyeye çıkaran binayı tasarlamaktır. Binalarda enerji tüketiminin yanında çevreye zararlı olabilecek malzemelerin kullanılması, atık üretimi ve atmosfere CO₂ salınımı, temiz su kullanımı gibi çevreyi kötü yönde etkileyecek tüketimler de mevcuttur. Çevreye zararlı etkileri azaltılmış bu tür binalar “Yeşil Bina” ya da “Sürdürülebilir Bina” olarak adlandırılmaktadır.

Binalardaki en büyük çevresel etkiyi enerji tüketimi oluşturmaktadır. ABD’de binalardaki tüketimlerin çevreye olan etkilerininin yüzdelik dağılımı Şekil 2.1’ de gösterilmektedir. Bu şekilden su tüketiminin %25’nin binalar tarafından olduğu ve karbondioksit salınımının %40’nın binalar tarafından salındığı anlaşılmaktadır.[9]



Şekil 2. 1 Binaların Çevreye Olan Etkileri ve Yüzdelik Dağılımları


2.1 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

Türkiye’de binaların enerji tüketimlerini sınıflandırmak için Aralık 2009 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik yeni ve 1000 m²’den büyük mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi almasını yasal olarak zorunlu kılmaktadır. Binaların enerji kimlik begesi alabilmesi için enerji performanslarının hesaplanması gerekmektedir. Binaların enerji performansı, binada ısıtma, soğutma ,havalandırma, sıcak su üretimi ve aydınlatma için harcanan enerji miktarlarının ve çevreye salınan CO₂ miktarının yıllık olarak hesaplanması ile bulununan sonuçların referans bina sonuçları ile karşılaştırılması ile belirlenir.[10]

Binanın enerji kimlik belgesi alabilmesi için, yönetmelikte belirtilen yıllık enerji tüketim hesaplamalarının yapılması ve bu hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerin enerji kimlik belgesinde gösterilmesi gerekmektedir. Yönetmelik’te belirtilen ve enerji kimlik belgesinde gösterilmesi gereken bilgiler aşağıdaki gibidir.

- Binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi, havalandırması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerji miktarı (kWh/yıl)
- Tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl)
- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması
- Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarı (kg CO₂/m²yıl)
- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salınımının, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması
- Binanın aydınlatma enerjisi tüketim değeri
- Birincil enerji tüketimine göre enerji sınıfı
- Nihai enerji tüketimine göre sera gazları emisyonu sınıfı gösterilmelidir.

Aşağıdaki şekilde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ne uygun örnek bir enerji kimlik belgesi biçimi gösterilmiştir.



ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binanın

Tipi :
 İnşaat Yılı :
 Kapalı Kullanma Alanı :
 Ada, Parseli :
 Adresi :


Bina Sahibinin

Adı Soyadı :
 Adresi :

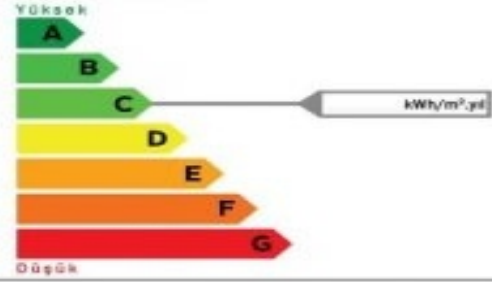
Müşterek Tesisatların Sahibi (gerekliyse)

Adı Soyadı :
 Adresi :

Binanın Resmi

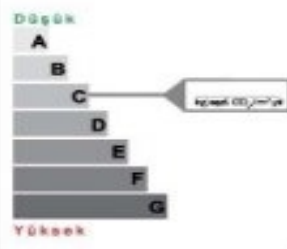


Enerji Performansı



kWh/m²/yıl


SEG Emisyonu



kg CO₂/m²/yıl

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

% _____



Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı
		Isınan (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	Kullanım Alanı Başına (kWh/m ² /yıl)	
TOPLAM					ABCDEF G
ISITMA					ABCDEF G
SİHHİ SICAK SU					ABCDEF G
SOĞUTMA					ABCDEF G
HAVALANDIRMA					ABCDEF G
AYDINLATMA					ABCDEF G

Açıklamalar

Belgenin

Numarası :
 Veriliş Tarihi :
 Son Geçerlilik Tarihi :

Belgeyi Düzenleyenin

Adı Soyadı :
 Firması :
 Oda Sicil Nozu :

İmza

Şekil 2. 2 Enerji Kimlik Belgesi

BEP yönetmeliğinde enerji kimlik belgesinin oluşturulmasının yanı sıra mimari tasarım, mekanik tesisat tasarımı, elektrik tesisatı ve aydınlatma tasarımı, otomatik kontrol tasarımı ve yenilenebilir enerjilerin kullanılması ile ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar da belirtilmiştir. Bunlar genel başlıklar olarak aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1 Enerji Performansı Açısından Mimari Proje Tasarımı

- Binanın planlanmasında ve yönlendirilmesinde güneş, rüzgâr, yağmur gibi meteorolojik veriler dikkate alınarak asgari seviyede ısı kazanç ve kayıplar elde edilmeye çalışılmalıdır.
- Bina içinde sürekli yaşam alanları güneş ışığı ve doğal havalandırmadan faydalanacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Isı yalıtım projesindeki yalıtım değerlerine uyulmalıdır.
- Güneş ışığından meydana gelen kazanç ve kayıpları kontrol etmek için ısı ve güneş kontrollü yalıtım camları kullanılmalıdır.
- Binada pencerelerden, balkon kapılarından kaynaklanan sızdırmazlık değerleri için TS EN 12207 standardında verilen değerler kullanılır.

2.1.2 Enerji Performansı Açısından Mekanik Tesisat Tasarımı

- Yeni yapılacak binalarda toplam kullanım alanı 2000 m² den büyük olması halinde merkezi ısıtma sistemi uygulanmalıdır.
- Soğutma ihtiyacı 500 kW' tan fazla ve toplam kullanım alanı 2000 m² den büyük olan ticari ve hizmet amaçlı yapılan yeni binalarda merkezi soğutma sistemi uygulanmalıdır.
- Isıtma sistemindeki brülörlerin oransal kontrollü ve mekanik tesisattaki pompaların frekans konvertörlü olması gerekmektedir.
- 500 m³/h üzerinde havalandırma debisindeki cihazlarda ısı geri kazanım sistemlerinin tasarlanması gerekmektedir.
- Konut olarak kullanılan binalarda, kazanlarda gidiş suyu kontrolü ve dış hava kompenzasyonu yapan otomatik kontrol sistemleri ile donatılmalıdır.

2.1.3 Enerji Performansı Açısından Elektrik Tesisat Tasarımı

- Doğal aydınlatmadan azami şekilde faydalanmak için aydınlatma sistemlerinde zaman ayarlı aydınlatma sistemlerinden, gün ışığı ile bağlantılı foto elektrikli

anahtarların kullanılması ve mahalde kimsenin olmadığını algılayan sistemlerden kullanılması zorunludur.

- Gerekli aydınlık seviyelerine göre aydınlatma armatürlerinin seçilmesi ve dağılımın yapılması gerekmektedir
- Daha az sayıda aydınlatma armatürü kullanılmasını sağlayacağı için açık renk mobilya ve duvar renklerinin tercih edilmesine dikkat edilmelidir.

2.2 BREEAM

İngiltere'deki Bina Araştırma Kuruluşu tarafından, 1990 yılında, binaların çevreye olan etkilerini değerlendirmek için bir yöntem oluşturmuştur. Bu yöntem, binaları çevre etkileri bakımından sınıflandıran ilk yöntemdir. Dünyadaki değerlendirme yöntemlerinin çoğu BREEAM tabanlı veya bu yöntemden esinlenerek oluşturulmuştur. Genel olarak bu yöntemlerin amacı çevreye daha duyarlı ve daha az zararlı etkileri olan binalar tasarlamaktır. Bu yöntemlerin arasında BREEAM, 2005 yılında en iyi değerlendirme yöntemi seçilmiştir. [9]

Bu yöntem binaları beş sınıf olarak değerlendirmektedir. Bu sınıflandırma yapılırken, bina, yöntem içinde tariflenen ana konulara göre kredi kazanmaktadır. Kazanılan kredilerin toplamına göre BREEAM sertifikası alınmaya hak kazanılmaktadır. Bu puanlama tabloda gösterilmiştir.

The logo consists of the word "BREEAM" in a bold, green, sans-serif font, followed by a registered trademark symbol (®).

Şekil 2. 3 Breeam Logosu

Çizelge 2. 1 BREEAM Puan Tablosu

Puan	Sertifika Seviyesi
%30 ve üstü	Geçer (Pass)
%45 ve üstü	İyi (Good)
%55 ve üstü	Çok İyi (Very Good)
%70 ve üstü	Mükemmel (Excellent)
%85 ve üstü	Seçkin (Outstanding)

2.2.1 BREEAM Değerlendirme Kriterleri

Bina Yönetimi

İyi bina yönetiminin binanın çevreye olan etkilerini pozitif yönde etkileyeceği ve binanın ömrü boyunca verimli olarak kullanılmasını sağlayacağı ifade edilmektedir.

Sağlık ve Yaşam Kalitesi

Bu ölçütde, binanın içinde veya dışında, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen olumsuzlukların önemi vurgulanır. Yaşanılan ortamdaki ısıtma, aydınlatma, hava kalitesi ve gürültü seviyelerinin kontrolünün sağlanması istenir. Bu ölçütün asıl amacı, binada yaşayanların yaşam kalitesinin artırılmasıdır. Özellikle ofis binalarında çalışılan ortamın mükemmel olmasının çalışanların performanslarını arttıracığı vurgulanır.

Enerji

Bu ölçütün en önemli bölümü binanın CO₂ salınım miktarıdır. CO₂ salınım miktarı hesaplanarak bir çizelge olarak hazırlanır. Bu ölçütün diğer bölümleri ise aydınlatma, enerji ölçümleri ve bina enerji yönetimi ile ilgili konulardır. Bu ölçütteki asıl amaç CO₂ salınımını düşürmektir.

Ulaşım

Bu ölçüt binanın toplu taşıma araçlarına yakınlığını değerlendirmektedir. Binaya ulaşımın toplu taşıma ile yapılması, binaya ulaşmak için harcanan CO₂ salınımı

azaltabilir. Binaya ayrıca bisiklet kullanımı arttırabilecek ilave bisiklet parklarının yapılması bu ölçütten puan alınmasını sağlamaktadır.

Su

Binadaki su tüketiminin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu ölçütün asıl amacı su tüketiminin azaltılması ve suyun verimli kullanılmasının sağlanmasıdır. Bunu sağlamak için fotoselli bataryaların kullanılması, su tasarruflu rezervuarların kullanılması vurgulanır.

Malzemeler

Binada kullanılan malzemelerin çevreye etkileri çok büyüktür. Binada sürdürülebilir malzemelerin kullanılması önemlidir. Çevreye atık oluşturmaması için bozulan malzemelerin tamir edilerek yeniden kullanılması vurgulanır.

Atık

Binada kullanılan malzemeleri seçerken ömürleri dikkate alınmalıdır. Binada kullanılan malzemeler geri dönüşüme uygun olmalıdır. Seçilen yeni malzemeler de geri dönüşümden elde edilmiş malzemeler olmalıdır. Binanın inşaatı sırasında atık yönetimde uygulanmalıdır.

Toprak Kullanımı ve Ekoloji

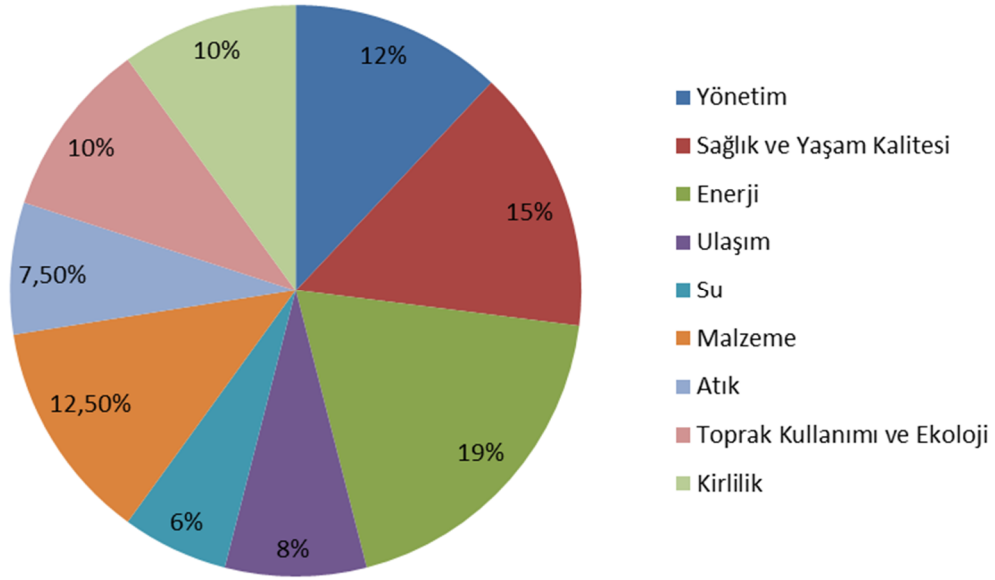
Binanın etrafındaki ekolojik sisteme olan etkisi büyüktür. Bu kriterden puan alabilmek için uzman birisinin binanın çevreye olan etkilerini analiz edip, en az seviyeye indirmesi gerekmektedir.

Kirlilik

Bu ölçüt ile binanın hava ve su kirliliğine olan etkilerini azaltmak hedeflenmiştir. Örnek olarak soğutma sisteminde kullanılan ve ozon tabakasına zarar veren gazların kullanılmasının engellenmesi ve baca gazları NOx gibi emisyon değerlerinin düşürülmesi verilebilir.

BREEAM değerlendirme yöntemi binanın bütün olarak sürdürülebilir yapıda olmasını hedeflemektedir. Yukarıda bahsedilen ölçütlerin puanlama olarak dağılımları aşağıdaki

grafikte verilmiştir. Bu ölçütlerden, en fazla puan alınan kriter % 19 puan dağılımı ile enerji kriteridir.



Şekil 2. 4 BREEAM Değerlendirme Kriterlerine Göre Puan Dağılımı

2.3 LEED

LEED çevre değerlendirme yöntemi Amerikan Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemin amacı, yaşam kalitesini arttırmak için, binaların, çevreye ve sosyal hayata karşı duyarlı, konforlu ve ferah bir ortam olabilmesini sağlamaktır. Binayı tasarlarken, inşa ederken ve işletirken bu ölçütlerin sağlanabilmesi için gerekli düzenlemeler yapılır. Binaların bu hedefe ulaşabilmesi için mimari ve mühendislik tasarım kılavuzları oluşturmuştur. Bu kılavuzlar arasında en önemlisi LEED Yeşil Bina Sınıflandırma Sistemidir. LEED yöntemi ilk olarak 1998 yılında yayınlanmıştır. ABD’ de bu sistemin kullanılması zorunlu değildir. Her bina tipi için ayrı bir değerlendirme yöntemi vardır. LEED’ da tanımlanan bina tipleri konutlar, alışveriş merkezleri, sağlık binaları, ticari binalar olarak sayılabilir. LEED’da tanımlanan puanlama şekli aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2. 2 LEED Puan Tablosu

Puan	Sertifika Seviyesi
40-49	Geçer (Certified)
50-59	Gümüş (Silver)
60-79	Altın (Gold)
80 ve üstü	Platin (Platinum)



Şekil 2. 5 LEED Logosu

2.3.1 LEED Değerlendirme Kriterleri

Binanın çevresel değerlendirilmesinde kullanılan ana ölçütler aşağıda özetlenmiştir. Bu ölçütlerden puan almak için kurulması gereken sistemlerden de birkaç örnek verilmiştir. [11]

Sürdürülebilir Alanlar

Binanın, etrafındaki ekolojik sisteme olan etkisi büyüktür. Bina etrafındaki doğal yaşamı, yağmur suyu drenajı gibi olayları kötü yönde etkiler. Dairede yaşayanların binaya ulaşması için otomobil kullanımı ve binanın kendisinde hava kirliliğine neden olur. Bu nedenlerden dolayı yeni yapılacak binanın yeri ve ekosisteme etkileri dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir. Yeni yapılacak binanın toplu taşıma istasyonlarına yakın olması ile bu ölçütlerden 6 puan kazanılabilir.

Su Verimliliği

ABD’de binalarda kullanılan suyun büyük bir bölümü temiz su kaynaklarından olmaktadır. Suyun verimli kullanılması ile %30 kadar bir tasarruf sağlanabilir.

Bahçe sulama için yağmur suyunun veya arıtılmış atık suyun kullanılması, klozet ve pisuarlarda yağmur suyu, arıtılmış gri su gibi kaynakların kullanılması ile bu ölçütlerden puan alınabilir.

Enerji ve Atmosfer

ABD’deki binalar üretilen elektriğin %70 kadarını kullanmaktadır. Elektrik üretimi ise Türkiye için %75 oranında fosil yakıtlardan karşılanmaktadır.[3] LEED fosil yakıt kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını önermektedir. Bina cephelerinde fotovoltaik güneş panellerinin kullanılması örnek olarak verilebilir. Ayrıca enerji tüketimini azaltmak için pasif sistemler ve enerji verimliliği ifade edilmektedir.

LEED’in bu ölçütlerdeki önşartlarından bir tanesi, binanın enerji performansının bilgisayar simülasyonu ile yapılmasıdır. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 standardında tariflenen referans bina ile karşılaştırmak için gerçek binanın enerji performansı hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan binanın enerji tüketim

maliyetleri, referans binanın maliyetlerinden %25 daha az olması gerekmektedir. Bina nın enerji maliyetleri düşürüldükçe bu bölümden kazanılan puan artmaktadır. Yeni yapılan binalarda enerji tüketim maliyetinin, referans binaya göre %48 daha az olması durumunda bu bölümden 19 puan alınabilmektedir.

Binada tüketilen elektriğin, bina tarafından ve yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ile kazanılan puan artmaktadır. Üretilen elektriğin, bina ihtiyacının %13'lük kısmını karşılaması durumunda 7 puan kazanılabilmektedir.

