T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BİNANIN YENİLENMESİNDE PASİF VE AKTİF SEÇENEKLERİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE MALİYET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Taygun YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği Programı

Danışman

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Aralık, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BİNANIN YENİLENMESİNDE PASİF VE AKTİF SEÇENEKLERİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE MALİYET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Taygun YÜKSEL tarafından hazırlanan tez çalışması 27.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Şensin YAĞMUR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Gülten Aslıhan TAVİL, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Mevcut Bir Binanın Yenilenmesinde Pasif ve Aktif Seçeneklerin Enerji Verimliliği ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Taygun YÜKSEL

İmza

Aileme

ve

biricik eşime

TEŞEKKÜR

Mevcut bir binanın enerji etkin yenilenmesinde pasif ve aktif sistemlerin incelenmesini ve maliyet analiz çalışmalarının değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışmada bana yön veren, tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen ve büyük emeği geçen tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince beni her konuda destekleyen ve her zaman yanımda olan eşim Bahar'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu süreçte de bana her an destek olan, beni bu günlere getiren değerli aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Taygun YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiv
1 Giriş 1
1.1 Literatür Özeti 3
1.1.1 Mevcut Binaların Yenilenmesi Konusundaki Literatür Çalışmaları 3
1.1.2 Pasif ve Aktif Seçenekler 4
1.1.3 Maliyet Analizi 5
1.2 Tezin Amacı 7
1.3 Hipotez 8
1.4 Tezin Kapsamı 8
2 Enerji Etkin Bina Tasarımında Pasif ve Aktif Sistemler ve Maliyet Değerlendirmesi 10
2.1 Pasif Sistemler 12
2.1.1 Yapının Konumu, Formu ve Yönü 12
2.1.2 Yapı Kabuğu ve Fiziksel Özellikleri 14
2.1.3 Güneş Kontrol Sistemleri 17
2.1.4 Doğal Aydınlatma 17
2.1.5 Doğal Havalandırma Sistemleri 20
2.1.6 Pasif Isıtma Sistemleri 21
2.1.7 Pasif Soğutma Sistemleri 22
2.2 Aktif Sistemler 22
2.2.1 HVAC Sistemleri 23
2.2.2 Elektrik Sistemleri ve Aydınlatma 23
3 Bir Ofis Yapısının Enerji Tüketimi Açısından Mevcut Durumunun İncelenmesi ve Değerlendirilmesi 25
3.1 Örnek Ofis Yapısının Belirlenmesi 25
3.2 Örnek Ofis Yapısına İlişkin Veriler 25
3.2.1 Konum ve Çevre Koşulları 26

3.2.2 Mevcut Durum Bilgileri ... 26
3.3 Mevcut Bina Gün Işığı Simülasyonu Sonuçları ... 32
3.3.1 Doğal Aydınlatma Değerleri ... 32
3.3.2 Gün Işınımı Analizi ... 32
3.4 Mevcut Bina Enerji Modellemesi Verileri ... 33
3.4.1 Bina Enerji Modellemesi Sonuçları ... 34
4 Mevcut Bir Ofis Yapısının Enerji Etkin İyileştirilmesi ve Maliyet Analizleri İçin Bir Yaklaşım ve Uygulaması 35
4.1 Pasif Sistem İyileştirmeleri ... 38
4.1.1 Trombe Duvar ... 38
4.1.2 İç Mekân Fonksiyonlarının ve Mekân Düzeninin Değiştirilmesi ... 41
4.1.3 Yapı Kabuğu İyileştirmeleri ... 43
4.1.4 Gün Işığı Analizleri ... 50
4.2 Aktif Sistem Çalışmaları ... 52
4.2.1 HVAC İyileştirmeleri ... 52
4.2.2 Aydınlatma Sistemlerinin İyileştirilmesi ve Sensör Eklenmesi ... 54
4.2.3 Fotovoltaik Paneller ile Enerji Üretimi ... 56
4.3 İyileştirme Parametrelerinden Seçim Yapılması ve Bina Alternatiflerinin Oluşturulması ... 57
4.3.1 Bina 1'in İyileştirilmesi ve Sonuçları ... 60
4.3.2 Bina 2'nin İyileştirilmesi ve Sonuçları ... 60
4.3.3 Bina 3'ün İyileştirilmesi ve Sonuçları ... 61
4.3.4 Bina 4'ün İyileştirilmesi ve Sonuçları ... 61
4.3.5 Bina 5'in İyileştirilmesi ve Sonuçları ... 62
4.4 Mevcut Bina ve İyileştirilmiş Bina Karşılaştırmaları ... 63
5 Sonuç ve Öneriler 64
Kaynakça 67
A Mevcut Bina Plan, Görünüş ve 3 Boyutlu Görselleri 70
B Mevcut Bina Yapı Bileşenleri ve Hesapları 75
C Mevcut Bina Gün Işığı Simülasyon Sonuçları 78
D İç Mekan Değişimi 86
Tezden Üretilmiş Yayınlar 88

SİMGE LİSTESİ

λ	Isı iletkenlik katsayısı(W/mK)
R	Isı geçirgenlik direnci (m^2K/W)
CO_2	Karbondioksit
K	Kelvin
kWh	Kilowatt saat
MWh	Megawatt saat
m	Metre
m^2	Metrekare
U	Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
W	Vat (Watt)

KISALTMA LİSTESİ

ACH	Air Changes Per Hour
	Saatlik Hava Değişimi
ASHRAE	American Society Of Heating Refrigerating And Air-Conditioning Engineers
	Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
	Sözleşmeli Bina Hizmeti Mühendisleri Enstitüsü
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
	Isıtma Soğutma ve Havalandırma
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
	Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Derneği
IWEC	International Weather for Energy Calculations
	Enerji Hesaplamaları için Uluslararası İklimsel Veri
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
	Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
PV	Fotovoltaik panel
SRI	Solar Reflectance Index
	Güneş Işığı Yansıtma Endeksi
TGÜB	Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği
TL	Türk Lirası
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USD	United States Dollar
	Amerikan Doları
V4	Versiyon 4

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Tez çalışmalarına ait akış diyagramı 9
Şekil 2.1 Yapı formundaki değişim ve yüzey alanlarının artması 13
Şekil 2.2 Isı kayıp ve kazançlarının gösterilmesi 14
Şekil 2.3 Çift cama sahip pencere kesitinin gösterilmesi 16
Şekil 2.4 Optimum güneş kırıcı genişliği 17
Şekil 3.1 Mevcut yapıya ait google harita görseli 26
Şekil 3.2 Mevcut binaya ait fotoğraflar 27
Şekil 3.3 Mevcut bina görseli 27
Şekil 3.4 Mevcut binanın katlara göre mahal dağılımı 29
Şekil 3.5 Mevcut binanın güneş ışınımı analiz çalışması – güney cephe son 3 kat 33
Şekil 3.6 Mevcut bina enerji modellemesinden görünüm 33
Şekil 3.7 Mevcut bina enerji tüketim dağılımı 34
Şekil 4.1 Karşılaştırmalarda yer alan pasif ve aktif sistemler 37
Şekil 4.2 Trombe duvarı ve cam cephe uygulamasının görünüşü 39
Şekil 4.3 Trombe duvarında güneş kırıcısının etkisi 39
Şekil 4.4 Mevcut binaya göre trombe duvar ve cam cephe karşılaştırmaları ... 40
Şekil 4.5 Birinci kat mevcut kat planı 42
Şekil 4.6 Birinci kat iç mekan değişikliği sonrası kat planı 42
Şekil 4.7 Dış duvar karşılaştırmaları 44
Şekil 4.8 Çatı tiplerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üzerindeki etkisi 45
Şekil 4.9 Pencere tiplerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üzerindeki etkisi 46
Şekil 4.10 Pencere / duvar oranlarına göre enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri 47
Şekil 4.11 Güneş kırıcıların enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi 49
Şekil 4.12 Mekanik sistemlerin enerji tasarrufu üzerindeki etkisi 53
Şekil 4.13 Aydınlatma sistemlerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi 55
Şekil 4.14 Fotovoltatik panel sistemlerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi 57
Şekil 4.15 50 seçeneğe ait optimizasyon analiz sonuçları 58

Şekil A.1 Bodrum kat planı 70
Şekil A.2 Zemin kat planı 70
Şekil A.3 1. kat planı 71
Şekil A.4 2. kat planı kat planı 71
Şekil A.5 Birinci kat mevcut kat planı 71
Şekil A.6 Güney cephe görünüşü 72
Şekil A.7 Kuzey cephe görünüşü 72
Şekil A.8 Batı cephe görünüşü 73
Şekil A.9 Doğu cephe görünüşü 73
Şekil A.10 Mevcut bina görseli-1 74
Şekil A.11 Mevcut bina görseli-2 74
Şekil C.1 Mevcut bina gün ışığı simülasyon sonuçları 78
Şekil C.2 Mevcut bina bodrum kat 09:00 aydınlık düzeyi 78
Şekil C.3 Mevcut bina bodrum kat 15:00 aydınlık düzeyi 79
Şekil C.4 Mevcut bina zemin kat 09:00 aydınlık düzeyi 79
Şekil C.5 Mevcut bina zemin kat 15:00 aydınlık düzeyi 79
Şekil C.6 Mevcut bina 1. kat 09:00 aydınlık düzeyi 80
Şekil C.7 Mevcut bina 1. kat 15:00 aydınlık düzeyi 80
Şekil C.8 Mevcut bina 2. kat 09:00 aydınlık düzeyi 80
Şekil C.9 Mevcut bina 2. kat 15:00 aydınlık düzeyi 81
Şekil C.10 Mevcut bina 3. kat 09:00 aydınlık düzeyi 81
Şekil C.11 Mevcut bina 3. kat 15:00 aydınlık düzeyi 81
Şekil C.12 Mevcut binanın güneş ışınım analizi– doğu, batı ve güney cepheler .. 84
Şekil C.13 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - kuzey cephe sonuçları 84
Şekil C.14 Mevcut binanın güneş ışınım analizi – cephe sonuçları 84
Şekil C.15 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - çatı yüzeyleri ve sonuç 85
Şekil C.16 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - güney cephe son 3 kat 85
Şekil D.1 İç mekan değişimi sonrası bodrum kat planı 86
Şekil D.2 İç mekan değişimi sonrası zemin kat planı 86
Şekil D.3 İç mekan değişimi sonrası 1. kat planı 86
Şekil D.4 İç mekan değişimi sonrası 2. kat planı 87
Şekil D.5 İç mekan değişimi sonrası 3. kat planı 87

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Mevcut bina mahal listesi 28
Tablo 3.2 Mevcut binadaki yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayıları 29
Tablo 3.3 Mevcut binadaki yapı elemanlarının katlara dağılımı 30
Tablo 4.1 Trombe duvar ve ikinci cam cephe bilgilerine ait bilgiler..... 40
Tablo 4.2 Gün ışığı simülasyon sonuçları..... 43
Tablo 4.3 İyileştirilmiş dış duvar seçeneklerine ait bilgiler..... 44
Tablo 4.4 İyileştirilmiş çatı seçeneklerine ait bilgiler 45
Tablo 4.5 İyileştirlmiş pencere seçeneklerine ait bilgiler..... 46
Tablo 4.6 Güneş kırıcı seçeneklerine ait bilgiler 49
Tablo 4.7 İyileştirme çalışmaları sonrası gün ışığı simülasyon sonuçları..... 51
Tablo 4.8 HVAC sistem seçeneklerine ait bilgiler 53
Tablo 4.9 Mekanik sistem seçimlerine göre termostat değerinin sağlanmadığı saatler 54
Tablo 4.10 Aydınlatma sistem seçeneklerine ait bilgiler..... 55
Tablo 4.11 Fotovoltatik panel seçeneklerine ait bilgiler..... 57
Tablo 4.12 İyileştirilmiş bina seçeneklerine ait seçim kriterleri..... 59
Tablo 4.13 İyileştirilmiş binalarda uygulanan iyileştirme seçenekleri..... 60
Tablo 4.14 İyileştirilmiş binaların mevcut binaya göre enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri..... 63
Tablo B.1 Mevcut binadaki yapı bileşenler..... 75
Tablo C.1 Mevcut bina mahal bazında gün ışığı simülasyon sonuçları..... 82

ÖZET

Mevcut Bir Binanın Yenilenmesinde Pasif ve Aktif Seçeneklerin Enerji Verimliliği ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Taygun YÜKSEL

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin henüz düşük seviyelerde olduğu günümüzde, tüketilen her birim enerji ile çevreye zarar verilmekte ve doğal kaynaklar kirletilmektedir. Mevcut binaların yıkılıp yerine yeni bir bina inşa edilmesi de çevremizi ve doğal kaynaklarımızı olumsuz etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, mevcut bir ofis binası yıkılmadan, enerji tasarrufu sağlayacak pasif ve aktif sistemler incelenmiş ve yatırımların geri ödeme süreleri hesaplanarak optimum seçenekler ile bina yenilemesinin yapılması için değerlendirmelerde bulunulmuştur. Yatırımların geri ödeme süreleri hesabı için her iyileştirmenin ilk yatırım maliyetleri çıkartılmış ve enerji tüketimine etkisinin görülmesi için enerji modellemesi yapılmıştır. Bina enerji modellemesi hesaplamalarında DesignBuilder ara yüzü ve EnergyPlus altyapısı kullanılmıştır.

Bir yapıda pasif ve aktif sistemlerin uygulanmasıyla enerji etkin bir binanın oluşturulması mümkün olduğu gibi yapılacak çalışmalarda yatırımın geri ödeme süresi yatırımcı açısından önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, eski ve yıpranmış bina üzerinde yapılan çoğu iyileştirme çalışması binanın toplam enerji

tüketimine fayda sağlamıştır. Maliyeti yüksek olsun ya da olmasın, yapılan her iyileştirme bina kullanıcılarının konforunu arttırıyor olsa da iyileştirme maliyetlerinin yüksek olması kısa ya da uzun vadede geri ödeme süresine sebep olabilir.

Pasif ve aktif sistemlere ait iyileştirme çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, enerji tasarruflu, yatırımın geri ödeme süresi en kısa, yatırım maliyeti en yüksek ve en düşük seçeneklerden 5 farklı bina oluşturulmuş bina enerji modellemesi sonuçları karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonuçlarında, yatırımın geri ödeme süresi en kısa olan iyileştirmeler ile oluşturulan bina seçeneği için yapılacak yenilemeye ait geri ödeme süresinin, oluşturulan diğer seçeneklerden daha uzun olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında yer alan iyileştirilmiş bina seçeneklerine ait sonuçlar ile, mevcut bir binada yapılacak iyileştirme çalışmalarında her bir seçeneğin ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine bir bütün halinde değerlendirilmesinin, enerji tüketimi ve yatırımın geri dönüş süresi açısından daha doğru bir yöntem olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pasif ve aktif sistemler, mevcut bina yenilenmesi, enerji etkin bina, bina enerji modellemesi, maliyet analizi

ABSTRACT

Assessing Passive and Active Options in Renewal of an Existing Building in Terms of Energy Efficiency and Cost

Taygun YÜKSEL

Department of Architecture Building Physics

Msc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Energy production from renewable energy sources is still at low levels in Turkey, and consumption of energy from non-renewable energy sources is harmed to the environment and depletes natural resources. The demolition of existing buildings and the construction of a new building in its place also affect negatively our environment and natural resources. In this thesis, passive and active systems that provide energy saving are assessed. The return on investment has been calculated and evaluations have been made for the renovation of buildings with optimum options. In order to calculate the return on investment value, initial investment costs of each improvement are obtained, and energy modeling is performed to see the effect on energy consumption. DesignBuilder interface and EnergyPlus simulation engine are used for building energy modeling.

It is possible to create an energy efficient building by applying passive and active systems in a building, at the same time the return on investment is important for the investor. In the studies, most of the improvement works on the existing building decreased the total energy consumption of the building. Every improvement,

whether low or high costly, increases the comfort of building occupants. However, the cost of improvement can cause long-term return on investment.

With the data obtained from the improvement studies of passive and active systems, 5 different type of buildings are defined as an improved building. These renovated buildings are improved according to the costs and results of the materials. Following criterions are used for selection of the materials: shortest return on investment, lowest and highest investment costs, most energy saving two options. Total energy consumption values and total return on investment of these buildings are compared with existing building's results.

According to the results of the comparison, the return of total investment time for the building which is improved by using options with short return of investment time is longer than other two retrofitted buildings. In the improvement works to be carried out in an existing building, it has been seen that evaluating the improvement options as a whole instead of separately is a more accurate method in terms of energy consumption and return on investment.

Keywords: Passive and active systems, renewal of existing buildings, energy efficient building, whole building energy modeling, cost analysis

1
GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınmanın göstergelerinden olan ekolojik ayak izinin bileşenleri Türkiye kapsamında incelendiğinde, karbon ayak izi %46 oranı ile başta gelmektedir. Karbon ayak izi kısaca bir ürünün yaşam döngüsünde ortaya çıkan CO_2 salınımının bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Türkiye'nin karbon ayak izi bileşenleri arasında, elektrik üretimi %26 ile en büyük paya sahiptir. Elektrik üretiminin sebep olduğu emisyonların azaltılması, elektriği girdi olarak kullanarak üretilen tüm ürün ve hizmetlerin de emisyonunu azaltacağı için ayrıca bir önem arz etmektedir [1].

2017 yılı verilerine göre; Türkiye'deki lisanslı elektrik enerjisi üretiminin %37,18'i doğalgaz, %17,49'u ithal kömür, %15,86'sı yerli kömür (linyit, taş kömürü ve asfaltit), %14,11'i barajlı ve %13,86'sı linyit kaynaklı iken rüzgâr, güneş, jeotermal ve biokütle gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik oranı yaklaşık %9' da kalmaktadır [2].

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim oranının düşük olması, üretilen her birim enerji için çevreye daha fazla zarar verildiği anlamını da taşımaktadır. Enerji tasarrufu ile ülke ekonomisine fayda sağlanacağı gibi karbon ayak izinin de azalması sağlanarak elektrik üretimi dolayısı ile çevreye verilen zarar asgari düzeye indirilebilir.

Binalardaki enerji tüketimleri genel itibari ile yapının tasarım ve inşaat süreçlerinde alınan kararların bir sonucudur. Bu süreçlerde alınan kararlar, yapının işletimi süresince tüketeceği enerji miktarının ve ödenecek elektrik, doğalgaz faturalarının sebebidir. Enerji tüketiminin azaltılması için enerji verimli cihaz ve ürünler kullanılabileceği gibi, enerji tüketen sistemlerin doğru seçimi de önemlidir. Mekanların ısıtılıp soğutulması, havalandırılması ve aydınlatılması ile kişi konforunun sağlanması için enerji tüketen aktif sistemler dışında pasif sistemler de bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında pasif ve aktif sistemler değerlendirilmiştir.

Binalar, küresel sera gazı emisyonlarının neredeyse yarısından sorumludur. Mevcut bir yapının yıkılıp yeniden inşa edilmesi, binanın yenilenmesine göre çevreye daha fazla zarar vermektedir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, mevcut bir binanın yenilenmesinin yeni inşaat seçeneğine göre neredeyse yarı miktarda sera gazı emisyonuna neden olduğu belirtilmekte ve daha sürdürülebilir bir seçenek olduğu görülmektedir. 1.722 m2'lik net alana sahip, 1970'lerde inşa edilmiş çok katlı bir mevcut yapının yenilenmesi ile yeniden inşaatı arasında oluşacak sera gazı emisyonu farklarının araştırıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, mevcut bir yapının yenileme işlemi, m^2 başına yaklaşık 0,9 ton, toplamda ise yaklaşık 1.600 ton sera gazı emisyonuna yol açmaktadır. Yeni bir bina inşa etme seçeneğinde ise, m^2 başına yaklaşık 1,7 ton olarak toplamda yaklaşık 2.900 ton sera gazı emisyonu ile sonuçlanmaktadır [3].

Ekonomik açıdan bakıldığında ise, biçim yönünden zayıf olan mevcut binaların yenilenmesi yerine yeniden inşa edilmesi, bu tarz mevcut binalar için iç mekân form düzeltmelerinin de getirdiği ek maliyetler sebebi ile çoğu zaman daha az yatırım bedeli gerektirmektedir. Bununla birlikte, yeni inşaat projeleri kısa sürede önemli sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır ve iyileştirilmiş enerji verimliliğinin yararları ancak onlarca yıl sonra gerçekleşebilmektedir. Ayrıca, mevcut binaların yenilenmesi çalışmaları sırasında eski binalarda ekonomik açıdan sürdürülebilir bir şekilde enerji verimliliği iyileştirmeleri gerçekleştirilebilmektedir [3]. Bu tezde yapılan çalışmalar mevcut bir binanın yenilenmesi kapsamında ele alınmıştır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde pasif ve aktif sistemler hakkında genel bilgilere ve tez çalışmaları sırasında faydalanılan kaynak ve çalışmalara yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, tez kapsamında yenileme çalışmaları yapılan mevcut binanın seçim çalışmalarına, bina özelliklerine, gün ışığı analizi ve bina enerji modellemesi sonuçlarına yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, pasif ve aktif sistemlerin uygulamaları konusunda enerji verimliliği ve maliyetine ilişkin hesaplama ve değerlendirmeler yapılmış ve yapılan uygulamalardan farklı iyileştirilmiş bina seçenekleri oluşturularak mevcut bina ile karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Beşinci bölümde, yapılan çalışmaların sonuçları yorumlanmış ve mevcut bir yapının yenilenmesi kapsamında uygulanabilecek sistemlerin enerji etkinliği açısından değerlendirmeleri yapılmıştır.

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Mevcut Binaların Yenilenmesi Konusundaki Literatür Çalışmaları

Namlı (2015), "Mevcut Konut Yapılarının Enerji Etkin İyileştirilmesi: Namlı Evi" adlı yüksek lisans tezi kapsamında, az katlı mevcut binalarda iç mekanlarda yapılan iyileştirmeler ile iyileştirmeden önceki duruma göre elde edilen enerji etkin sonuçlar verilmiştir. Yapılan iç mekân iyileştirmeleri literatür taraması yapılarak enerji tüketimine etki eden faktörlerin sıralanması ile kararlaştırılmıştır. İyileştirmeler sonucunda elde edilen veriler analiz edilmiş, kullanıcı konforuna ilişkin sonuçlar anket yoluyla elde edilmiştir. Yapılan iyileştirmelerin enerji tüketimi üzerindeki etkisine yönelik değerlendirmeler, iyileştirmeden önce ve sonra olmak üzere, konutun ısınması için tüketilen yıllık enerji tüketimi karşılaştırılarak yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen diğer bir sonuç ise, enerji etkin bina oluşturmada yapı elemanları ile ilgili düzenlemelerin yanında, bina kullanıcılarının da enerji tüketimine etkilerinin fazla olduğudur [4].

Dinç Kobalas (2015), "Mevcut Bir Konutun Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma: Toki Afyon Tarımköy Örneği" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında mevcut bir bina üzerinde yapı bileşenleri geliştirilmesi ve pasif güneş sistemleri eklenmesinin enerji kazancına etkisi değerlendirilmiştir. DesignBuilder enerji ve simülasyon programı ile modellenen binalar referans bina ile karşılaştırılarak, yapılan iyileştirmelerin yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam yük değerleri açısından etkileri incelenmiştir. Ayrıca çalışma boyunca yapılan tüm hesaplamalarda referans binanın mevcut olması nedeniyle bina yönelimi, diğer yapılar ile mesafesi ve bina formu üzerinde değişiklik yapılamadığı için sadece bina kabuğu opak ve saydam bileşenleri ve güneş sistem elemanları üzerinde yapılan geliştirmelerin sonuca doğrudan etkisi gösterilmiştir [5].

Yıldız (2008), "Mevcut Toplu Konutların Enerji Verimli Yenilenmesi: Gaziemir Emlak Bankası Konut Alanında Bir Çalışma" adlı yüksek lisans tezinde mevcut

konutların enerji etkin iyileştirmeleri için önerilerde bulunulmuş, ısıtma enerjisi yükünü azaltmanın soğutma enerjisi üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. Çalışma yapılırken Avrupa birliği ülkelerinde bulunan binalar örnek alınmış, geliştirilen öneriler Ecotect v5.50 adlı benzetim programında ısıtma ve soğutma yükü bakımından incelenmiştir. Geliştirilen önerilerin benzetimi ile mevcut ve geliştirilmiş bina karşılaştırılmasında enerji tüketimi açısından %50'ye yakın iyileşme olduğu tespit edilmiştir [6].

1.1.2 Pasif ve Aktif Seçenekler

Köksal (2018), "Enerji Etkinliği Açısından Bir İlköğretim Binasının Aktif ve Pasif Sistem Olarak Performansının Değerlendirilmesi" adlı yüksek lisans tezinde; tasarım aşamasında bulunan bir ilköğretim okulunun enerji etkin şekilde geliştirilmesi değerlendirilmiştir. Binaya ait tasarım değerleri üzerinde yapılan iyileştirmeler DesignBuilder simülasyon programı üzerinden referans bina ile karşılaştırılarak ısıtma enerjisi üzerindeki değişime etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar arasında bina kabuğundaki iyileştirmeler ve pasif sistemlerin geliştirilmesi üzerinde durulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, aktif sistemlerin çalışma yükünü en aza indirerek pasif sistemlerin geliştirilmesi üzerinde durulması gerektiği tespit edilmiştir [7].

Özdemir (2005), "Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında Türkiye'nin iklim şartları göz önüne alınarak binaların enerji etkin olması için tasarım aşamasında pasif sistemlerin rolü değerlendirilmiştir. Pasif bina tasarımı gerçekleştirilirken iklimsel etkenler, kullanıcıya bağlı etkenler ve binaya bağlı etkenler ele alınmıştır. Binaya ilişkin parametreler yer, bina aralıkları, bina yönlendiriliş durumu, bina kabuğu optik ve fiziksel özellikleri, bina biçimi, doğal havalandırma açısından ele alınmıştır. Güneş ışığından en verimli şekilde yararlanarak pasif sistemler odaklı bina tasarımı için öneriler geliştirilmiş ve izlenebilecek adımlar açıklanmıştır [8].

Süt (2013), "Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Mevcut Çok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında Türkiye'nin farklı iklim özelliklerine ait bölgelerinde ısı korunumu

bakımından yetersiz mevcut bir toplu konut projesinin geliştirilmesinin enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Enerji tasarrufu önerileri ile DesignBuilder simülasyon programı üzerinden bölgedeki 4 mevcut binanın ısıtma- soğutma yükleri, elektrik, doğal gaz ve toplam enerji tüketimi değerleri karşılaştırması yapılmıştır. Getirilen öneriler üzerinde yapılan değerlendirmede toplam enerji tüketimi Erzurum'da %35,7, Ankara'da %32,2, İstanbul'da %27,3 ve Antalya'da %19,3 oranında azaltılmıştır. Ülkenin iklim şartları göz önüne alındığında yapılan çalışmaya göre; opak bileşenler açısından yalıtım kalınlığı, şeffaf bileşenlerin ısıl etkinliği ve güneş kontrol elemanları bina enerji performansını etkileyen en önemli unsurlar olduğu belirlenmiştir [9].

Türkiye koşullarında yapılan bir başka araştırmanın sonuçlarına göre, çok katlı binalardaki ısı kayıplarının %40 duvarlardan, %30 pencerelerden, %17 hava sızıntısından, %7 çatıdan ve %6 döşemelerden meydana geldiği tespit edilmiştir. Bir yapıda yazları ısı kazancının olması durumunda soğutma; kışları ısı kaybının söz konusu olması durumunda ısıtma için harcanacak enerji artmaktadır. Dış duvarlar, çatı, cam, doğrama, kapı gibi yapı kabuğu elemanları bina içi ile dış hava arasındaki ısı iletimini sağlamakta, dolayısı ile binanın enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir [10].

1.1.3 Maliyet Analizi

Tıkır (2009), "İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma" adlı yüksek lisans tezinde bina kabuğu baz alınarak opak ve saydam elemanların iyileştirmesi ve güneş kontrol sisteminin geliştirilmesi başlıklarında yapılan çalışma incelenmiştir. DesignBuilder ve EnergyPlus simülasyon programları kullanılarak bina kabuğu üzerindeki geliştirmelerin konut enerji tasarrufuna etkisi ve maliyet analizler değerlendirilmiş. Maliyet ve enerji verimliliği etkisi analizi sonucu maliyet etkin seçenekler sunulmuştur. Uygulama konutuna güneş panellerinin entegrasyonu çalışılmıştır. Bütün bu bina kabuğu üzerindeki iyileştirmeler sonucunda bina kabuğunun opak ve saydam bileşenleri üzerindeki iyileştirme ve güneş kontrolü sağlanması durumunda enerji tüketim miktarında %54, bina kabuğuna eklenen PV

sistemler, çatıda kullanılan güneş kolektörleri ile enerji tüketim miktarında %61 tasarruf gözlenmiştir [11].

Çaçan (2018), "Fotovoltaik Sistemlerin Kurulum ve Maliyet Analizinin Örnek Bir Otele Uygulanması" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında oteldeki enerji tüketen cihazların elektrik enerjisi ve güneş enerjisi bakımından enerji maliyeti karşılaştırması değerlendirilmiştir. Toplam enerji tüketimi 50.215,98 KW olan otel için üretim hacmi 60.856,60 KW olan sistem kurulmuştur. İlk yatırım bedeli 22.283,70 dolar, yıllık getirisi 3.515,98 dolar olarak hesaplanmıştır. Sistemin kendini amorti etme süresi 7,5 yıl olarak hesaplanmıştır. Sistemin, yatırım maliyeti ve kendini amorti etme süresinin yaygınlaşmasını yavaşlatmakta olduğu öngörülmüştür [12].

Çolak (2010), "Fotovoltaik Paneller Yardımı ile Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında fotovoltaik sistemlerin uygulanması için hukuki gereklilikler, sistem gereksinimleri, uygulama maliyetleri ve çalışma prensipleri değerlendirilmiştir. PVSYST adlı programda yapılan hesaplamalar için 10 MW kurulu güce sahip güneş enerji santralinden elde edilen enerji miktarı ve kurulum maliyeti değerlendirilerek birim maliyetler üzerindeki etkisi incelenmiştir [13].

Çaka (2006), "Isıl Sistem Bileşenlerinin Yatırım Maliyetleri" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında ısının ve elektriğin beraberce üretilmesini sağlayan kojenerasyon sistemlerin yatırım maliyetleri üzerinde durulmuştur. Bileşenlerin maliyetleri hesaplanırken net 30 MW gücünde 20 barda 14 kg/s buhar üreten gaz türbin içeren kojenerasyon sistemi tercih edilerek 16 ayrı sistem kurularak incelenmiş. Elde edilen sonuçlara göre tek parametreye bağlı olarak maliyet etkisi ölçmek mümkün görülmemiştir. Maliyet hesaplamaları yapılırken izantropik türbin verimi için; kompresör sıkıştırma oranı ve yanmış gazların tribüne giriş sıcaklığının etkisi değerlendirilmiştir [14].

Demir (2014), "Bina Dış Duvarları için Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi ve Maliyet Analizi" adlı yüksek lisans tezi çalışmasında yalıtım açısından enerji etkin bina geliştirilmesi ve maliyet analizi değerlendirilmiştir. 7 farklı bölgeden seçilen örneklem iller üzerinde yapılan değerlendirmede yalıtım malzemeleri açısında en

verimli kalınlık hesaplaması yapılmıştır. Değişken olarak dıştan yalıtım ve sandviç panel belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler değerlendirildiğinde dıştan yalıtılmış duvar modelinin enerji etkin olma açısından daha verimli olduğu görülmüştür. Yapılan maliyet analizlerine göre; Mersin ilinde yapılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için ekspande polistren (EPS) köpük kullanımında maliyet- enerji tasarrufu göz önüne alındığında en verimli sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışma için geri ödeme süresi 0,3 yıl olarak hesaplanmıştır. En yüksek maliyet rakamına sahip Kayseri ili sandviç duvar modeli çalışması için ise geri ödeme süresi 4,3 yıl olarak değerlendirilmiştir [15].

1.2 Tezin Amacı

Mevcut binaların yenilenmesi için iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin ilki binanın tamamen yıkılıp yerine yeni bir bina inşa edilmesi iken, diğer yöntem ise mevcut yapının korunması ve iyileştirme çalışmalarının yapılmasıdır. Binaların tamamen yıkılıp yeniden inşa edilmesi göz önüne alındığında, mevcut bina üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları hem daha ekonomiktir hem de çevreye daha az zarar verilen bir uygulama yöntemidir. Mevcut bir binanın enerji etkin hale getirilmesi konusunda yapılabilecek çalışmalar yeni bir binanın inşaatına göre daha kısıtlı olsa da uygulanabilecek aktif ve pasif sistemler bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, mevcut bir binanın yenilenmesi sırasında uygulanabilecek aktif ve pasif sistemlere ait seçeneklerin enerji verimliliğine ve yatırım bedelinin geri ödeme süresine olan etkilerinin ayrı ayrı ve bir bütün halinde değerlendirilmesidir.

Tezin amacı kapsamında; uygulanabilecek aktif ve pasif sistemler mevcut bina üzerinde ayrı ayrı değiştirilerek değerlendirilmiş, seçeneklerin enerji tasarrufuna olan etkileri bina enerji modellemesi ile hesaplanmıştır. Farklı değişikliklerin birleştirilmesi ile oluşturulan iyileştirilmiş bina seçeneklerine ait toplam enerji tasarruf oranları bina enerji modellemesi ile hesaplanmış, ilk yatırım maliyetleri ve yatırımın geri ödenme süresi hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Böylece, mevcut bir binanın yenilenmesinde pasif ve aktif sistemler enerji verimliliği ve maliyet açısından değerlendirilmiştir.

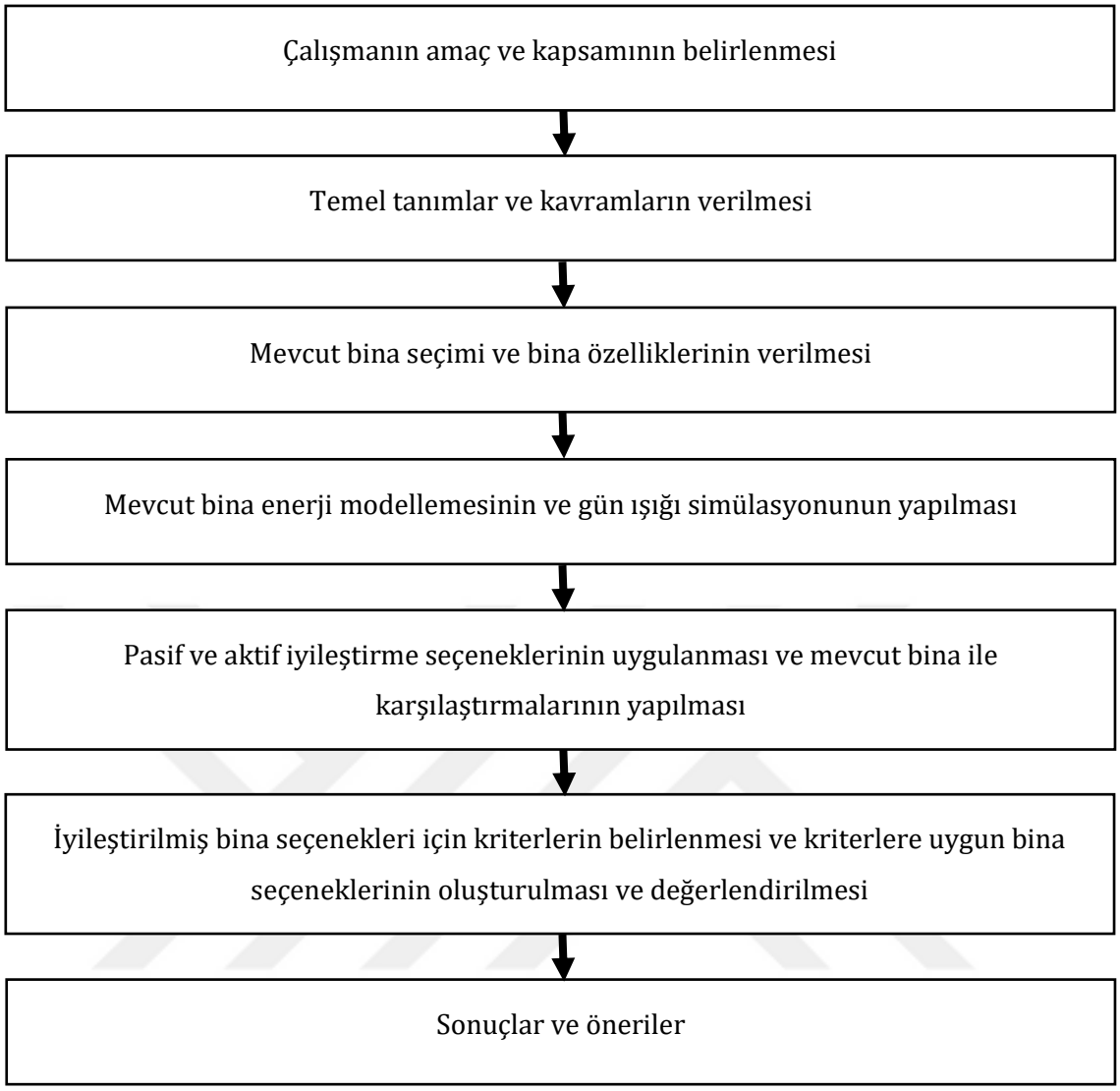
1.3 Hipotez

Mevcut bir yapının enerji etkinliği aktif ve pasif sistemlerin uygulanması ile geliştirilebilmektedir. Her sistemin ve yapılacak her çalışmanın enerji verimliliğine ve dolayısı ile enerji tasarrufuna katkısı farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve pahalı sistemlerin kullanılması enerji verimliliğinin de yüksek olacağı anlamına gelmeyecektir. Aktif ve pasif seçenekler arasında, ayrı ayrı bakıldığında geri dönüş süresi en kısa olan seçenekler ile oluşturulan binanın toplam yatırım bedelinin geri dönüş süresi, diğer binalara göre daha kısa olmayabileceği öngörülmektedir.

Bu hipotez doğrultusunda; aktif ve pasif sistemler ayrı ayrı değerlendirilerek enerji tasarrufuna katkıları ve her bir iyileştirme için geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda, farklı kriterler ile oluşturulan iyileştirilmiş binaların enerji tüketimleri ve yatırımın geri ödenme süreleri hesaplanarak ve karşılaştırmaları yapılarak hipotezin doğruluğu araştırılmıştır.

1.4 Tezin Kapsamı

Bu tez çalışmasında, mevcut bir binanın iyileştirilmesi sürecine ait bir yaklaşım geliştirilerek, pasif ve aktif sistem iyileştirmeleri mevcut bir bina üzerinde her basamakta ayrı ayrı uygulanarak mevcut durum ile karşılaştırılmış ve yatırım bedeline göre geri ödenme süresinin hesaplaması yapılmıştır. Sonrasında, belirlenen kriterlere göre pasif ve aktif sistem iyileştirmeleri içerisinde yer alan seçenekler ile beş farklı iyileştirilmiş bina seçeneği oluşturularak elde edilen sonuçların tezin amacı ve hipotezine uygunluğu incelenmiştir. Bu tezin kapsamı içerisinde yapılan çalışmalar Şekil 1.1'de verilen akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Tez çalışmalarına ait akış diyagramı

2
ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMINDA PASİF VE AKTİF SİSTEMLER

CO_2 'karbon döngüsü' içerisinde doğa tarafından salınmakta iken, yine doğal süreçlerden kaynaklanan CO_2 emilimi olmakta ve bu döngü içerisinde bir doğal denge bulunmaktadır. Karbon döngüsü içerisinde yer alan doğal CO_2 emisyonlarına ilave olarak insan kaynaklı CO_2 emisyonlarının eklenmesi ile doğal emilim mekanizmalarının kapasitesi aşılmakta ve bunun sonucu olarak da iklim değişikliği meydana gelmektedir. Emilemeyen sera gazları, dünyanın atmosferinde kalın bir tabaka oluşturarak ısının kaçmasını engellemekte ve küresel ısınmaya yol açmaktadır.

Küresel olarak, yakılan fosil yakıtın neredeyse %75'i enerji üretmek için kullanılmaktadır. Bu enerji ulaşım, endüstriyel üretim, tarım ve gıda üretimi ile binaların aydınlatılması, ısıtılması ve soğutulması gibi işletim süreçlerinde tüketilmektedir [16]. Şehir ve binaların inşaat ile işletim süreçleri CO_2 emisyonlarının yaklaşık %50'sini oluşturmakta ve bu durum küresel ısınmaya önemli bir etkide bulunmaktadır. İklim değişikliğinin hafifletilmesi için karbondioksit miktarının azaltılması gerekmektedir ve bu gereksinim, Avrupa Birliği ve İngiltere'nin birçok yasa, kanun ve taslaklarının arkasındaki ana itici güç durumundadır. Bir binanın işletim sürecinde ortaya çıkacak karbon ayak izinin azaltılması, genellikle yalıtım malzemelerindeki miktarın artmasını gerektirmektedir ve bunun bir sonucu olarak da yapı malzemeleri kaynaklı bütünsel karbon ayak izinde bir artış oluşmaktadır. Yüksek karbon ayak izine olan bu yatırım, binanın uzun ömrü, bakım kolaylığı, inşaatı ve yeniden kullanımı için özenle tasarlanmış ve inşa edilmiş olması durumunda kısa sürede toplam karbon ayak izinin azalmasını sağlayacaktır [17]. Binaların sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda tasarlanması ve inşa edilmesi durumunda küresel ısınmaya yol açan, doğa tarafından emilemeyen sera gazlarının azaltılması sağlanabilecektir.

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli girdilerinden olan enerjiye gereksinim, gelişen teknolojiye ve hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak günden güne artmaktadır. 2012 yılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre, ülkemizde tüketilen toplam enerjinin %35'i konutlar ve ticari binalardan oluşan bina sektöründen kaynaklanmaktadır. 2002-2012 yılları arasındaki 10 yıllık dönemde bina sektörünün tükettiği enerji yaklaşık %70 oranında artmıştır [18]. Bu artışların ana sebepleri arasında artan nüfus, gelişen teknoloji ile insanların konfor ihtiyaçlarının artması yer almaktadır. Üstelik yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan enerji bu artışlara dahil edilmemiştir. Bu değerler ile enerji maliyetleri üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, enerji etkin bina tasarım ve uygulamaları önem kazanmaktadır.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır [19]. Verimliliğin kelime anlamından yola çıkıldığında, enerji verimliliği hakkında birim enerjiden maksimum yararlanılması yorumu yapılabilir.

Enerji tasarrufu, iyileştirme yöntemlerini uygulayarak veya yeni teknolojiler kullanarak, üretimi ve kaliteyi düşürmeden, sosyal yaşamın standardını korumak suretiyle, enerjiyi daha etkin kullanmak demektir [20]. Tasarrufun kelime anlamından yola çıkıldığında, enerji tasarrufu için mevcut şartlardan ödün vermeden enerjinin akıllıca kullanılması yorumu yapılabilir.

Ülkemizde, sanayi tesislerindeki üretim amaçlı tüketimden sonra en fazla enerji yapılarda tüketilmektedir. Elektrik enerjisinin çok önemli bir kısmının fosil yakıtlardan üretildiği göz önüne alındığında, yapılarda enerji etkinliğinin önemi ortaya konacaktır. Enerji etkinliği, enerji üretimi ve iletiminin yanı sıra, enerjinin kullanımında da etkinliği kapsamaktadır [21].

Binalarda enerji verimliliği, iç ve dış ortam arasındaki ısı transferinin çoğunlukla önlenmesi, fakat kimi koşullarda sağlanması, ısı kazançlarının farklı mevsimler için optimize edilmesi ve aynı zamanda bina kullanıcılarının konfor ihtiyaçlarının karşılanması olarak tanımlanabilir.

2.1 Pasif Sistemler

Pasif sistemler, kelime anlamından yola çıkılırsa aktif olarak enerji harcamayan sistemler olarak tarif edilebilir. Pasif tasarım, bir yapının doğal enerji kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanması sayesinde, konfor koşulları korunurken ısıtma, soğutma, havalandırma veya aydınlatma için elektrik, doğalgaz gibi enerji kaynaklarının kullanılmamasını veya daha az kullanılarak enerji tasarrufunda bulunulmasını sağlamaktadır. Pasif sistemlerin uygulandığı bir yapı geliştirilirken konum, yönelim, opak ve saydam malzeme seçimi, doğal havalandırma, kullanıcı konforu gibi dikkat edilmesi gereken birçok ayrıntı mevcuttur. Dolayısı ile, pasif seçenekler projenin henüz ön tasarım aşamasında iken değerlendirilmeye başlanmalıdır.

Pasif seçeneklerin doğru kullanımı sayesinde yapıların enerji tüketimleri azaltılabilmektedir. Pasif seçeneklerin yoğun olarak uygulandığı ve sonucunda bir yıl boyunca bir metrekarelik yaşam alanını ısıtmak için 1,5 litre 'den daha az akaryakıt veya 1,5 m^3 den daha az gaz kullanan yapılar "Pasif Ev" olarak tanımlanmaktadır [22]. Pasif evlere benzer şekilde, pasif seçeneklerin uygulanmasının yanında güneş paneli, rüzgâr enerjisi gibi aktif seçeneklerin de dahil edilmesi ile neredeyse yıllık enerji tüketimini karşılayan yapılar yaklaşık sıfır enerjili binalar (nZEB) olarak ifade edilse de tam olarak tanımı yapılmamıştır.

2.1.1 Yapının Konumu, Formu ve Yönelimi

2.1.1.1 Yapının Konumu

Yapının coğrafi konumundan kaynaklı iklimsel koşullar enerji etkin bina tasarımda en önemli girdiyi oluşturmaktadır. Güneş, nem, rüzgâr, ısı gibi iklim koşulları, pasif seçeneklerin değerlendirilmesinde en önemli faktörleri içermektedir. Farklı iklim koşulları için tasarlanan binalarda güneş enerjisi farklı anlamlar taşımaktadır. Tropikal bir bölge ile soğuk bir bölgenin güneş enerjisine olan ihtiyaçlarının farklı olması, yapı konumunun önemini göstermektedir.

Yapının bulunduğu konuma ait iklimsel özelliklerin bitki örtüsünü de etkilediği göz önüne alındığında, gölgeleme ve gürültü azaltma amaçlı çalışmalar için kullanılacak

bitkilerin yerel bitkiler arasından tercih edilmesi çalışma sonucunun uzun yıllar boyunca korunması açısından önem arz etmektedir.

Pasif seçenekler içerisinde bir yapının konumu, güneş radyasyonundan doğal ısıtma, rüzgârın etkisinden doğal soğutma ve havalandırma, gün ışığından doğal aydınlatma gibi konfor şartların sağlanabilmesine direkt olarak etki etmektedir.

2.1.1.2 Yapının Formu

Yapı formunun değişmesi aynı zamanda yapının yüzey alanlarının da değiştiği anlamını taşımaktadır. Yapı alan ve hacminin aynı kalması fakat yapı formunun değişmesi durumunda dahi duvar yüzeyleri artabilir, dolayısı ile ısı kayıp ve kazançları da etkilenebilir.

Aynı alana sahip farklı formların enerji tüketimlerinde farklılıklar gözlenebilmektedir. Şekil 2.1'de görüleceği üzere, yapı alanının aynı kaldığı formlardan ilkinde (a) dış hava ile temaslı yüzey alanı dikdörtgen forma göre %10, ikincisinde (b) ise %20 oranında artmıştır. Şekilde gösterilen formdaki yapılara ait enerji tüketimlerinin, dikdörtgen forma sahip yapının enerji tüketimi ile aynı olması için yapı malzemelerindeki yalıtımlarda sırasıyla 20 ve 40mm'lik artış gerekmektedir [23].



Şekil 2.1 Yapı formundaki değişim ile yüzey alanlarının artması [23]

Yapı formunun kompakt bir şekilde olması, binanın çatı ve duvarlarından oluşacak ısı kaybının daha az olmasını sağlayacağı gibi birim maliyetinin de daha düşük olmasını sağlar.

2.1.1.3 Yapının Yönelimi

Enerji etkin binalarda istenilen, doğal enerji kaynaklarından konfor şartından ödün vermeden maksimum düzeyde yararlanmaktır. Pasif yöntemlerle enerjinin korunumu seçenekleri, yapı yönelimi ile yapı konumunun sahip olduğu olumlu

faktörlerden yararlanmak ve olumsuz faktörlerin etkisinden kaçınmak amacını taşımaktadır.

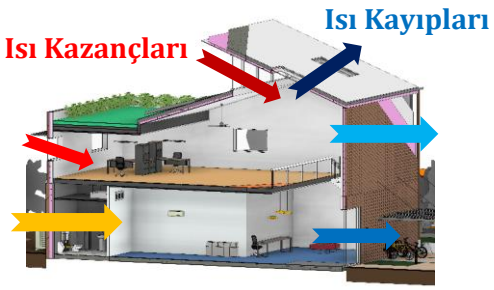
Yapı yönelimini doğrudan etkileyen etmenlerin başında çevre koşulları gelmektedir. Çevre koşullarının yapı yönelimine uygun olması durumunda, yapının doğru şekilde yönlendirilmesi ile kış aylarında yararlı ısıl kazanç sağlanırken, gün ışığı ile doğal aydınlatma sağlanabilir, ayrıca soğutma ve doğal havalandırma için rüzgâr koridorları oluşturulabilir.

2.1.2 Yapı Kabuğu ve Fiziksel Özellikleri

Binalar genellikle 60 yıllık bir ömre sahip olacak biçimde tasarlanmaktadır. İklim değişikliği açısından bakıldığında, bugün inşa edilen yapıların 2080 ve sonrasında hala ayakta kalacak olması nedeniyle, binalar bu periyot için öngörülen iklim değişikliğine göre tasarlanmalıdır [17]. 2080 yılı için öngörülen verilere göre, İngiltere'nin kuzey ve güney bölgelerinde sırasıyla 2,9 - 4,3 ^{0}C kadar sıcaklık artışı olması ve deniz seviyesinin 150 - 900 mm arasında yükselmesi beklenmektedir [24]. Seçilecek yapı kabuğu malzemeleri için 2080 ve hatta 2100 yıllarındaki iklim koşullarının dikkate alınması, binaların gelecekte de kullanılabilir olmasını sağlayacaktır.

Isı kayıp ve kazancı, bir diğer deyişle ısı transferi konusunda çalışma yapılırken, yapının konumu ve iklim koşulları ilk önce değerlendirilmesi gereken konular arasında gelmektedir. Yapı kabuğu soğuk, ılıman veya sıcak iklim tiplerine göre değişiklik göstermelidir. Bir yapıdaki ısı kayıp ve kazançları genel itibari ile Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Bu tez kapsamında, yukarıdaki şekilde gösterilen yapı bileşenlerinden duvar, pencere, çatı ve döşemeden kaynaklanan ısı kayıp kazançları da değerlendirilmiştir.



Şekil 2.2 Isı kayıp ve kazançlarının gösterilmesi

2.1.2.1 Duvar

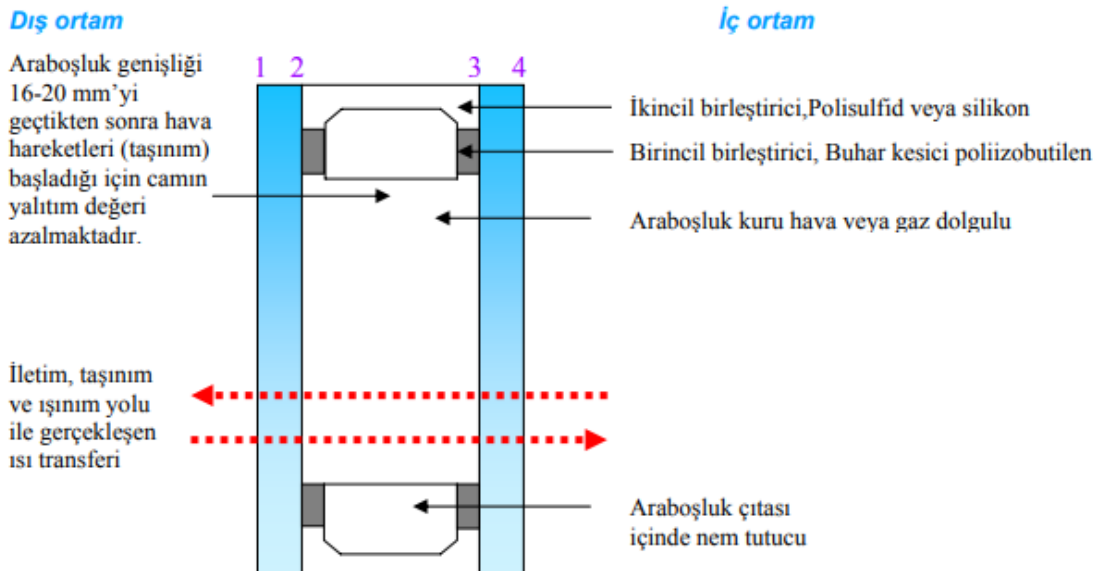
Yapı elemanları içerisinde en fazla alana sahip olan dış duvarlar, ısı kaybı ve kazancı açısından önem taşımaktadır.

Günümüzde dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemelerinin konumuna göre; dış yüzeye yapılan ısı yalıtımı (mantolama), iç yüzeye yapılan ısı yalıtımı, çift duvar arası yalıtım ile sandviç duvar uygulaması ve havalandırmalı dış duvar yalıtımı ile giydirme cephe sistemi olarak 4 farklı sistemde uygulanmaktadır [25].

Duvarların çift duvar arası yalıtım veya içten yalıtım uygulamalarında ısı köprülerini engellemek ancak ek olarak yapılan ısı yalıtım uygulamaları ile mümkün olabilmektedir. Cephenin dıştan yalıtılması, yalıtımın bir bütün olduğunu benimseyen bir sistemdir. Dıştan uygulanan yalıtımla hem duvar elemanlarının oluşturdukları yüzeyler hem de kolon, kiriş, lento, perde duvar gibi betonarme yüzeyler yalıtılarak ısı köprüleri ortadan kaldırılmaktadır. Dolayısıyla duvarların dıştan yalıtılması çoğunlukla yapı fiziği açısından en uygun çözümdür [26].

2.1.2.2 Pencere

Binalarda kullanılan saydam alanlar sayesinde, bina kullanıcıları dış mekân ile olan bağlantıları korunarak kaliteli görüş alanlarına sahip olur; mekanlara gün ışığı vasıtası ile doğal aydınlatma sağlanır. Saydam alanların en çok kullanılan türü olan pencere sistemi kendi içerisinde çerçeve, cam gibi farklı bileşenlerden oluşur. Pencere seçimi yapılırken, iklimsel koşullar, gün ışığı ihtiyacı ve gürültü kontrolü gibi konular dikkate alınarak çerçeve özellikleri, cam kalınlıkları, camlar arası mesafe ve dolgu malzemesi, cam üzerindeki kaplamaların özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 2.3'te çift cama sahip bir pencerenin bileşenleri verilmiştir.



Şekil 2.3 Çift cama sahip pencere kesitinin gösterilmesi [27].

Günümüzde düz camlara sahip çift camlı pencereler ile ısı yalıtımı tek başına yeterli olmamaktadır. Isı yalıtımına ve buna bağlı olarak enerji tasarrufuna cam kaplamalarının ve boşluk dolgusunun önemli derecede etkisi bulunmaktadır. Camlar arası boşluk dolgusu olarak kuru hava yerine argon gazı gibi ağır gazların kullanılması pencere sistemine ait toplam ısı geçirgenliği (U) değerinin düşmesini, yalıtımın artmasını sağlar. Cam kaplaması olarak kullanılan low-e ısı kontrol kaplamalı çift cam üniteleri; ısı kayıplarını tek cama göre ortalama %65-70; standart çift cama göre %35-40 oranında azaltarak ısıtma giderlerinden tasarruf sağlamaktadır [27].