Malzemeler ve Kaynaklar

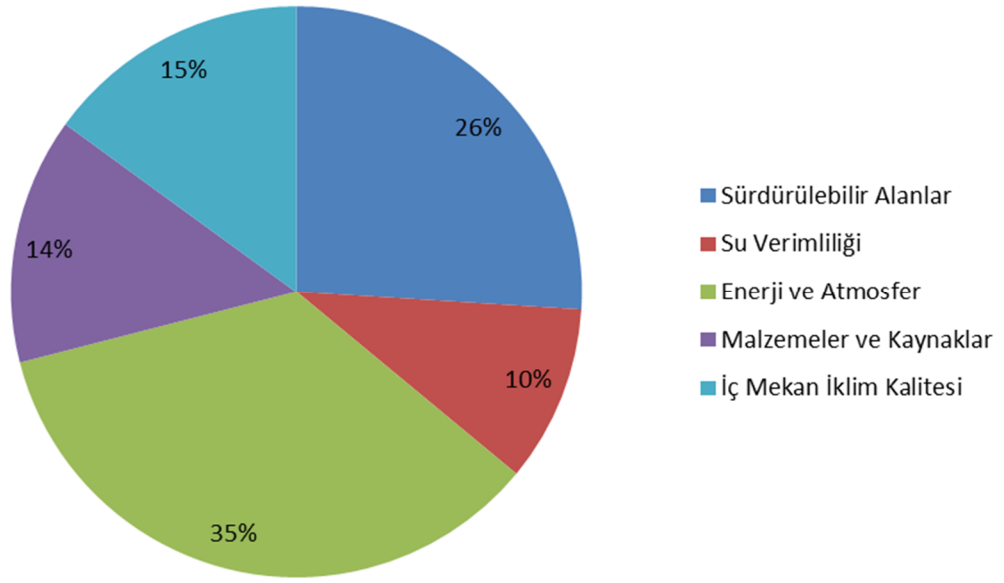
Binalarda kullanılan malzemelerin geri dönüşülebilir olması istenmektedir. Ayrıca binada kullanılan malzemelerin bölgesel kaynaklardan temin edilmesi, taşımadan kaynaklı oluşan hava kirliliğini azaltacağı için önerilmektedir.

İç Mekân İklim Kalitesi

Yaşam ve çalışma mahallerinin hava kalitesi, sıcaklık ve nem değerlerinin istenilen seviyelerde tutulması hedeflenmektedir. Bu değerlerin otomatik kontrol sistemleri ile sağlanması gereklidir. Güneş ışığından azami olarak faydalanılması ve mahallerin iklim değerlerinin kontrol edilmesi insanların verimliliğini ve üretkenliğini arttırmaktadır. Binaya CO₂ konsantrasyonunu ve hava debilerini ölçen ekipmanların konulması ve bu ekipmanlardan alınan sinyallerin bina otomasyon sistemine aktırılması, taze hava debilerinin ASHRAE 62.1-2010 standardındaki değerinden %30 daha fazla sağlanması, kullanılacak malzemelerin (boyalar, yapıştırıcılar, kaplama malzemeleri vs.) daha az koku yaymasını sağlamak, LEED'in bu bölümde bahsettiği ve puan alınan bazı ölçütlerdir.

Tasarımda Yenilikçi Yaklaşım

Binanın çevreye olan etkisini azaltmak için geliştirilen yenilikçi ve LEED ölçütlerinde bahsedilmeyen ve ölçülebilen stratejiler bu bölümden ilave puan alınmasını sağlamaktadır. Ayrıca tasarım aşamasında tasarım ekibinde LEED sertifikalı bir uzman kişinin bulunması da bu bölümden 1 puan alınmasını sağlamaktadır.



Şekil 2. 6 LEED Değerlendirme Kriterlerine Göre Puan Dağılımı

Yukarıdaki tablodan görüleceği gibi LEED değerlendirme sisteminde en fazla puanın alındığı ölçütler enerji ile ilgili olanıdır. Enerji bölümünden ise en fazla puan alınan kısım binanın enerji performans değeri ve buna bağlı olarak hesaplanan enerji tüketim maliyetleridir. Binada mimari olarak ısı kaybı ve ısı kazancı değerlerini azaltıcı önlemler ile enerji tüketim maliyetleri azaltılabilir.

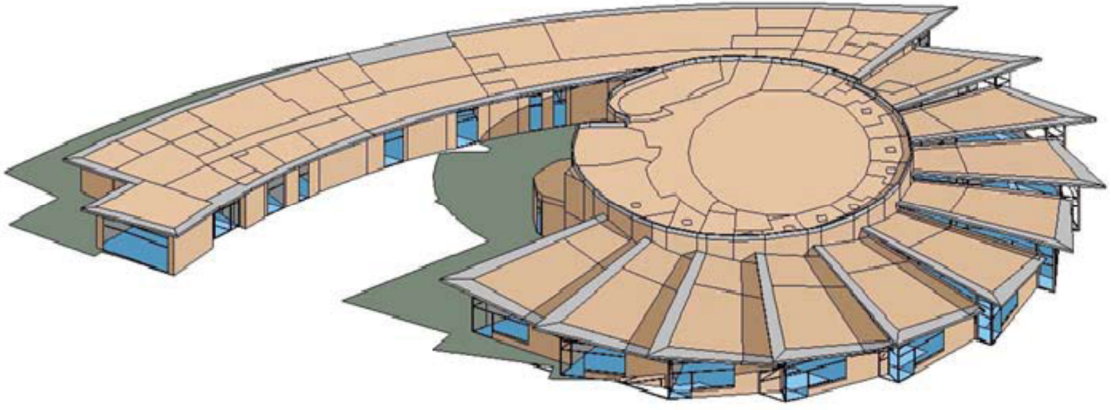
2.4 Enerji Performansı Yazılımları

Son yıllarda dünyada birçok enerji performansı hesaplama yazılımları geliştirilmiştir. Bu yazılımların hepsi saatlik iklim verilerini kullanarak binanın yıllık olarak enerji tüketimlerini hesaplamaktadırlar. Bu programlardan en çok bilinenleri DOE-2, EnergyPlus, eQUEST, HAP, TRACE ve IES <VE> olarak sayılabilir. HAP ve TRACE programları klima cihazı üreten firmaların hazırladığı programlardır. DOE-2 Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından desteklenen bir programdır. eQUEST programı ise DOE2 programının iyileştirilmesi, enerji verimliliği ölçme modülü ve grafik çıktılarının eklenmesi ile oluşturulmuş bir programdır. IES <VE> programında binanın üç boyutlu modellenmesi yapılarak bu model üzerinden enerji hesaplamaları yapılmaktadır. Türkiye’de ise BEPY kapsamında istenilen bilgilerin elde edilmesi için BEP-TR programı geliştirilmiştir. BEP-TR yazılımı internet tabanlı bir yazılımdır. Bu programın kullanımı ile ülkedeki tüm binaların sisteme girilerek enerji sınıflarının kayıt altına alınması planlanmaktadır.

Bu tez kapsamında incelenecek olan binanın ısı kaybı-kazancı hesapları ve yıllık enerji tüketim değerleri IES <VE> programı ile hesaplanacaktır.

2.4.1 IES <VE>

Programın tam adı “Integrated Environmental Solutions < Virtual Environment>” olarak geçmektedir. Programın içinde ModelIT, SunCast, Apache, Lighting, MacroFlo, MicroFlo gibi hesaplama modülleri vardır. ModelIT, binanın cad formatındaki çizimi kullanılarak üç boyutlu olarak modellendiği modüldür. Binayı üç boyutlu çizerken, binanın dış duvarları, camları ve kapılarının özellikleri de tanımlanır. Binanın kullanım şekline göre iç sıcaklıklar, aydınlatma değerleri ve iç yükler de tanımlanır. SunCast modülü ise binanın yönüne ve konumuna göre güneşin bina üzerine olan etkilerini göstermektedir. Simülasyon hesaplarında güneş yönleri hesaba katılır. Binada bulunan çıkıntıların gölgeleme etkileri çok net görülmüş olur. [12]



Şekil 2. 7 SunCast'e Göre Binanın Gölgeleme Durumu

Apache modülü ısı hesapların yapıldığı hesaplama modülüdür. IES hem ASHRAE hem de CIBSE'ye göre hesap yapabilmektedir. ASHRAE hesap yöntemi seçildiği zaman "ASHRAE Fundamentals" kitabında anlatılan "Heat Balance" hesap yöntemine göre ısı kazancı ve kayıpları hesaplanmaktadır.

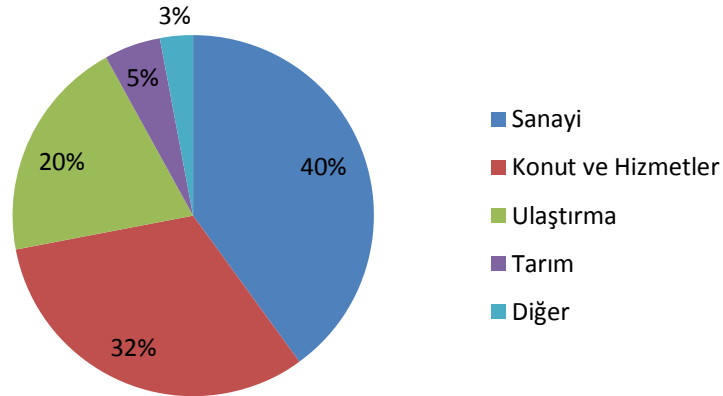
ApacheSim modülü, dinamik ısı simülasyon programıdır. Binanın enerji performansı hesaplama modülüdür. Binanın içinde ve etrafında oluşan ısı transfer proseslerinin matematiksel modellenmesine göre simülasyon yapılır. Bu simülasyon sonuçları "ASHRAE Standard 140 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs" standardına göre test edilmiş ve yeterli bulunmuştur. Simülasyon hesaplamalarında, gerçek iklim verileri ve güneş radyasyon değerleri kullanılarak, binanın dış duvarlarından ve camlarından olan ışınlama, taşınım ve iletim ile ısı transferleri belirlenir. Mahallerin iç yükleride bu hesaplar ile birleştirilerek mahallerin toplam ısı yükleri saatlik, aylık veya yıllık olarak hesaplanır.

MacroFlo hesaplama modülü ise rüzgar ile oluşan hava hareketlerinin hesaplanmasında kullanılır. MicroFlo ise bir CFD hesaplama modülüdür. Lighting modülünde ise gün ışığı analizleri ve ışık akısı hesaplamaları yapılabilir.

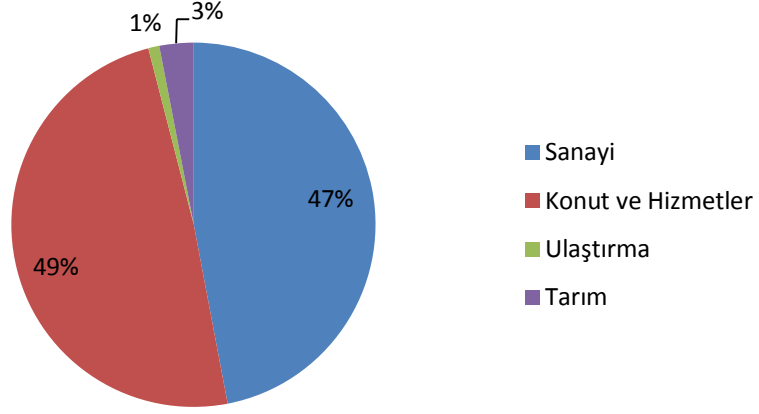
ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLARI

Binaların ısı kaybı ve ısı kazancı hesapları, iklimlendirme sistemlerinin ve ekipmanlarının tasarlanmasındaki en temel konudur. Bu hesaplar, sistemlerin kazan, soğutma grubu, vantilatör, pompa, boru çapı, kanal çaplarını ve diğer elemanların seçimi için kullanılmaktadır. Bu hesapların sonuçları, bina maliyetini, yaşam mahallerinin konforunu dolayısı ile çalışanların üretkenliğini, işletme maliyetlerini ve en önemlisi binanın enerji tüketim değerlerini etkilemektedir.

Şekil 3.1' de görüldüğü üzere enerjinin %32 lik bölümü konutlarda kullanılmaktadır.

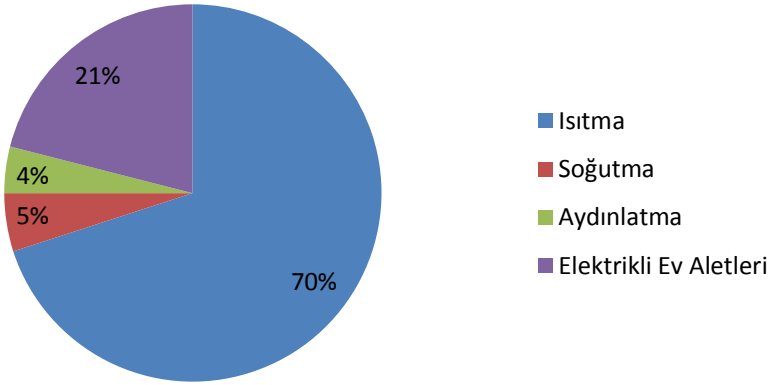


Şekil 3. 1 Türkiye’de Toplam Enerji Kullanımı
(Elektrik, Petrol, Gaz ve Kömür Toplamı)



Şekil 3. 2 Türkiyede'deki Elektrik Kullanımı

Şekil 3.2 incelendiğinde Türkiyede elektriğin % 49 konutlarda tüketilmektedir.



Şekil 3. 3 Binalardaki Enerji Tüketim Yerleri

Konutlarda enerji tüketiminin % 70 nin ısıtma amaçlı olarak kullanıldığı Şekil 3.3' den anlaşılmaktadır. Geriye kalan % 30 luk kısmı ise soğutma, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinde kullanılmaktadır. [13]

Binalardaki ısı kayıplarının düşürülmesi ile ısıtmada kullanılan enerji miktarları azaltılabilir.

3.1 Isıtma ve Soğutma Hesap Kriterleri

Isıtma ve soğutma yükü hesapları, binayı istenilen sıcaklık ve nemde tutmak için gerekli olan enerji miktarını ifade eder. Isıtma ve soğutma hesapları, dış hava koşullarına ve iç ortamda bulunan aydınlatma, insan ve kullanılan cihazların yaydıkları ısı miktarlarına göre belirlenmektedir. Binada, ısıtma ve soğutma konforunu sağlayan kazan ve soğutma grubu gibi cihazların seçilmesi için belirli bir zamanda oluşan en yüksek ısı yükünü bulmak gerekmektedir. Binanın yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketimi, saatlik ısı yükü hesapları ile yapılmalıdır.

3.1.1 Tasarım Kriterleri

İç ortam sıcaklıkları: Yaz ayları için 24 °C ve %50-%65 bağıl nem; Kış ayları için 20 °C ve %30 bağıl nem olarak hesaplarda alınmıştır.

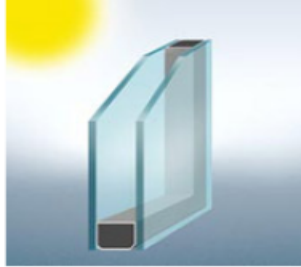
Dış Ortam Sıcaklıkları: Dış hava koşulları ise “2009 ASHRAE Handbook Fundamentals Chapter 14 ” bölümünden alınmaktadır. Kış sıcaklık değeri için yıllık %99,6 dilime göre olan sıcaklık değerleri, yaz sıcaklık değeri için %0,4 dilime göre olan sıcaklık değeri alınmaktadır. İstanbul için bu değerler kış ayları için -2,6°C ve yaz ayları için 31,1°C kuru termometre,21,4°C yaş termometre olarak alınmaktadır.

Isıtılmayan Komşu Hacim Sıcaklıkları: Isıtılan mahallere komşu olan ısıtılmayan bodrum kat depoları, çatı araları veya merdiven boşluklarının sıcaklıklarının hesaplanması gerekmektedir. Isıtılan mahal ile sıcaklık farkı nedeniyle bir ısı kaybı oluşmaktadır. Isıtılmayan mahallerin sıcaklıkları IES <VE> programında hesaplandıktan sonra ısı kayıpları hesaplanmaktadır.

Bina Bilgileri: Binanın ısı kaybeden yüzey alanları ve ısı geçirgenlik katsayıları belirlenmelidir. Isı geçirgenlik katsayıları TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre belirlenir. [14] Binada bulunan pencereler için ise ısı geçirgenlik katsayısı ve güneş ısı kazanç faktörü belirlenmelidir. Güneş ısı kazancı değeri yönlerine göre ve camın tipine göre belirlenir. Pencereler için ısı geçirgenlik faktörü çerçeve ve camın ortalama değeri alınarak bulunur. Güneş ısı kazanç faktörü, SHGC ya da g-Value olarak ifade edilmektedir. Standard renksiz bir düz çift cam için U ve SHGC değerleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Isıcam için U değeri 2,6 W/m²K ve güneş ısı kazancı

faktörü 0,75 olarak verilmektedir. SHGC faktörü, camın güneş enerjisi geçirgenliğini ifade etmektedir. Şekil 3.4’ te örnek ısıcam performans değerleri verilmiştir.

Performans Hesaplayıcı



Isıcam® Kombinasyonu

DIŞ CAM : 4 mm Renksiz Düzcam
ARA BOŞLUK : 16 mm Ara boşluk (Argon)
İÇ CAM : 4 mm Renksiz Düzcam

Gün Işığı Değerleri (EN 410)	Gün Işığı Geçirgenliği	: %80
	Gün Işığı Dışa Yansıtma	: %14
Güneş Enerjisi Değerleri (EN 410)	Güneş Enerjisi Direkt Geçirgenliği	: %69
	Güneş Enerjisi Dışa Yansıtma	: %12
	Güneş Enerjisi Soğurma	: %19
	Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenliği (Solar Faktör / g)	: 0,75
	Gölgeleme Katsayısı	: 0,86
Isı Geçirgenlik Katsayısı (EN 673)	U Değeri W/(m²K)	: 2,6

Şekil 3. 4 Isıcam Performans Değerleri

Hava Sızıntısı Değeri: Binalarda, rüzgarın ve basınç farkının etkisiyle pencerelerden, kapılardan, çatı ve baca açıklarından iklimlendirilmemiş hava kaçakları olmaktadır. Binada oluşan hava sızıntıları genelde rüzgârın yönüne ve şiddetine, sıcaklık farklarına, bina tipine ve yaşayanların açılabilir pencere kullanım oranına göre değişmektedir. Hesaplanan hava sızıntı debisine göre duyulur ve gizli ısı kazançları hesaplanarak toplam ısı yükleri elde edilir.

Çizelge 3.1 bina tipine göre hava sızıntısı değerlerini göstermektedir. Hesaplama 100 m² kat alanında, 2 katlı olan bir evin, 0 °C dış hava sıcaklığındaki hava sızıntı değeri hesaplanmıştır. Hava sızıntısı değeri ile mahal hacmi çarpıldığı zaman 1 saatteki içeri giren hava miktarı hesaplanmaktadır. “2009 ASHRAE Handbook Fundamentals Chapter 17 ” bölümündeki Tablo 3, 4 ve 5 nolu tablolar kullanılarak hava sızıntı değeri için aşağıdaki tablo oluşturulabilir.