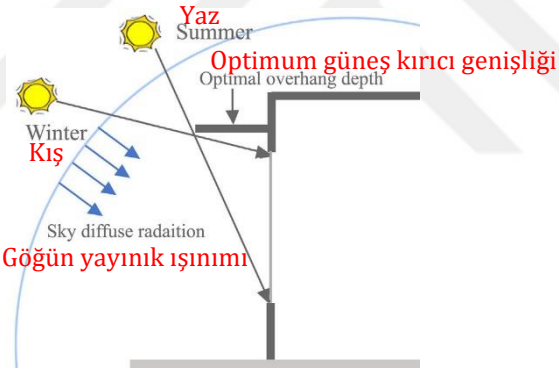
2.1.2.3 Çatı ve Döşeme

Binalardaki ısı kayıplarının önemli bir kısmı çatı ve döşemelerden kaynaklanmaktadır. Isı kazançları göz önüne alındığında ise, çatılar döşemelere kıyasla daha fazla etkilidir. Çatı ve döşemelerin enerji tasarrufuna etkileri büyük oranda ısı geçirgenlik katsayıları ile ilişkili olsa da ısı kazancı açısından çatıların eğim, renk, güneş enerjisi yansıtma katsayısı gibi özellikleri de etkili olmaktadır. Çatıların güneş ışığı yansıtma endeksi (SRI) değerinin düşük olması, yeşil çatı uygulaması, mekanik ekipmanların çatıda bulunması, çatıya PV panel kurulumu gibi çatı yüzeyinin ısınmasını engelleyen pasif seçeneklerin tercihi ile çatılar güneş enerjisinden korunarak çatı yüzeyindeki ısı kazancının önüne geçilebilmektedir.

2.1.3 Güneş Kontrol Sistemleri

Güneş enerjisinin mekanlara sağladığı ısı kazancı, kış aylarında binanın enerji tüketimini azaltırken; yaz aylarında bina soğutma sistemine getirdiği ek yük ile enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisinin kışları mahallere ulaşması, yazları ise mahallerin güneş enerjisinden korunması için güneş kontrol sistemleri pasif bir seçenek olarak bulunmaktadır.

Güneşin yıllık hareketi göz önüne alındığında, kış aylarında diğer mevsimlere kıyasla yatay hareket ettiği ve yaz aylarının öğlen saatlerinde ise en dik açıya ulaştığı görülmektedir. Isı kazancına sebep olan güneş enerjisinden korunmak için perdeleme sistemleri bulunduğu gibi hareketli ya da sabit yatay ve düşey güneş kırıcılar da kullanılmaktadır. Optimum güneş kırıcı genişliğinin belirlenmesinde, yaz ve kış aylarında güneşin geliş açısının önemine ait görsel Şekil 2.4'te verilmiştir. Güneş kırıcı tasarımı projenin konumuna, yönelimine ve çevre koşullarına uygun olarak yapılmalıdır.



Şekil 2.4 Optimum güneş kırıcı genişliği [28].

Güneş kontrol sistemlerinin pasif bir seçenek olarak projelere uygulanmasında, güneşin geliş açısı bilinmeli ve uygun tasarım yapılmalıdır. Doğru tasarım sayesinde mekanlara giren güneş radyasyonu yazları engellendiği gibi kışları da ısı kazancı sağlanmaktadır.

2.1.4 Doğal Aydınlatma

Mekanların aydınlatılması lambalar ile yapay olarak sağlanabildiği gibi, gün ışığı ile doğal olarak da sağlanabilmektedir. Yapma aydınlatma yerine doğal aydınlatmadan yararlanılması, aydınlatma için tüketilecek enerjinin azalmasını ve enerji

tasarrufunu sağlamaktadır. Gün ışığının cam, pleksiglas gibi saydam ve yarı saydam gibi yapı malzemelerinden geçerek mekân içerisinde oluşturduğu aydınlatmaya doğal aydınlatma denir.

Gün ışığının mekanlara ulaşmasını sağlayacak birçok seçenek bulunmaktadır. Bu seçenekler arasından, düşey pencere, çatı penceresi, ışık rafı ve ışık tüpü birkaç örnektir.

Bir mekân içerisindeki doğal aydınlatma birçok parametreye bağlıdır. Bunlar;

- İklimsel koşullar
- Dış engeller
- Pencere yönü, biçimi ve boyutu
- Pencerenin çerçeve ve cam özellikleri
- İç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanı olarak sıralanabilir.

Yeterli ve kaliteli doğal aydınlatmaya yönelik koşullar, çeşitli standartlar, öneriler ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde tanımlanmıştır. EN 17037:2018 binalarda doğal aydınlatma ile ilgili standarda göre; zeminin 0,85m üzerinde yer alan referans yüzeyin, gündüz saatlerinin en az yarısında hedef aydınlık düzeyine sahip olması durumunda ilgili mekânın yeterli gün ışığına sahip olduğu kabul edilmektedir. Doğal aydınlatma yeterliliğinin ölçülebilmesi için 2 farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar;

1. Tamamlanmış bir bina için; lüksmetre vasıtası ile ölçüm yapılması,
2. Onaylı yazılımlar ile aşağıdaki hesaplamalardan birisinin yapılması.

a) Referans yüzeyde gün ışığı çarpanının hesaplanması,
b) Standartta belirtilen zaman aralığında, iklim bilgileri kullanılarak referans yüzeydeki aydınlık düzeyinin hesaplanması olarak tanımlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, doğal aydınlatma yeterlilik hesaplamaları onaylı yazılımlar ile simüle edilerek yapılmıştır.

Sertifikalandırılmış proje sayılarına göre yeşil bina sertifikaları arasında dünyada en çok tercih edilen derecelendirme sistemi olan LEED sertifikasının kriterleri içindeki gün ışığı kredisinde IES LM 83-12 metodu ile hesaplama yapılması önerilmektedir. Bu tez çalışmasının yapıldığı örnek binanın LEED sertifikasını alması dolayısı ile simülasyon koşulları, yeterli ve kaliteli doğal aydınlatmanın

tanımlandığı IES LM 83-12 metoduna uygun olarak seçilmiştir. Bu metot ile belirtilen hesaplama koşulları aşağıda özetlenmiştir.

- Analizler, ekinoks tarihlerinde (21 Eylül ve 21 Mart) saat 09:00 ve 15:00 için, ilgili bölgenin yaz saati uygulaması ve boylam bilgileri dikkate alınarak tamamlanmalıdır. Her iki tarihte, iki farklı saat için yapılan analizlerin sonuçlarında, her mahal için en kötü değerler dikkate alınarak ortalama değer ortaya çıkartılmalıdır.
- İç mekân yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanları için; "CIBSE Lighting Guide 11: Surface Reflectance and Colour Document" standardı kullanılmalıdır.
- Hesap yüzeyi, zemin bitişinden 750mm'lik çalışma yüksekliğinde olmalıdır. Uygun aydınlık düzeyinin eşiği 300 lüks ile 3.000 lüks aralığındadır. Karanlık alanların çıkartılması ile uygun aydınlık düzeyi 300 lüks üzeri ve kamaşmanın engellenmesi için de 3.000 lüks ve altı olarak sınırlandırılmıştır. [29]

Bir alanda, ortalama aydınlık düzeyinin çok üzerinde bir değere sahip olan bölge diğer bölümlere göre daha ışıklı algılanır. İnsan gözünü rahatsız eden ve konforu engelleyen bu duruma kamaşma denir. Gerekli aydınlık düzeyinin sağlandığı ve kamaşmanın olmadığı durumlar doğal aydınlatma için en uygun seçenektir.

Gün ışığı sistemlerinden biri olan ışık rafları ise, güneş enerjisinin direkt olarak zemine gelmesini engelleyerek kamaşma oluşmasının önüne geçer, mekânın derinliklerine gün ışığını yansıtır ve güneş kırıcı olarak ısı kazancını engeller.

Işık tüpü güneş ışığının herhangi bir açıklıktan alınıp yansıtıcılar vasıtasıyla ilgili mekâna kadar ulaştırılması prensibine göre çalışan bir sistemdir. Bu sistemde güneş enerjisi direkt olarak mekâna ulaşmadığı için ısı kazancı bulunmamaktadır.

2.1.4.1 Gün Işığı Simülasyonu ve Parametreleri

Dünyada en çok tercih edilen yeşil bina derecelendirme sistemi olan LEED içerisinde her bir konu başlığı birden fazla standarda göre değerlendirilmiş ve sürdürülebilirliğin ön planda tutulduğu referans kitap oluşturulmuştur. İç mekanlarda sağlanan doğal aydınlatma ile enerji tasarrufu sağlandığı gibi bina kullanıcılarının sağlık durumları ve performansları da olumlu yönde etkilenmektedir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar için LEED yeşil bina

sertifikasının referans kitabında yer alan bilgiler ve yönlendirilen standartlar dikkate alınmıştır. Gün ışığı simülasyonu, doğal aydınlatma başlığı altında tanımları yapılan ve gereklilikleri belirtilen IES LM 83-12 metoduna göre yapılmıştır.

Gün ışığı simülasyonu çalışmalarında doğru sonuçların alınması için aşağıdaki koşullar dikkate alınmalıdır:

- Bölgesel iklim koşulları
- Bina geometrisi ve dış engeller
- Proje konumu, çevre ve hacim planı
- Kat planları ve ışığı engelleyici mobilyalar
- İç mekân yüzeyleri ve ışık yansıtma çarpanları
- Camların ışık geçirme çarpanları

Yukarıdaki maddelerde yer alan bilgilerin toplanması ve simülasyon için kullanılan yazılıma girilmesi sonucunda simülasyon ilgili doğal aydınlatma standartlarına uygun olarak başlatılabilir.

Yapılan analizler sonucunda gün ışığı simülasyonu tamamlanmış olur. Her mahal için, girilen tarihlerdeki ortalama aydınlık düzeyi çıktı olarak verilir. Yazılımdan alınan çıktılarda mekân adları, kodları ve uygulanan simülasyon parametrelerine göre doğal aydınlatma sonuçları yer almaktadır ve çıktılar ile yeteri kadar aydınlık olmayan veya kamaşma olan bölgeler saptanarak gerekli önlemlerin alınması için çalışmalar yapılabilir.

2.1.5 Doğal Havalandırma Sistemleri

Bina kullanıcılarının konforu açısından en önemli konulardan bir tanesi de taze havanın sağlanmasıdır. Taze hava mekanik sistemler yardımı ile mekanlara alınabildiği gibi, pasif seçenekler yardımı ile de sağlanabilmektedir. Isı değişimi ya da rüzgâr sonucu oluşan hava akımı sayesinde dış ortamdan iç ortama alınan taze hava ve aynı zamanda iç ortamdan dışarıya atılan kullanılmış havanın bu süreci doğal havalandırma olarak tanımlanabilir. Doğal havalandırmanın bulunduğu bir binada, taze havanın sağlanması için mekanik sistemlere ihtiyaç ortadan kalkabileceği gibi aktif sistemlerin çalışma süresi azaltılarak enerji tasarrufu sağlanabilir.

Pasif seçenekler yardımı ile doğal havalandırma için rüzgâr bacası, çapraz havalandırma, galeri ve atriumlar ve trombe duvarın havalandırma etkisi gibi birçok seçenek bulunmaktadır.

Atriumlar genellikle gün ışığından faydalanmak ve estetik görünmek adına cam ile çevrildiğinden, solar baca olarak davranır ve ısıl kuvvetlere yardım ederek doğal havalandırma sağlar [30].

Geleneksel bir yöntem olarak kullanılmış olan rüzgâr bacasında; sıcak rüzgâr, bacanın içinde bulunan duvara çarparak aşağıya yönlendirildikten sonra, bahçede bulunan havuz aracılığıyla serinleyen soğuk havayı vakum yöntemi ile yaşam ortamına yönelik çeker ve odayı serinletir. Nem oranı yüksek olan bölgelerde sıcak rüzgâr sadece kuru koridordan geçerek iç mekânlara yönelir. Rüzgâr bacası; tuğla, kerpiç, çamur, sıva ve ahşap gibi geleneksel malzemelerle biçimlenmektedir [31].

Trombe duvarın cam yüzeyine yerleştirilen damperin açılmasının sonucu olarak baca etkisiyle sürüklenen hava, trombe duvarın karşı cephesinde bulunan duvara eklenen damper yardımı ile serin havayı içeri çekerek mekânın havalandırılmasını sağlamaktadır [32].

2.1.6 Pasif Isıtma Sistemleri

2.1.6.1 Trombe Duvarının Isıtmaya Etkisi

Trombe duvar bir kollektör sistemi olup, duvar ve duvardan belli bir mesafeye yerleştirilmiş cam yüzeyden oluşur. Trombe duvar cam bir yüzey ve arkasına yerleştirilmiş, tercihen siyaha boyanmış ya da seçici yüzeye sahip beton, dolu tuğla, kerpiç veya taş gibi ısı depolamaya uygun bir ısıl kütleden oluşmaktadır. Bu sistemin en verimli olarak çalışabileceği alan; güneşli ve soğuk kışların görüldüğü iklim kuşaklarıdır [33]. Camdan geçen ışınlar, Trombe duvar tarafından emilerek, enerji duvar içinde depolanır. Cam ile duvar arasında kalan hava ise ısınır ve doğal konveksiyon yoluyla üst delikten iç ortama iletilir. Bilindiği gibi ısınan hava genleşir ve böylece sıcaklığı artarken yoğunluğu azalır. Dolayısı ile kanal içerisindeki hava, kaldırma kuvvetinin etkisiyle yükselir. Üst delikten oda içerisine girerek, sahip olduğu enerjiyi buralara aktarır. Soğuk oda havası, Trombe duvarın alt kısmında bulunan hava deliğinden kanala çekilir, hava kanalında ısınarak yükselir ve oda

içerisine tekrar sirkülasyon yoluyla aktarılır. Kanalda doğal konveksiyonla ısının taşınması, duvarın alt ve üst kısımlarına hava deliklerinin açılmasıyla mümkün olmaktadır. Böylece kışın güneşli günlerde odaya ek bir ısı kazancı sağlanmış olur [32].

2.1.6.2 Kış bahçesi / Sera

Kış bahçeleri güneş ışınımından doğrudan enerji kazancı sağlayan bir sistemdir. Binaya sonradan entegre edilebilen kış bahçeleri, güneş odaları ya da kullanım detayına göre sera olarak da çeşitlendirilebilmektedir. Yapının güney cephesine konumlandırılan, inşaat sırasında ya da sonrasında cam yüzeyler ile çevrelenmiş bu alanlar sayesinde doğrudan gelen güneş ışınlarından elde edilen ısı, iç mekânlara iletilir. Binalarda kış bahçesi tasarımları ile ek yaşam alanları oluşturularak sera yapılmasına olanak sağlanmaktadır ve seralar binanın enerji performansını büyük ölçüde etkilemektedir [34].

2.1.7 Pasif Soğutma Sistemleri

Bir mekânın soğutulmasının çevresel ve ekonomik olarak en uygun yolu pasif soğutma sistemlerinin tercih edilmesidir. Enerjinin korunumu kapsamında, mekanik sistemlerin sorumluluğundaki aktif iklimlendirme yükünün azaltılması ve mümkünse sıfıra indirilmesi pasif soğutma sistemleri ile mümkündür.

Geceleri soğutucu hava akışı, hava taşınımı, güneş bacası gibi yöntemler sayesinde havalandırma ile soğutma sağlarken diğer pasif soğutma sistemleri buharlaştırma ile soğutma ve toprakla soğutma olarak sıralanabilmektedir.

2.2 Aktif Sistemler

Aktif sistemler, pasif sistemlerin aksine enerji tüketimi yapan sistemler olarak tarif edilebilir. Mekanik ve elektrik sistemlerinin birçoğu enerji tüketmekte olduğu gibi günümüzde neredeyse tüm ekipmanlar için hazırlanmış enerji etiketleri bulunmaktadır. Aktif sistemlerin kullanıldığı bir yapıda enerji verimliliği yüksek cihazların tercih edilmesi durumunda yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Aktif sistemler genel olarak mekanik ve elektrik sistemleri başlıkları altında toplanmaktadır.

2.2.1 HVAC Sistemleri

HVAC sistemler yapının ısıtma, soğutma, havalandırma, nem alma veya kurutma ihtiyaçlarının tümünü veya birkaçını sağlayan teknolojik ekipmanları, bu ekipmanların oluşturduğu sistemleri ve yapıya hizmet veren bu sistemlere destek sağlayan dağıtım ve borulama ağları ile terminal noktalarıdır. Yapı söz konusu HVAC sistemin bir veya birkaç farklı kombinasyonunu barındırabileceği gibi bu sistemler birbirlerine de destek ve servis sağlıyor olabilir [35].

Isıl konfor, çevredeki ısıl çevre ile ilgili memnuniyetin ifadesidir [36]. Her bireyin konfor seviyesi farklıdır ve sadece hava sıcaklığının yanı sıra birçok çevresel faktörden de etkilenir. Isıl konforun diğer faktörleri arasında nem, hava hızı, kişinin metabolizma hızı ve kıyafeti bulunur. Bununla birlikte, çoğu kişi benzer bir aralıkta ısıl konfor memnuniyeti yaşamaktadır. Isıl konforun olmadığı koşullardaki aşırı ısıl rahatsızlık, termal strese neden olabilir. Bu, özellikle yaşlılarda ve yatağa bağlı hastalarda ölümcül olabilecek sonuçlara yol açabilir. Bu tez çalışması kapsamında, yenilenen mekanik sistemlere ait cihaz kapasitelerinin efektif seçilmesi sayesinde ısıl konforun sağlanması hedeflenmiştir.

2.2.2 Elektrik Sistemleri ve Aydınlatma

Yapıların enerji tüketimleri incelendiğinde, elektriğin büyük oranda mekanik sistemler kapsamında yer alan elektrikli ekipmanlar tarafından tüketildiği görülmektedir. Mekanik ekipmanların enerji verimli olması, binanın toplam elektrik tüketimini düşürecektir. Elektrik sistemleri içerisinde yer alan gün ışığı, hareket ve varlık sensörleri ile otomatik zaman kontrolü enerji tüketiminde tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. ASHRAE 90.1-2010 standardına göre, aydınlatma sisteminde programlanmış zaman kontrolü yapılması durumunda %10; varlık sensörünün kullanılması durumunda ise %15 aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisinden tasarruf söz konusu olmaktadır [37].

Aydınlatma için tüketilecek enerjinin etkin kullanımında temel referans noktası ışık kaynaklarının seçimidir. Işık kaynaklarının; fotometrik değerleri bilinen, ışığı istenilen şekilde yayan ve içindeki elemanları dış etkilerden koruyan kaliteli aydınlatma aygıtları içine yerleştirilmesi ve bu aygıtların yapılan tasarım

hesaplarına uygun olarak konumlandırılmaları çok önemlidir. Böylece, gerçekleştirilecek amaca uygun, kaliteli ve gerekli aydınlık düzeyini aşmadan iyi görme koşullarını sağlayan bir aydınlatma ile enerji tasarrufu ve enerjinin etkin kullanımı sağlanmış olur. Enerjinin etkin kullanımı aynı zamanda enerji tasarrufu anlamına da gelmektedir [38].

3
BİR OFİS YAPISININ ENERJİ TÜKETİMİ AÇISINDAN MEVCUT DURUMUNUN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Örnek Ofis Yapısının Belirlenmesi

2017 yılında faturalanan elektrik tüketimleri tüketici türüne göre incelendiğinde, elektrik tüketiminin %42'si sanayi, %29'u ticarethane ve %24'ü meskenlerde gerçekleşmiştir. Faturalanan elektrik tüketimi illere göre incelendiğinde ise, en yüksek tüketim %17 oranı ve 36,9 TWh ile İstanbul'da gerçekleşmiş olup, İstanbul'u %7 tüketim oranı ile İzmir ve %6 oranı ile Ankara izlemektedir [2].

TÜİK tarafından hazırlanan "Yapı İzin İstatistikleri" verilerinde yer alan 2018 yılında belediyeler tarafından verilen yapı ruhsatları toplam yüzölçümü verilerinde İstanbul 16,2 milyon m^2 ile en yüksek payı alarak ilk sırada bulunmaktadır. İstanbul'u sırasıyla Ankara ve İzmir izlemektedir [39].

Son 10 yılda yapı ruhsatı alan ofis binası sayısı 23.892 olup, ortalama alanları 2.650,9 m^2 ve ortalama değerleri 2.222.770 Türk lirasıdır. 2019 yılının ilk 3 ayında yapı ruhsatı alan ofis binalarının değeri ise metrekare başına 1.513,4 TL olarak hesaplanmaktadır [40].

Yukarıdaki veriler ışığında, bu tez çalışmasının daha fazla yapıyı kapsaması amacıyla, seçilen mevcut binanın İstanbul'da bulunan ve 2.000 m^2 ile 3.000 m^2 alana sahip bir ofis yapısı olmasına önem verilmiştir.

3.2 Örnek Ofis Yapısına İlişkin Veriler

Bu tez kapsamında değerlendirilen bina, İstanbul'da organize sanayi bölgesinde bulunan bir endüstriyel tesisin ofis bloğudur ve 2.450 m^2 alana sahip. LEED v4 yeşil bina sertifikasına "Gümüş" seviyede hak kazanan bu binada yıkım ve yeniden inşa yerine yenileme yoluna gidilmiştir. Yenileme sırasında yapılan çalışmalar; mekanik ve elektrik sistemlerin yenilenmesi, yapı bileşenlerinin iyileştirilmesi ve mimari

değişikliklerin yapılması olarak özetlenebilir. Mevcut yapının konumuna ait bilgiler, mimari plan ve özellikleri, mekanik – elektrik sistemleri ve yapının kullanım bilgileri alt başlıklarda detaylandırılmıştır.

3.2.1 Konum ve Çevre Koşulları

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar için seçilen mevcut yapı İstanbul'da bulunmaktadır. Şekil 3.1'de verilmiş vaziyet planında işaretlenen mevcut yapının kuzey cephesine bitişik endüstriyel tesis bulunmakta ve güney cephesine 8 metre mesafede başka bir yapı yer almaktadır. Yapının doğu ve batı cephelerinin önü açıktır.

Bina enerji modellemesi çalışmalarında İstanbul Atatürk Havalimanı bölgesine ait uzun dönem iklim verilerinin yer aldığı ASHRAE IWEC dosyası iklim verisi olarak kullanılmıştır. Güneş radyasyonu kaynaklı hesapların yapılması için de sahanın enlem ve boylam dereceleri girilmiştir.



Şekil 3.1 Mevcut yapıya ait google haritalar görseli

3.2.2 Mevcut Durum Bilgileri

Mevcut bina 1 bodrum kat, zemin ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Sahanın eğimli olmasının bir etkisi olarak, bodrum katın kuzey cephe duvarları toprakla temaslı olup güney cephe duvarları dış hava ile temaslıdır. Zemin, 1. Ve 2. Katların kuzey

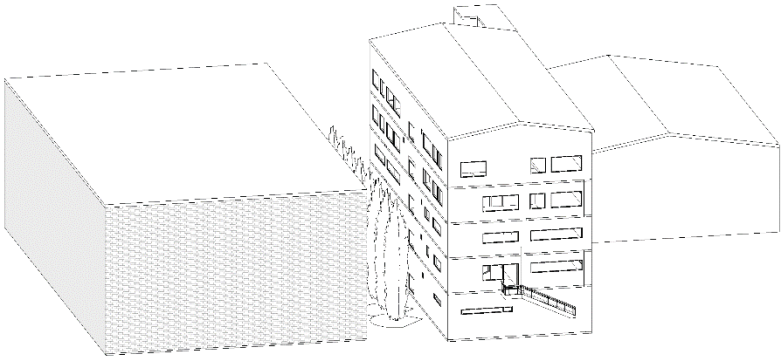
cepheleri endüstriyel tesis ile bitişiktir ve binanın güney cephesine yakın mesafede komşu yapı bulunmaktadır. Mevcut binaya ait güney cephe ile pencerelerin durumunu gösteren fotoğraflar Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Mevcut binaya ait fotoğraflar

Bu tez kapsamında çalışılan binanın mevcut durumuna ait mimari kat planları, görünüşleri ve 3 boyutlu görselleri EK-A'da verilmiştir.

Şekilde 3.3'de görüldüğü üzere, mevcut binanın güney cephesine (sol taraf) yakın mesafede ağaçlar ve 8 metre mesafesinde komşu bina bulunmaktadır. Kuzey cephesinde (sağ taraf) ise yüksekliği 2. Normal katın zemininden 90cm yükseklikte biten bitişik bir yapı bulunmaktadır.



Şekil 3.3 Mevcut bina görseli

Binanın diğer yönlerden görünüşlerine EK-A'da yer verilmiştir.

3.2.2.1 İç Mekânlar

Endüstriyel tesise bağlı olarak çalışan mevcut bina, bir ofis yapısı olarak kullanılmaktadır. Binada yer alan mahal tipleri içerisinde, ofis yapılarında genel olarak bulunan ofis ve toplantı odalarına ek olarak depo alanları da bulunmaktadır.

Binanın aktif kullanım alanları olan ofis alanları yoğunlukla 1. Ve 2. Normal katlarda yer almaktadır. Dış kabuk yüzey alanı en fazla olan, dolayısı ile yaz aylarında ısı kazancının en fazla olduğu 3. Katta yemek alanı ile dinlenme alanları bulunmaktadır.

Mevcut binaya ait mahal listesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Mevcut bina mahal listesi

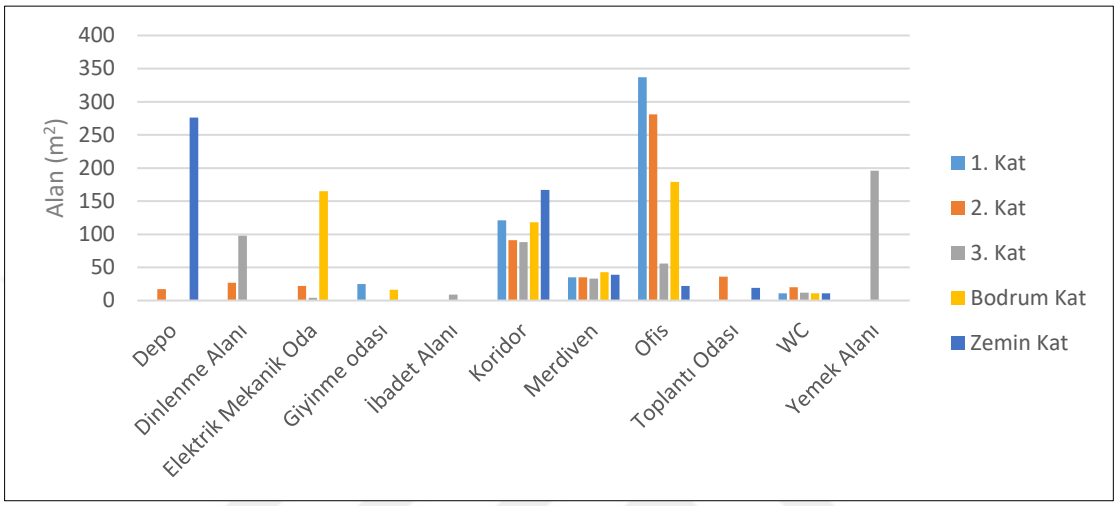
Mahal Kodu	Mahal Adı	Alanı (m^2)
B01	Elektrik Odası	127
B02	WC Erkek	11
B03	Giyinme Odası (E)	16
B04	Koridor	28
B05	Merdiven	17
B06	Açık Ofis	179
B07	Mekanik Oda	38
B08	Merdiven	26
B09	Koridor	90
Z01	Giriş	19
Z02	Resepsiyon	22
Z03	Toplantı Odası	19
Z04	WC Erkek	6
Z05	WC Kadın	5
Z06	Merdiven	19
Z07	Depo	126
Z08	Depo	60
Z09	Merdiven	20
Z10	Koridor	115
Z11	Depo	90
Z12	Koridor	33

Mahal Kodu	Mahal Adı	Alanı (m^2)
101	Açık Ofis	143
102	Ofis	12
103	WC Erkek	5
104	WC Kadın	6
105	Merdiven	17
106	Giyinme Odası (K)	25
107	Açık Ofis	141
108	Ofis	41
109	Merdiven	18
110	Koridor	121
201	Ofis	25
202	Toplantı Odası	36
203	Merdiven	17
204	WC Erkek	7
205	WC Kadın	6
206	Ofis	19
207	Ofis	17
208	Ofis	15
209	Ofis	21
210	Açık Ofis	43
211	Merdiven	18
212	Açık Ofis	65
213	Elektrik Odası	22

Mahal Kodu	Mahal Adı	Alanı (m^2)
214	Depo	17
215	Dinlenme Odası	27
216	Ofis	40
217	Ofis	30
218	WC	7
219	Koridor	27
220	Koridor	64
221	Sekreter	6
301	Ofis	23
302	Ofis	13
303	Ofis	20
304	WC Erkek	6
305	WC Kadın	6
306	Merdiven	17
307	Bulaşıkhane	15
308	Yemekhane	24
309	Yemek Alanı	157
310	Merdiven	16
311	Koridor	88
312	Abdesthane	5
313	Mescit	4
314	Elektrik Odası	4
315	Dinlenme Alanı	98

Bina enerji modellemesi çalışmalarında üç boyutlu model ve mimari planlar, gün ışığı simülasyon çalışmalarının yapıldığı Revit dosyasından aktarılmış ve yapı elemanları ısı geçirgenlik değerlerini içerecek şekilde güncellenmiştir. Binanın toplam kullanım alanı 2.450 m^2; koşullandırılmış alanı 2.019m^2'dir.