Çizelge 3. 1 Bina Tipine Göre Hava Sızıntı Değerleri

Bina Sızıntı Tipi	Açıklama	Hava Sızıntısı Değeri (Hava Değişimi/Saat)
Sızdırmazlık Mükemmel	Özel sızdırmazlık malzemelerinin kullanıldığı bina	0,1
Sızdırmazlık İyi	Sızdırmazlık işlemlerinin yapıldığı bina	0,2
Sızdırmazlık Ortalama	Normal şartlarda yapılmış bina	0,4
Sızdırmazlık Zayıf	Eski Binalar (1970 öncesi)	0,8

3.1.2 Isıtma Yükleri

Binanın toplam ısıtma yükleri hesaplanırken, iletim yoluyla oluşan ısı kayıpları ve hava sızıntısı ile oluşan ısı kayıplarının toplamı bulunur. Bu toplamdan simülasyon hesaplarında, saatlik olarak hesaplanan güneş ısı kazançları ve iç ısı kazançları, toplam ısı kaybından çıkartılarak yıllık ısıtma yükü hesaplanmış olur. Böylelikle güneşten, insanlardan, aydınlatmadan ve benzeri ekipmanlardan gelen ısılar kazanç olarak ısıtma enerjisinde hesaplanmış olur. Isı kayıplarının hesaplanmasında Formül 3.1 ve 3.2 kullanılır.

$$Q_{\text{iletim}} = U \times A \times \Delta T \text{ (kW)} \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{sızıntı}} = 1,2 \times V \times \Delta T \text{ (kW)} \quad (3.2)$$

Q_{iletim} : İletimle olan ısı kaybı

$Q_{\text{sızıntı}}$: Hava sızıntısı ile olan ısı kaybı

U: Isı Geçirgenlik Katsayısı

A: Isı kaybeden yüzeylerin alanı

ΔT : İç ve Dış ortam sıcaklık farkı

V: Hava debisi

3.1.3 Soğutma Yükleri

Saatlik iklim verilerine göre tüm yükler hesaplanarak, en yüksek ısı kazancı hesaplanmaya çalışılır. Bilgisayar desteği ile yapılan bu hesaplamalarda, tüm yüklerin saatlik davranışları tanımlanmalıdır. Soğutma yüklerinin hesaplanmasında ASHRAE ısı denge yöntemi kullanılmıştır. Isıl denge yöntemi, yüzey sıcaklıklarının ve ısı akışının detaylı simülasyonunun yapılmasını sağlar. Isıl denge yöntemi, oda yüzeylerinde iletim,

taşınım ve ışınım yoluyla oluşan ısı transferinin dengenin ve oda içerisindeki diğer ısı yüklerinin hesaba katıldığı, gerçeğe en yakın modelin oluşturulduğu bir hesaplama yöntemidir. ısı kazancı meydana getiren yükler aşağıda tanımlanmıştır.

İnsanlardan Gelen ısı Kazancı: İnsanlar aktivite seviyesine göre ortama duyulur ısı ve gizli ısı yayarlar. İnsanların yaydığı ısılar izelge 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır.[15]

Çizelge 3. 2 İnsanlardan Yayılan ısı Kazançları

Aktivite Seviyesi	Duyulur ısı (W)	Gizli ısı (W)
Dinlenme veya Hafif alışma	70	45
Ağır alışma	170	255
Fitness	210	315

Aydınlatmadan Gelen ısı Kazancı: Yaşam mahallerin aydınlatılması için kullanılan armatrlerin yaydıkları ısı soğutma hesaplarında önemli bir etkendir. Aydınlatmadan gelen ısı kazançları armatr türüne göre değişmektedir. Akkor lambaların ürettiği ısı, elektronik balastlı (akım sınırlayıcı) armatrlere göre daha fazladır. Mahallerin aydınlatma gucu yoğunluğunu gösteren izelge 3.3 kullanılarak ve lamba tiplerine göre aydınlatmadan gelen ısı kazançları hesaplanmıştır.

Çizelge 3. 3 Mahal Tipine Göre Aydınlatma Yoğunluğu

Mahal Tipi	Aydınlatma Gucu (W/m ²)
Ofis	12
Eğitim Sınıfları	15
Yemek Salonu	23

Hava Sızıntısı ısı Kazancı: Binaya giren sızıntı havası debisine göre ısı kazancı hesabı yapılmalıdır. Dış hava sıcaklık ve nem değerleri, istenilen iç ortam şartlarına uymamaktadır. Bu nedenle hava sızıntısı debisinden gelen ısı kazancı duyulur ve gizli ısı kazancı olarak ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Hava sızıntısı ile oluşan duyulur ısı kazancı 3.3 ifadesiyle hesaplanmaktadır.

$$Q_{duyulur}=1,2x V x \Delta T \text{ (kW)} \quad (3.3)$$

Hava sızıntısı ile oluşan gizli ısı kazancı 3.4 ifadesiyle hesaplanmaktadır.

$$Q_{gizli}=1,2x V x 2500x\Delta W \text{ (kW)} \quad (3.4)$$

$Q_{duyulur}$: Hava sızıntısı duyulur olan ısı kazancı

Q_{gizli} : Hava sızıntısı gizli olan ısı kazancı

ΔW : İç ve Dış ortam mutlak nem farkı

ΔT : İç ve Dış ortam sıcaklık farkı

V : Hava debisi

Dış Cephelerden Gelen Isı Kazancı: Binalarda güneşten gelen ısı kazancı cam yüzeylerden kaynaklanmaktadır. Cam yüzeylerin üzerine gelen güneş radyasyonu bölgeye, yöne ve hava koşullarına göre hesaplanmalıdır. Bulunan bu değer camın SHGC değeri ve cam alanı ile çarpılarak cam yüzeyden mahale geçen güneş ısı kazancı hesaplanır. Güneş ısı kazançları 3.5 ifadesiyle hesaplanır.

$$Q_{ışınım}=E_t \times A_{cam} \times SHGC \text{ (W)} \quad (3.5)$$

Cam yüzeylerden ayrıca iletim yolu ile de ısı kazancı olmaktadır. Bu değerde ısı kazancına eklenerek toplam cam yüzeylerden olan ısı kazancı bulunmuş olur. Camlardan iletim ile oluşan ısı kazançları 3.6 ifadesiyle hesaplanır.

$$Q_{iletim}=U_{pencere} \times A_{pencere} \times \Delta T \text{ (kW)} \quad (3.6)$$

$Q_{ışınım}$: Güneş ışınımından ısı kazancı

Q_{iletim} : Pencereleden iletim ile ısı kazancı

$U_{pencere}$: Pencere toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı

$A_{pencere}$: Pencere alanı

ΔT : İç ve Dış ortam sıcaklık farkı

SHGC: Pencere güneş enerjisi geçirgenliği

V : Hava debisi

E_t : Toplam Güneş Işınım Şiddeti

Aşağıdaki tabloda İstanbul ili için hesaplamalarda kullanılan ve Carrier HAP 4.60 programından alınan güneş radyasyon şiddetleri görülmektedir.

Çizelge 3. 4 Yönlere Göre Güneş Radyasyon Değerleri

Yön	Ay	Saat	Radyasyon Şiddeti (W/m ²)
Kuzey	Ağustos	12.00	110,5
Güney	Ağustos	12.00	479,5
Doğu	Ağustos	08.00	669,3
Batı	Ağustos	16.00	670,7
Yatay	Ağustos	13.00	767,2

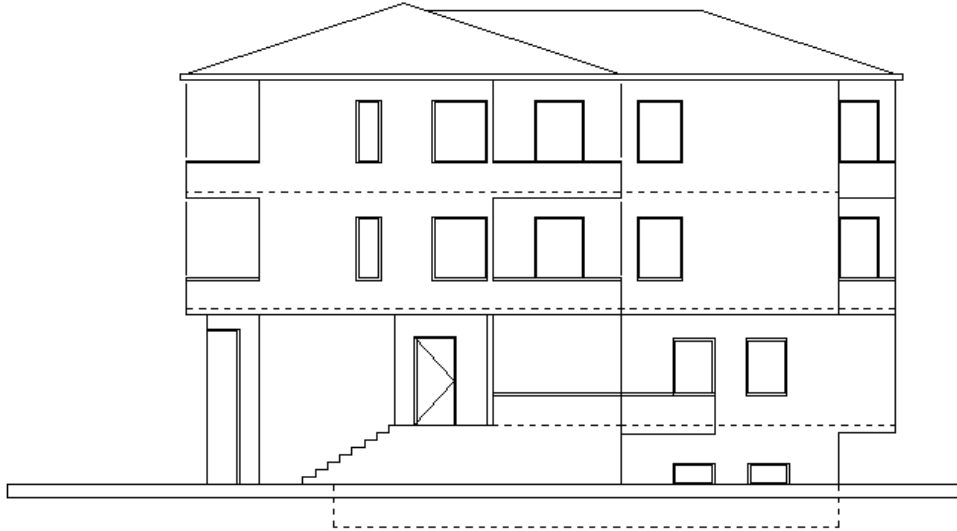
Pencereler üzerine gelen güneş radyasyon kazancını düşürmenin en etkili yolu dış gölgeleme yapmaktır. Dış gölgeleme ile güneş ısı kazançları % 80 oranında azaltılabilir. Çatı çıkıntıları ya da pencere üstüne yapılan saçaklar, panjurlar, bina dışına ekilen ağaçlar ya da bitkiler pencerelere gölgeleme etkisi yaratarak güneşten gelen ısı kazançlarını azaltırlar.

Panjur tipi dış gölgeleme sağlayan elemanların yarattığı gölgeleme etkisi panjurun profil açısına bağlı olarak tablolardan alınabilir. Penceredeki toplam gölgeleme etkisi panjurun gölgeleme faktörü ile camın gölgeleme faktörünün çarpılması ile bulunur.

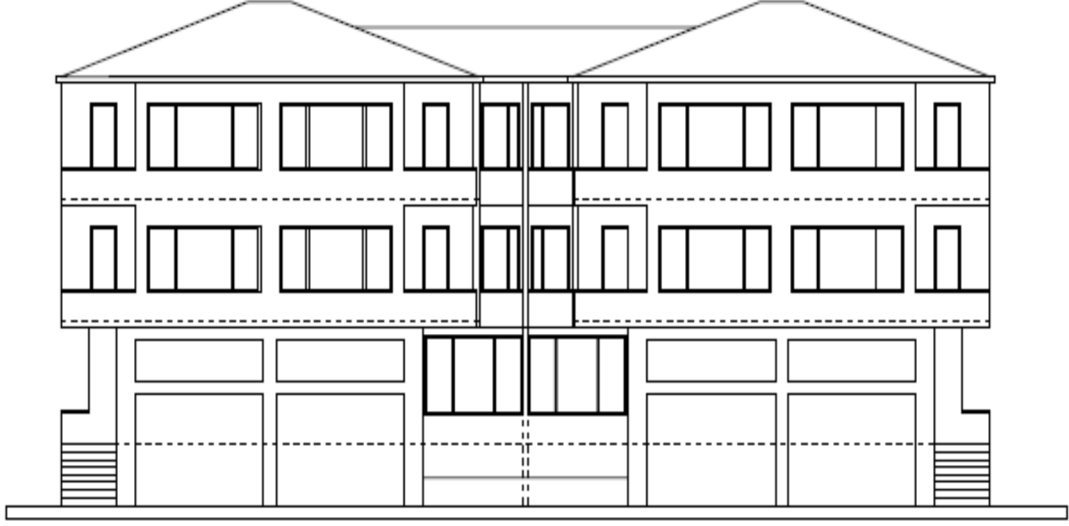
ISIL YÜKLERİN AZALTILMASI İÇİN YAPILAN İYİLEŞTİRMELER

4.1 Giriş

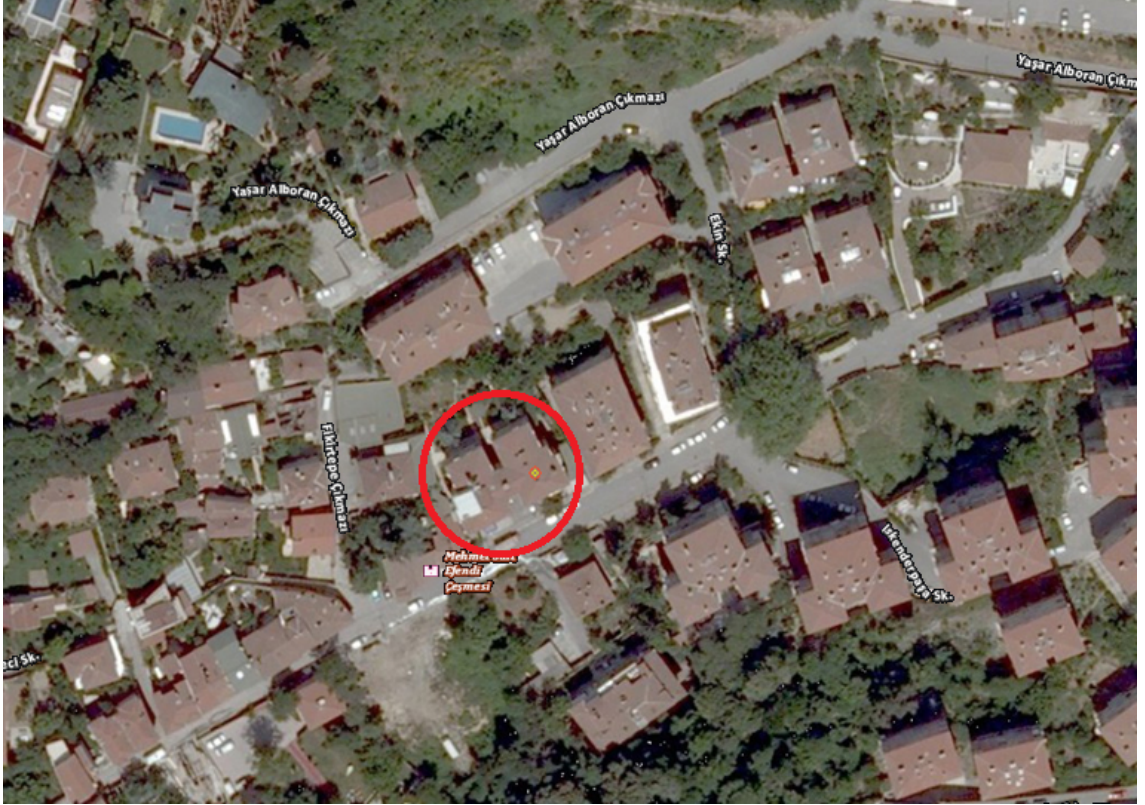
Bu tez çalışmasında İstanbul Kanlıca'da örnek olarak ele alınan binada, mimari ve yapı elemanları üzerinde ısı kaybı ve kazancını azaltacak yönde düzenlemeler yaz ve kış dönemleri için yapılmıştır. Binada yapılan düzenlemeler aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4. 1 Bina Yan Görünüşü



Şekil 4. 2 Bina Ön Görünüşü

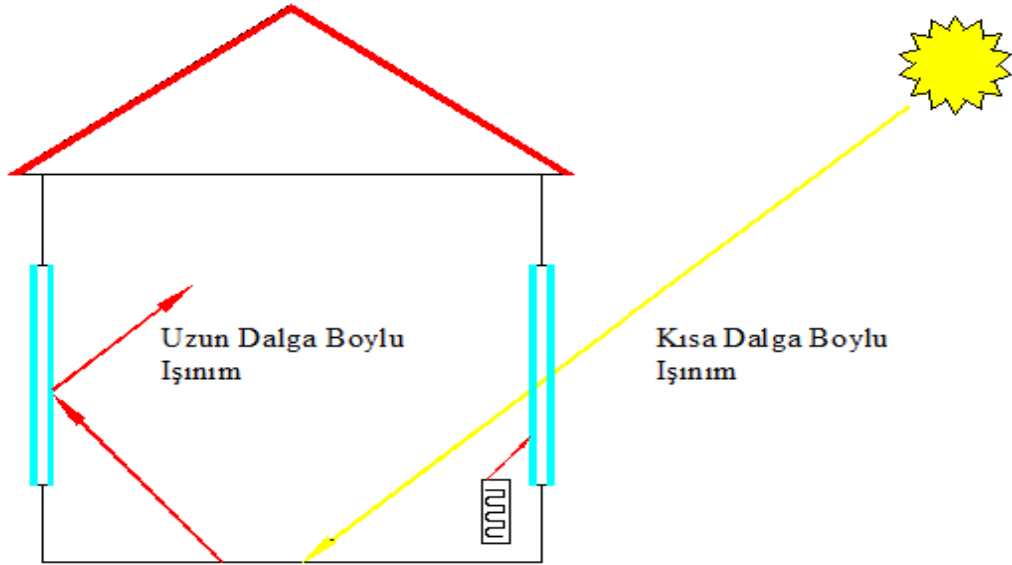


Şekil 4. 3 Bina Uydu Görünüşü

4.2 Pencere Alanları

Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları klasik bir çift cam için yalıtımlı bir duvara göre 4 kat daha fazladır. Bu da 4 kat daha fazla ısı kaybı anlamına gelir. Pencere alanlarını değiştirmek binanın ısı yüklerini etkilemektedir. Ayrıca pencerelerden oluşan güneş ısı kazançları da pencere alanı ve pencere özellikleri ile ilgilidir. Güneş ısı kazançları yazın soğutma yükü olarak enerji tüketimini arttırıcı yönde etki eder. Kışın ise güneşten gelen ısı, ısıtma için faydalı enerji olarak kullanılabilir.

Kışın oluşan ısı kazancı, camların güneşten gelen kısa dalga boylu ışınım için geçirgen olması, güneş radyasyonu oda içine girdikten sonra uzun dalga boylu ışınım ile geri yansımaları ve camların uzun dalga boylu ışınım için ise opak davranış göstermesi nedeniyle oluşur. Bu etki "sera etkisi" olarak bilinir.



Şekil 4. 4 Sera Etkisi

Şekil 4.4' de görüldüğü üzere kısa dalga boylu güneş ışınlarının ve ısı kaynakları tarafından yayılan kısa dalga boylu ışınımın cam yüzeyleri tarafından tutularak oda içine geri yansımaları ile oda ısınması sera etkisi olarak adlandırılır.