Mevcut binanın mahal listesinden de görüleceği gibi birbirini tekrar eden mekanlar bulunmaktadır. Ofis alanlarının konumları incelendiğinde birinci kat ile ikinci katta yoğunlaştığı, koridorların zemin katta diğer katlara göre daha fazla alana sahip olduğu görülmektedir. Isıtılan, soğutulan ve aydınlatılan mahallerin katlara dağılımları sistem tasarımı açısından önemlidir. Katlardaki mahal dağılımı Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 Mevcut binanın katlara göre mahal dağılımı

3.2.2.2 Yapı Elemanları

Mevcut durumdaki yapı elemanlarına ait bileşenler ile kalınlıkları sahada belirlenmiş ve hesaplama programında U değerleri hesaplanmıştır. Yapı elemanları, binanın ilk yapım yılının gerekliliklerini sağlıyor olsa dahi günümüz koşullarına uygun ısı yalıtım değerlerini sağlamamaktadır. Yapı bileşenlerine ait kesitli yapı elemanları listesi ve ısı geçirgenlik katsayısı hesapları EK-B'de verilmiştir. Mevcut binada yer alan yapı elemanlarının toplam ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2 Mevcut binadaki yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayıları

Yapı Elemanı	U-değeri (W/m²K)
Dış Hava Temaslı Duvar	1,861
Toprak Temaslı Duvar	2,014
Toprak Temaslı Taban	4,012
Tavan (Üzeri Açık)	1,724
Pencere (Cam+Doğrama)	5,200

Yapı bileşenlerinden kaynaklanan ısı kayıp ve kazançlarında, ısı geçirgenlik katsayısı önemli olduğu kadar, yapı bileşenlerinin yüzey alanları da etkilidir. Binanın mevcut durumunda, pencere alanlarının toplam cephe alanına oranı tüm bina için %14,9 ve koşullandırılan alanlar için %16,8 olarak hesaplanmıştır.

Binanın mevcut durumdaki pencere ve duvar alanlarının katlara göre dağılımları Tablo 3.3'de verilmiştir. 3.katın dış duvar alanı diğer katların ortalamasına göre %65 daha fazladır. Dış duvar alanlarının haricinde binanın çatı elemanları da 3.katta bulunmaktadır. Bu durum üçüncü katın ısı kayıp ve kazançlarında en büyük paydaya sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.3 Mevcut binadaki yapı elemanlarının katlara dağılımı

Yapı Elemanı	Bodrum Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	3. Kat
	(m^2)	(m^2)	(m^2)	(m^2)	(m^2)
Pencere	29,25	66,4	64,85	79,8	73,25
Dış Duvar (DH-1)	252,5	310,8	324,9	320,0	499,8
İç Duvar (ID-1)	408,5	341,0	329,2	601,2	275,9
Toprak Temaslı Duvar (DT-2)	241,6	-	-	-	-

3.2.2.3 HVAC Sistemler

Binanın mevcut durumunda ısıtma tüm mahallerde 2 borulu radyatör ile, soğutma ise ofis ve toplantı odaları ağırlıklı olarak split klima ile sağlanmaktadır. Mevcut binada havalandırma için kurulu mekanik sistem bulunmamakta olup, taze hava yalnızca pencere ve diğer açıklıklardan kullanıcı kontrolü ile sağlanmaktadır.

Mevcut binanın ısıtma sisteminde 25kW elektrik gücüne ve %77 verimliliğe sahip 4 adet kazan binanın genelinde yer alan radyatörlere hizmet vermekte, soğutma sisteminde yer alan 1,75kW elektrik gücüne ve 8,5 EER değerine sahip split klimalar ofis, toplantı odaları ile diğer aktif kullanım alanlarında yer almakta ve kullanım sıcak suyu 2,6kW elektrik gücüne ve %56 verimliliğe sahip sıcak su kazanından sağlanmaktadır.

Bina enerji modellemesi çalışmalarında, ısıtma ve soğutma sistemleri mevcut binanın verilerine uygun olarak, yalnızca ısıtılan mekanlar, yalnızca soğutulan mekanlar ve hem ısıtılan hem de soğutulan mekanlar olarak 3'e ayrılmıştır. Koridorlar, giyinme odaları ve lavabolar gibi ortak kullanım alanlarında yalnızca

ısıtma sistemi, 2 adet elektrik odasında ise sadece soğutma sistemi bulunmaktadır. Ofis, toplantı odası, dinlenme alanları gibi bina kullanıcılarının daha fazla zaman geçirdikleri alanlarda ise kışları radyatör ile ısıtma, yazları klimalar ile soğutma yapılmaktadır. Mevcut binanın enerji modelinde ısıtma, soğutma sistemleri için ekipman tipi ve güçleri projedeki verilere göre girilmiştir.

3.2.2.4 Elektrik Sistemleri

Mevcut binanın iç mekân aydınlatmasında, birçok mahal için flüoresan ve bazı mekanlarda akkor lambalar kullanılmıştır. Mevcut durumda bina otomasyonu bulunmadığı gibi herhangi bir sensör de yer almamaktadır ve her odanın aydınlatma aygıtlarının kontrolü için yalnızca bir adet anahtar yer almaktadır. Bina bazında hesaplanan aydınlatma güç yoğunluğu 15 W/m²'dir. Bina enerji modellemesi çalışmalarında mevcut binanın elektrik sistemleri ve ekipman güçleri girilmiştir.

3.2.2.5 Bina Çalışma Saatleri ve İç Yükler

Ofis binası olarak kullanılan yapı genel itibari ile sabah 8 ile akşam 17:00 saatleri arasında aktiftir. Yazları soğutma sistemi olan mahallerde klimalar, kışları tüm binanın ısıtılması için ısıtma sistemi çalışmaktadır. Kullanım sıcak suyu için çalışan kazan sürekli devrededir.

Mevcut bina, yenilenecek bina ile aynı özellikleri taşısa da sistemlerin değiştirilmesi ve verimli hale gelmesi ile bazı sistemlerin çalışma saatlerinde değişiklikler olması mümkündür. Örneğin, yaz aylarında yalıtımlı binaların soğutma sistemleri diğerlerine göre daha geç devreye girmektedir, ya da gün ışığı sensörü olan bir mekânda aydınlatma aygıtları gün içinde otomatik olarak kapatılmaktadır.

Bina kullanım amacına uygun olarak, standart bir ofis yapısının sahip olduğu iç yüklere sahiptir. İç yük değerleri için ASHRAE standardında ofis yapıları için verilen değerler kullanılmıştır.

Bina enerji modellemesinde, kişilerin, mekanik ekipmanların, aydınlatma elemanlarının ve diğer bileşenlerin çalışma saatleri olarak ASHRAE standardında belirtilen kullanım profilleri arasında yer alan ofis seçeneği kullanılmıştır. Mahallerin iç yüklerini oluşturan kişi sayıları, aydınlatma aygıtları, bilgisayar,

mutfak ekipmanları ve diğer yükler mahal bazında girilmiştir. Binanın toplam elektrik tüketimine etkisi olan, fakat iç yükleri etkilemeyen dış aydınlatma verileri de bina bazında girilmiştir.

3.3 Mevcut Bina Gün Işığı Simülasyonu Verileri

Mevcut binanın gün ışığı simülasyonu Revit yazılımının Insight eklentisi ile yapılmıştır. Yapının konumu ve yönelimi yazılıma girilmiş ve İstanbul'a ait iklim verileri kullanılmıştır. Doğal aydınlatma değerleri, LEED v4 gün ışığı kredisinin 2. Seçeneğinde belirtilen kriterlere göre hesaplatılmış ve değerlendirilmiştir.

3.3.1 Doğal Aydınlatma Değerleri

Ekinoks tarihleri için saat 09:00'da yapılan hesaplamaların ortalamasına göre, bina kullanıcılarının aktif olarak vakit geçirdikleri mekanların alan bazında %67'si 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %20'si aydınlık düzeyi gerekliliği olan 300 lüks ve altında, %13'ü ise kamaşmaya sebep olan 3.000 lüks ve üzerindedir. Saat 15:00 için yapılan hesaplamaların ortalamasına göre ise alanların %77'si 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %8'i 300 lüks ve altı, %15'i 3.000 lüks ve üzeri aydınlık düzeyine sahiptir.

Değerlendirme kriteri gereğince en kötü durum senaryosuna göre hesaplama yapılmaktadır. Simülasyon sonuçlarına bakıldığında, tüm odaların %54'ü istenilen aydınlık düzeyinde iken, %22'si 300 lüks altında ve %24'ü ise kamaşmaya sebep olacak aydınlık düzeyindedir.

Mevcut binada aktif olarak vakit geçirilen mahallerin toplam alanı 1.545 m^2'dir ve sonuçlara göre bu alanın 834 m^2'si gün ışığı ile doğal aydınlatmaya sahiptir.

Hesap sonuçları detaylı olarak EK-C'de verilmiştir.

3.3.2 Güneş Işınımı Analizi

Güneş ışınımına maruz kalan cephe ve çatı alanlarının belirlenmesi amacıyla yapılan güneş ışınımı analiz çalışmasının sonucunda, mevcut binanın konumuna göre ve 1 yıl süresince yüzeylerin maruz kaldığı güneş ışınımı şiddeti hesaplanmıştır. Hesaplama çalışmalarında, gün ışığı simülasyonunun da yapıldığı Revit yazılımı kullanılmıştır.

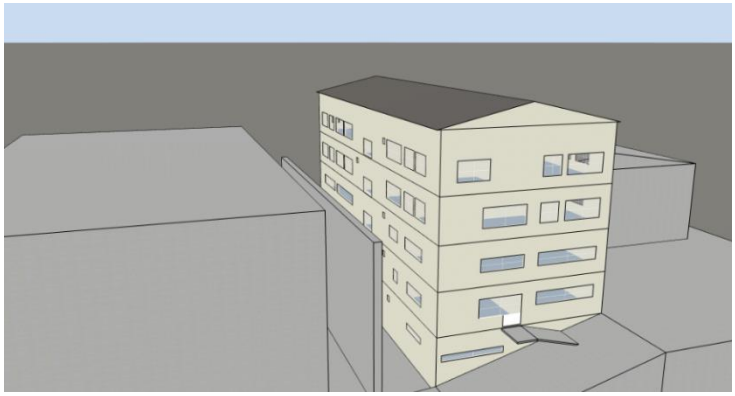
Hesaplama sonuçlarına göre, binanın çatı yüzeyleri 1.355 kWh/m²'lik değeri ile tüm yüzeylerden daha fazla güneş ışınımına maruz kalmaktadır. Çatı yüzeyleri haricinde ise, 2. Ve 3. Katların güney cephe duvarları diğer tüm dış duvarlardan fazla güneş ışınımına maruz kalmaktadır. Cephe ile ilgili olarak bu yüzeyler ayrıca incelendiğinde, dış duvarların ortalama güneş ışınımı şiddeti 491 kWh/m² olarak hesaplanmış ilen, 3. Katın güney cephe duvarı 1.021 kWh/m² ile en fazla direkt güneş ışınımı şiddetine sahip cephe yüzeyi olarak ön plana çıkmaktadır. Güneş ışınımı analiz çalışmalarına ait bir görsel Şekil 3.5'te görülebilmektedir; detaylı sonuçlar ve görsellere EK-C'de yer verilmiştir.



Şekil 3.5 Mevcut binanın güneş ışınımı analiz çalışması – güney cephe son 3 kat

3.4 Mevcut Bina Enerji Modellemesi Verileri

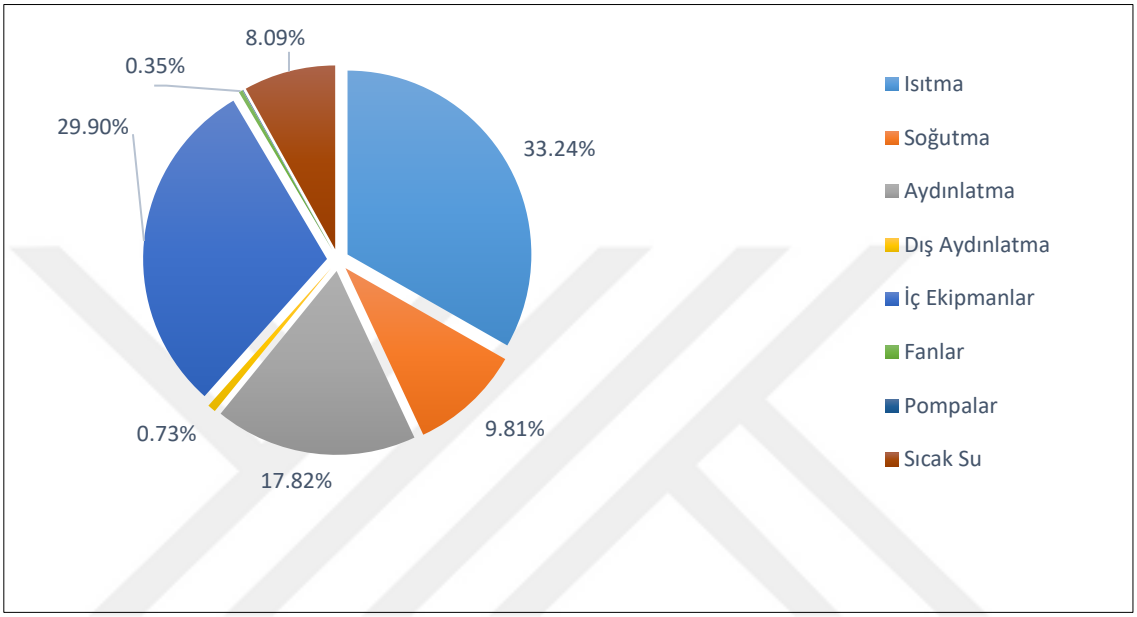
Mevcut binanın enerji modellemesi DesignBuilder yazılımı vasıtası ile modellenmiş ve EnergyPlus ile hesaplamaları yapılmıştır. Mevcut bina enerji modellemesinden görünüm Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Mevcut bina enerji modellemesinden görünüm

3.4.1 Mevcut Bina Enerji Modellemesi Sonuçları

Enerji modellemesi sonuçlarına göre mevcut binanın yıllık enerji tüketimi 295,35 kWh/m²'dir. Toplam tüketimlere bakıldığında; mekanların ısıtılması için 225.448 kWh doğalgaz, soğutulması için 44.784 kWh elektrik ve aydınlatılması için 101.265 kWh elektrik tüketimi gerçekleşmiştir. Binanın yıllık enerji tüketiminin dağılımı Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Mevcut bina enerji tüketim dağılımı

Mevcut binada yer alan sistemlerin eski ve verimliliklerinin düşük olması nedeni ile, konfor koşullarının sağlanamadığı saatler ısıtma için 1.273, soğutma için ise 2.121 saat olarak hesaplanmıştır. Bu değerler mekanik sistemlerin binanın ısıtılması ve soğutulması için yeterli olmadığını göstermektedir.

Modelleme sonuçlarına göre, mekanların ısınmasına sebep olan yükler incelendiğinde ilk sırayı 144.620 kWh ile pencerelerden içeriye gelen güneş radyasyonu almaktadır. Güneş radyasyonunu sırası ile aydınlatma ve iç ekipman yükleri izlemektedir.

4
MEVCUT OFİS YAPISININ ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE MALİYET ANALİZLERİ İÇİN BİR YAKLAŞIM VE UYGULAMASI

Mevcut bir yapının yenilenmesi çalışmaları, enerji etkinliğinin sağlanması için pasif ve aktif seçenekleri barındırıyor olsa da bina konumu ile yöneliminin değiştirilememesi gibi zorlukları da içermektedir. Bu tezde yapılan enerji etkin iyileştirme çalışmalarında aktif ve pasif sistemler arasından uygulanması mümkün olan seçeneklere yer verilmiştir. Tercih edilen pasif ve aktif sistemler binanın işletme aşamasındaki enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Enerji etkin iyileştirme çalışmalarının amacı konfor koşullarının daha az enerji tüketilerek sağlanması, böylece enerji üretimi ile tüketimi aşamalarında çevreye verilen zararın azaltılması ve enerji giderlerinden tasarruf edilmesidir.

Üçüncü bölümde tanımları verilen pasif ve aktif seçeneklerin tamamı yeni bir binanın inşaatında uygulanabilir iken, mevcut bina yenilemelerinde kısıtlamalar bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında uygulanabilir durumdaki seçenekler değerlendirilmiştir.

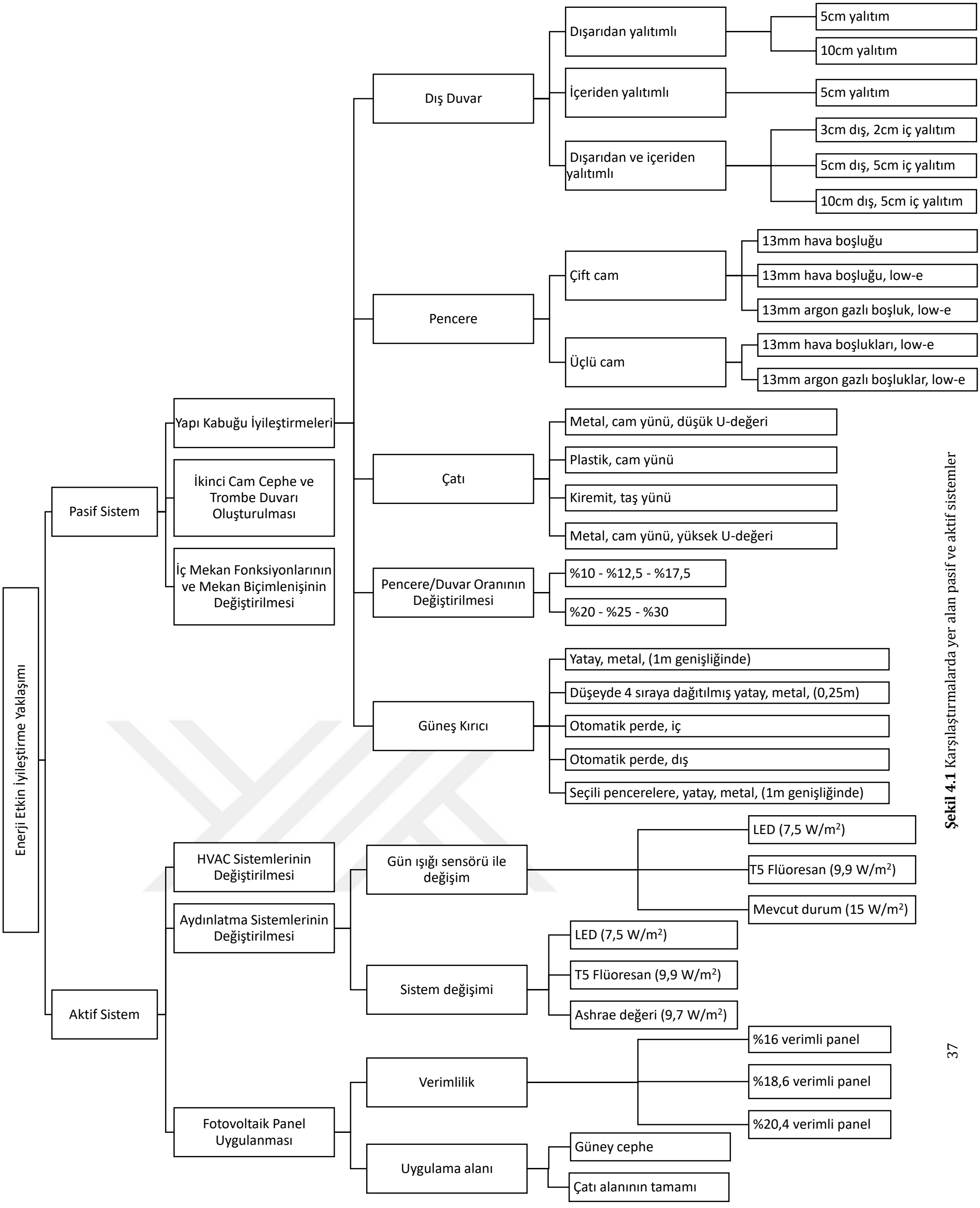
Bu tez çalışmasında, iyileştirmeye yönelik bir yaklaşım olarak pasif ve aktif sistem iyileştirmeleri tek tek yapılarak elde edilen sonuçlar hem ısı hem de aydınlatma açısından irdelenmiş ve mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. İyileştirmelerin sonucunda elde edilen enerji tasarrufu ile iyileştirme çalışması için gerekli ilk yatırım bedeline göre yatırımın geri dönüş süresi hesaplanmıştır. Oluşturulan iyileştirme seçenekleri kriterleri kapsamında, enerji tasarrufu, geri ödeme süresi ve ilk yatırım bedeline göre beş farklı iyileştirilmiş bina seçenekleri oluşturulmuş ve tezin hipotezine uygunluğu incelenmiştir.

Enerji verimliliğinin belirlenmesi için gerekli karşılaştırmalar 3. Bölümde hesaplamaları yapılmış olan mevcut bina esas alınarak, mevcut bina iyileştirme seçenekleri çalışılmıştır. Bu tez kapsamında yapılan karşılaştırmalarda, mevcut binadaki diğer tüm veriler sabit tutularak ve yalnızca tek bir bileşen değiştirilerek

mevcut bina ile kıyaslanmıştır. Aynı bileşenlerin farklı özellikleri için yapılan karşılaştırmalar maliyet analizleri ile verilmiştir.

Her bir iyileştirme çalışması için ilk yatırım bedelinin belirlenmesinde, bu tez kapsamında kullanılan DesignBuilder yazılımında yer alan birim maliyetler baz alınmış, alınan teklifler ve yapılan araştırmalar ile Türkiye koşullarına uyum sağlanması için düzeltmeleri yapılmıştır. Maliyet analizleri, her bir seçenek için geri ödeme süresinin hesaplanması sonrasında diğer seçenekler ile karşılaştırılması yaklaşımı ile yapılmıştır. Yatırım sonucunda elde edilen yıllık toplam tasarruf miktarının ilk yatırım bedelini karşılayan süre yatırımın geri ödeme süresi olarak dikkate alınmıştır. Geri ödeme sürelerinin hesaplanmasında zaman faktörü dikkate alınmamıştır. İskonto edilmiş geri ödeme süreleri daha gerçekçi sonuçlar veriyor olsa da çalışma kapsamında tercih edilen maliyet analizi yaklaşımının seçeneklerin birbiri arasında karşılaştırılması olması nedeniyle bu tez çalışmasında olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Geri ödeme süresi daha kısa olan iyileştirme, yatırım açısından daha fazla tercih edilen yatırımdır.

Sistem bazında yapılan enerji etkin iyileştirme çalışmaları ve maliyet analizleri sonuçlarına göre beş farklı iyileştirme seçeneği oluşturulmuş ve iyileştirme seçenekleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda yer alan pasif ve aktif sistemler Şekil 4.1'de listelenmiştir.



Şekil 4.1 Karşılaştırmalarda yer alan pasif ve aktif sistemler

4.1 Pasif Sistem İyileştirmeleri

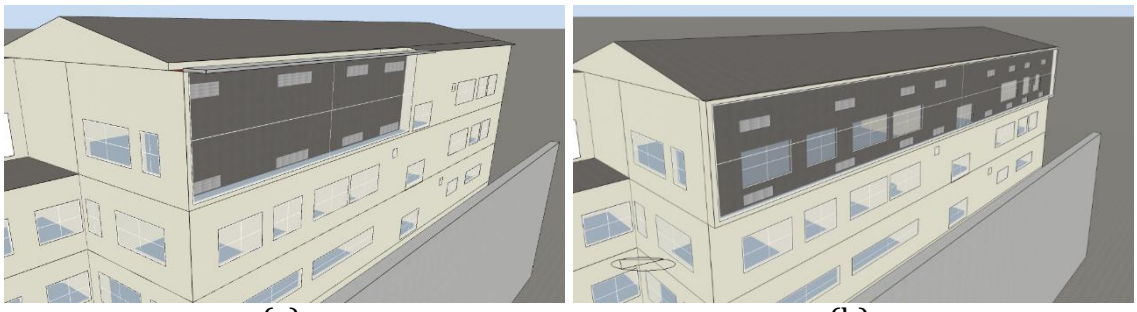
Bu tez kapsamında pasif seçeneklerin değerlendirildiği yapının bir mevcut bina olması nedeniyle seçenekler kısıtlanmış olsa da iç mekân yerleşiminin değiştirilmesi, yapı kabuğu iyileştirmeleri, güneş kırıcılar gibi pasif seçenekler değerlendirilmiştir.

4.1.1 Trombe Duvarı ve İkinci Cam Cephe Oluşturulması

Trombe duvarı kışları hava sirkülasyonu ile sistem içinde ısıtılmış havanın mahal içine alınmasını sağlayarak ısıtmadan tasarruf edilmesini sağlamakta olduğu gibi, yaz aylarında ise trombe duvar sistemi ile iç mekân arasındaki açıklıklardan yukarıdaki menfezlerin kapatılması ile mekandaki sıcak havanın dışarıya aktarılması sağlanmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda ikinci cam cephe oluşturulmasının yanında, aşağıda özellikleri verilen 4 farklı trombe duvar çalışması üçüncü katın güney cephesi için yapılmıştır. Trombe duvar çalışması kapsamında mevcut duvar yıkılarak içeri taşınmakta; trombe duvarın çalışması için gerekli boşluk yaratılmaktadır. Güney cephenin ortasında bulunan merdiven boşluğu, bu çalışmanın tüm cephe alanı için yapılmasını engellemektedir. Bu nedenle uygulama alanı olarak, üçüncü katta güney ve batı yönünde dış kabuğu bulunan mekân seçilmiştir ve çalışma güney cephenin neredeyse yarısını kapsamaktadır. Trombe duvarı uygulaması Şekil 4.2 (a)'da gösterilmiştir.

3. bölümde mevcut bina üzerinde yapılan güneş ışınımı analiz çalışmalarında elde edilen verilerden yola çıkılarak, en fazla güneş ışınımı şiddetine sahip olan, güney cephede yer alan üçüncü katın dış duvarları üzerine ayrıca bir cam cephenin uygulanması ile trombe duvarın özelliklerinden faydalanılması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan değişiklikler mevcut duvara menfezlerin eklenmesi, duvarın dış yüzeyinin koyu renkli ve ısıl kapasitesi yüksek olan yoğun malzeme ile kaplanması ve mevcut cephe üzerine yeni cam cephe eklenmesi olarak sıralanabilir. Cam cephe çalışmasında mevcut duvarın yıkılması gerekli değildir, dolayısı ile uygulama üçüncü kat güney cephenin tamamını kapsamaktadır. Cam cephe uygulaması Şekil 4.2 (b)'de gösterilmiştir.

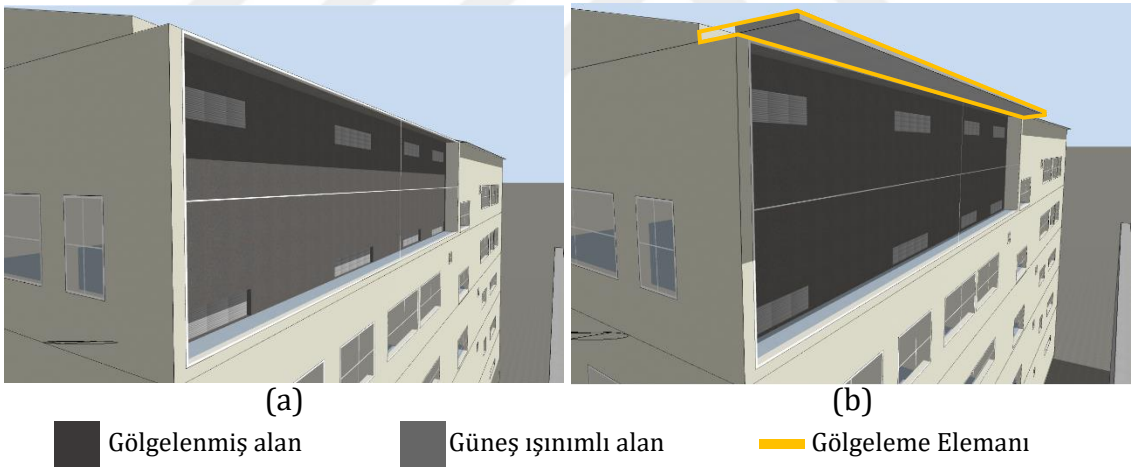


(a) (b)

Şekil 4.2 Trombe duvarı ve cam cephe uygulamasının görünüşü

Bu başlık altında yapılan iyileştirme çalışmalarında, Trombe duvarının yazları güneş ışınımlarından korunması için gölgeleme elemanı ve yaz aylarında daha etkin pasif soğutma yapılabilmesi için havalandırma menfezlerinin açılıp kapatılması 2 farklı seçenek olarak değerlendirilmiş ve böylece 4 farklı trombe duvar seçeneği elde edilmiştir.

Güneş kırıcısı, iklim koşullarına göre sıcaklığın en fazla olduğu dönem olan Temmuz ayına göre boyutlandırılmıştır. Şekil 4.3'de güneş kırıcısının etkileri, kullanılmadığı (a) ve kullanıldığı (b) durumlar için verilmiştir.



Şekil 4.3 Trombe duvarında güneş kırıcısının etkisi

Bu başlık altında çalışmaları yapılan trombe duvarı ve ikinci cam cephe çalışmalarında yukarıda bahsedilen seçenekler değerlendirilmiştir. Farklı özelliklerin bir diğeri ile eşleştirilmesi ile oluşturulan beş seçenek mevcut bina ile karşılaştırılmıştır. Trombe duvarı için oluşturulan iyileştirme seçenekleri, maliyet bilgileri ile birlikte Tablo 4.1'de verilmiştir.

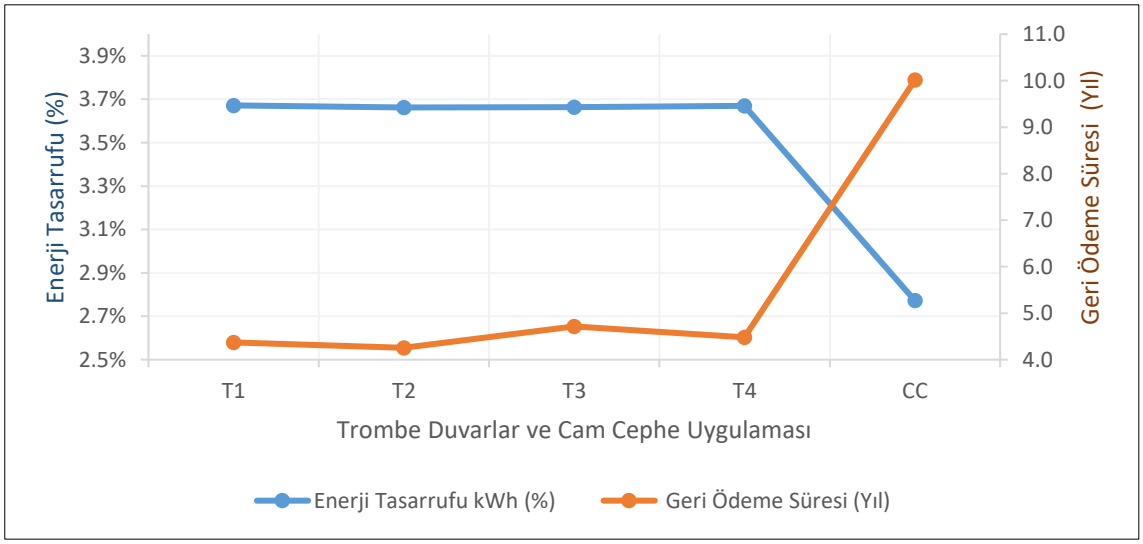
Tablo 4.1 Trombe duvar ve ikinci cam cephe seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Seçenek	Güneş Kırıcısı	Havalandırma Menfezi	Maliyet TL/m²
T1	Trombe duvar	Var	Yazları kapalı	104,5
T2	Trombe duvar	Var	Açık	100,8
T3	Trombe duvar	Yok	Yazları kapalı	96,5
T4	Trombe duvar	Yok	Açık	92,8
CC	İkinci cam cephe	Yok	Açık	81,4

Trombe duvarların enerji modellemesi sonuçları incelendiğinde, enerji tasarrufu açısından birbirlerinden çok büyük farkları bulunmadığı görülmektedir (Şekil 4.3). İlk yatırım maliyeti en düşük olan trombe duvar güneş kırıcısı bulunmayan ve menfezlerin açılıp kapatılması mümkün olmayan seçenektir.

Şekil 4.4'de görüldüğü üzere en yüksek enerji tasarrufuna sahip trombe duvar seçeneği güneş kırıcısı bulunan ve havalandırma menfezleri yaz mevsiminde kapatılan trombe duvar T1 olmuştur. Geri ödeme süresi en düşük trombe duvar ise güneş kırıcısı bulunan ve havalandırma menfezleri kapatılamayan trombe duvar T2'dir. Farklı seçeneklere sahip trombe duvarların enerji tüketimine etkileri incelendiğinde, trombe duvar üzerinde güneş kırıcısının bulunması enerji tüketimini azalttığı gibi, yatırımın geri ödeme süresinde avantaj sağlamaktadır.

Cam cephe uygulamasının yapılması durumunda, mevcut binaya oranla %2,77 enerji tasarrufu sağlanmakta; ilk yatırım bedelinin geri ödeme süresi ise 10 yıl olmaktadır.



Şekil 4.4 Mevcut binaya göre trombe duvar ve cam cephe karşılaştırmaları

4.1.2 İç Mekân Fonksiyonlarının ve Mekân Düzeninin Değiştirilmesi

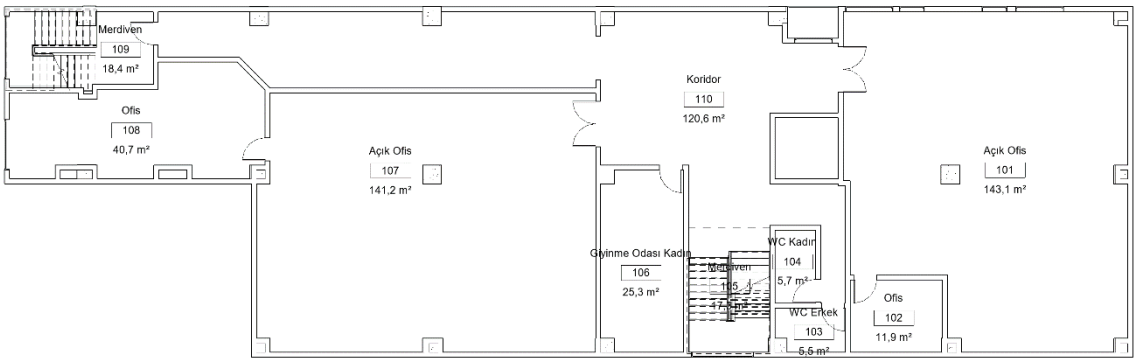
Mevcut binanın yıkılıp yeniden yapılması yerine yenilenmesinin nedenlerinden birisi çevreye verilecek zararın daha az olması iken, bir diğeri de maliyetlerin etkin olarak kullanılmasıdır. Her ne kadar maliyet etkin bir yenileme çalışması yapılmak istense de mevcut durumdaki yanlış uygulamalar, mekanların doğal aydınlatma ihtiyaçları ve LEED yeşil bina kriterlerinde yer alan "kaliteli manzara" başlığı kapsamında yapılması gerekli çalışmalar bulunmaktadır. Bu gereklilikler kapsamında, bina yöneliminin değiştirilmesi mümkün olmadığı için, iç mekân yerleşimlerinde değişikliğe gidilmiştir. Dış duvarlar yalıtım eklenerek korunmuş, içerideki duvarların çoğunluğu ise yıkılmıştır.

İç mekanların yerleşimlerinde, koridor alanları asgari düzeyde tutularak çalışma alanları arttırılmış, wc konumları gün ışığı alan güney cepheden yan bina ile bitişik olan kuzey cepheye taşınmış, kuzey cephede bulunan mahallerin gün ışığı almaları için 2. Ve 3. Katın kuzey cephe duvarlarına pencere eklenmiş ve iç mekanları birbirinden ayıran duvar alanlar yerine görüşü engellemeyen düz cam bölücüler tercih edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, yeni iç mekanlara sahip binada aktif çalışma alanları %6,1 artırılarak 1.640 m^2 olmuştur. Ofis alanları 812 m^2'den 851 m^2'ye çıkartılmış, koridor alanları 566 m^2'den 412 m^2'ye indirilerek fotokopi odası, revir, çöp odası gibi yeni mekanlara alan sağlanmıştır.

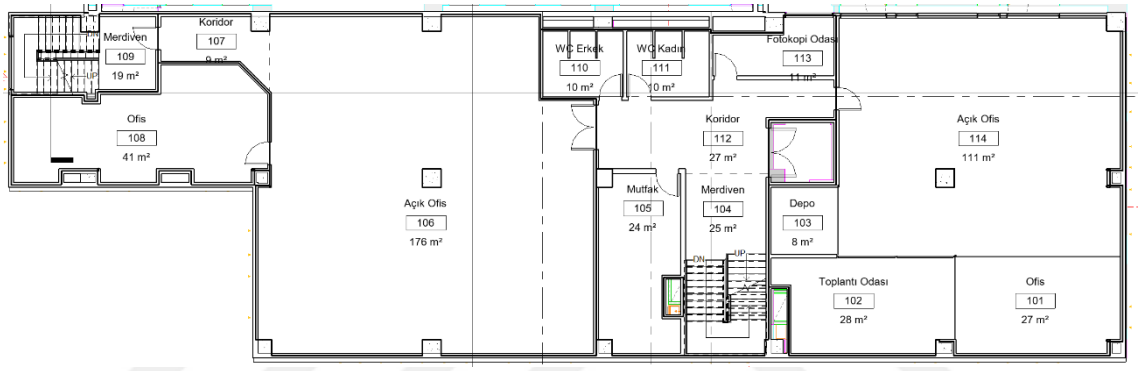
4.1.2.1 İç Mekân Değişikliğinin Doğal Aydınlatmaya Etkisi

İç mekân konumlarının değişimi sonrasında, mevcut dış pencerelerin hiçbirinde değişiklik yapılmamış ve yeni pencere eklenmemiştir. Birinci katın mevcut kat planı Şekil 4.5'de ve iç mekanda yapılan değişiklik sonrasındaki planı ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Değişiklik sonrasındaki kat planlarına EK-D'de verilmiştir.



Şekil 4.5 Birinci kat mevcut kat planı

Yukarıdaki şekilde verilen birinci kat planı üzerinde yapılan değişiklikler sonucu oluşan yeni kat planı Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Birinci kat iç mekân değişikliği sonrası kat planı

Gün ışığı simülasyonu sonuçları aşağıda özetlenmiş ve Tablo 4.1'de mevcut bina sonuçları ile birlikte gösterilmiştir.

Ekinoks tarihleri için saat 09:00'da yapılan hesaplamaların ortalamasına göre, bina kullanıcılarının aktif olarak vakit geçirdikleri mahal alanlarının %67'si 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %22'si aydınlık düzeyi gerekliliği olan 300 lüks altında, %11'i ise kamaşmaya sebep olan 3.000 lüks üzerindedir. Saat 15:00 için yapılan hesaplamaların ortalamasına göre alanların %68'i 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %18'i 300 lüks altı, %14'ü 3.000 lüks üzeri aydınlık düzeyine sahiptir.

Simülasyon sonuçlarının toplamına bakıldığında ise, tüm odaların %52'si istenilen aydınlık düzeyinde iken, %27'si 300 lüks altında ve %21'i ise kamaşmaya sebep olacak aydınlık düzeyindedir. İç mekân değişikliği sonrasında, 834 m^2 olan aydınlık alanlar 853 m^2'ye çıkmış; aktif çalışma alanlarının artmasının yanında doğal aydınlatmaya sahip alanlarda da artış gözlenmiştir.

İyileştirme seçeneğinin sonuçlarında yer alan kamaşmanın perdeleme sistemi ile engellenmesi durumunda, doğal aydınlatma ile mekanların %73'ünde istenilen aydınlatma seviyesi sağlanabilmektedir. İç mekân değişikliği yapılmış seçenekte aktif olarak vakit geçirilen mahallerin toplam alanı 1.640 m²'dir ve sonuçlara göre, kamaşmanın engellenmesi durumunda bu alanın 1.197 m²'si gün ışığı ile doğal aydınlatmaya sahiptir. Kamaşmayı engelleyen perdeleme sisteminin kullanılması halinde elde edilen sonuçlara, iyileştirilmiş (2) satırında Tablo4.1'de yer verilmiştir.

Tablo 4.2 Gün ışığı simülasyon sonuçları

Hesap Saati	Bina	300 lüks altı alan yüzdesi (%)	300 – 3.000 lüks aralığındaki alan yüzdesi (%)	3.000 lüks üzeri alan yüzdesi (%)	Alan (m^2)
09:00	Mevcut	20	67	13	
	İyileştirilmiş	22	67	11	
15:00	Mevcut	8	77	15	
	İyileştirilmiş	18	68	14	
Ortalama	Mevcut	22	54	24	834
	İyileştirilmiş	27	52	21	853
	İyileştirilmiş (2)	27	73	0	1197

4.1.3 Yapı Kabuğu İyileştirmeleri

Binalarda ısı kayıp kazançlarının en fazla olduğu, dolayısı ile ısıtma ve soğutma için tüketilen enerji miktarını direkt olarak etkileyen bileşen yapı kabuğudur. Yapı kabuğunda yapılan her iyileştirmenin mevcut binanın enerji tüketimini azaltacağı öngörülmektedir.

4.1.3.1 Dış Duvar

Yapının mevcut duvarları 13,5 cm'lik yatay delikli tuğladan yapılmıştır ve yalıtım malzemesi bulunmamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, tuğla duvar sabit bırakılarak, içeriden ve dışarıdan farklı kalınlıklarda yalıtım malzemesinin eklendiği 6 durum için karşılaştırmalar yapılmıştır.

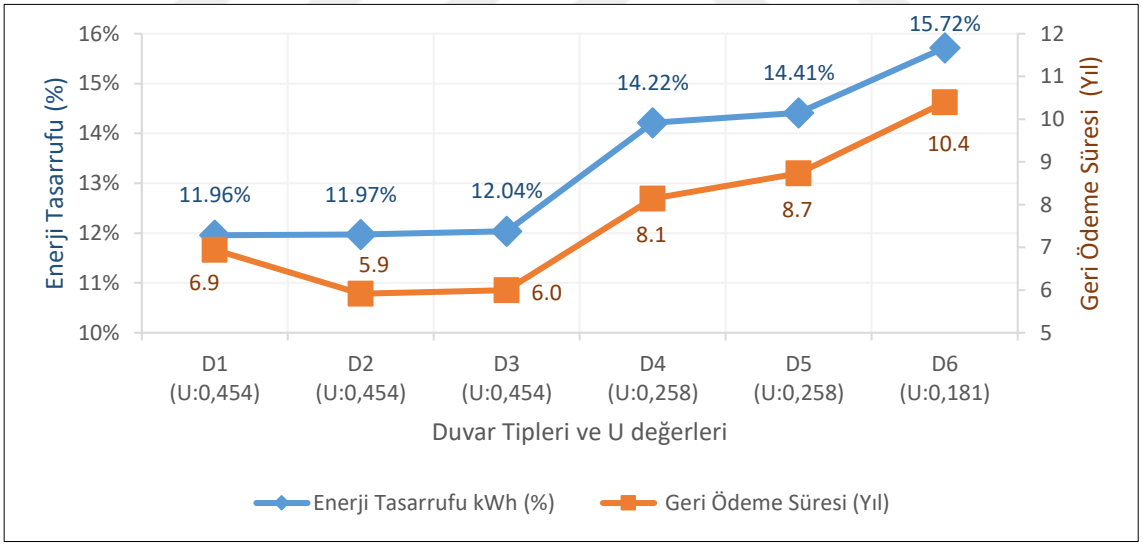
Seçenekler içerisinde yalıtım kalınlıkları ve yalıtım yerleri değiştirilmiştir. Aynı yalıtım kalınlığı kullanılmış olsa da yalıtım yeri olarak dışarıdan, içeriden, dışarıdan ve içeriden yalıtım olarak üç farklı gruplama yapılmıştır. Değerlendirilen duvarlara ait kod, yalıtım yeri ve U-değerleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3 İyileştirilmiş dış duvar seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Dış yalıtım kalınlığı	İç yalıtım kalınlığı	U-değeri	Maliyet
	cm	cm	(W/m²K)	TL/m²
D1	3	2	0,454	39,7
D2	5	-	0,454	34,8
D3	-	5	0,454	33,6
D4	10	-	0,258	59,8
D5	5	5	0,258	64,7
D6	10	5	0,181	89,7

Mevcut binanın dış duvarlarına yukarıdaki yalıtım malzemelerinin eklenmesi durumunda binanın tükettiği enerji, mevcut binanın tükettiği enerji ile karşılaştırılmış ve faturalarda elde edilen tasarruf miktarı ile ilk yatırım maliyeti oranlanarak geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Mevcut bina pencere/duvar oranının %15'e yakın olması nedeniyle, yapı kabuğu içerisinde enerji tüketimini en fazla düşüren yapı bileşeninin duvarların olması beklenmektedir. Her duvar tipi için yapılan hesaplama sonuçları Şekil 4.7'de özetlenmiştir.



Şekil 4.7 Dış duvar karşılaştırmaları

D2 duvarı ile tüketilen toplam enerjinin fatura karşılığı olarak, yılda 68.641,75 TL tasarruf edilmiştir. Bu değer D6 duvarı için 183.425,25 TL olsa da ilk yatırım maliyetleri arasında yaklaşık olarak 3 kat fark bulunmaktadır.

En kısa geri ödeme süresine sahip duvar tipi, toplam ısı geçirgenlik katsayısı 0,454 W/m²K olan D2 ve enerji tasarrufu en fazla olan duvar tipi U değeri 0,181 W/m²K olan D6'dır.

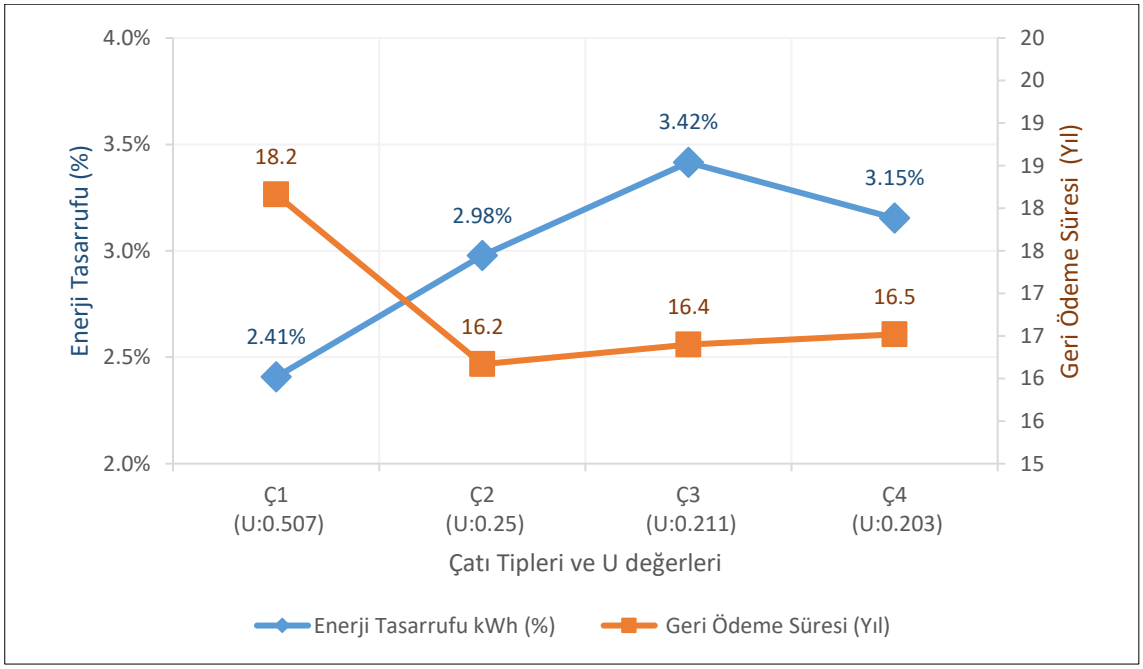
4.1.3.2 Çatı

Mevcut binada bulunan metal çatıda ısı ve su yalıtımı bulunmamaktadır. Çatının iyileştirme çalışmaları için mevcut çatının sökülmesi ve yerine yeni bir çatı eklenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki özelliklere sahip 4 farklı çatı için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

Tablo 4.4 İyileştirilmiş çatı seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Tanım	U-değeri (W/m²K)	Maliyet TL/m²
Ç1	Metal yüzeyli, cam yünü ile ısı yalıtımlı sandviç panel	0,507	82,8
Ç2	Plastik yüzeyli, cam yünü ile ısı yalıtımlı sandviç panel	0,250	83,9
Ç3	Kiremit kaplı, taş yünü ile ısı yalıtımlı çatı	0,211	102,3
Ç4	Metal yüzeyli, cam yünü ile ısı yalıtımlı sandviç panel	0,203	97,41

Şekil 4.8'de verilen, enerji modellemesi hesap sonuçlarına göre en kısa geri ödeme süresine sahip çatı tipi U değeri 0,25 W/m²K olan Ç2 ve enerji tasarrufu en fazla olan çatı tipi U değeri 0,211 W/m²K olan Ç3'tür.



Şekil 4.8 Çatı tiplerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üzerindeki etkisi

Mevcut çatının değişimi için gerekli ilk yatırım maliyetinin geri ödeme süresi uzun yıllar almakta olsa da mevcut çatının su yalıtımına sahip olmaması kış aylarında su sızıntısı riskini arttıracağı için çatı değişimini gerektirmektedir.

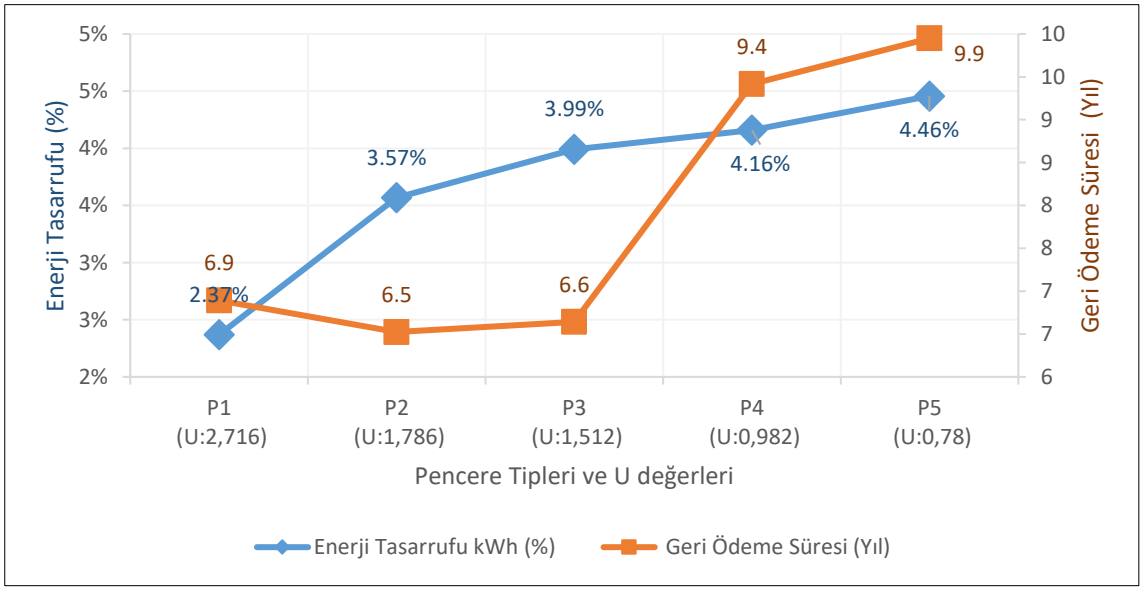
4.1.3.3 Pencere

Mevcut yapıda bulunan pencerelerin tek camlı ve yüksek ısı geçirgenlik değerine sahip olmaları dolayısı ile, yapılacak iyileştirmelerin enerji verimliliğinin artmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışmalarda cam adetleri, cam kaplamaları, camlar arasındaki boşluk özellikleri açısından Tablo4.9'de özellikleri belirtilen pencerelere ait değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 4.5 İyileştirilmiş pencere seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Cam Adedi	Boşluk özelliği (13mm)	Low-e kaplaması	U-değeri (W/m^2K)	Maliyet TL/m^2
P1	2	Hava	-	2,716	80
P2	2	Hava	var	1,786	100
P3	2	Argon	var	1,512	109
P4	3	Hava	var	0,982	188
P5	3	Argon	var	0,780	206

Yapılan iyileştirme çalışmalarına ait sonuçlar Şekil 4.5'de özetlemiştir.



Şekil 4.9 Pencere tiplerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üzerindeki etkisi

Yukarıda özellikleri verilen pencere tipleri için yapılan hesaplama sonuçlarına göre en kısa geri ödeme süresine sahip pencere tipi U değeri 1,786 W/m^2K olan 13mm

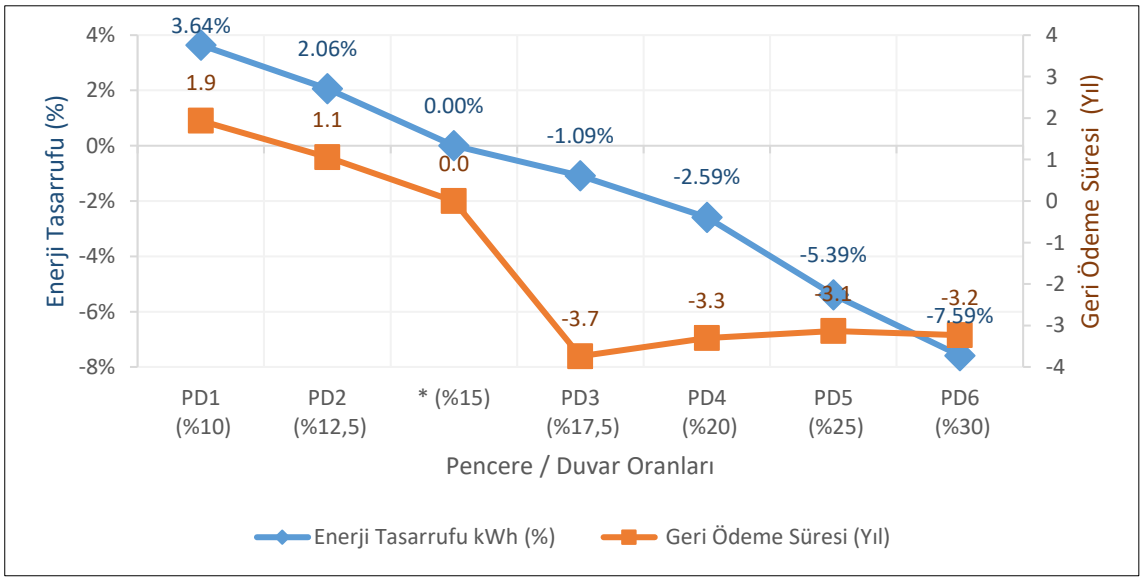
hava boşluğuna sahip low-e kaplamalı çift cam (P2) ve en fazla enerji tasarrufu sağlayan pencere U değeri 0,78 W/m²K olan 13mm argon gazlı boşluklara sahip low-e kaplamalı üçlü cam (P5) olmuştur.