Mevcut binadaki güney cephede bulunan cam alanlarını artırarak kışın güneş ısı kazançlarının etkisi ile ısıtma yüklerini azaltmak hedeflenmiştir. Kuzey cephede

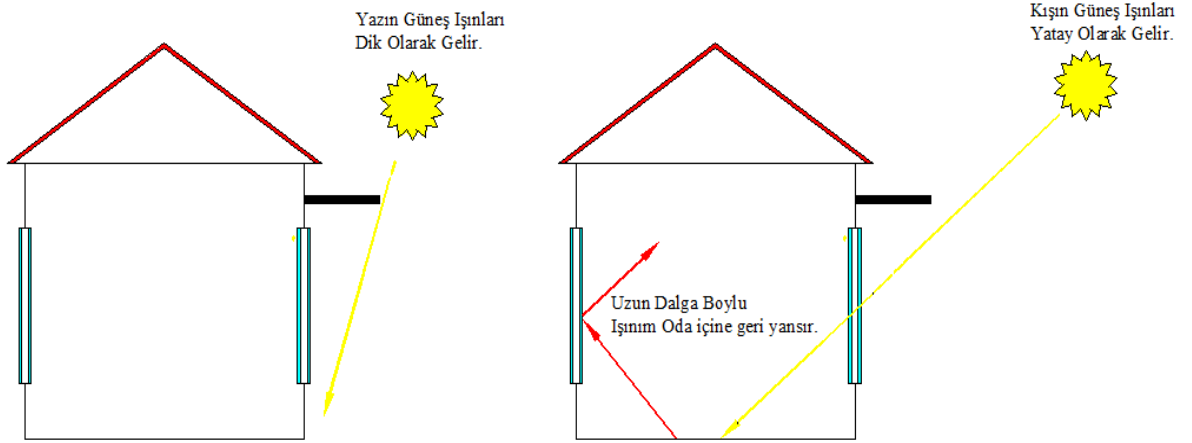
bulunan cam alanlarının azaltılması ile de camlardan iletimle olan ısı kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir. Çizelge 4.1’de mevcut bina ve yeni bina cam alanları yönlere göre verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Bina Cam Alanları

Yön	Mevcut Bina Cam Alanı (m ²)	Yeni Bina Cam Alanı (m ²)
Kuzey	57,5	48,5
Güney	121	137
Doğu	32,3	31,6
Batı	32,3	31,6

4.3 Pencere Saçakları

Yaz aylarında pencerelere gelen güneş ışınlarını önlemek için pencere üstlerine saçak yapılması düşünülmüştür. Saçak boyutları binanın bulunduğu iklime, binanın kullanım şekline, binanın yönüne ve gün ışığı analizlerine göre belirlenmelidir. Güney cephelerde, yatay saçaklar özellikle pik güneş yüklerinin azaltılması için kullanılırlar. Yatay saçak boyunun uzaması ile gün ışığında azalma meydana gelmektedir. Gün ışığındaki azalmalar da elektrik tüketimini arttırmaktadır. Doğu ve batı cephelerindeki pencereler için yatay saçak yerine dikey saçaklar daha etkili olmaktadır[16]. Kış aylarında güneş daha yatay açılarda geldiği için saçak güneş ışınları engellemez ve kışın güneş ısı kazancı elde edilir. Bu bina için düşünülen saçak boyutu yatay şekilde ve 1 m uzunluğunda olması belirlenmiştir.



Şekil 4. 5 Pencere Saçaklarının Güneş Işınına Etkisi

4.4 Pencere Özellikleri

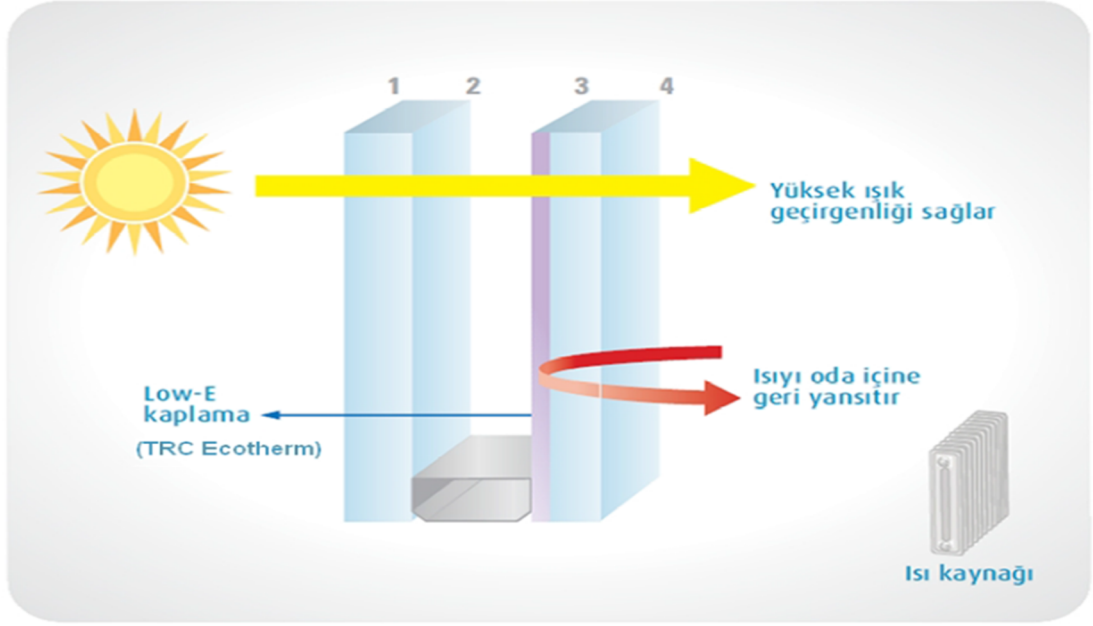
Pencerelerin termofiziksel özelliklerine göre binanın ısı kaybı, ısı kazancı ve gün ışığı geçirgenlik değerleri değişiklik göstermektedir. Enerji verimli bir bina için pencerelerin iyi tasarlanması gerekmektedir. Pencerelerin en önemli özellikleri ısı geçirgenlik katsayısı U , güneş enerjisi geçirgenlik faktörü SGHC ve gün ışığı faktörüdür. Pencerelerin çerçeve tipi, kullanılan camların sayısı ve ara boşluk için kullanılan malzeme tipi, camların kaplamalı olması gibi özelliklere göre pencerelerin termofiziksel özellikleri değişmektedir. Pencerenin U değeri bulunurken çerçeve için kullanılan malzeme ile camın U değerlerinin ortalaması alınmaktadır. Mevcut binada kullanılan çerçeve PVC esaslı olu $U_{\text{çerçeve}}=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak üretici kataloglarından alınmıştır.[17]. Mevcut binada kullanılan camlar klasik çift cam uygulamasıdır. $U_{\text{cam}}=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ [18]. Aşağıdaki tablo kullanılarak pencerenin toplam ısı geçirgenlik değeri bulunabilir [19]. Buna göre $U_{\text{pencere}}=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ alınabilir.

Cam Tipi	U _H W/m ² K	U _F (W/m ² K)								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Tek Cam	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
Çift Cam	3,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3	
Üçlü Cam	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8	

U_H: Camın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)
U_F: Çerçevenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)

Şekil 4. 6 Çerçeve ve Cam Tipine göre Toplam Pencere U değerleri

Pencereler için U değerini azaltmanın yöntemi çift cam yerine 3 cam kullanmak ve camların iç yüzeylerine düşük emisiviteli kaplamalar kullanmaktır. Düşük emisiviteli kaplamalar Low-E cam olarak adlandırılmaktadır. Low-E camlar oda içinden ışınım yolu ile kaybolan ısıyı yüksek yansıtma özelliği sayesinde geri kazandırdığı için camın toplam ısı geçirgenlik katsayısını iyileştirmektedir. Şekil 4. 6' da çerçeve ve cam tipine göre toplam pencere U değerleri verilmiştir.

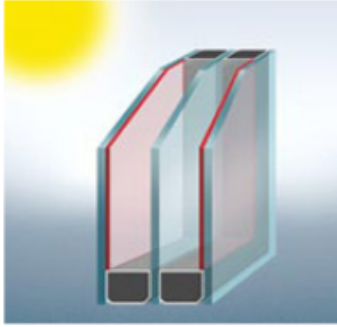


Şekil 4. 7 Low-E Kaplamalı Cam Kesiti

Low-E kaplamalı camların ısı kayıpları düşüktür. Bu nedenle soğuk iklimlerde tercih edilmektedirler. Yazın güneş ısı kazançlarını engellemek için güneş kontrol kaplamaları kullanmak daha etkili olmaktadır. Bu tür kaplamalar kullanıldığı zaman kışın güneşten faydalı ısı kazançlarında azalma meydana gelir. Camların kaplama türlerininin seçimi yapılırken binanın ısıtma ya da soğutma yüklerine bakılarak karar verilmelidir. [20]

Cam üreticilerinin hesaplama yöntemi ile hesaplanan üçlü camın performans değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Performans Hesaplayıcı



Isıcam® Kombinasyonu

DIŞ CAM	: 4 mm Low E (2. yüzey)
1. ARA BOŞLUK	: 16 mm Ara Boşluk (Argon)
ORTA CAM	: 4 mm Renksiz Düzcam
2. ARA BOŞLUK	: 16 mm Ara Boşluk (Argon)
İÇ CAM	: 4 mm Low E (5. yüzey)

Gün Işığı Değerleri (EN 410)	Gün Işığı Geçirgenliği	: %69
	Gün Işığı Dışa Yansıtma	: %14
Güneş Enerjisi Değerleri (EN 410)	Güneş Enerjisi Direkt Geçirgenliği	: %39
	Güneş Enerjisi Dışa Yansıtma	: %28
	Güneş Enerjisi Soğurma	: %34
	Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenliği (Solar Faktör / g)	: 0,48
	Gölgeleme Katsayısı	: 0,55
Isı Geçirgenlik Katsayısı (EN 673)	U Değeri W/(m²K)	: 0,6

Şekil 4. 8 Üçlü Cam ve Low-E Kaplama Uygulaması

Mevcut binada kullanılan klasik çift cam yerine, şekilde gösterilen Low-E kaplamalı bir üçlü cam kullanıldığı zaman pencerenin toplam ısı geçirgenlik direnci Şekil 4.6' dan $U_{pencere}=0,9 \text{ W/m}^2\text{°K}$ olarak alınabilir.

Camların güneş ısı kazançları cam üzerine yapılan kaplamalar ile değişmektedir. Bu şeffaf tek cam için 1 değerindedir. Güneş kontrol kaplamalarının yapılması ile bu faktör 0,3 değerlerine düşürülebilir. Low-E kaplamalarının güneş kontrolleri, güneş kontrol kaplamalı camlara göre daha düşüktür. Yukarıda seçilen Low-E kaplamalı üçlü cam için SHGC=0,48 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2' de mevcut bina ve yeni bina için hesaplamalarda kullanılan değerler verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Camların Özellikleri

Bina Durumu	Cam Türü	Camın Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² K)	Doğrama Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² K)	Pencere Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² K)	SHGC Katsayısı
Mevcut Bina	Klasik Çift Cam	2,6	1,4	2,5	0,75
Yeni Bina	Low-E Kaplamalı Üçlü Cam	0,6	1,4	0,9	0,48

4.5 Dış Duvarların Yalıtım Kalınlığı

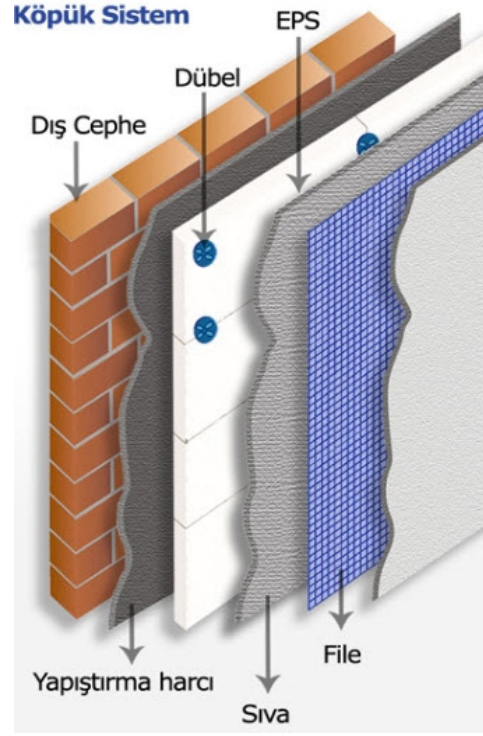
Isı kaybı hesaplarında dış duvarların ısı geçirgenlik değerleri önemlidir. Isı geçirgenlik katsayısı ne kadar büyük olursa ısı kaybı o kadar fazla olmaktadır. Yalıtım kalınlıkları “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre belirlenir. Bu standartta iller derece gün sayılarına göre bölgelere ayrılmıştır. İstanbul 2. bölgededir. [14]

Çizelge 4. 3 TS 825’e Göre Tavsiye Edilen Yalıtım Kalınlıkları

	U _D (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _t (W/m ² K)	U _P (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Bu bölge için tavsiye edilen yalıtım kalınlığı, ısı geçirgenlik değerinin 0,6 W/m²°K altında kalmasını sağlayan yalıtım kalınlığıdır. Binada kullanılan dış duvar detayı Şekil 4.9’ da gösterilmiştir. Mevcut binada yalıtım malzemesi olarak 3 cm EPS kullanılmıştır. Mevcut binanın dış duvar ısı geçirgenlik değeri de 0,61 W/m²K hesaplanmıştır. Bu değer TS 825’in tavsiye ettiği değere yakın bir değerdir. Binanın yalıtım değerlerini daha uygun hale getirmek için izolasyon kalınlığı artırılmıştır. İstanbul ili için, yakıt maliyeti ve izolasyon maliyetini göz önünde bulundurarak yapılan çalışmalara göre optimum yalıtım kalınlığı 8 cm olarak hesaplanmıştır. [21] Mevcut binada ısıtılmayan hacim olan bodrum kat deposu ile temasta olan zemin kat döşemesinde de izolasyon yapılmamıştır. Bu döşemeye de izolasyonun yapılması ısı kayıplarını azaltıcı faktör olacaktır. Mevcut binada çatı arasında 5 cm taşyünü izolasyon yapılmış ve tavan ısı

geçirgenlik sayısı $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır. Bu değer TS 825’de tavsiye edilen değerün üstündedir. Tavan yalıtım kalınlığı da 9 cm taş yünü olarak değiştirilmiştir.



Şekil 4. 9 Mevcut Bina Dış Duvar Detayı

Çizelge 4.4’ te mevcut binadaki dış cephelerin U değerlerinin hesabı verilmiştir. Çizelge 4.5 te yapılan iyileştirmeler sonrası dış duvar, tavan ve zemin için hesaplarda kullanılan U değerleri görülmektedir.

Çizelge 4. 4 Mevcut Bina Isı Geçirgenlik Katsayıları

Dış Duvar Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R (m ² .K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m ² .K)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,13	U=1/R _T
İç Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,02	1,6	0,013	
Ytong Duvar (Gaz Beton Levha 6.1.1)	0,2	0,29	0,690	
Dış Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,02	1,6	0,013	
Köpük (Expand Polistren Köpük 10.3.1.1)	0,03	0,04	0,750	
Dış Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,006	1,6	0,004	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,04	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T (m².K/W)			1,64	0,61

Tavan Döşemesi Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R (m ² .K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m ² .K)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,13	U=1/R _T
Betonarme Döşeme (Donatılı 5.1)	0,2	2,5	0,080	
Cam Yünü (Mineral Cam Yünü 10.5)	0,05	0,04	1,250	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,08	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T (m².K/W)			1,54	0,65

Zemin Kat Döşemesi Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R (m ² .K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m ² .K)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,17	U=1/R _T
Şap	0,02	1,4	0,014	
Betonarme Döşeme (Donatılı 5.1)	0,2	2,5	0,080	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,04	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T (m².K/W)			0,30	3,29

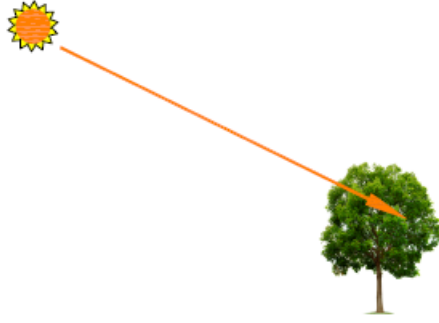
Çizelge 4. 5 Yeni Bina Isı Geçirgenlik Katsayıları

Dış Duvar Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R ($m^2 \cdot K/W$)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/ $m^2 \cdot K$)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,13	U=1/R _T
İç Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,02	1,6	0,013	
Ytong Duvar (Gaz Beton Levha 6.1.1)	0,2	0,29	0,690	
Dış Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,02	1,6	0,013	
Köpük (Expande Polistren Köpük 10.3.1.1)	0,08	0,04	2,000	
Dış Sıva (Çimento Harcı 4.2)	0,006	1,6	0,004	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,04	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T ($m^2 \cdot K/W$)			2,89	
Tavan Döşemesi Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R ($m^2 \cdot K/W$)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/ $m^2 \cdot K$)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,13	U=1/R _T
Betonarme Döşeme (Donatılı 5.1)	0,2	2,5	0,080	
Cam Yünü (Mineral Cam Yünü 10.5)	0,09	0,04	2,250	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,08	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T ($m^2 \cdot K/W$)			2,54	
Zemin Kat Döşemesi Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı				
Yapı Bileşeni	Yapı Bileşeni Kalınlığı (m)	Isıl İletkenliği Hesap Değeri λ_h (W/m.K)	Isıl Geçirgenlik Direnci R ($m^2 \cdot K/W$)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/ $m^2 \cdot K$)
İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,17	U=1/R _T
Şap	0,02	1,4	0,014	
XPS (Polistren Köpük 10.3.2.1)	0,02	0,035	0,571	
Betonarme Döşeme (Donatılı 5.1)	0,2	2,5	0,080	
Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci	-	-	0,04	
Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci R_T ($m^2 \cdot K/W$)			0,88	

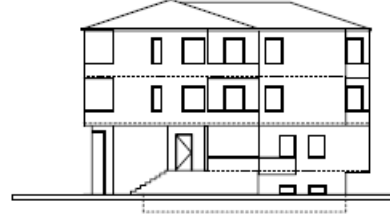
4.6 Binanın Güney Cephesine Kışın Yapraklarını Döken Ağaç Ekilmesi

Binanın güney cephesi güneş ısı kazançlarının en fazla olduğu cephedir. Bu cephedeki güneş ısı kazançlarının azaltılması için kışın yapraklarını döken ağaç dikilmesi düşünülmüştür. Bu ağaçlar, yazın camlara gölgeleme etkisi yaparak camlardan olan ısı kazançlarını azaltma yönünde etki edecektir. Kışın ise ağaçlar yapraklarını dökerek, kış güneşinden ısı kazancı olarak faydalanılması düşünülmektedir.

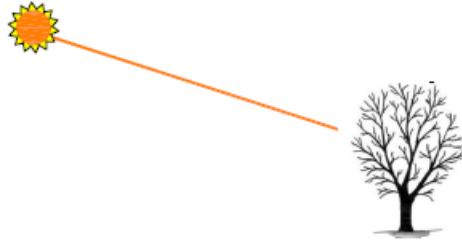
Yaz Güneşi



Güneş Isı Kazancı azalır.



Kış Güneşi



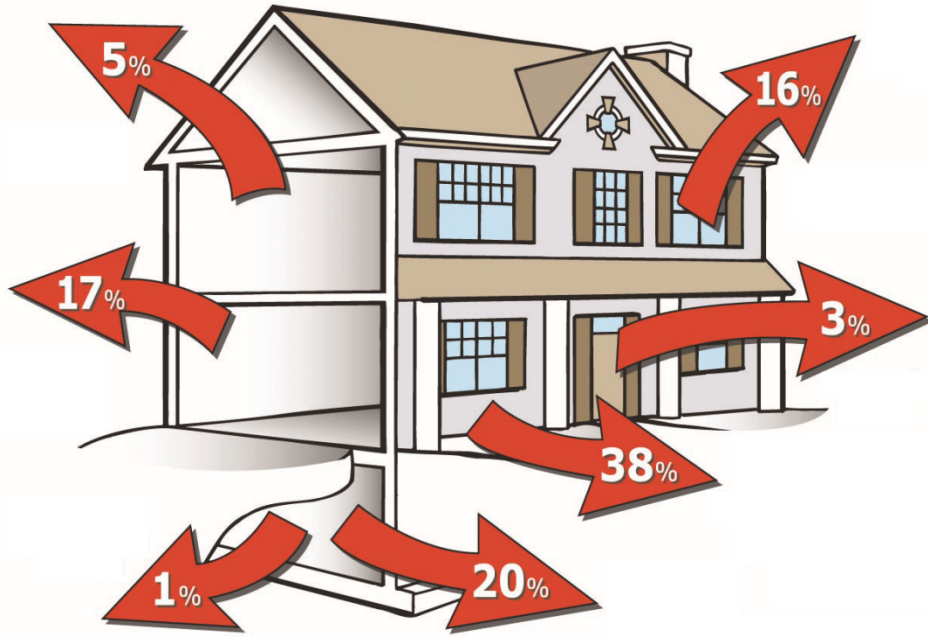
Güneş Isı Kazancı elde edilir.



Şekil 4. 10 Ağaçların Gölgeleme Etkisi

4.7 Hava Sızıntılarının Engellenmesi

Hava sızıntıları binanın ısı kayıp ve kazançları için önemli bir değerdir. Mevcut binada hava sızıntısı değeri 0,5 ach olarak hesaplanmıştır. Mevcut binada yapılan iyileştirmeler ile bu değerin 0,25 ach değerine getirilmesi mümkündür. Mevcut binadaki pencerelerin yenilenerek üçlü cam olarak kullanılması ve duvar, çatılar açıklıklarının özel sızdırmaz malzemeler ile onarılması, bu değerin elde edilmesini sağlayabilir. Aşağıdaki şekilde hava sızıntılarının meydana geldiği bölgeler ve sızıntı oranları görülebilir.



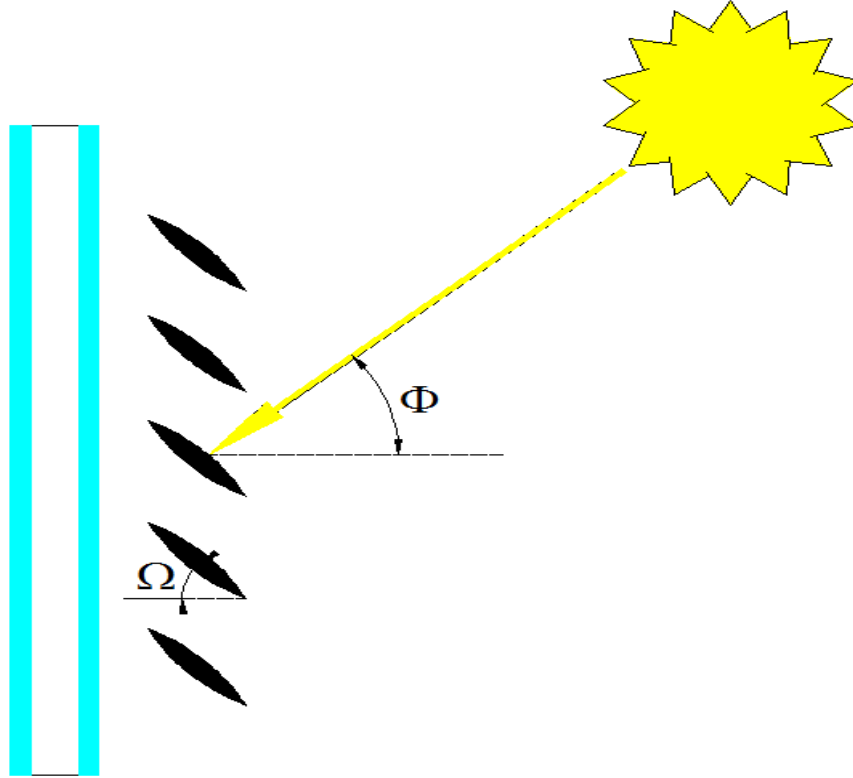
Şekil 4. 11 Hava Sızıntısı Olan Bölgeler

Şekilde görüldüğü gibi pencerelerden % 16 oranında hava sızıntısı, duvar, kapı ve pencere çatlaklarından % 38 oranında hava sızıntısı oluşmaktadır. Buradaki sorunların giderilmesi ile % 50 oranında hava sızıntı değeri azaltılabilmektedir.

4.8 Batı Cephesindeki Pencerelele Dış Panjur Konulması

Panjurlar, güneş geliş açısına ve panjur profil açlarına göre güneş ısı kazançlarını azaltırlar. Panjur profil açısı $\Omega=0$ ise panjur açık konumda olmaktadır. Panjurun kapalı olması durumunda güneş ısı kazançları sıfırdır.

Mevcut binada pencerelerde panjur kullanılmamıştır. Güneş ısı kazançlarını azaltmak için yeni binada batı cephesindeki pencerelere panjur uygulaması yapılacaktır. Panjur profil açları 45° olarak hesap yapılacaktır.

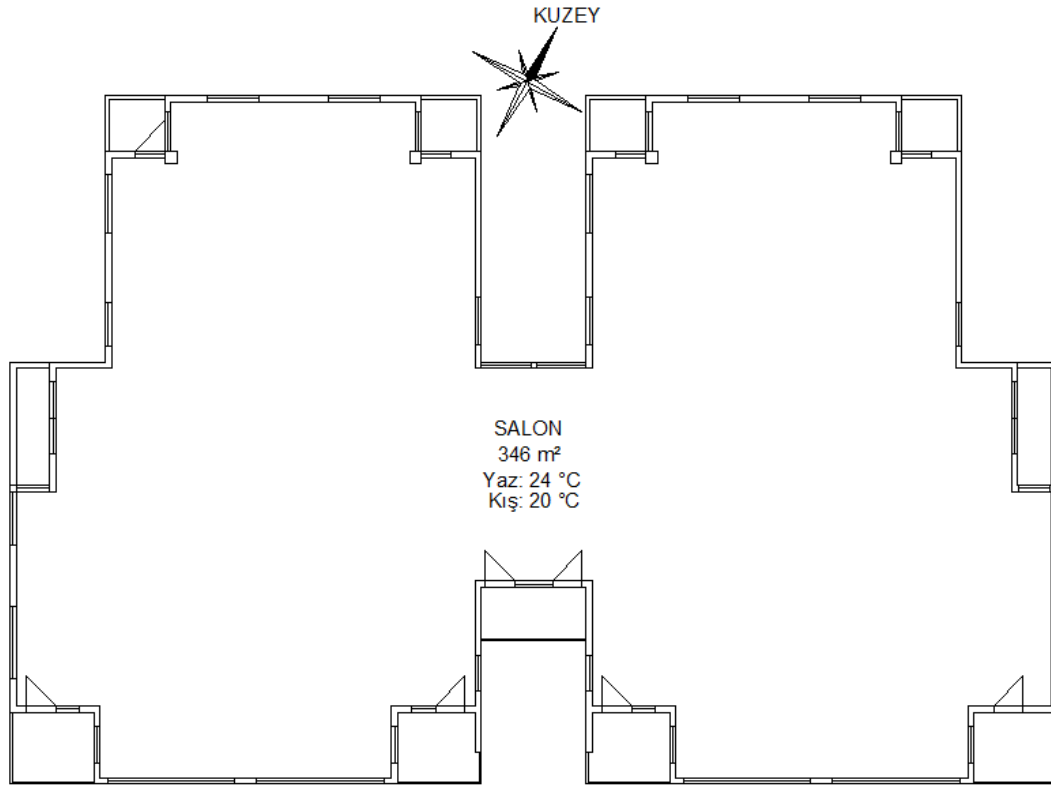


Şekil 4. 12 Dış Cephe Panjur Uygulaması

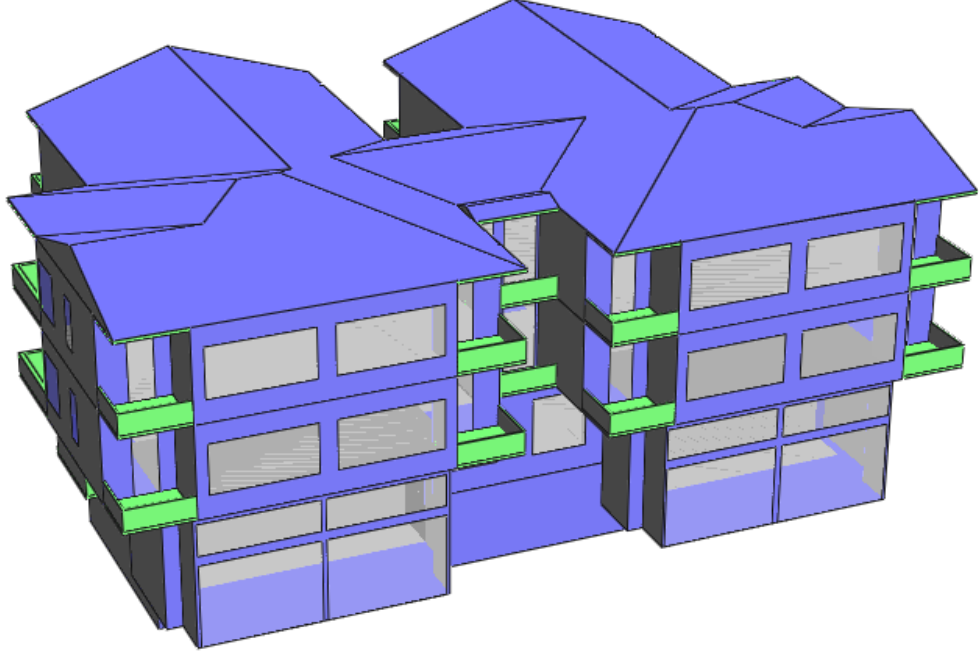
ISITMA SOĞUTMA HESAPLARI

5.1 Mevcut Bina Hesapları

İstanbul Kanlıca'da mevcut olan binanın ısıtma ve soğutma hesapları IES <VE> programı ile hesaplanmıştır. Hesabı yapılacak binanın normal kat planı Şekil 5.1' de verilmiştir.

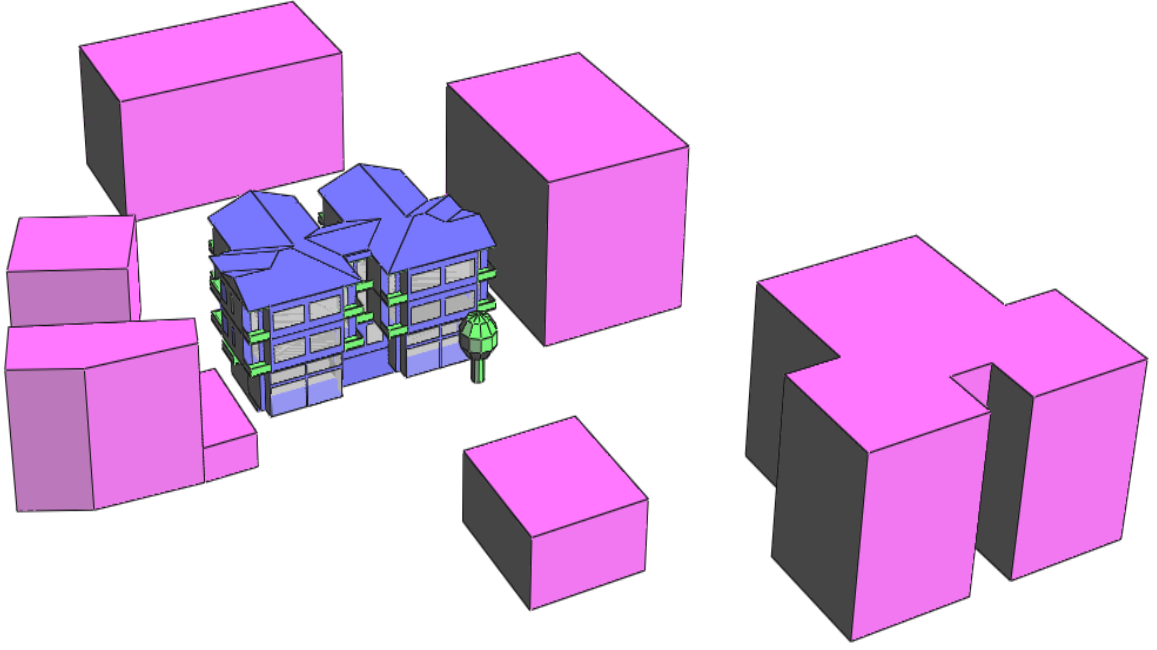


Şekil 5. 1 Mevcut Bina Normal Kat Planı

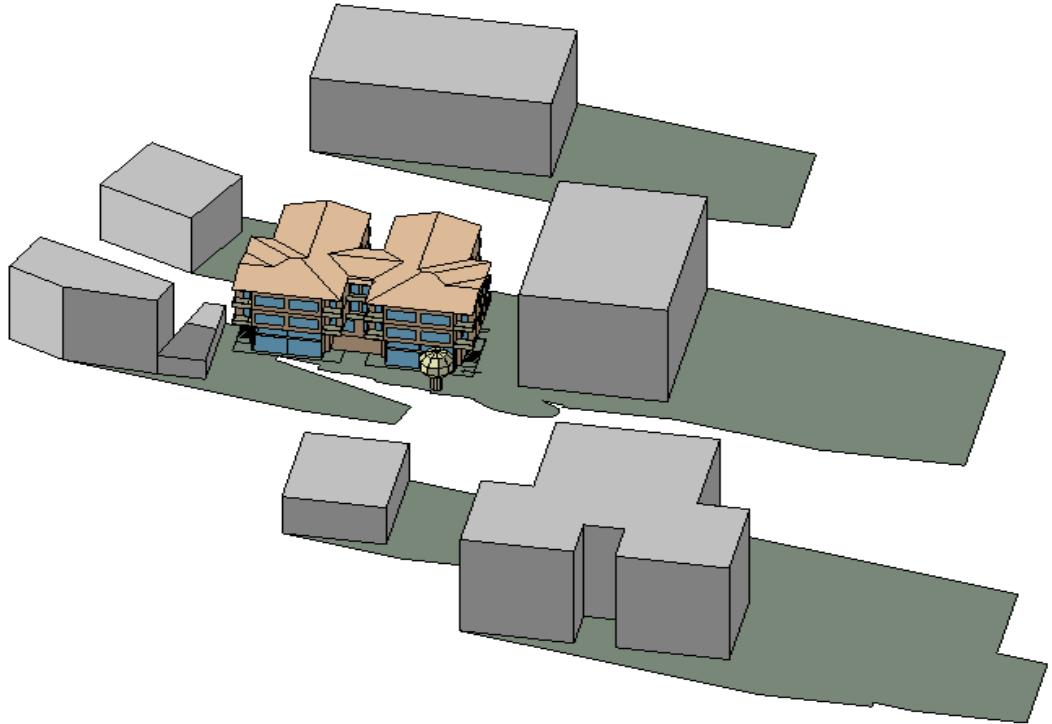


Şekil 5. 2 Mevcut Bina Görünüşü

IES <VE> ile yapılan hesaplamalarda, mevcut bina Şek. 5. 2' de görüldüğü üzere modellenmiştir. Bu modelde, güneşin saatlik konumu ve Çizelge 5.1' deki verilere göre saatlik ısıtma ve soğutma hesapları yapılmıştır. Güneş ısı kazançlarını etkilediği için binanın etrafındaki komşu binalar da modellenerek gölgeleme etkileri hesaba katılmıştır. Komşu binaların konumlarını gösteren model Şekil 5.3 ve 5.4 te verilmiştir.