Binanın yüksek olmayan bir pencere/duvar oranına sahip olmasının da bir etkisi olarak pencere tiplerindeki değişiklikler enerji tasarrufunda büyük değişiklikler sağlamamıştır.

4.1.3.4 Pencere / Duvar Oranı

Duvarların sahip oldukları ısı geçirgenlik değerlerinin standart pencerelere göre daha düşük olması, enerji tüketimine pencerelerden daha fazla etki ettiğinin bir göstergesidir. Buna karşılık, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, bina kullanıcılarının kaliteli görüşe sahip olmaları gibi etkilerde ise pencereler öne çıkmaktadır.

Pencere/duvar oranının enerji tüketimine etkisinin değerlendirildiği bu çalışmada pencere alanlarının duvar alanlarına oranı %10 ile %30 aralığında incelenmiştir. Mevcut binanın pencere duvar oranı %15 olarak hesaplanmış olup, iyileştirme çalışmaları kapsamında sırasıyla %10 %12,5 %17,5 %20 %25 ve %30 pencere/duvar oranları için hesaplama yapılmıştır. Şekil 4.10'da görüleceği üzere, pencere boyutlarının azalması ve duvar yüzeylerinin artması enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 4.10 Pencere / duvar oranlarına göre enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri

Mevcut duruma göre pencere duvar oranının arttırılması ise daha fazla enerji tüketilmesine neden olduğu gibi yatırım maliyetinin geri ödemesini imkânsız kılmaktadır. Bu sonuçlara karşılık mekanların daha fazla gün ışığı alması ve kaliteli görüşün mekanlara kazandırılması amacıyla gün ışığı simülasyonunda yeterli gün ışığına sahip olmayan mekanlara yeni pencere alanları açılması bina kullanıcılarının konforunu olumlu yönde etkilemektedir.

4.1.3.5 İç Duvarların Cam Bölücüler ile Değiştirilmesi

Doğal aydınlatmadan yararlanarak binanın aydınlatma ihtiyacının karşılanması ya da aydınlatma için tüketilecek elektrik enerjisinin minimize edilmesi için gün ışığının yaşam alanlarına ulaşması gerekmektedir. Mevcut binanın mahal yerleşimleri incelendiğinde, cama sahip olmayan karanlık yaşam alanlarının bulunduğu görülmektedir. Bu mahallerin daha fazla gün ışığı alabilmeleri için yapılan değerlendirmelerde, iç duvarlar yerine cam bölme kullanılmasının bu görevi yerine getirebilecek bir pasif bir seçenek olduğu görülmüştür.

Cam bölücüler duvarlara kıyasla ısıyı daha kolay geçirmektedir. Cam bölücülerin enerji tüketimine etkisinin görülebilmesi için mevcut yapıda yer alan tüm iç duvarların cam bölücü ile değiştirildiği varsayılmış ve enerji modellemesi sonuçlarına göre ısıtmada %1,5 ve soğutmada %0,3 tasarruf sağlanmıştır. Bu oranlar yıllık 400 Türk lirasına yakın bir tasarruf sağlıyor olsa da uygulamada iç duvarların tamamı yerine bir kısmı cam bölücüler ile değiştirileceği için tasarruf miktarında azalmanın olacağı bilinmektedir. Bu çalışmanın bir diğer avantajı ise, mahallerde arttırılmış gün ışığı sayesinde aydınlatma tasarrufu sağlanabilmesi için bir adım olmasıdır.

4.1.3.6 Güneş Kırıcılar

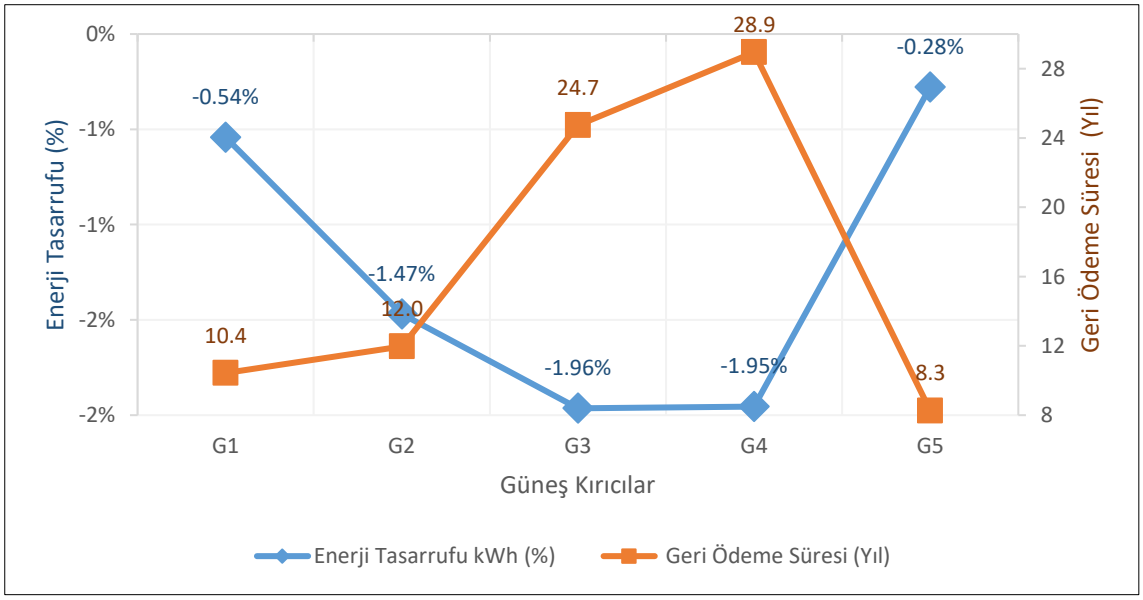
Güneş ışınımının pencerelerden mahal içerisine girmesi ile iç yüzeyler ısınır ve ilerleyen saatlerde güneş ışınları mekâna ulaşmasa dahi mahal soğumaya karşı direnç gösterir. Güneş ışınlarının bu etkisini engellemek için pasif bir seçenek olarak kullanılan güneş kırıcıların birçok alternatifi bulunmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında iki farklı yatay güneş kırıcı, içeriden ve dışarıdan olmak üzere iki farklı

perdeleme sistemi ile sadece güney cephede ve güneş ışınımı şiddeti yüksek olan pencerelere yatay güneş kırıcı uygulamaları karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.6 Güneş kırıcı seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Tanım	Uygulama yeri	Maliyet TL/m²
G1	1m genişliğine sahip yatay metal güneş kırıcı	Tüm güney cephe pencereleri	148,8
G2	0,25m genişliğine sahip ve düşeyde dağıtılmış 4 sıradan oluşan yatay metal güneş kırıcı	Tüm güney cephe pencereleri	175,3
G3	Camın iç tarafında bulunan ve mekânda oluşan kamaşmaya bağlı olarak kapanan perde	Tüm güney cephe 49pencerelerinin bina içi tarafı	79,3
G4	Camın dış tarafında bulunan ve mekânda oluşan kamaşmaya bağlı olarak kapanan perde	Tüm güney cephe 49pencerelerinin bina dışı tarafı	111,3
G5	1m genişliğe sahip yatay metal güneş kırıcı	Güneş ışınım şiddeti yüksek olan pencerelere	148,7

Şekil 4.11'de görüldüğü üzere güneş kırıcılar ile hiçbirisi enerji tüketiminde tasarruf sağlamamış olsa da elektrik ve doğalgaz birim fiyatlarının farklı olması sebebiyle fatura bazında tasarruf elde edilmiştir. Bu sonucun, güneş kırıcıların binanın soğutulması için harcanan enerjide tasarruf sağlaması fakat ısıtma enerjisinde kayba neden olması nedeniyle oluştuğu görülmüştür. G5 tipi güneş kırıcı en kısa geri ödeme süresine ve en fazla enerji tasarrufuna sahiptir.



Şekil 4.11 Güneş kırıcıların enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi

Güneş kırıcı değişikliklerinin mevcut bina üzerindeki enerji değişimleri incelendiğinde; soğutma için harcanan enerji tüketiminde tasarruf sağladığı fakat ısıtma için tüketilen enerjide artış görülmüştür. Maliyet bazında yapılan enerji tasarrufu değerlendirmesine göre G2 güneş kırıcısı %0,71 daha fazla enerji tasarrufu sağlar iken ilk yatırım maliyetinin diğerlerine göre daha yüksek olması sebebiyle geri ödeme süresi sıralamasında orta sıralarda kalmıştır. Tüm pencereler yerine yalnızca yüksek güneş ışınımı alan pencereye güneş kırıcı eklenmesi durumunda binanın ısıtılmasında %2,8 daha fazla enerji tüketilirken, binanın soğutulması için %5,95 daha az enerji tüketildiği görülmektedir.

4.1.4 Gün Işığı Analizleri

İç mekân yerleşiminin değiştirilmesi ile bina çalışanları için daha fazla alan sağlanmış olsa da yapılan gün ışığı simülasyon sonuçlarında, kuzey cephede bulunan mekanların diğerlerine kıyasla daha az gün ışığı aldığı görülmektedir. Kuzey cephede yer alan mekanların dış hava ile temaslı cephelerine pencere ve çatıya ışıklık eklenerek mekanlara doğal aydınlatma sağlanabilir ve bina çalışanlarının kaliteli görüş alanına sahip olmaları mümkündür.

Mevcut binanın iyileştirilmesi kapsamında, LEED yeşil bina sertifikasının kriterleri de dikkate alınmaktadır. İlgili derecelendirme sisteminin iç mekan kalitesi kriterlerine göre; mekanlarda yeterli doğal aydınlatma sağlanmalı, bina kullanıcılarının aktif olarak bulundukları ofis ortamında dış çevre ile iletişimi kesilmemelidir. Bu kapsamda mevcut binaya eklenen ışıklık ve pencerelerin mekanlardaki doğal aydınlatma değerlerine etkileri aşağıda özetlenmiştir.

Ekinoks tarihleri için saat 09:00'da yapılan hesaplamaların ortalamasına göre, bina kullanıcılarının aktif olarak vakit geçirdikleri mahal alanlarının %77'si 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %9'u aydınlık düzeyi gerekliliği olan 300 lüks altında, %14'ü ise kamaşmaya sebep olan 3.000 lüks üzerindedir. Saat 15:00 için yapılan hesaplamaların ortalamasına göre alanların %80'i 300 ile 3.000 lüks aralığında iken, %5'i 300 lüks altı, %15'i 3.000 lüks üzeri aydınlık düzeyine sahiptir.

Simülasyon sonuçlarının toplamına bakıldığında ise, tüm odaların %64'ü istenilen aydınlık düzeyinde iken, %11'i 300 lüks altında ve %25'i ise kamaşmaya sebep

olacak aydınlık düzeyindedir. İyileştirme çalışmaları sonrası gün ışığı simülasyon sonuçları, mevcut binanın değerleri ile birlikte Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Kamaşmanın güneş kırıcı ya da perdeler ile engellenmesi durumunda, doğal aydınlatma ile mekanların %89'unda istenilen aydınlatma seviyesi sağlanabilmektedir. Kamaşmayı engelleyen perdeleme sisteminin kullanılması halinde elde edilen sonuçlara, iyileştirilmiş (2) satırında Tablo4.1'de yer verilmiştir.

Tablo 4.7 İyileştirme çalışmaları sonrası gün ışığı simülasyon sonuçları

Hesap Saati	Bina	300 lüks altı alan yüzdesi (%)	300 – 3.000 lüks aralığındaki alan yüzdesi (%)	3.000 lüks üzeri alan yüzdesi (%)	Alan (m^2)
09:00	Mevcut	20	67	13	
	İyileştirilmiş	9	77	14	
15:00	Mevcut	8	77	15	
	İyileştirilmiş	5	80	15	
Ortalama	Mevcut	22	54	24	834
	İyileştirilmiş	11	64	25	1050
	İyileştirilmiş (2)	11	89	0	1460

Mevcut binanın güneş ışınımı analiz çalışmalarında da belirtildiği üzere 2. Ve 3. Katların güney cephe duvarları binanın en fazla güneş radyasyonuna maruz kalan cephe alanlarıdır. Güney cephede yer alan mahallerin yaz aylarında güneş radyasyonu sebebiyle fazla ısınmasının engellenmesi ve kış aylarında ise güneş radyasyonundan faydalanılarak doğal olarak ısıtılması için uygulanabilecek pasif seçenekler önceki başlıklarda değerlendirilmiştir. Bu seçenekler arasında 3. Katın güney cephesinde yer alan mekanlar içeri çekilerek üzeri kapalı bir balkonun oluşturulması ile dış cephenin direkt güneş radyasyonundan kaçınması sağlanabilirken, kış bahçesi ve trombe duvar gibi pasif uygulamalar da bulunmaktadır. Bu kapsamda, enerji simülasyonu yardımı ile 3. Katta bulunan yemekhane alanı için trombe duvar çalışması ve aynı kat için mevcut duvarın üzerine eklenebilecek cam cephe uygulaması yapılmış ve sonuçları daha önceki başlıklarda verilmiştir. Trombe duvarın yapımında, cephenin duvar ile kaplanması ve mekandaki saydam alanların ortadan kaldırılması bir dezavantaj olarak görülebilir. Bu sebeple güney cephede duvarı bulunan fakat diğer cephelerden ışık

alamayan mahallelerde trombe duvar uygulaması yapılmamıştır. Bu dezavantaj ikinci uygulama olan cam cephede geçerli olmadığı için cam cephe uygulaması 3. Katın tamamı için uygulanmıştır.

4.2 Aktif Sistem İyileştirmeleri

Bu tez kapsamında yapılan, mevcut bir ofis yapısının enerji etkin olarak iyileştirilmesi çalışmalarında enerji tüketen ve üreten aktif sistemlerin binanın toplam enerji tüketimine olan etkileri ile ilk yatırım maliyetlerinin geri ödeme süreleri karşılaştırılmıştır.

4.2.1 HVAC İyileştirmeleri

Mevcut binada çalışılan tüm mekanlar soğutulmamış olsa dahi, karşılaştırmaları yapılan mekanik sistemlerin bir bütün olması nedeniyle ısıtma ve soğutma bölgeleri ayrılmamıştır. Bunun bir sonucu olarak da yeni sistemlerin özellikle soğutma koşulları için mevcut duruma göre daha fazla süre ile çalışmaları gerekeceği simülasyonların öncesinde öngörülmektedir. Mevcut binada kısıtlı bir alanın soğutulmuş olması ve havalandırma sisteminin bulunmamasına rağmen enerji tüketimi 295,3 kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır. Bu tez kapsamında yapılan iyileştirme çalışmalarına mekanik havalandırma ve tüm mahaller için soğutma sistemleri de dahil edilmiş olup, sistemler bina kullanıcılarının ısıl konforlarını sağlayacak şekilde çalıştırılmıştır.

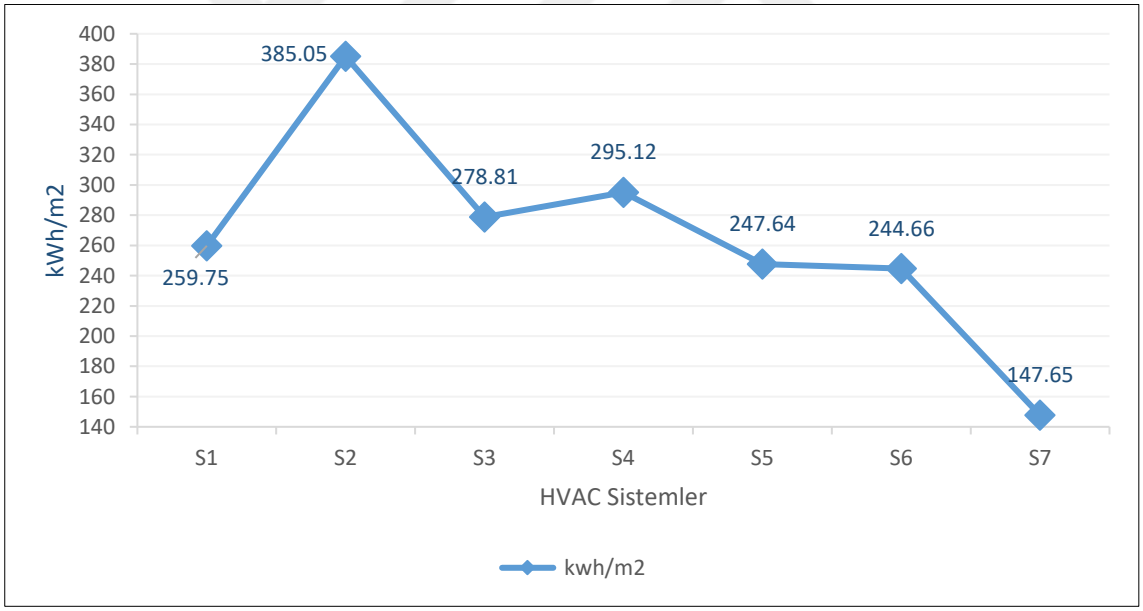
Mevcut binanın yenilenmesi aşamasında mekanik sistemlerin değiştirilmesi için yapılan sistem karşılaştırmalarına ASHRAE 90.1-2010 standardının G.3.1.1A tablosunda yer alan baz mekanik sistem tipleri dahil edilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda ilgili standartta yer alan örnek mekanik sistemler binaya uygulanmış, enerji modellemesi sonucunda binanın toplam enerji tüketim değerleri elde edilmiştir.

HVAC iyileştirmeleri kapsamında yapılan karşılaştırılmalara dahil edilen sistemler Tablo 4.8'de özetlenmiştir. Sistemlerin oluşturulmasında ASHRAE 90.1-2010 standardının G ekinde verilen tanımlamalar ile özellikler kullanılmıştır ve tabloda, standart içerisinde belirtilen sistem numaralarına yer verilmiştir.

Tablo 4.8 HVAC sistem seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Tanım	Maliyet TL/m²
S1	ASHRAE 90.1-2010 – Sistem No:1 : DX soğutma sistemli, doğalgaz ile çalışan kazana ve sabit hacimli fan kontrolüne sahip paket terminal iklimlendirme cihazı	469,4
S2	ASHRAE 90.1-2010 – Sistem No:5 : DX soğutma sistemli, doğalgaz ile çalışan kazana ve değişken hava hacimli fan kontrolüne sahip, ısı geri kazanımlı, paket çatı kurulumlu VAV kutusu	559,2
S3	ASHRAE 90.1-2010 – Sistem No:6 : DX soğutma sistemli, elektrikli ısıtma ve değişken hava hacimli fan kontrolüne sahip, ısı geri kazanımlı, paket çatı kurulumlu paralel fan tahrikli VAV kutusu	551,0
S4	ASHRAE 90.1-2010 – Sistem No:8 : elektrikli ısıtma, soğutulmuş su ve değişken hava hacimli fan kontrolüne sahip, ısı geri kazanımlı, paralel fan tahrikli VAV kutusu	551,0
S5	4 borulu fanlı ısıtıcı ünite (FCU)	496,3
S6	Isı geri kazanımlı ve taze hava sistemine sahip VRF sistemi	498,2

Mevcut bina üzerinde yalnızca mekanik sistemlerin değiştirilmesinin enerji tüketimine etkileri Şekil 4.12'de özetlenmiştir.



Şekil 4.12 Mekanik sistemlerin enerji tasarrufu üzerindeki etkisi

Enerji verimliliği açısından bakıldığında, ısı geri kazanımlı ve taze hava sistemine sahip VRF sistemi (S6) 244,66 kWh/m² ile en az enerji tüketen sistem olduğu görülmekte, 4 borulu fanlı ısıtıcı üniteye sahip S5 sistemi ise 247,64 kWh/m² enerji tüketerek S6 sistemini takip etmektedir.

Mekanik sistemlerin maliyetleri incelendiğinde ise TL/m^2 değeri en düşük sistem olarak ASHRAE 90.1-2010 standardında Sistem No:1 olarak tanımlanan, DX soğutma sistemli, doğalgaz ile çalışan kazana ve sabit hacimli fan kontrolüne sahip paket terminal iklimlendirme cihazı ön plana çıkmakta ve S1'i sırası ile S5, S6, S4, S3 ve S2 izlemektedir.

Bir yapının ısıtma ve soğutma sistemlerinin doğru tasarlanıp tasarlanamadığı, binanın ihtiyacı olan ısıtma ve soğutma yüklerinin mekanik sistemler tarafından kaç saat boyunca sağlanamadığına göre belirlenebilmektedir. Bina enerji simülasyonu sonuçlarına göre, ısıtma ve soğutma koşulları için termostat değerinin sağlanamadığı saat sayıları Tablo 4.9'da özetlenmiştir. Mevcut bina için ısıtma sistemi 1.273 saat; soğutma sistemi 2.121 saat bina kullanıcılarının konforunu sağlayacak termostat değerini sağlayamamıştır. Mevcut bina değerleri, tabloda yer alan veriler ile karşılaştırıldığında, iyileştirme seçenekleri için tercih edilen sistemlerin doğru seçildiği görülebilmektedir. Karşılaştırmalar yapılırken mekanik sistemler haricinde hiçbir verinin değiştirilmediği göz önüne alınırsa, iyileştirme seçeneklerinde bu değerlerin daha da düşeceği öngörülmektedir.

Tablo 4.9 Mekanik sistem seçimlerine göre termostat değerinin sağlanamadığı saatler

Sistem Adı	Isıtma Sistemi	Soğutma Sistemi
Mevcut Bina	1.273 saat	2.121 saat
S1	286 saat	0 saat
S2	259,7 saat	0 saat
S3	379,5 saat	0 saat
S4	379,5 saat	0 saat
S5	126,5 saat	0 saat
S6	525 saat	2,2 saat

4.2.2 Aydınlatma Sistemlerinin İyileştirilmesi ve Sensör Eklenmesi

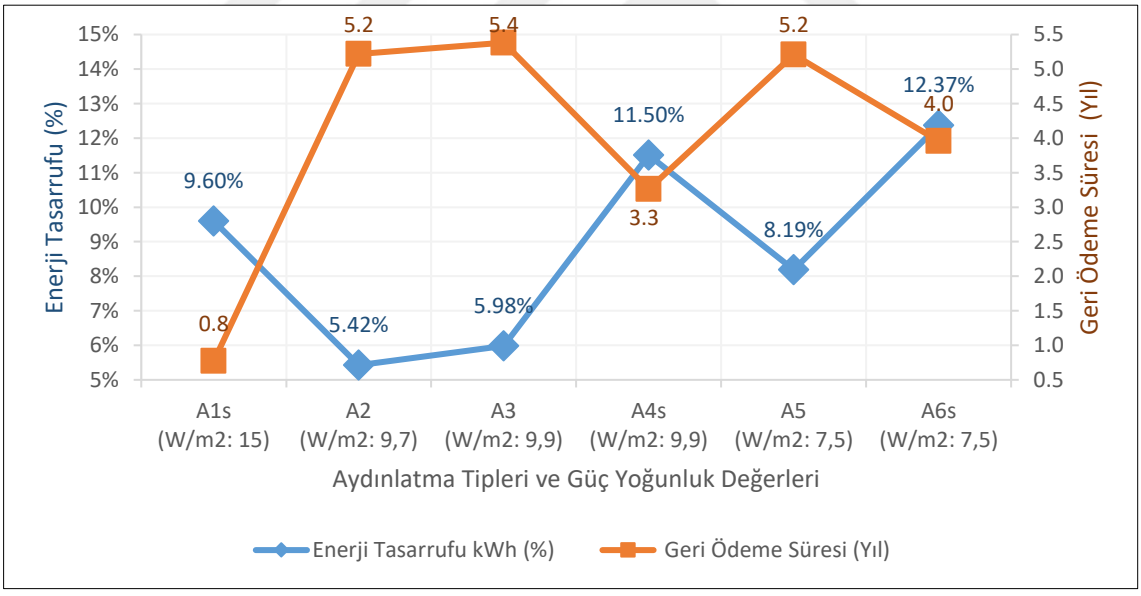
Bu tez kapsamında, mevcut aydınlatma sisteminin farklı türdeki lamba türleri ile değiştirilmesi sonucunda bina genelinde harcanan enerji tüketimindeki değişiklikler değerlendirilmiştir. Aydınlatma sistem değişikliğine ek olarak, mahallerin aldığı gün ışığına göre lambaların kısılmasını sağlayan ve böylece enerji

tasarrufu sağlayan gün ışığı sensörlerinin değerlendirilmesi için de sistemlere sensörler eklenmiştir. Aydınlatma sistemlerinin özellikleri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Aydınlatma sistem seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Tanım	Aydınlatma güç yoğunluğu	Gün ışığı sensörü	Maliyet
		W/m²		TL/m²
A1s	Mevcut duruma gün ışığı sensör eklenmesi	15	var	15
A2	ASHRAE 90.1-2010 standardında ofis binaları için belirtilen güç yoğunluğu	9,7	-	60
A3	T5 flüoresan lambalar	9,9	-	60
A4s	T5 flüoresan lambalara gün ışığı sensör eklenmesi	9,9	var	75
A5	LED lambalar	7,5	-	85
A6s	LED lamba sistemine gün ışığı sensör eklenmesi	7,5	var	100

Aydınlatma sistemlerinin Tablo 4.10'da belirtilen seçenekler ile iyileştirilmesi durumunda, iyileştirme seçeneklerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi Şekil 4.13'de özetlenmiştir.



Şekil 4.13 Aydınlatma sistemlerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi

Sensör bulunmayan durumlar olan A2, A3 ve A5 değerlendirildiğinde, geri ödeme sürelerinde A2 ve A5'in aynı süreye sahip olduğu ve en fazla enerji tasarrufu sağlayan sistemin ise %8,19'lık tasarruf ile A5 olduğu görülmektedir.

Sensörlerin dahil edildiği durumlar incelendiğinde, geri ödeme süresi en az olan sistem A1s olarak ön plana çıkmaktadır. Bu sonuç, yeni bir aydınlatma sisteminin kurulmadığı, yalnızca mevcut aydınlatma sistemine gün ışığı sensörlerinin eklenmesi sayesinde ilk yatırım maliyetinin diğerlerine oranla daha az olması ile açıklanabilmektedir. Diğerleri incelendiğinde, A4s'in 3,3 yıllık süre ile daha kısa geri ödeme süresine sahip olduğu ve A6s'in en fazla enerji tasarrufu sağlayan sistem olduğu görülmektedir.

4.2.3 Fotovoltaik Paneller ile Enerji Üretimi

Mevcut bina cepheleri için yapılan güneş ışınımı çalışmalarında binanın çatısının yüksek oranda güneş radyasyonu sahip olduğu görülmektedir. Binanın çatı alanında fotovoltaik panellerin uygulanabileceği 2 seçenek bulunmaktadır ve güneye açısı olan konum en fazla güneş radyasyona maruz kalırken, çatının kuzey cephesi güneş radyasyonuna en az maruz kalan kısımdır. Mevcut binaya ait güneş ışınımı analiz çalışmalarına EK-C'de yer verilmiştir.

Enerji üretimi konusunda yapılan çalışmalar ikiye ayrılmıştır. Bunlardan ilki yalnızca güney cephede panel bulunması ve ikincisi tüm çatı alanını kaplayacak şekilde fotovoltaik panellerin yer almasıdır. Kuzey yönüne bakan çatı yüzeyinin düşük eğim derecesine sahip olması nedeniyle, kuzey cephede yer alan panellere güneye bakacak şekilde eğim verilmesi ile uygulama yapılmıştır. Bu uygulama için yapılması gereken ek çatı işleri maliyet analizi hesaplarına dahil edilmiştir.