Şekil 5. 3 Komşu Binaların Görünüşü



Şekil 5. 4 Komşu Binaların Gölgeleme Etkisi

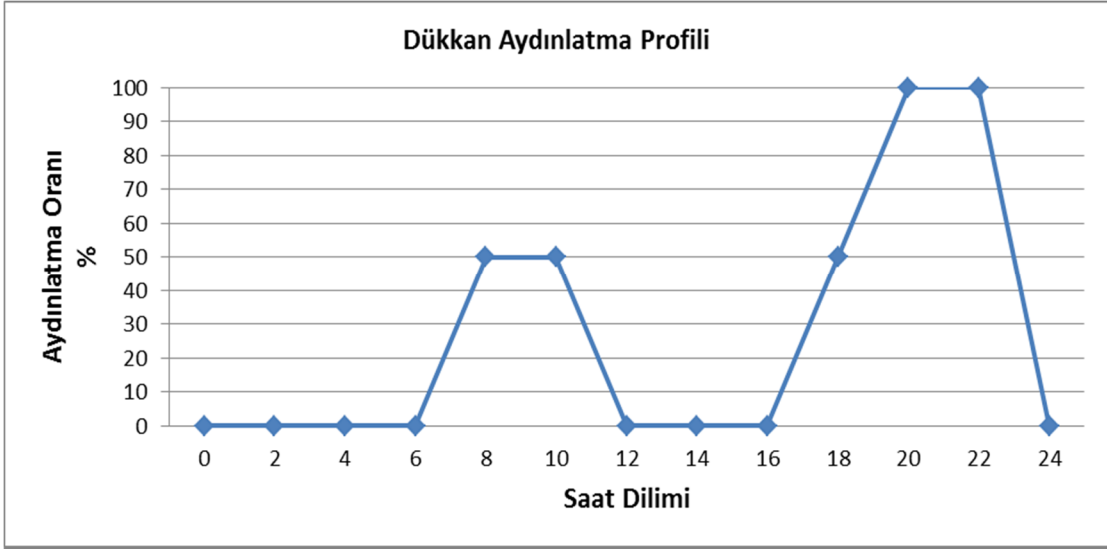
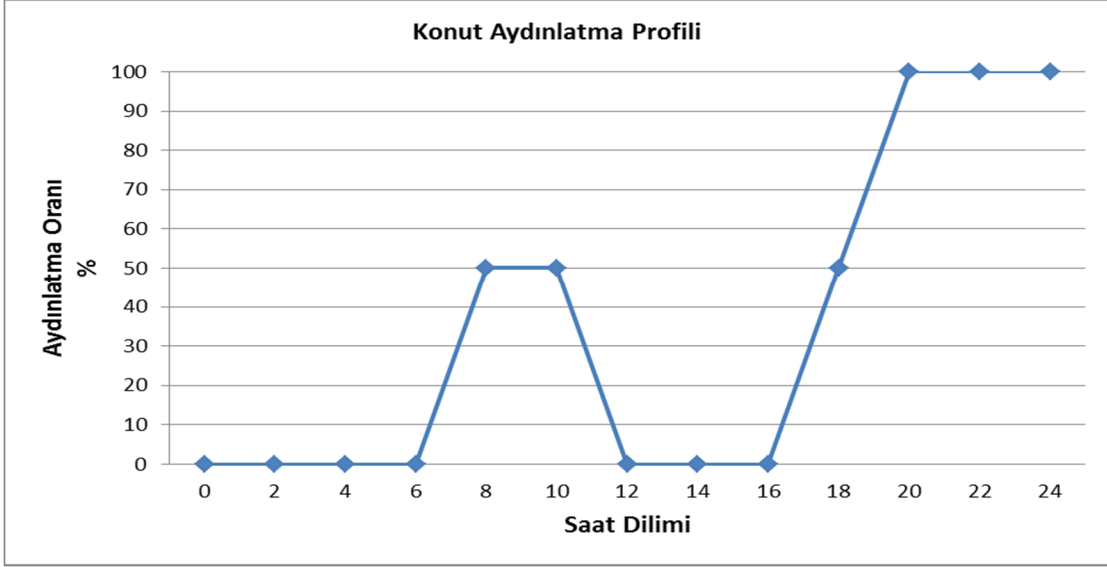
15 Eylül Saat 16.00

Çizelge 5. 1 Mevcut Bina Bilgileri

Bina Bilgileri	
Bina Yeri	İstanbul, Kanlıca
Enlem, Boylam, Rakım	40,97 Kuzey, 28,82 Doğu, 37 m
Bina Net Alanı	957 m ²
Bina Kat Sayısı	2 Normal Kat, 1 Zemin Kat, 1 Bodrum Kat
U _{dd}	0,61 W/m ² K
U _p	2,5 W/m ² K
U _t	0,65 W/m ² K
U _{dö}	3,29 W/m ² K
SHGC _{Pencere}	0,75
Aydınlatma Gücü _{Dükkan}	30 W/m ²
Aydınlatma Gücü _{Konut}	15 W/m ²
İnsan Sayısı _{Dükkan}	10 Kişi
İnsan Sayısı _{Konut}	8 Kişi
Yaz Hava Sızıntı Katsayısı	0,25 Ach
Kış Hava Sızıntı Katsayısı	0,5 Ach
Kişi Başı Duyulur Isı Kazancı	75 W
Kişi Başı Gizli Isı Kazancı	55 W
İç Ortam Yaz Sıcaklığı	24 °C
İç Ortam Kış Sıcaklığı	20 °C
Dış Hava Bilgileri	
Yaz KT Sıcaklığı	33 °C
Yaz YT Sıcaklığı	22 °C
Kış Tasarım Sıcaklığı	-2,6 °C

Isıtma soğutma hesapları için alınan değerler Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Saatlik ısı kazancı ve ısı kaybı hesaplarında, tüm iç ısı kazançlarının etkisi hesaplamalara dâhil edilmektedir. Bu nedenle konut ve dükkân mahallerinde aydınlatma ve insan yüklerinin saatlik yük profilleri tanımlanmıştır. Yıllık enerji tüketiminde hesapların doğru hesaplanması için bu profillerin doğru tanımlanması gerekmektedir. Konut ve dükkân aydınlatmaları gece 24.00 saatinden sabah 06.00 saatine kadar kapalı olduğu varsayılarak hesap yapılmıştır. Şekil 5.5' te iç yüklerin profilleri gösterilmiştir.



Şekil 5. 5 İç Yüklerin Saatlik Profilleri

5.2 Mevcut Bina Hesap Sonuçları

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'de ısıtma ve soğutma yük hesaplarının sonuçları gösterilmiştir. Bu hesaplar ısıtma ve soğutma için kullanılacak cihaz seçimlerinde kullanılan değerleri göstermektedir. Çizelge 5.4 ve Şekil 5.6'da yıllık ısıtma, Çizelge 5.5 ve Şekil 5.7'de yıllık soğutma enerji tüketim değerlerini göstermektedir. Bu sonuçlar iyileştirme yapılan binanın sonuçları ile karşılaştırılarak ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacındaki azalma hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 2 Mevcut Bina Isıtma Yükleri

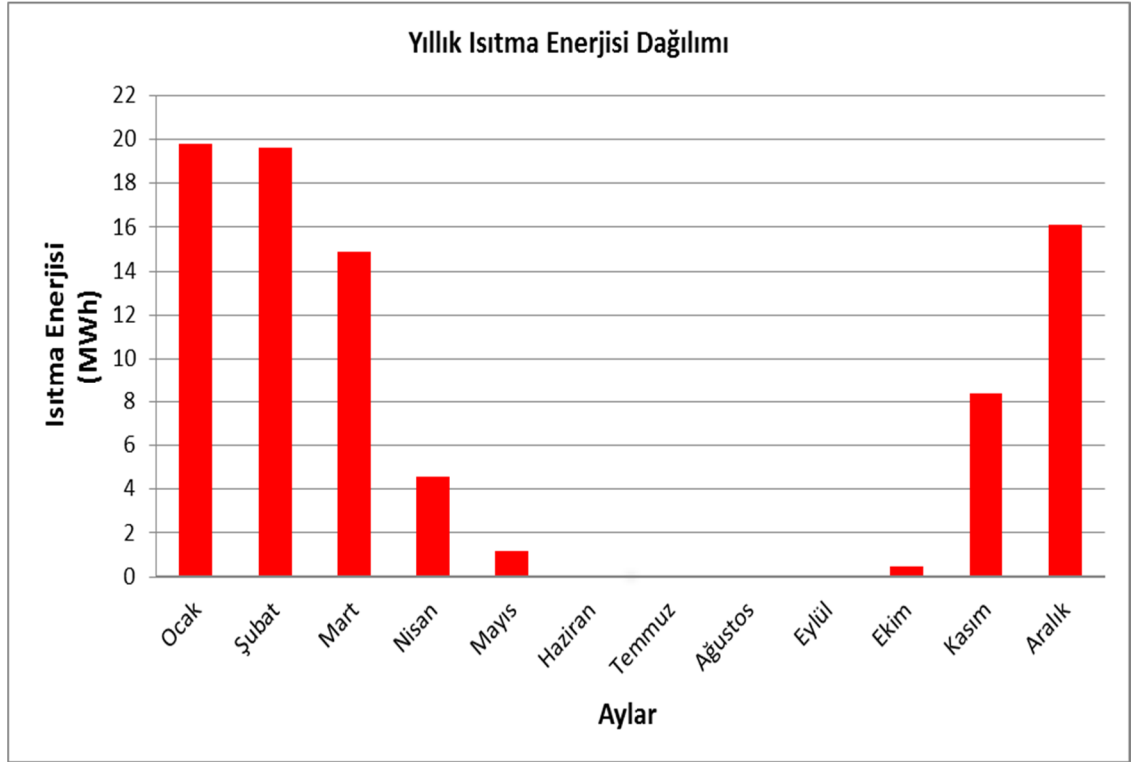
Mahal İsmi	Mahal Sıcaklığı (°C)	Dış Yüzeylerden Isı Kaybı (kW)	İç Yüzeylerden Isı Kaybı (kW)	Hava Sızıntısı Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)
Dükkan	20	4,1	0,59	0,64	5,33
Dükkan	20	4,1	0,59	0,64	5,33
Zemim Kat	20	4,86	8,36	2,23	15,45
1.Normal Kat	20	9,43	0,14	4,01	13,58
2.Normal Kat	20	7,52	4,4	4,01	15,93
Depo	4,6	-	-	-	-
Çatı Arası	-0,9	-	-	-	-
TOPLAM ISITMA YÜKÜ					55,62

Çizelge 5. 3 Mevcut Bina Soğutma Yükleri

Mahal İsmi	Mahal Sıcaklığı (°C)	Duyulur Isı Kazancı (kW)	Gizli Isı Kazancı (kW)	Toplam Isı Kazancı (kW)
Dükkan	24	4,46	0,52	4,98
Dükkan	24	6,96	0,31	7,27
Zemim Kat	24	8,57	0,35	8,92
1.Normal Kat	24	11,43	0,28	11,71
2.Normal Kat	24	13,2	0,28	13,48
Depo	28	-	-	-
Çatı Arası	47,3	-	-	-
TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ				46,36

Çizelge 5. 4 Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi

Aylara Göre Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
19,86	19,67	14,89	4,56	1,15	0	0	0	0	0,48	8,44	16,14	85,19

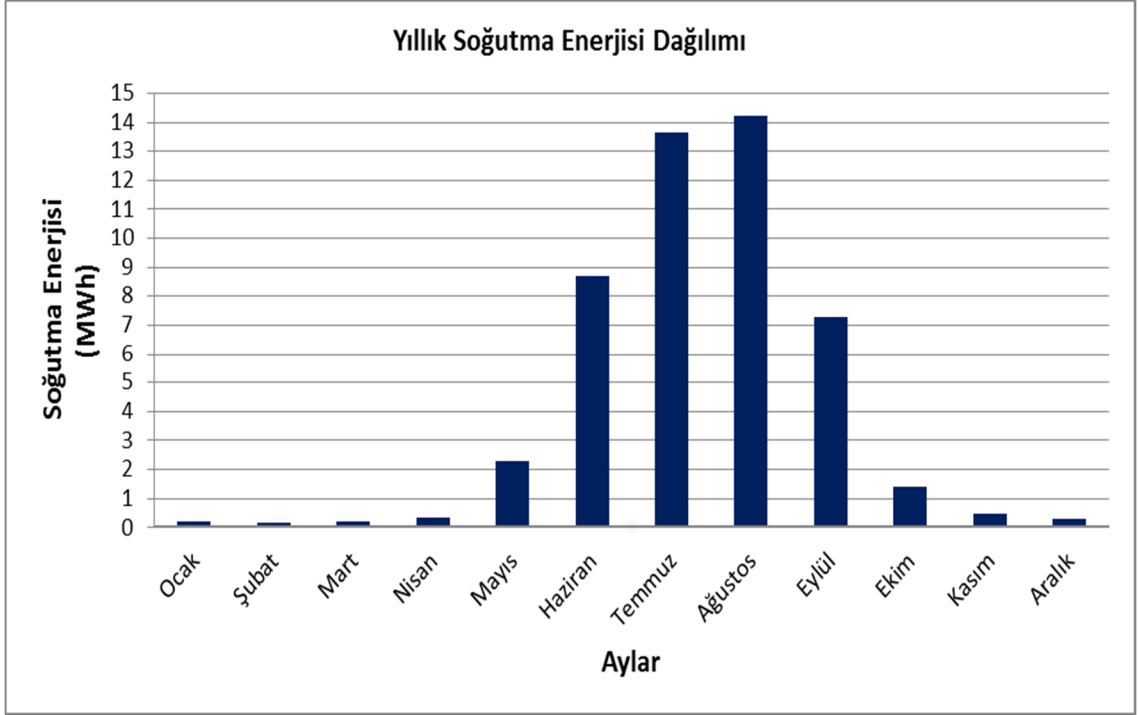


Şekil 5. 6 Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi

Yıllık ısıtma enerjisi dağılımından görüldüğü gibi, en yüksek ısıtma ihtiyacı Ocak ve Şubat aylarında olmaktadır. İstanbul için ısıtma mevsimi Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayı olduğu bu grafiklerden anlaşılmaktadır.

Çizelge 5. 5 Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi

Aylara Göre Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
0,21	0,15	0,21	0,35	2,31	8,80	13,72	14,29	7,35	1,44	0,48	0,30	49,61

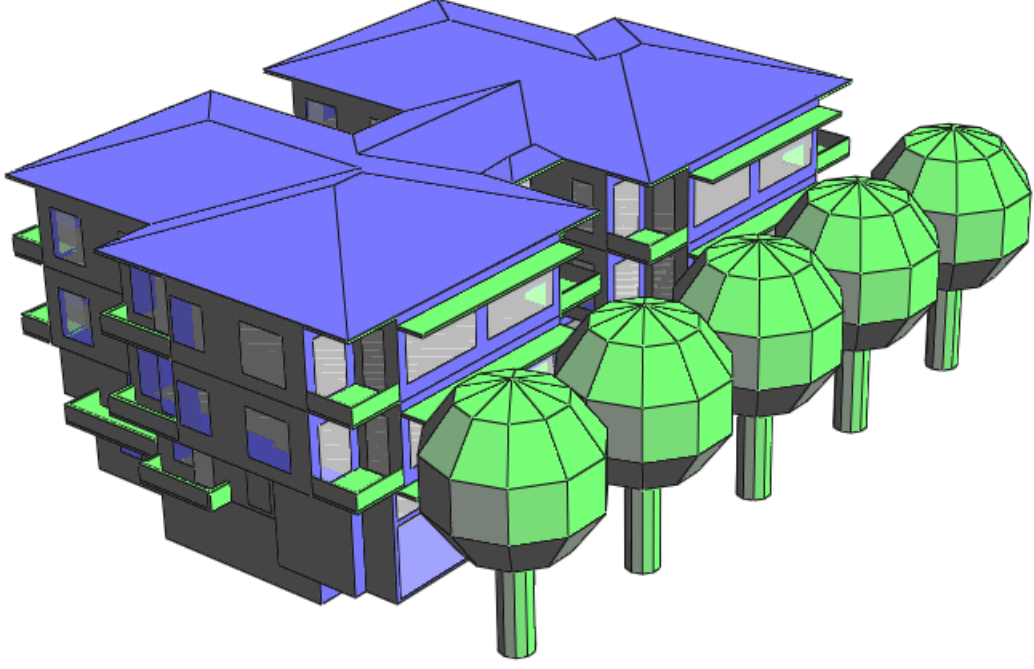


Şekil 5. 7 Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi

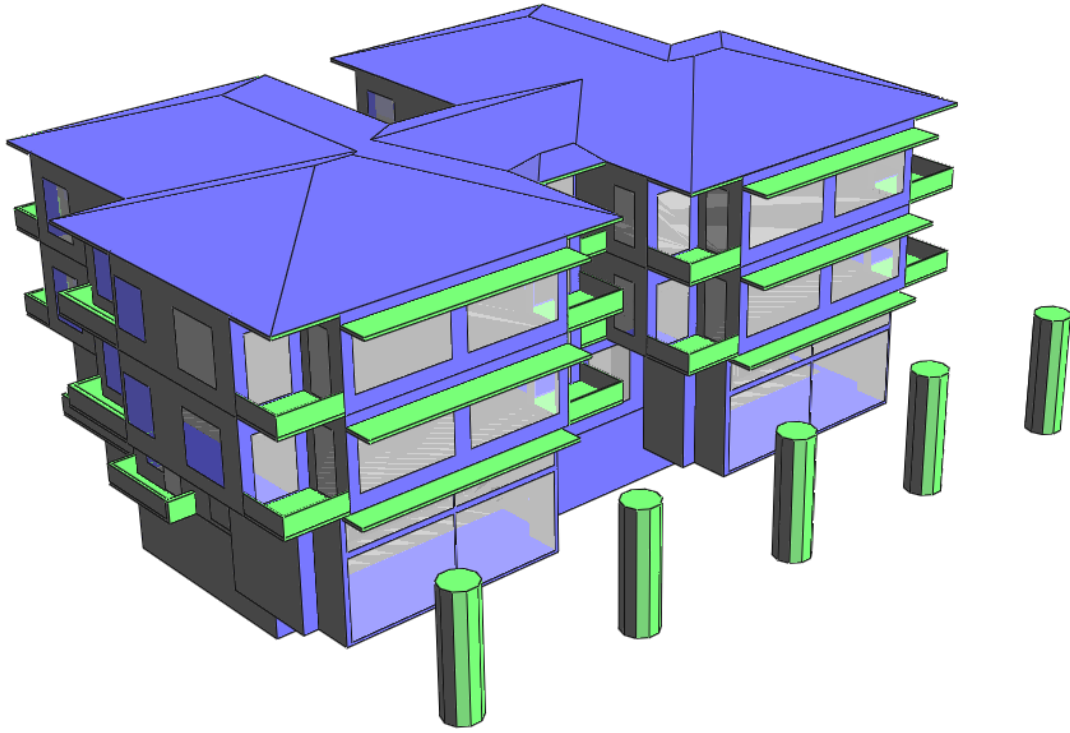
Yıllık soğutma enerjisi dağılımında, en yüksek soğutma ihtiyacının Ağustos ayında olduğu görülmektedir. İstanbul için soğutma mevsiminin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olduğu Şekil 5.7' den anlaşılmaktadır. Diğer aylarda oluşan soğutma yükleri daha çok iç yüklerden kaynaklı soğutma ihtiyaçlarıdır.

5.3 Yeni Bina Hesap Değerleri

Yapılan iyileştirmelerden sonra yeni bina için IES modeli tekrar oluşturulmuştur. Yeni bina için hesaplamalar iki ayrı modelde yapılmıştır. Bina önüne konulan ağaçların yazın gölgeleme etkilerini ve kışın güneş ısı kazançlarını görmek için kışın yapraklarını döken ağaçlar kullanılmıştır. Bu durumda bina iki durum için modellenmiştir.



şekil 5. 8 Yeni Bina Yaz Görünüşü

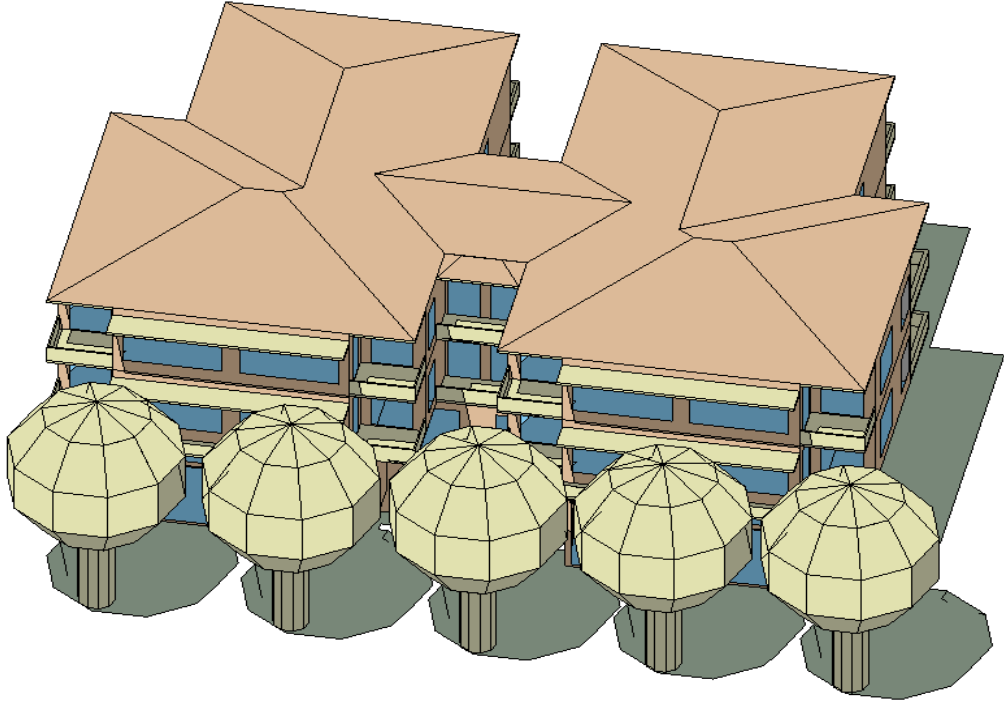


Şekil 5. 9 Yeni Bina Kış Görünüşü

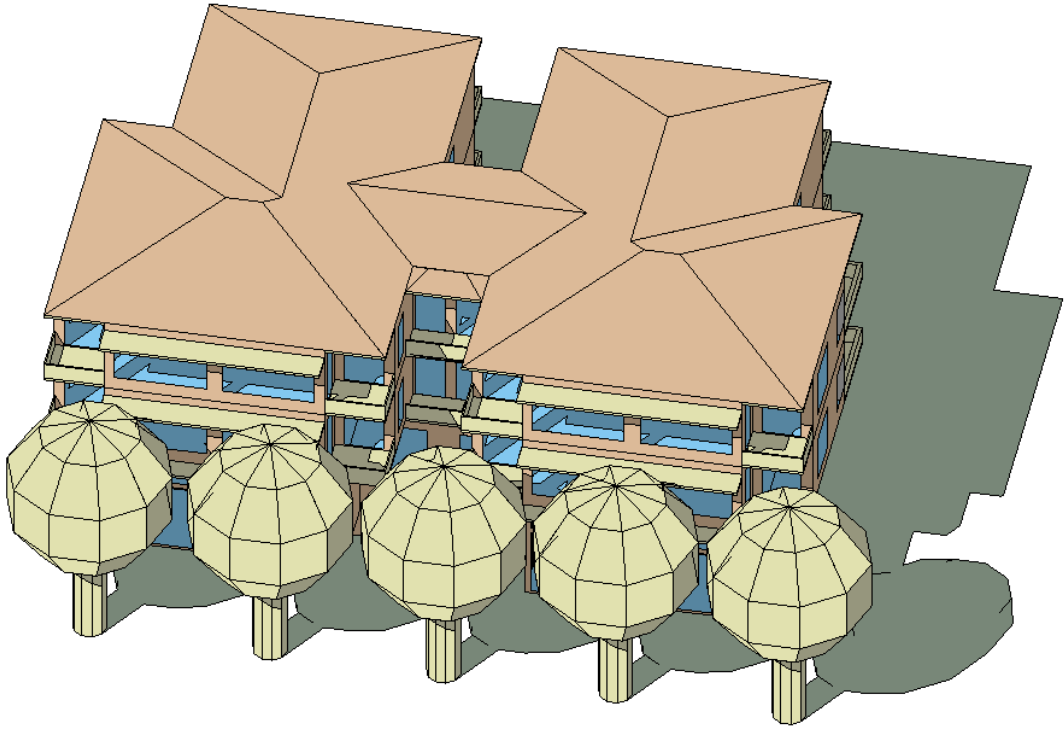
Binaya eklenen ağaçların ve pencere saçaklarının gölgeleme etkisi yaz ayları için çok fazladır. Saçakların gölgeleme etkileri kış aylarında güneş ışınları daha yatay geldiği için azalmıştır. Ağaçların ve saçakların gölgeleme etkisi güneş geliş açısına göre saatlik hesaplanmıştır. Şekil 5.10, 5.11, 5.12 ve 5.13'te farklı zamanlardaki gölgeleme görülmektedir. Çizelge 5.6'da yeni modellenen bina için hesaplarda alınan U değerleri ve gölgeleme katsayıları verilmiştir.

Çizelge 5. 6 Yeni Bina Bilgileri

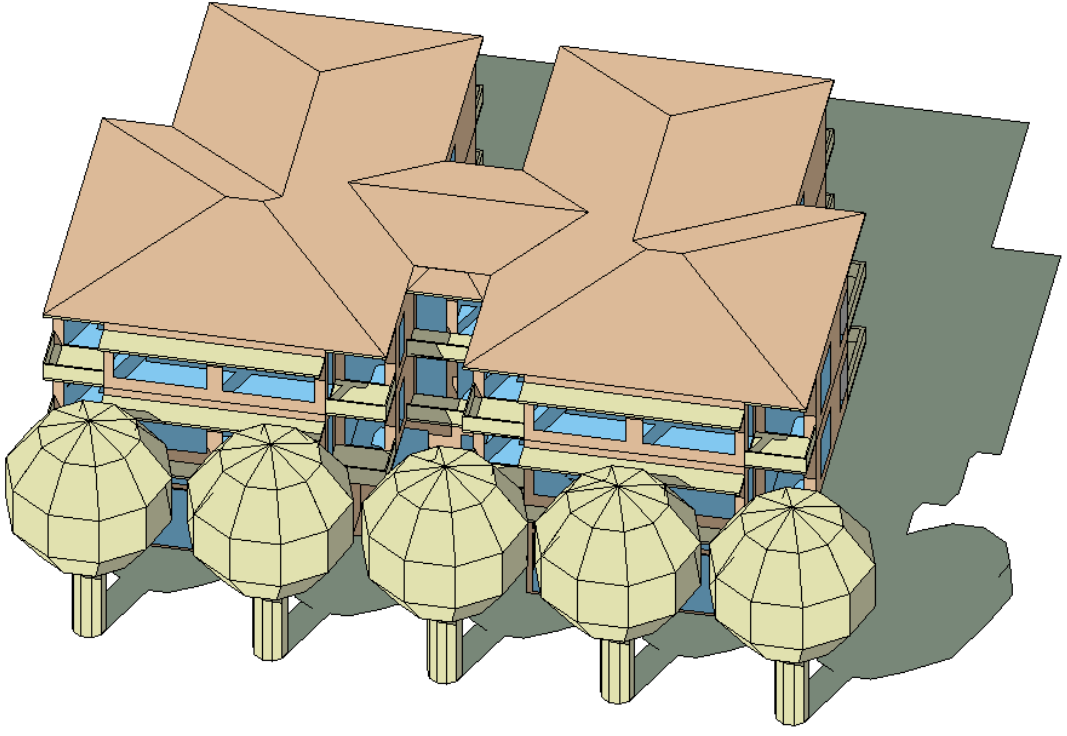
Bina Bilgileri	
U_{dd}	0,35 W/m ² °K
U_p	0,9 W/m ² °K
U_t	0,39 W/m ² °K
$U_{dö}$	1,14 W/m ² °K
$SHGC_{Pencere}$	0,48
Yaz Hava Sızıntı Katsayısı	0,15 Ach
Kış Hava Sızıntı Katsayısı	0,25 Ach



Şekil 5. 10 Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi
01 Ağustos Saat 12.00

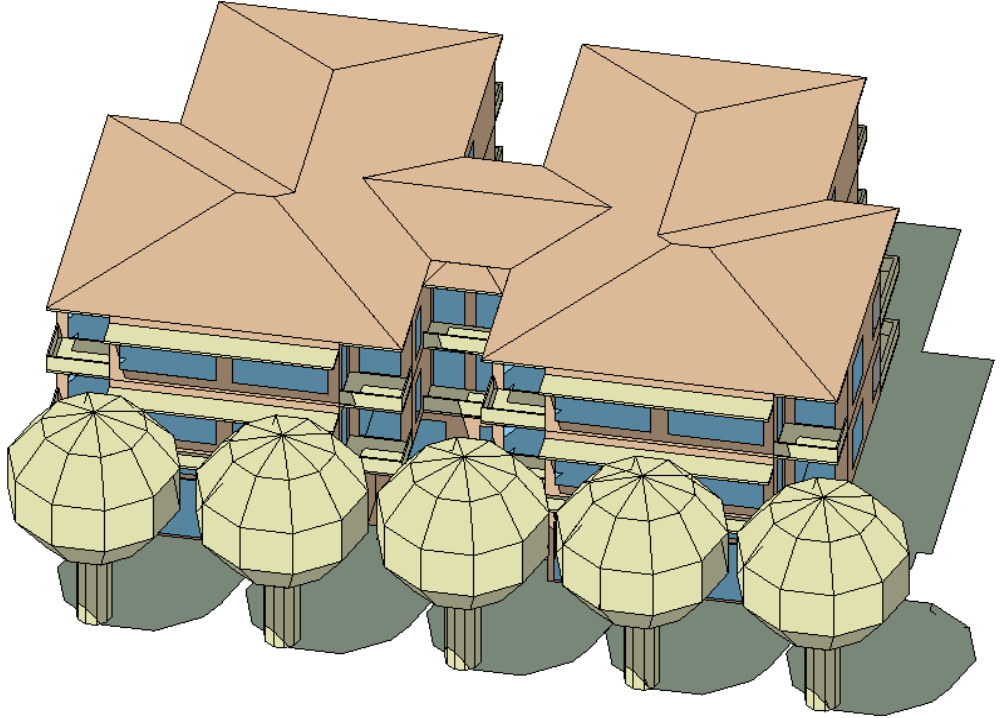


Şekil 5. 11 Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi
01 Ekim Saat 12.00



Şekil 5. 12 Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi

01 Mart Saat 12.00



Şekil 5. 13 Ağaçların ve Saçakların Gölgeleme Etkisi

01 Mayıs Saat 12.00

5.4 Yeni Bina Hesap Sonuçları

Yeni bina için yapılan ısıtma ve soğutma hesap sonuçları Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8' de gösterilmiştir. Bu tablolar cihaz seçimleri için kullanılan pik yükleri göstermektedir.

Çizelge 5. 7 Yeni Bina Isıtma Yükleri

Mahal İsmi	Mahal Sıcaklığı (°C)	Dış Yüzeylerden Isı Kaybı (kW)	İç Yüzeylerden Isı Kaybı (kW)	Hava Sızıntısı Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)
Dükkan	20	1,56	0,4	0,32	2,28
Dükkan	20	1,56	0,4	0,32	2,28
Zemim Kat	20	2,41	2,91	1,11	6,43
1.Normal Kat	20	4,65	0,12	2	6,77
2.Normal Kat	20	3,79	2,86	2	8,65
Depo	6,6	-	-	-	-
Çatı Arası	-2,1	-	-	-	-
TOPLAM ISITMA YÜKÜ					26,41

Çizelge 5. 8 Yeni Bina Soğutma Yükleri

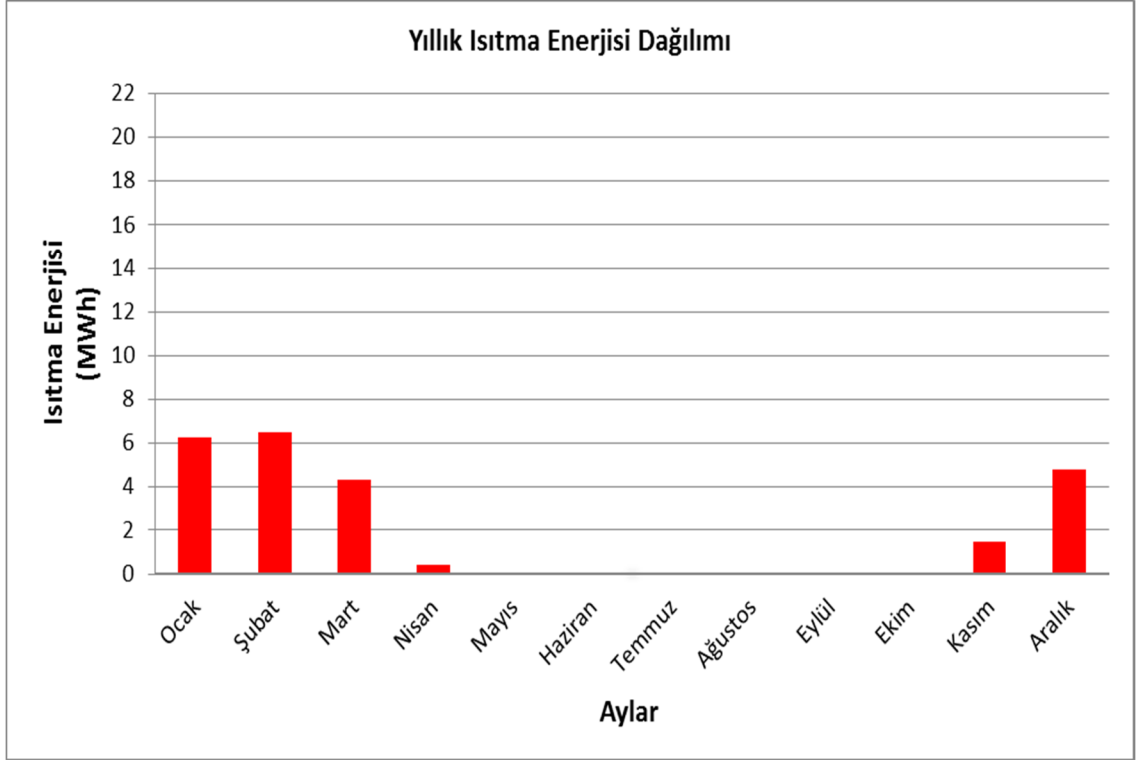
Mahal İsmi	Mahal Sıcaklığı (°C)	Duyulur Isı Kazancı (kW)	Gizli Isı Kazancı (kW)	Toplam Isı Kazancı (kW)
Dükkan	24	2,15	0,13	2,28
Dükkan	24	2,06	0,36	2,42
Zemim Kat	24	5,26	0,39	5,65
1.Normal Kat	24	7,55	0,34	7,89
2.Normal Kat	24	8,92	0,34	9,26
Depo	27	-	-	-
Çatı Arası	49,3	-	-	-
TOPLAM SOĞUTMA YÜKÜ				27,5

Yıllık ısıtma enerjisi dağılımını Çizelge 5.9'da gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi Mayıs ve Ekim ayları arasında ısıtma ihtiyacına gerek duyulmamaktadır.

Çizelge 5. 9 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi

Aylara Göre Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
6,11	6,38	4,28	0,43	0	0	0	0	0	0	1,37	4,63	23,20

Aylara Göre Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Isıtma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
19,86	19,67	14,89	4,56	1,15	0	0	0	0	0,48	8,44	16,14	85,19

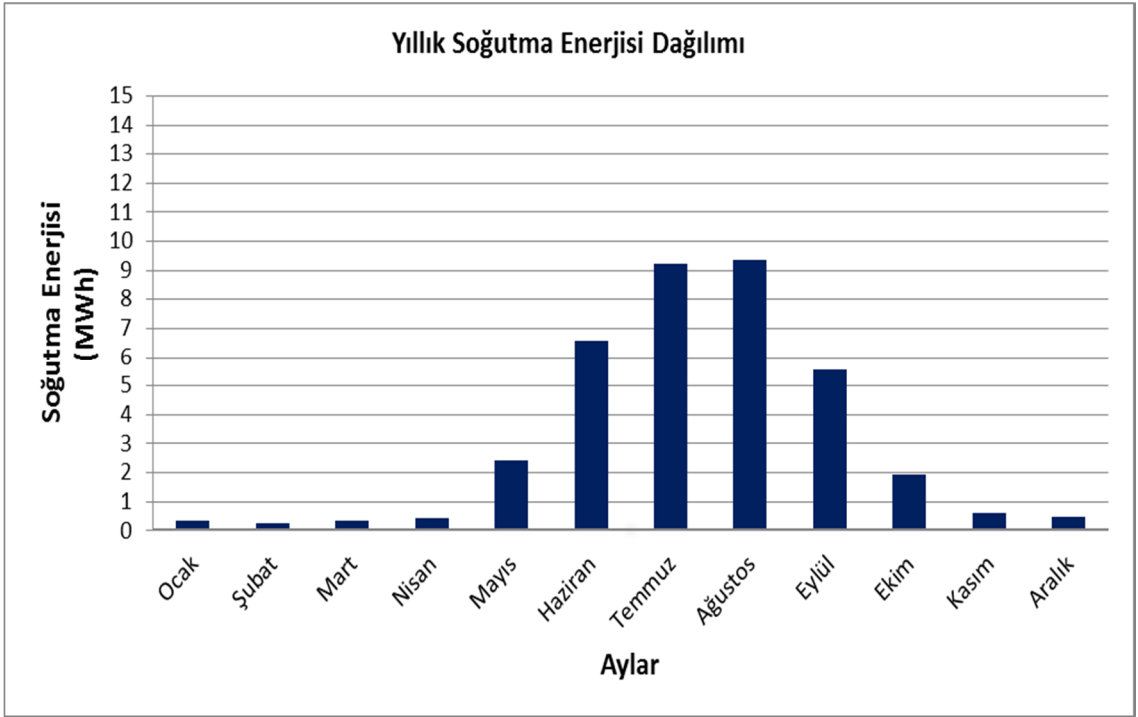


Şekil 5. 14 Yeni Bina Yıllık Isıtma Enerjisi

Çizelge 5. 10 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi

Aylara Göre Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
0,35	0,24	0,34	0,43	2,44	6,60	9,23	9,36	5,58	1,96	0,63	0,46	37,62

Aylara Göre Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)												Yıllık Toplam Soğutma Enerjisi (MWh)
Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
0,21	0,15	0,21	0,35	2,31	8,80	13,72	14,29	7,35	1,44	0,48	0,30	49,61



Şekil 5. 15 Yeni Bina Yıllık Soğutma Enerjisi

Yıllık soğutma enerjisi dağılımında, en yüksek soğutma ihtiyacının Ağustos ayında olduğu görülmektedir. İstanbul için soğutma mevsiminin Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olduğu Şekil 5.15' den anlaşılmaktadır. Diğer aylarda oluşan soğutma yükleri daha çok iç yüklerden kaynaklı soğutma ihtiyaçlarıdır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut bina üzerinde aşağıdaki iyileştirmeler yapılmıştır.