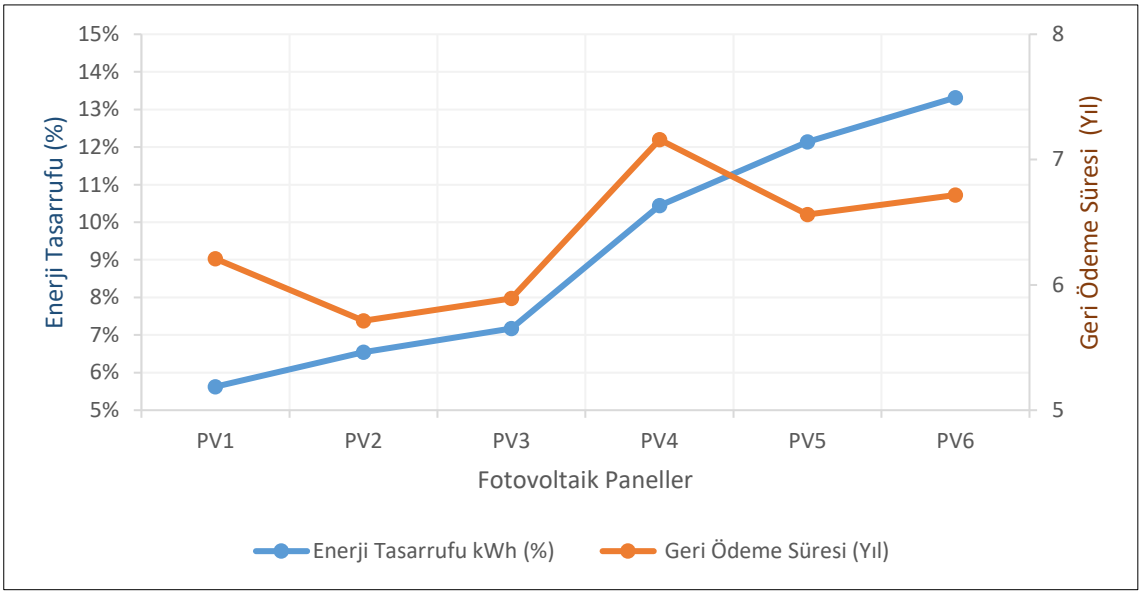
Fotovoltaik paneller ile enerji üretimi konusunda bir diğer önemli konu ise kullanılacak PV panellerin verimlilikleridir. Verimliliği yüksek olan fotovoltaik panellerin enerji üretimi daha çok olacağı gibi ilk yatırım maliyetleri de diğerlerine kıyasla daha fazladır.

Bu tez çalışması kapsamında çatının güney tarafı ile güney ve kuzey cepheleri için iki farklı alanda ve 3 farklı verimliliğe sahip fotovoltaik panel için toplamda 6 çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

Tablo 4.11 Fotovoltaik panel seçeneklerine ait bilgiler

Kod	Verim	Konum	Maliyet
	%		TL/m²
PV1	16,0	Güney	292,2
PV2	18,6	Güney	312,6
PV3	20,4	Güney	353,5
PV4	16,0	Tüm çatı alanı	312,8
PV5	18,6	Tüm çatı alanı	333,2
PV6	20,4	Tüm çatı alanı	374,2

Verimliliklerine ve konumlandırılmalarına göre fotovoltaik panellerin bir yıl içerisinde ürettikleri enerji ile ilk yatırım maliyetlerinin geri ödeme süresi Şekil 4.14'te verilmiştir.



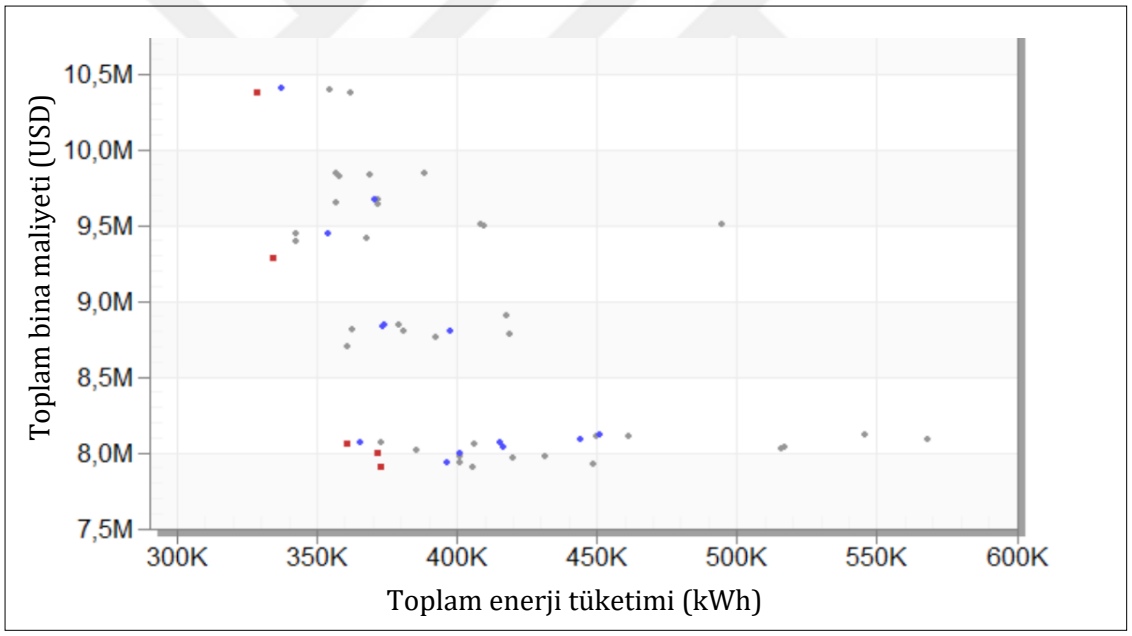
Şekil 4.14 Fotovoltaik panel sistemlerinin enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri üzerindeki etkisi

4.3 İyileştirme Parametrelerinden Seçim Yapılması ve İyileştirilmiş Bina Seçeneklerinin Oluşturulması

Pasif ve aktif sistem iyileştirmelerinin enerji verimliliği ve geri ödeme süreleri açısından değerlendirildiği çalışmalarda, mevcut bina üzerinde ilgili iyileştirme haricinde başka bir değişiklik yapılmamıştır ve her bir iyileştirme çalışmasının verimliliği ile yatırımın geri ödenme süresi mevcut bina verilerine göre hesaplanmıştır. İyileştirme sonuçlarına göre her bir değişkenden farklı sonuçlar alınmış, başlıklar altında verilen şekillerde seçeneklerin enerji tasarruf oranları ile

geri ödeme süreleri gösterilmiştir. Bu tez kapsamında, pasif ve aktif sistemler içerisinden farklı seçeneklerin bir araya getirilmesi ile oluşturulan iyileştirme seçeneklerinde, enerji verimliliği ve maliyet değerlendirmelerinin yapılması amaçlanmıştır.

Yukarıdaki bölümlerde yer alan pasif ve aktif seçenekler ile oluşturulabilecek seçenek sayısı 8 milyona yakındır. Pasif ve aktif sistemler arasındaki 10'dan fazla seçenek içerisinden aydınlatma sistemleri, pencere, dış duvar, gölgeleme elemanı ve pencere/duvar oranı seçenekleri kullanılarak 5 değişken ile yapılan optimizasyon çalışmalarının sonuçlarına göre (Şekil 4.15), toplam enerji tüketimi 330 MWh ile 570 MWh arasında; toplam bina maliyeti ise 7,9 milyon USD ile 10,4 milyon USD arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 4.15'de gösterilen sonuçların yalnızca 50 binaya ait olduğu ve henüz hesaplanmamış 8 milyon binanın daha bulunduğu göz önüne alındığında, bu aralığın çok daha geniş olacağı görülmektedir.



Şekil 4.15 50 seçeneğe ait optimizasyon analiz sonuçları

Hesaplama ve değerlendirme sürelerinin azaltılması ve bu tezin hipotezine uygunluk sağlanması için, sistem bazında yapılan iyileştirme çalışmaları ve maliyet analizlerinin sonuçlarına göre 5 farklı iyileştirme seçeneği oluşturulacaktır. Bu oluşturulan iyileştirme seçenekleri ile enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi açısından en uygun seçeneğin belirlenmesi için değerlendirme yapılacaktır. İyileştirilmiş bina seçeneklerinde değerlendirilen pasif ve aktif sistem çalışmaları

aşağıdaki bölümlerde belirtilmiş olup, iyileştirilmiş bina seçeneklerinin oluşturulma kriterleri Tablo 4.12'de belirtilmiştir.

Tablo 4.12 İyileştirilmiş bina seçeneklerine ait seçim kriterleri

Seçenek Numarası	Seçim kriteri
B1	En düşük maliyetli seçenekler ile oluşturulan iyileştirme seçeneği
B2	Geri ödeme süresi en kısa seçenekler ile oluşturulan iyileştirme seçeneği
B3	Enerji tasarruf oranı sıralamasında ikinci sıradaki seçenekler ile oluşturulan iyileştirme seçeneği
B4	Enerji tasarrufu en yüksek seçenekler ile oluşturulan iyileştirme seçeneği
B5	En yüksek maliyetli seçenekler ile oluşturulan iyileştirme seçeneği

Yukarıda belirtilen kriterlere göre, yapı malzemesi ve sistem bazında yapılan iyileştirme çalışmalarında geri ödeme süresi en kısa olarak hesaplanan ve aşağıda belirtilen iyileştirmeler bina 2 seçeneğine eklenmiştir:

- D2 dış duvarı: 5cm dış yalıtım kalınlığına ve 0,454 W/m^{2}K toplam ısı geçirgenlik katsayısına sahip seçenek,
- Ç2 çatısı: plastik yüzeyli, toplam ısı geçirgenlik katsayısı 0,250 W/m^{2}K olan cam yünü ile ısı yalıtımlı seçenek,
- P2 penceresi: 13mm hava boşluğuna sahip, low-e kaplamalı, çift camlı ve 1,786 W/m^{2}K toplam ısı geçirgenlik katsayısına sahip seçenek,
- G5 güneş kırıcısı: güney cephede güneş ışınım şiddeti yüksek olan pencerelerde bulunan 1m genişliğe sahip yatay metal seçenek,
- S3 HVAC sistemi: ASHRAE 90.1-2010 standardında 6 numaralı sistem olarak tanımlanmış seçenek,
- A1s aydınlatma sistemi: mevcut duruma gün ışığı sensörü eklenerek iyileştirilmiş seçenek,
- PV2 fotovoltaik paneli: çatının güney yönüne bakan yüzeyine uygulanan %18,6 verimliliğe sahip seçenek,
- T2 trombe duvarı: güneş kırıcısı bulunan ve havalandırma menfezleri mevsime göre açılıp kapatılamayan seçenek.

İyileştirilmiş binalarda yapılan pasif ve aktif sistem çalışmaları ve yapılan diğer iyileştirmeler Tablo 4.13'te gösterilmiştir. Tabloda her iyileştirilmiş bina seçeneğinin kriterine göre, yapılan değişikliklerin özeti yer almaktadır.

Tablo 4.13 İyileştirilmiş binalarda uygulanan iyileştirme seçenekleri

	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B5**
	En düşük maliyetli seçenekler	Geri ödeme süresi en kısa seçenekeler	Enerji tasarruf oranı 2. sıradaki seçenekler	Enerji tasarrufu en yüksek seçenekler	En yüksek maliyetli seçenekler
Trombe Duvar	-	T2	T3	T1	CC
Dış Duvar	D2	D2	D3	D6	D6
Çatı	Ç1	Ç2	Ç4	Ç3	Ç3
Pencere	P1	P2	P3	P5	P5
Pencere/Duvar	-	PD5	PD3	PD1	PD6
İç Cam Bölücü	-	+	+	+	+
Güneş Kırıcı	-	G5	G1	G5	G2
HVAC	S1	S3	S5	S6	S2
Aydınlatma	A1s	A1s	A5	A4s	A6s
PV Panel	-	PV2	PV1	PV6	PV6

4.3.1 Bina 1'in İyileştirilmesi ve Sonuçları

Yenileme maliyetinin minimumda tutulması durumunda enerji tüketimindeki değişikliğin görülmesi planlanan bina tipinde güneş radyasyonunun azaltılması ile ilgili trombe duvar, güneş kırıcı, PV panel eklenmesi gibi çalışmalara yer verilmemiştir. Yenileme çalışmaları yapı elemanlarında D2 dış duvarı, Ç1 çatısı ve P1 penceresi için gerçekleştirilmiştir. Aydınlatma sistemlerinde herhangi bir değişikliğe gidilmeden yalnızca sensör eklenmiş (A1s) ve DX soğutma sistemli, doğalgaz ile çalışan kazana ve sabit hacimli fan kontrolüne sahip paket terminal iklimlendirme cihazı olarak tanımlanan S1 mekanik sistemi seçilmiştir.

Diğer iyileştirme çalışmalarına göre en düşük yenileme maliyetine sahip bu binanın yıllık enerji tüketimi toplam 472.952,7 kWh olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına düşen enerji tüketimi 193,52 kWh/m^2 olup mevcut binaya göre %34,5 enerji tasarrufu sağlanmış ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi 19,2 yıl olarak hesaplanmıştır.

4.3.2 Bina 2'nin İyileştirilmesi ve Sonuçları

Bina 2'nin iyileştirme çalışmalarında ilk yatırım bedelinin geri ödenme süresi en düşük olan seçenekler tercih edilmiş olup oluşturulan binada yapılan iyileştirmeler şöyle özetlenebilir: Yenileme çalışmaları yapı elemanlarında D2 dış duvarı, Ç2 çatısı

ve P2 penceresi için gerçekleştirilmiştir. Aydınlatma sistemlerinde herhangi bir değişikliğe gidilmeden yalnızca sensör eklenmiş (A1s) ve S3 ısı geri kazanımlı ve taze hava sistemine sahip VRF sistemi mekanik sistem olarak seçilmiştir. Güneş radyasyonundan korunmak için T2 trombe duvarı ve G5 güneş kırıcısının kullanıldığı bina 2'de PV2 fotovoltaik sistemi eklenmiştir.

Diğer iyileştirme çalışmalarına göre en kısa geri ödeme süresine sahip seçenekler ile oluşturulan bu binanın yıllık enerji tüketimi toplam 405.447,9kWh olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına düşen enerji tüketimi 165,9 kWh/m^2 olup mevcut binaya göre %43,8 enerji tasarrufu sağlanmış ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi 25,08 yıl olarak hesaplanmıştır.

4.3.3 Bina 3'ün İyileştirilmesi ve Sonuçları

Diğer seçenekler arasında alternatif oluşturmak amacıyla, enerji tasarrufu en yüksek olan ikinci seçenekler arasından seçilerek oluşturulan bina 3'de uygulanan iyileştirmeler: T3 trombe duvarı, G1 güneş kırıcısı, D3 dış duvarı, Ç4 çatısı, P3 penceresine ek olarak aydınlatma sistemlerinde LED lamba (A5) ve mekanik sistemlerde S5 4 borulu fanlı ısıtıcı ünite (FCU) kullanılmıştır. Yapılan bu iyileştirme çalışmalarına ek olarak PV1 fotovoltaik panel uygulaması da iyileştirilmiş bina hesaplamalara dahil edilmiştir.

Diğer iyileştirme çalışmalarının sonuçlarına göre enerji tasarruf oranı ikinci en yüksek olan seçeneklerin seçilmesi ile oluşturulan bu binanın yıllık enerji tüketimi toplam 354.454,8kWh olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına düşen enerji tüketimi 145,03 kWh/m^2 olup mevcut binaya göre %50,9 enerji tasarrufu sağlanmış ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi 16,98 yıl olarak hesaplanmıştır.

4.3.4 Bina 4'ün İyileştirilmesi ve Sonuçları

İyileştirme çalışmaları içerisinde yer alan ve enerji modellemesi sonuçlarında en verimli iyileştirme seçeneği olarak görülen seçeneklerin birleştirilmesiyle oluşturulan bina 4'te güneş radyasyonundan kaçınılması ve enerji tüketimine fayda sağlaması için T1 trombe duvarı ve G5 güneş kırıcısı kullanılmıştır. Yapı elemanlarında D6 duvarı, Ç3 çatısı, P5 penceresi iyileştirme seçenekleri arasından seçilmiştir. Aydınlatma sisteminde A4s sensörlü T5 lambalar, mekanik sistemlerde

S6 ısı geri kazanımlı ve taze hava sistemine sahip VRF sistemi ve fotovoltaik panellerde PV6 seçilmiştir.

Diğer iyileştirme çalışmalarına göre enerji tasarrufunun en fazla sağlandığı seçeneklerden oluşturulan bu binanın yıllık enerji tüketimi toplam 257.728,6 kWh olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına düşen enerji tüketimi 105,45 kWh/m^2 olup mevcut binaya göre %64,3 enerji tasarrufu sağlanmış ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi 14,72 yıl olarak hesaplanmıştır.

4.3.5 Bina 5'in İyileştirilmesi ve Sonuçları

Yapılan iyileştirme çalışmalarında ilk yatırım maliyeti en yüksek olan seçeneklerin birleştirilmesiyle oluşturulan bina 5'te trombe duvar yerine 3. Katın güney cephesi tamamen cam cephe ile kaplanmıştır. Yapı elemanlarında D6 duvarı, Ç3 çatısı, P5 penceresi kullanılmıştır. G2 güneş kırıcısının, PV6 fotovoltaik panellerin ve A6s sensörlü LED lambaların bulunduğu binada ve DX soğutma sistemli, doğalgaz ile çalışan kazana ve değişken hava hacimli fan kontrolüne sahip, ısı geri kazanımlı, paket çatı kurulumlu VAV kutulu S2 mekanik sistemi tercih edilmiştir.

Diğer iyileştirme çalışmalarına göre en yüksek yenileme maliyetine sahip bu binanın yıllık enerji tüketimi toplam 290.787,4 kWh olarak hesaplanmıştır. Birim alan başına düşen enerji tüketimi 118,9 kWh/m^2 olup mevcut binaya göre %59,7 enerji tasarrufu sağlanmış ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi 17,86 yıl olarak hesaplanmıştır.

4.4 Mevcut Bina ve İyileştirilmiş Bina Seçeneklerinin Karşılaştırmaları

Bu tez kapsamında, mevcut bir ofis yapısının yenilenmesinde pasif ve aktif sistemler ayrı ayrı değiştirilerek mevcut bina değerleri ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre farklı seçeneklerin birleştirilmesi ile 5 farklı bina oluşturulmuştur. Oluşturulan bu binaların enerji tasarrufu ve toplam geri ödeme süreleri Tablo 4.14'te özetlenmiştir:

Tablo 4.14 İyileştirilmiş binaların mevcut binaya göre enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri

İyileştirilmiş bina seçenekleri	Enerji Tüketimi		Enerji Tasarruf Oranı	Maliyet	Geri Ödeme Süresi
	kWh/yıl	kWh/m²	%	TL/m²	yıl
Mevcut Bina	721.843,0	295,3	-	-	-
Bina 1	472.952,7	193,5	34,5%	568,7	19,2
Bina 2	405.447,9	165,9	43,8%	829,5	25,1
Bina 3	354.454,8	145,0	50,9%	812,0	17,0
Bina 4	257.728,6	105,5	64,3%	986,8	14,7
Bina 5	290.787,4	119,0	59,7%	1093,1	17,9

İyileştirme parametreleri arasından belirlenen beş farklı kriter ile yapılan seçimlerden oluşturulan iyileştirilmiş bina seçeneklerinin sonuçları mevcut durum ile karşılaştırıldığında, enerji tasarrufu en yüksek seçenekler ile oluşturulan iyileştirilmiş bina 4 seçeneği hem enerji tasarruf oranı en yüksek hem de geri ödeme süresi en kısa olan seçenek olmuştur.

Enerji tasarruf oranı yüksek olan ikinci seçenek en yüksek maliyetli seçenekler ile oluşturulan bina 5 seçeneğidir. Ancak, bina 5 seçeneğinin geri ödeme süresi, enerji tasarruf oranı sıralamasında ikinci sıradaki seçenekler ile oluşturulan bina 3 seçeneğinden sonra gelmektedir.

Geri ödeme süresi en kısa seçenekler ile oluşturulan iyileştirilmiş bina 2 seçeneğinin toplam geri ödeme süresi, diğer seçenekler arasında son sırada bulunmaktadır.

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar binaların işletme süreçlerindeki enerji tüketimlerinin azaltılmasına yöneliktir ve bu çalışma sonuçlarına paralel olarak da CO_2 emisyonlarının azaltılması sağlanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi konusunda henüz başlangıç aşamasında bulunduğumuz günümüzde, tüketilen enerjiden tasarruf edilen her birim enerji sayesinde doğal kaynakların korunması mümkündür. Sağlanabilen enerji tasarrufu hem doğal kaynakların tüketilmesini azaltmakta hem de enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemize yarar sağlamaktadır.

Enerji tasarrufu sağlayan pasif ve aktif sistemlerin uygulanmasıyla enerji etkin bina ortaya çıkartılması mümkündür. Mevcut bir bina üzerinde yapılacak herhangi bir iyileştirme de binanın toplam enerji tüketimini azaltacak ve çevrenin korunumuna fayda sağlayacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında pasif ve aktif iyileştirme seçenekleri değerlendirilmiş ve yapılabilecek her iyileştirme için maliyet analizi ile yatırımın geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Bunun sonucu olarak her iyileştirme çalışması için geri ödeme süresi en kısa olan, en çok enerji tasarrufunda bulunan, en az ve en çok ilk yatırım maliyetine sahip seçenekler birleştirilerek, birbirinden farklı beş bina ile iyileştirme seçenekleri oluşturulmuştur.

Tezin hipotezi, bir yapının iyileştirme çalışmalarında geri ödeme süresi en az olan seçeneklerin uygulanması durumunda, bu iyileştirilmiş bina seçeneğine ait maliyetin geri ödenme süresinin diğer iyileştirilmiş binalardan daha uzun olabileceği yönünde belirlenmişti.

Yapılan bu tez çalışmasında, ayrı ayrı incelendiğinde yatırımın geri ödenme süresi en kısa olan seçenekler ile oluşturulan iyileştirilmiş bina 2 seçeneği, mevcut binaya oranla %43,8 enerji tasarrufu sağlamış ve yapılan yatırımı 25 yılda geri ödeyebileceği hesaplanmıştır. Bu bina en kısa yatırımın geri ödeme süresine sahip

malzemelerden seçilerek oluşturulmuş olsa da 5 bina içerisinde yatırımı en uzun sürede geri dönen bina konumundadır. Yapılan değerlendirmeler, bina seçeneğinde kullanılan iyileştirme seçeneklerinin geri dönüş süresi en kısa olsa da ilk yatırım maliyetlerinin ortalamanın üzerinde olduğunu ve iyileştirme seçeneklerinin tek başlarına sağladıkları enerji tasarrufunu, bu seçeneklerin birleşmesi sonucunda gösteremediklerini ortaya koymaktadır. En kısa geri dönüş süresine sahip seçeneklerin birleştirilmesi ile oluşturulan bina 2, diğer iki binadan daha fazla iyileştirme maliyetine sahiptir.

Bu çalışma kapsamında çıkan başarılı iyileştirme seçeneği, enerji tasarruf oranı en yüksek malzemeler ile oluşturulan bina 4 seçeneği olmuştur. Toplam iyileştirme maliyetleri arasında en yüksek ikinci maliyete sahip olan iyileştirilmiş bina 4 seçeneği, en yüksek enerji tasarruf oranına ve en kısa geri ödeme süresine sahip seçenek konumundadır.

İlk yatırım bedeli en yüksek seçeneklerin tercih edilmesi ile iyileştirilmiş olan bina 5'in sonuçları incelendiğinde, tüm iyileştirilmiş binalar arasında enerji tasarrufunda ikinci, geri ödeme süresinde ise üçüncü sırada olduğu görülmektedir. Bina 5 seçeneğine ait hesaplanan geri ödeme süresinin, enerji tasarruf oranı açısından ikinci sıradaki seçenekler ile oluşturulan bina 3 seçeneğinden de uzun olduğu görülmüştür. İyileştirilmiş bina seçeneklerine ait sonuçlar, enerji tasarrufu sağlayan, fakat maliyetleri yüksek olan iyileştirme çalışmalarının enerji tasarrufu ile maliyetin geri dönüş süresi açısından istenilen sonuçları vermeyebileceğini göstermektedir.

İlk yatırım maliyeti en düşük seçeneklerin uygulandığı iyileştirilmiş bina 1 seçeneği ise, öngörüldüğü üzere en az toplam yatırım bedeline ve enerji tasarrufuna sahip seçenek konumundadır. Buna karşılık bina 1 ile yapılan çalışmalar, mevcut bir binada yapılacak ufak iyileştirmelerin bile %23,5'lik enerji tasarrufu sağlayarak yılda yaklaşık 72.500 TL'lik enerji faturasından tasarruf edilebileceğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasında yer alan iyileştirilmiş bina seçeneklerine ait sonuçlar ile, bir mevcut binada yapılacak iyileştirme çalışmalarında her bir seçeneğin ayrı ayrı

değerlendirilmesi yerine bir bütün halinde değerlendirilmesinin, enerji tüketimi ve yatırımın geri dönüş süresi açısından daha doğru bir yöntem olduğu görülmüştür.

İyileştirilme çalışmaları mevcut bir bina üzerinden yapılmış olsa da bütüncül yaklaşımın, yeni inşaat projelerindeki iyileştirme çalışmaları için de uygulanabileceği söylenebilir. Bu çalışmada kullanılan yöntemin diğer binalar için de uygulanabilir olduğu söylenebilse de maliyet analizi çalışmalarında kullanılan birim maliyetlerin zaman içinde değişmesi kaçınılmazdır. Bu maliyet değişikliklerinin her malzeme için farklı yüzdelerde olacağı da göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte güncel veriler ile çalışılması durumunda farklı sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

Bir projede yapılacak iyileştirme çalışmaları için gerekli yatırım maliyetinin azaltılması ve iyileştirme sonucunda elde edilen enerji tasarrufunun artırılması ile geri ödeme süresinin kısaltılması sağlanmaktadır. İyileştirme çalışmalarına ait maliyetlerin yatırımcıya daha kısa sürede geri dönmesi ile, yatırımcının iyileştirme seçenekleri için daha olumlu görüşe sahip olmasının sağlanacağı söylenebilir. Sonuç olarak, bu çalışmalar sonucunda elde edilen enerji tasarrufunun hem çevrenin korunumuna katkı vereceği hem de enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkemize yarar sağlayacağı açıktır.

KAYNAKÇA

[1] C. Erden Özsoy, “Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye'nin Karbon Ayak İzi,” HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, cilt 4, no. 9, 2015.

[2] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Elektrik Piyasası 2017 Yılı Piyasa Gelişim Raporu,” EPDK, Ankara, 2018.

[3] A. Säynäjoki, J. Heinonen and S. Junnila, "A Comparative Greenhouse Gas Analysis Of Energy Efficiency Renovation and New Construction in a Residential Area - A Preliminary Study," in 19th Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference, Melbourne, 2013.

[4] A. Namlı, Mevcut Konut Yapılarının Enerji Etkin İyileştirilmesi: Namlı Evi, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, 2015.

[5] G. Dinç Kobalas, Mevcut Bir Konutun Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma: Toki Afyon Taromköy Örneği, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2015.

[6] Y. Yıldız, Mevcut Toplu Konutların Enerji Verimli Yenilenmesi: Gaziemir Emlak Bankası Konut Alanında Bir Çalışma, İzmir: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 2008.

[7] T. Köksal, Enerji Etkinliği Açısından Bir İlköğretim Binasının Aktif ve Pasif Sistem Olarak Performansının Değerlendirilmesi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2018.

[8] B. B. Özdemir, Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2005.

[9] G. Süt, Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Mevcut Çok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri, Ankara: Gazi Üniversitesi, 2013.

[10] Ö. Aydın, Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, 2011.

[11] A. Tıkır, İstanbul’da Mevcut Bir Konutun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2009.