- Pencere alanları değiştirilmiştir. Kuzey cephedeki pencere alanları %15 oranında azaltılmış ve güney cephedeki pencere alanları %13 oranında arttırılmıştır.
- Güney cephedeki pencere önlerine 1 m uzunluğunda saçaklar konulmuştur.
- Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları ve gölgeleme katsayılarını düşürmek için 3 camlı pencereler ve Low-E kaplamalar kullanılmıştır.

Mevcut Bina:

$$U_p=2,5 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

$$\text{SHGC}_{\text{pencere}}=0,75$$

Yeni Bina:

$$U_p=0,9 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

$$\text{SHGC}_{\text{pencere}}=0,48$$

- Dış cephenin yalıtım kalınlığı 3 cm' den 8 cm' ye çıkarılmıştır. Dış cepheye EPS yalıtım uygulanmıştır.

Mevcut Bina:

$$U_{dd}=0,61 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

Yeni Bina:

$$U_{dd}=0,35 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

- Isıtılmayan hacimler ile komşu olan ısıtılan hacimlerin döşemelerine yalıtım uygulaması yapılmıştır. Zemin katın altında ısıtılmayan bodrum kat mevcuttur. Bu döşemeye 2 cm kalınlığında XPS izolasyon malzemesi

konulmuştur. Tavan arasında ısıtılmayan alan mevcuttur. Bu döşemede mevcut olan 5 cm cam yünü izolasyon, 9 cm olarak değiştirilmiştir.

Mevcut Bina:

$$U_t=0,65 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

$$U_{dö}=3,29 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

Yeni Bina:

$$U_t=0,39 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

$$U_{dö}=1,14 \text{ W/m}^2\text{°K}$$

- Binanın güney cephesine 10 m yüksekliğinde kışın yapraklarını döken ağaçlar dikilmiştir. Ağaçların etkisini görmek için simülasyon ağaçsız olarak tekrar hesaplanmıştır. Ağaçların olmadığı durumdaki soğutma enerjisi yıllık olarak 4 MW daha fazla olmaktadır.
- Binadaki hava sızıntı değerlerini düşürmek için sızdırmazlık önlemleri uygulanmıştır. Duvardaki çatlaklar sızdırmazlık malzemeleri ile onarılmıştır. Çatıdaki açıklıklar kapatılmıştır. Pencereler yenilendiği için çerçeve kaçakları da azaltılmıştır.

Mevcut Bina:

$$\text{Yaz:0,25 Ach}$$

$$\text{Kış:0,5 Ach}$$

Yeni Bina:

$$\text{Yaz:0,15 Ach}$$

$$\text{Kış:0,25 Ach}$$

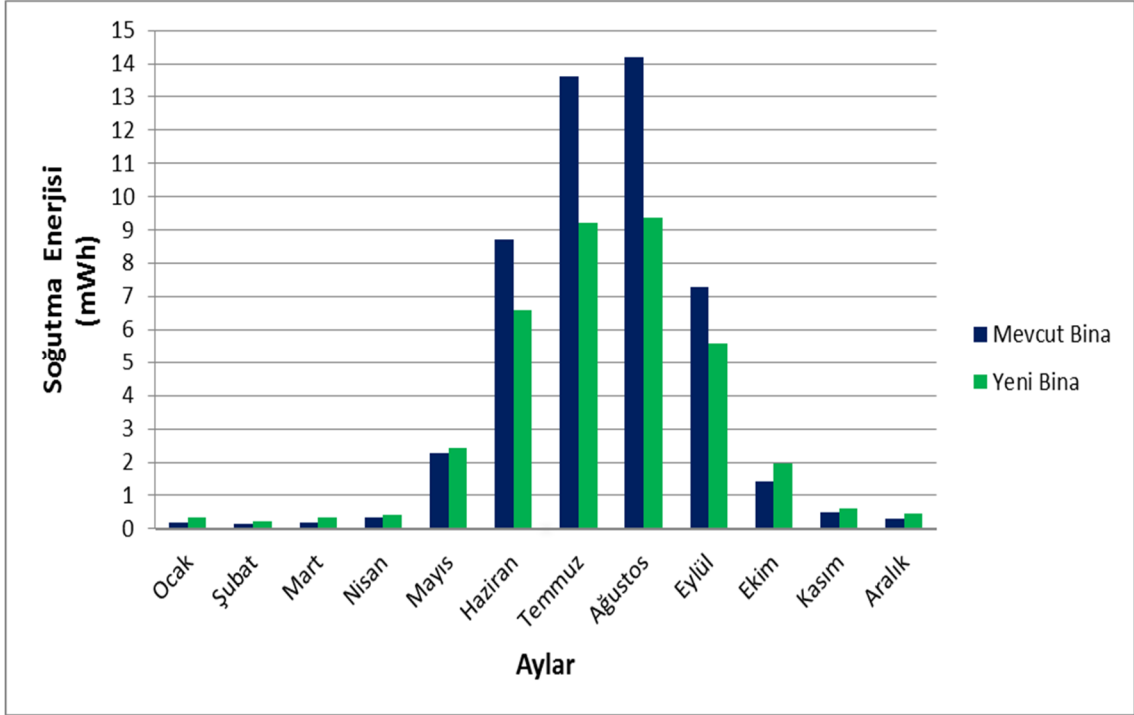
- Batı cephesindeki pencerelere panjur uygulaması yapılmıştır. Panjurların kanat açıları 45° olarak hesaba katılmıştır. Bu durumda güneş ışığı geçirgenlik katsayısı 0,21 olarak hesaba katılmıştır. Toplam gölgeleme katsayısı ise panjurun gün ışığı geçirgenlik katsayısının ve camın gölgeleme katsayısının çarpılması ile bulunur. Bu değer;

$$\text{SHGC}_{\text{Pencere}}=0,48 \times 0,21$$

$$\text{SHGC}_{\text{Pencere}} = 0,11 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

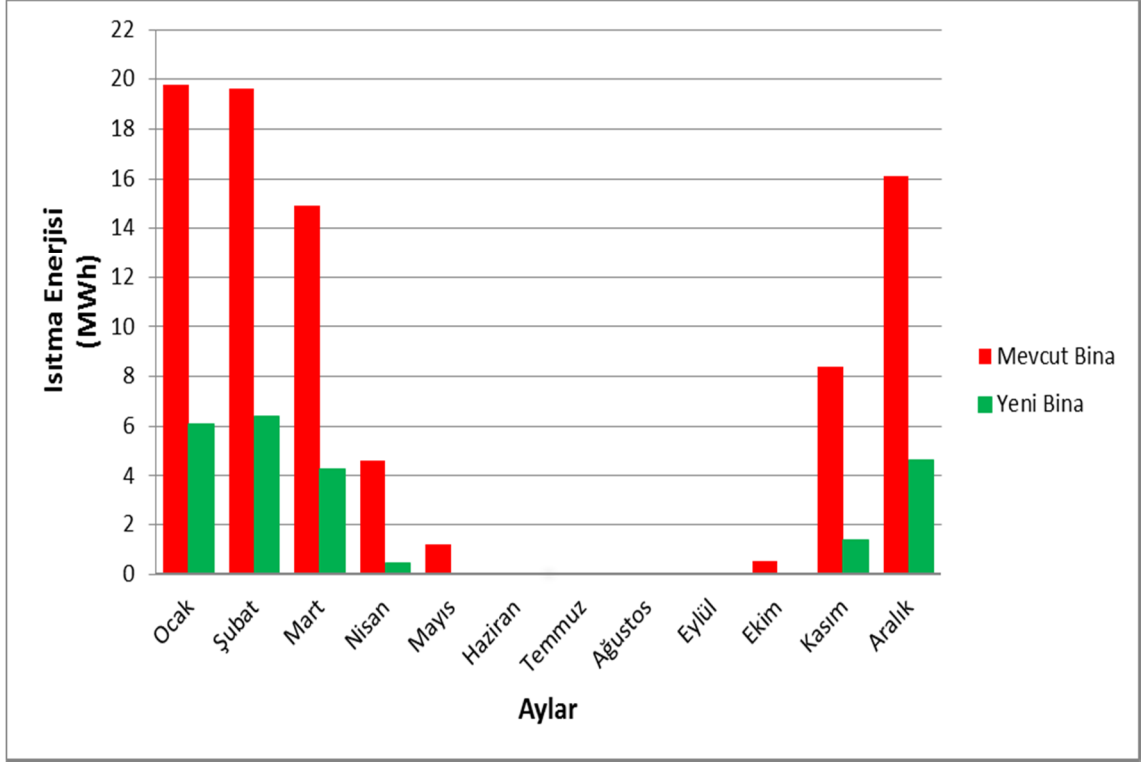
Yapılan bu iyileştirmeler sonucunda mevcut binanın ısıtma enerjisi tüketiminde yıllık % 72 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Yıllık ısıtma enerjisi tüketimi 85 MWh değerinden 23 MWh değerine düşürülmüştür. Yıllık soğutma enerjisi ise % 24 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Yıllık soğutma enerjisi tüketimi 49 MWh değerinden 37

MWh değerine düşürülmüştür. Bu değerlerin karşılaştırıldığı grafikler Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 1 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Soğutma Enerjisi

Yapılan iyileştirmeler bina kabuğu ile ilgili olduğu için soğutma enerjisindeki azalmalar en çok Haziran ve Eylül ayları arasında oluşmuştur.



Şekil 6. 2 Yeni ve Mevcut Bina Yıllık Isıtma Enerjisi

Isı kayıpları bina kabuğuyla ilgili olduğu için, bina kabuğunda yapılan iyileştirmeler ısıtma enerjisinin azaltılmasında çok etkili olmuştur.

Yıllık ısıtma enerji tüketimi üzerinden ısıtma için harcanan yıllık doğalgaz miktarı hesaplanabilir. Bu hesaplamalar mevcut ve yeni bina için yapılacaktır. Güncel doğalgaz fiyatı kullanılarak elde edilen tasarrufun parasal değerleri belirlenecektir.

Kullanılan doğalgaz miktarını hesaplamak için aşağıdaki Formül 6.1 kullanılacaktır.

$$V = \frac{Q_{ısıtma}}{Hu \cdot \mu} \quad (6.1)$$

Doğalgazın İstanbul için birim fiyatı 1,0796 m³/TL olarak alınmıştır.[22]. Bu hesapların yapıldığı özet tablo aşağıda gösterilmiştir. Bu hesaplara göre ısıtma için yıllık tasarruf miktarı 7753 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. 1 Yıllık Doğalgaz Tüketim Maliyeti

Bina Durumu	Yıllık Isıtma Enerjisi (kWh)	Doğalgaz Alt Isıl Değeri (kWh/m ³)	Kazan Verimi	Yıllık Doğalgaz Miktarı (m ³)	Doğalgaz Birim Fiyatı (TL/m ³)	Doğalgaz Maliyeti (TL)
Mevcut Bina	85.190	9,59	0,9	9870,24	1,0796	10.655,91
Yeni Bina	23.200	9,59	0,9	2687,99	1,0796	2.901,95

Soğutma enerjisi için harcanan elektrik miktarını ise soğutmada kullanılacak klima cihazlarının EER oranı ve SEER oranı ile belirlemektedir. EER oranı klimanın, dış hava koşullarının 35 °C KT sıcaklığındaki harcanan birim elektrik miktarına göre üretilen soğutma miktarını gösteren ve enerji performansını tanımlayan bir göstergedir. SEER ise kısmi yüklerde ve farklı dış hava sıcaklıklarında klima cihazının enerji performansını gösteren bir ortalama enerji performansı değeridir ve formül (6.2) ile hesaplanır.

Çizelge 6. 2 SEER Hesaplama Değerleri

Soğutma Yüğü Oranı (%)	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Enerji Verimliliği	Çalışma Zamanı (%)
100	35	EER ₁	3
75	30	EER ₂	33
50	25	EER ₃	41
25	20	EER ₄	23

$$SEER=0,03 \times EER_1 + 0,33 \times EER_2 + 0,41 \times EER_3 + 0,23 \times EER_4 \quad (6.2)$$

Firma kataloglarından klima cihazları için SEER değeri olarak 6,5 alınabilir.

Çizelge 6. 3 Yıllık Elektrik Tüketim Maliyeti

Bina Durumu	Yıllık Soğutma Enerjisi (kWh)	Klima Cihazı SEER Oranı	Yıllık Elektrik Miktarı (kWh)	Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	Elektrik Maliyeti (TL)
Mevcut Bina	47.910	6,5	7.371	0,3735	2.752,98
Yeni Bina	35.170	6,5	5.411	0,3735	2.020,92

Elektrik birim fiyatı İstanbul için 0,3735 TL/kWh olarak alınmıştır.[22]. Bu hesapların yapıldığı özet tablo yukarıda gösterilmiştir. Bu hesaplara göre soğutma için yıllık tasarruf miktarı 732 TL olarak hesaplanmıştır. Soğutma için hesaplanan elektrik tüketimi, Mayıs ve Ekim ayları arasındaki soğutma enerjisini kapsamaktadır.

Isıtma ve soğutma elde etmek için harcanan enerjiden kaynaklı sera gazı emisyonlarını hesaplamak için BEP yönetmeliğinin ekinde bulunan dönüşüm katsayıları kullanılacaktır.

Çizelge 6. 4 Isıtma Enerjisi Kaynaklı Yıllık Sera Gazı Miktarı

Bina Durumu	Yıllık Isıtma Enerjisi (kWh)	Kazan Verimi	Sera Gazı Dönüşüm Katsayısı (kg.eşdeğer CO ₂ /kWh)	Yıllık Sera Gazı Miktarı (kg.eşdeğer CO ₂)
Mevcut Bina	85.190	0,9	0,234	22.149,40
Yeni Bina	23.200	0,9	0,234	6.032,00

Çizelge 6. 5 Soğutma Enerjisi Kaynaklı Yıllık Sera Gazı Miktarı

Bina Durumu	Yıllık Soğutma Enerjisi (kWh)	Klima Cihazı SEER Oranı	Yıllık Elektrik Miktarı (kWh)	Sera Gazı Dönüşüm Katsayısı (kg.eşdeğer CO ₂ /kWh)	Yıllık Sera Gazı Miktarı (kg.eşdeğer CO ₂)
Mevcut Bina	47.910	6,5	7.371	0,819	6.036,66
Yeni Bina	35.170	6,5	5.411	0,819	4.431,42

Binanın toplam sera gazı emisyonu 28.186,06 kg.eşdeğer CO₂ değerinden, 10.463,12 kg.eşdeğer CO₂ değerine düşürülmüştür.% 62 oranında bir azalma sağlanmıştır.

Bilgisayar destekli hesaplama programları kullanılarak elde edilen ısıtma soğutma enerji tüketimi değerleri ve enerji tüketiminde elde edilen tasarruf miktarları, yeni yapılan binalarda mimari ve yapı bileşenlerinde yapılacak iyileştirmeleri belirlemek için kullanılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Akkaya, S., (2009), Türkiye 11.Enerji Kongresi,İzmir.
- [2] Yılmaz,B., (2009). Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Eskin,N., Türkmen,H., (2007) “Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey”, Energy and Buildings, 40 (2008) 763–773.
- [4] Kılıçlı,A., (2012). Binalarda Enerji Verimliliği:UBE Binası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [5] Çelik,B.Ç., Yılmaz,A.Z., Corgnati,S.P., (2011) “Konut Binaları Enerji Sertifikasyonunda Isıtma ve Soğutma Enerjisi İhtiyacının Bina Parametrelerine Duyarlılık Analizi: Bep-Tr Hesaplama Metodolojisi İle Değerlendirme”, Teknik Yayın, 781, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 13/16 Nisan 2011/İzmir, Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu.
- [6] Cheung,C.K., Fuller,R.J., Luther,M.B., (2004) “Energy-efficient envelope design for high-rise apartments”, Energy and Buildings, 37 (2005) 37–48.
- [7] Cheung,C.K., Fuller,R.J., Luther,M.B., (2004) “Energy-efficient envelope design for high-rise apartments”, Energy and Buildings, 37 (2005) 37–48.
- [8] Soysal,S., (2008). Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [9] Krikke, T., (2009), Comparison of assessment methods for energy & environmental performance for buildings.
- [10] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008.
- [11] LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System.
- [12] EIS Kullanım Kılavuzu, http://www.iesve.com/downloads/help/ve64_15/03/2013.
- [13] TEVEM, (2010), Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışma Raporu.
- [14] TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü,1998.
- [15] 2009 ASHRAE Handbook Fundamentals.

- [16] CIBSE Guide F, Energy efficiency in buildings.
- [17] PVC Çerçevelerin Teknik Özellikleri, www.firatpen.com.tr, 12/03/2013
- [18] Camların Teknik Özellikleri, www.trakyacam.com.tr, 12/03/2013
- [19] İZODER TS 825 Kullanım Kılavuzu.
- [20] Ayçam,İ.,(2009) Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi Ve Enerji Etkin Pencere Seçimi, TESKON.
- [21] Kürekçi,A., Türkiye'nin Tüm İlleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, 2012, İstanbul.
- [22] Yakıt Fiyatları , www.tesisat.com.tr, 01/04/2013

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Tamer HAFIZOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri :27.07.1977-Bakırköy
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :tamerhafizoglu@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Makina Mühendisliği	Sakarya Üniversitesi	1998
Lise	Fen-Matematik	Bahçelievler Lisesi	1994

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013	VENTA Mühendislik ve Müşavirlik	Firma Sahibi
2006	Arup Mühendislik ve Müşavirlik	Proje Mühendisi
2003	Sinerji Mekanik Ltd.Şti	Şantiye Şefi

2001	Troy Canada	Proje Mühendisi
1999	Erta Mühendislik	Proje Mühendisi
1998	Yılmaz Yapı Malzemeleri	İGDAŞ Yetkili Mühendisi