[12] F. Çaçan, Fotovoltaik Sistemlerin Kurulum ve Maliyet Analizinin Örnek Bir Otele Uygulanması, Elazığ: Fırat Üniversitesi, 2018.

[13] Ş. Ç. Çolak, Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, 2010.

[14] D. Çaka, Isıl Sistem Bileşenlerinin Yatırım Maliyetleri, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.

[15] İ. H. Demir, Bina Dış Duvarları için Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi ve Maliyet Analizi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, 2014.

[16] D. J. MacKay, Sustainable Energy — without the hot air, UIT Cambridge Ltd., 2008.

[17] S. Pelsmakers, The Environmental Design Pocketbook, London: RIBA Publishing, 2012.

[18] Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği, "Binalarda Enerji Verimliliği ve Finansmanı Raporu," İMSAD, İstanbul, 2014.

[19] Elektrik Mühendisleri Odası, "Sıkça Sorulan Sorular: Enerji Verimliliği," EMO, 31 05 2019. [Çevrimiçi]. Available: http://www.emo.org.tr/genel/sss.php?grubu=ENERJ%DD%20VER%DDML%DDL%DD%D0%DD#1. [Erişildi: 31 05 2019].

[20] Makine Mühendisleri Odası, "Enerji Tasarrufu: "Enerjinin Etkili ve Verimli Kullanımı"," Makine Mühendisleri Odası Konya Şubesi, Konya, 2008.

[21] G. Koçlar Oral ve G. Manioğlu, "Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı," %1 içinde 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu Bildirileri, İzmir, 2010.

[22] Passive House Institute, "About Passive House - What is a Passive House," [Çevrimiçi]. Available: https://passivehouse.com/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm. [Erişildi: 31 05 2019].

[23] International Passive House Association, Passivhaus primer: Designer's guide - A guide for the design team and local authorities, Watford: BRE Trust.

[24] Met Office, "The UK Climate Projections," Exeter, 2009.

[25] E. Bostancıoğlu, "Konutlarda Duvar ve Çatı Yalıtımlarının Bina Kabuğu, Isıtma Enerjisi ve Yaşam Dönemi Maliyetleri Üzerindeki Etkisi," Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 15, no. 1, pp. 135-147, 2010.

[26] F. Şenkal Sezer ve N. Karagöz Yeşilyurt, "Türkiye'deki Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamalarında Isı Köprülerinin Analizi ve Yurtdışı Uygulamaları ile Karşılaştırılması," Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 16, no. 1, pp. 1-10, 2011.

[27] Trakya Cam Sanayi A.Ş., "Isı Yalıtımı ve Düzcam: Elektrik Mühendisleri Odası," [Çevrimiçi]. Available: http://www.emo.org.tr/ekler/bb236de7787ceed_ek.pdf. [Erişildi: 21 06 2019].

[28] J. Yao, An Investigation Into the Impact of Movable Solar Shades on Energy, Indoor Thermal and Visual Comfort Improvements, Ningbo: Ningbo University, 2014.

[29] U.S. Green Building Council, “Indoor Environmental Quality Credit : Daylight,” %1 içinde LEED Reference Guide for Building Design and Construction, Washington, U.S. Green Building Council, 2013, pp. 723-737.

[30] Termodinamik Dergisi, “Doğal Havalandırma Temelleri,” Termodinamik, no. Kasım, 2009.

[31] S. S. Zargari, “Binalarda Rüzgar Bacası ve Enerji Verimliliği,” İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, no. 30, pp. 85-101, 2016.

[32] A. Doğan ve T. Pırasacı, “Bina Cephelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi,” Tesisat Mühendisliği Dergisi, no. 112, pp. 41-47, 2019.

[33] A. S. Yasan, Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.

[34] T. Yöre, Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi,, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007.

[35] H. K. Öztürk, Ö. Atalay ve A. Yilanci, “Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği,” Tesisat Mühendisliği, no. 90, p. 69, 2005.

[36] Health and Safety Executive, “Guidance: Topics: Temperature: Thermal Comfort,” [Çevrimiçi]. Available: http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/. [Erişildi: 15 06 2019].

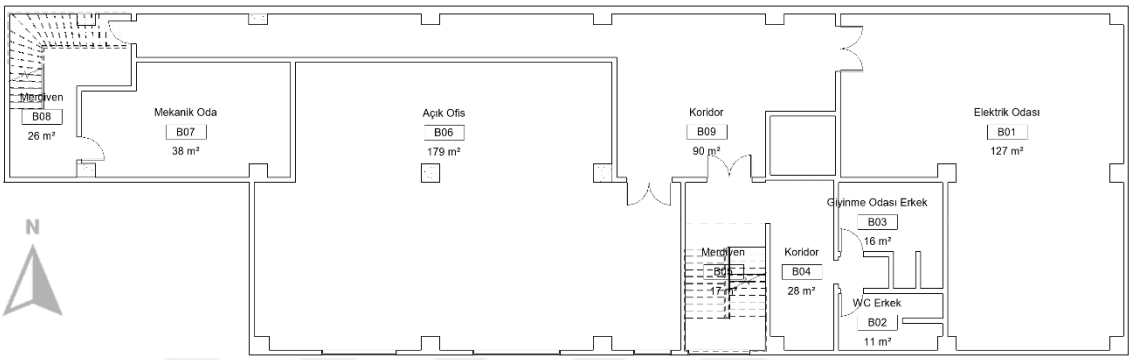
[37] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Standard 90.1-2010: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, Atlanta: ASHRAE, 2010.

[38] S. Kocabey ve B. Dursun, “Iç Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı Ile Ilgili Bir Uygulama,” 3E Electrotech Dergisi, no. 127, 2004.

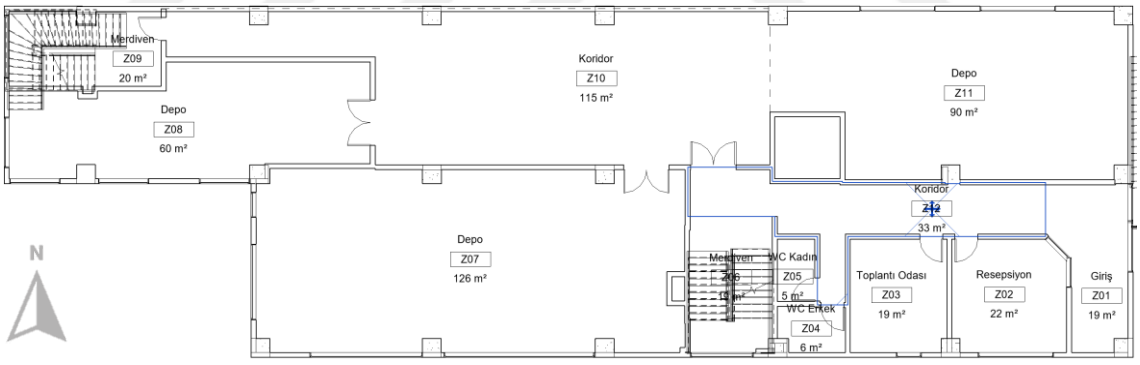
[39] Türkiye İstatistik Kurumu, “Yapı İzin İstatistikleri, Ocak-Aralık,2018,” 19 02 2019. [Çevrimiçi]. Available: www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30757#. [Erişildi: 19 05 2019].

[40] Türkiye İstatistik Kurumu, “Yapı Ruhsatı,” 31 03 2019. [Çevrimiçi]. Available: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=609. [Erişildi: 22 05 2019].

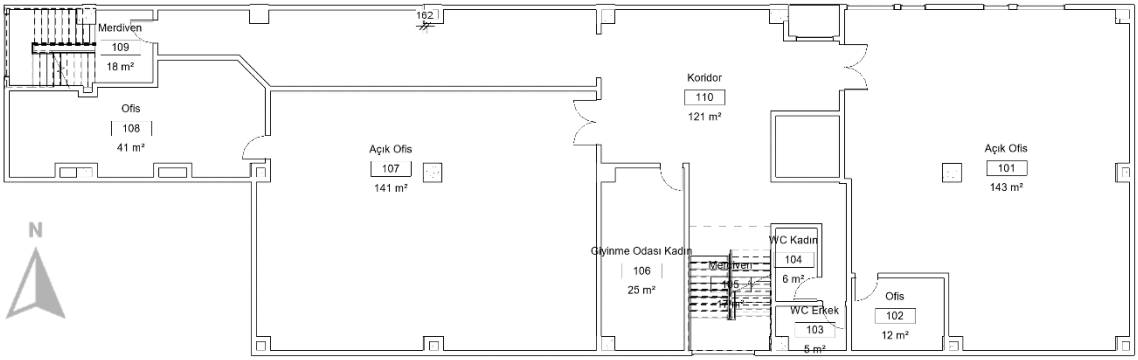
A
MEVCUT BİNA PLAN, GÖRÜNÜŞ VE 3 BOYUTLU GÖRSELLERİ



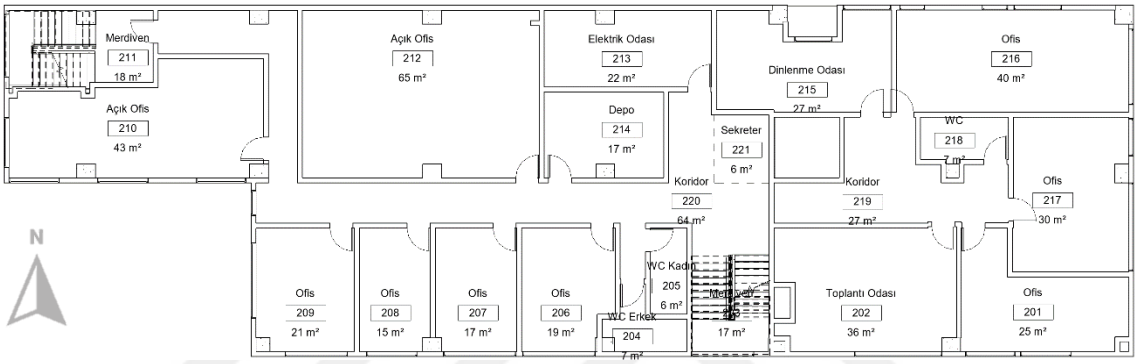
Şekil A.1 Bodrum kat planı



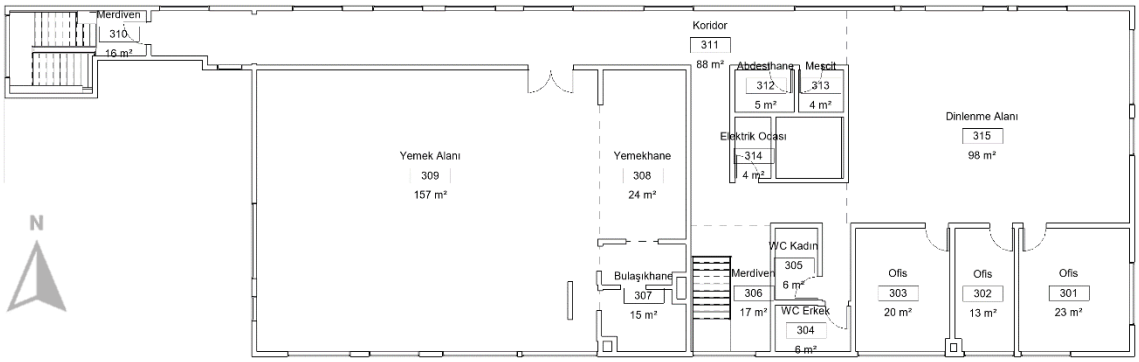
Şekil A.2 Zemin kat planı



Şekil A.3 1. kat planı



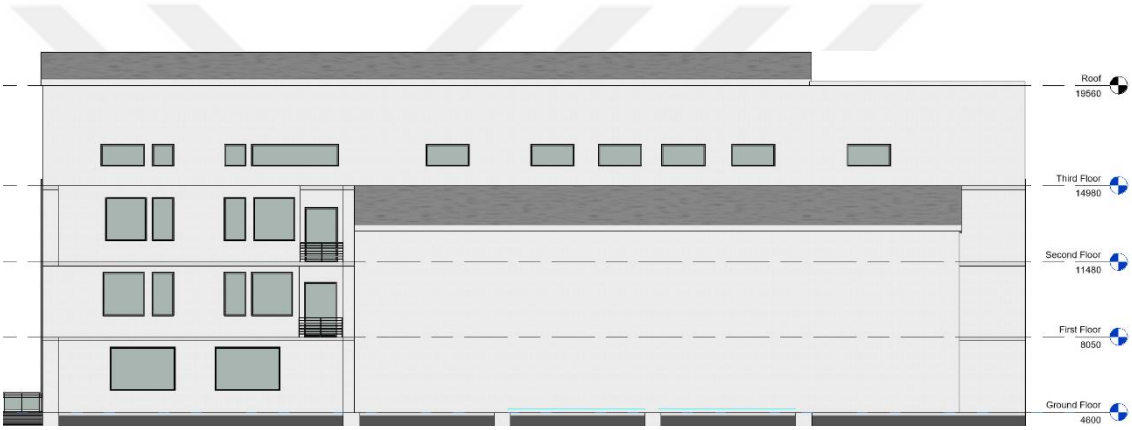
Şekil A.4 2. kat planı kat planı



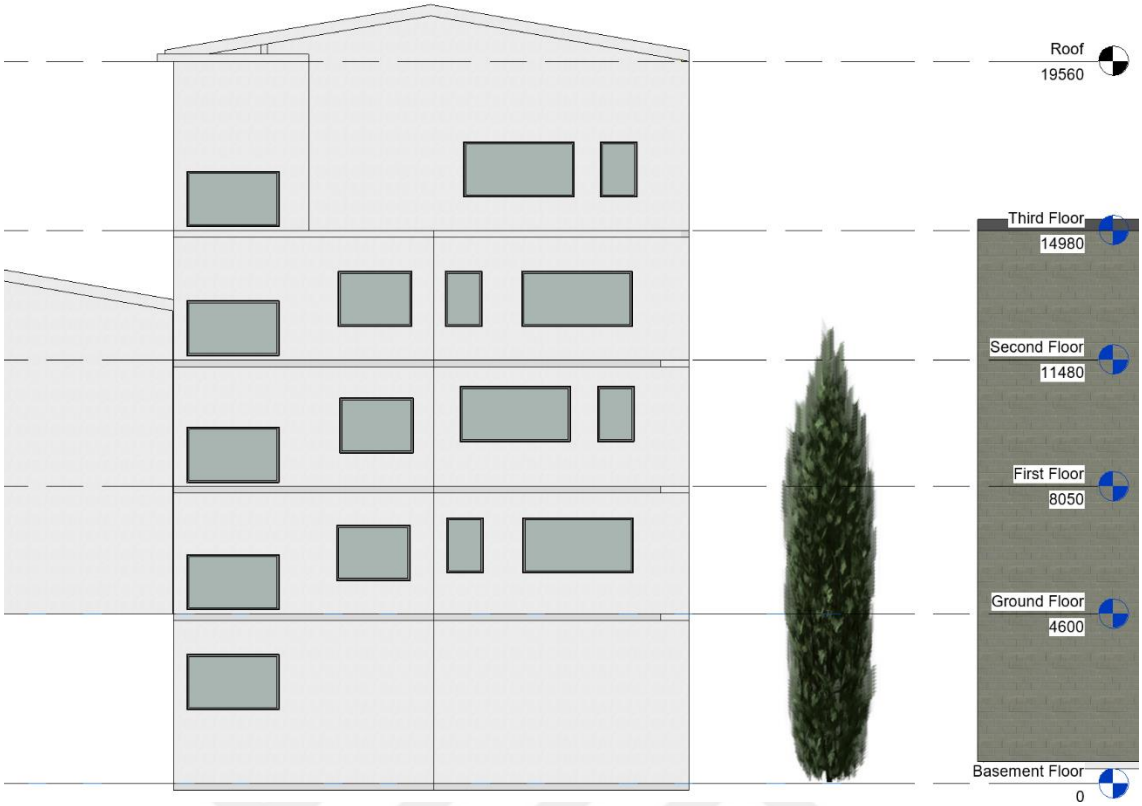
Şekil A.5 3. kat planı



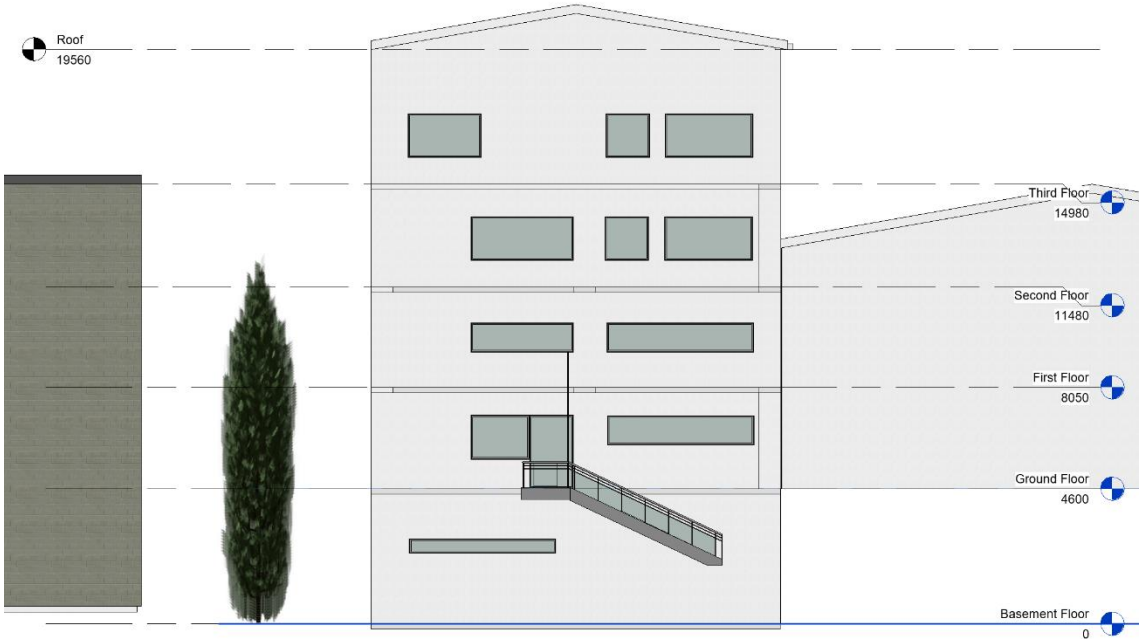
Şekil A.6 Güney cephe görünüşü



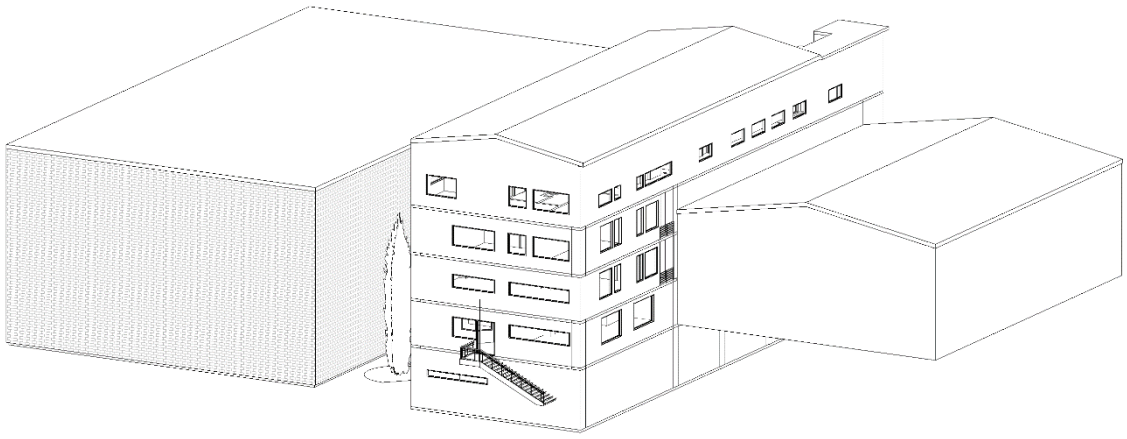
Şekil A.7 Kuzey cephe görünüşü



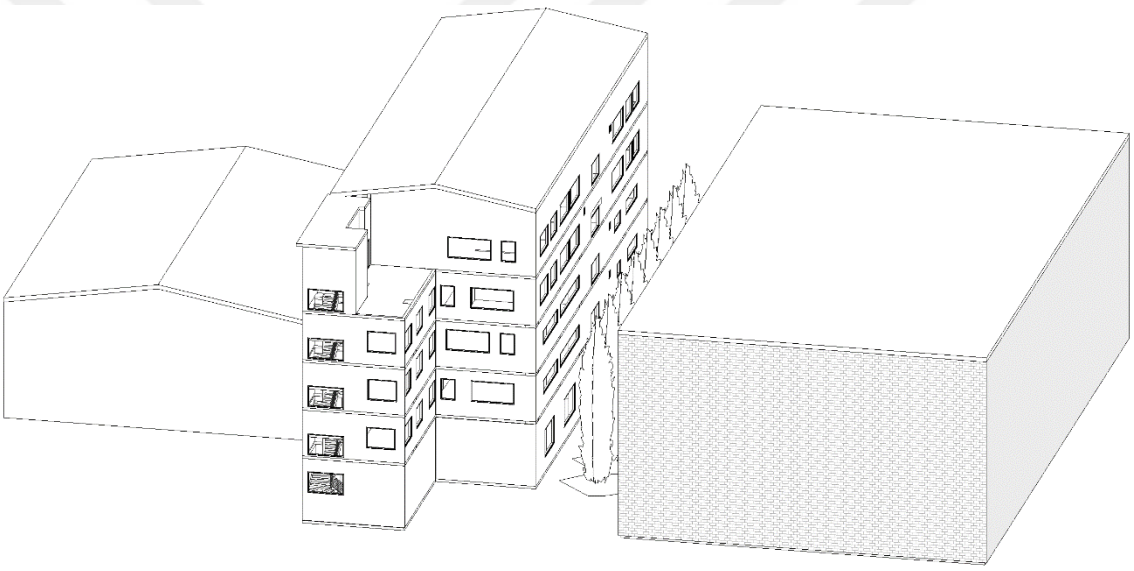
Şekil A.8 Batı cephe görünüşü



Şekil A.9 Doğu cephe görünüşü



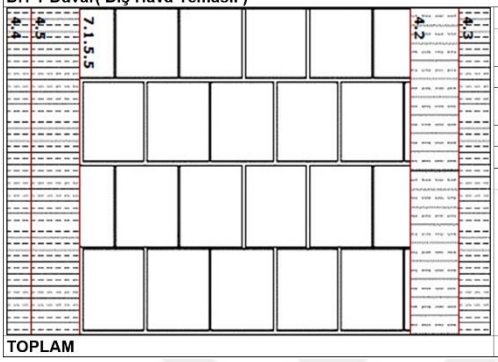
Şekil A.10 Mevcut bina görseli-1

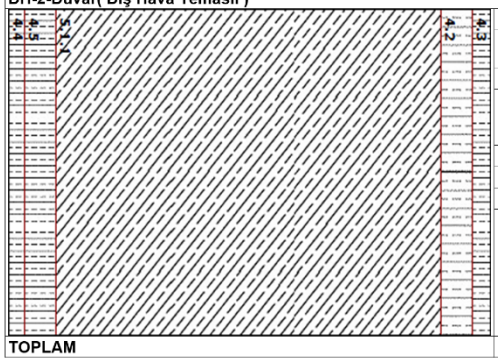


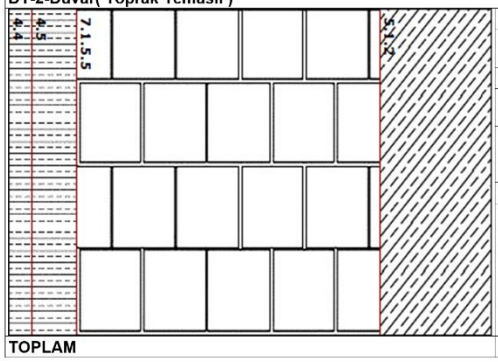
Şekil A.11 Mevcut bina görseli-2

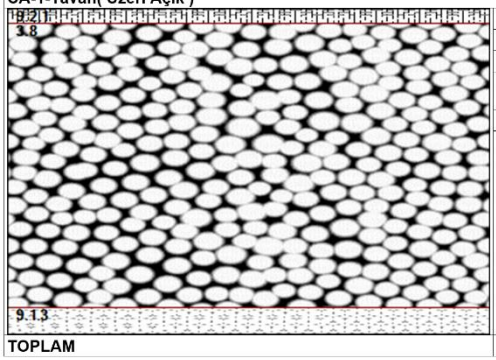
B
MEVCUT BİNA YAPI BİLEŞENLERİ VE HESAPLARI

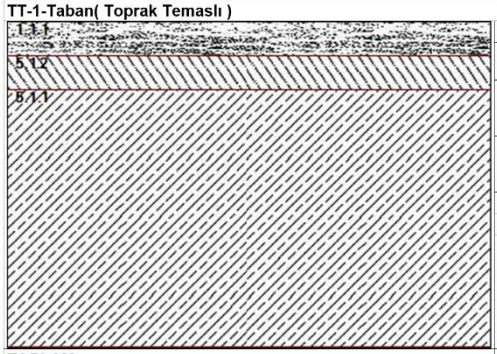
Tablo B.1 Mevcut binadaki yapı bileşenleri

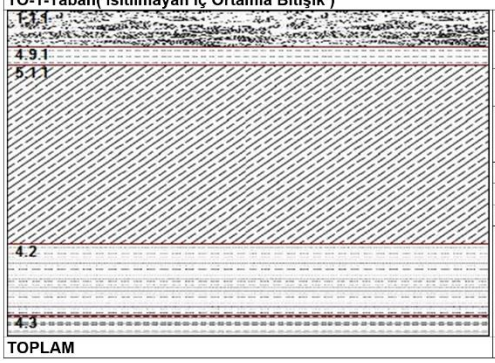
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
DH-1-Duvar(Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13	
	4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,01	0,51	0,02	
	4.5	Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,02	
	7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,45	0,3	
	4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01	
	4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,013	0,70	0,02	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**0,54**	**1,861**

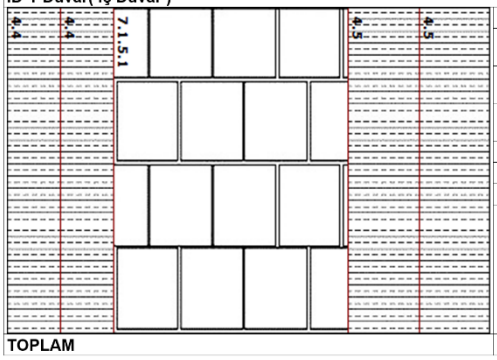
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
DH-2-Duvar(Dış Hava Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13	
	4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,01	0,51	0,02	
	4.5	Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,02	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,25	2,5	0,1	
	4.2	Çimento harcı	0,02	1,6	0,01	
	4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,013	0,70	0,02	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					**0,34**	**2,964**

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
DT-2-Duvar(Toprak Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13	
	4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,01	0,51	0,02	
	4.5	Alçı harçlı şap	0,02	1,2	0,02	
	7.1.5.5	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,135	0,45	0,3	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,05	1,65	0,03	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0	
TOPLAM					**0,5**	**0,5x2,014**

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
CA-1-Tavan(Üzeri Açık)						
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,04	
	9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥7 mm	0,001	0,70	0	
	3.8	Polistiren,sert köpük parçacıkları	0,02	0,05	0,4	
	9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örnek:PVC)	0,002	0,23	0,01	
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					**0,58**	**1,724**

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
TT-1-Taban(Toprak Temaslı)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,17	
	1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,02	3,5	0,01	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,02	1,65	0,01	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,15	2,5	0,06	
	9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥7 mm	0,001	0,70	0	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0	
TOPLAM					**0,25**	**0,5x4,012**

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
TO-1-Taban(Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,17	
	1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,02	3,5	0,01	
	4.9.1	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	0,01	0,14	0,07	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	2,5	0,04	
	4.2	Çimento harcı	0,04	1,6	0,02	
	4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,013	0,70	0,02	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,17	
TOPLAM					**0,5**	**0,5x1,997**

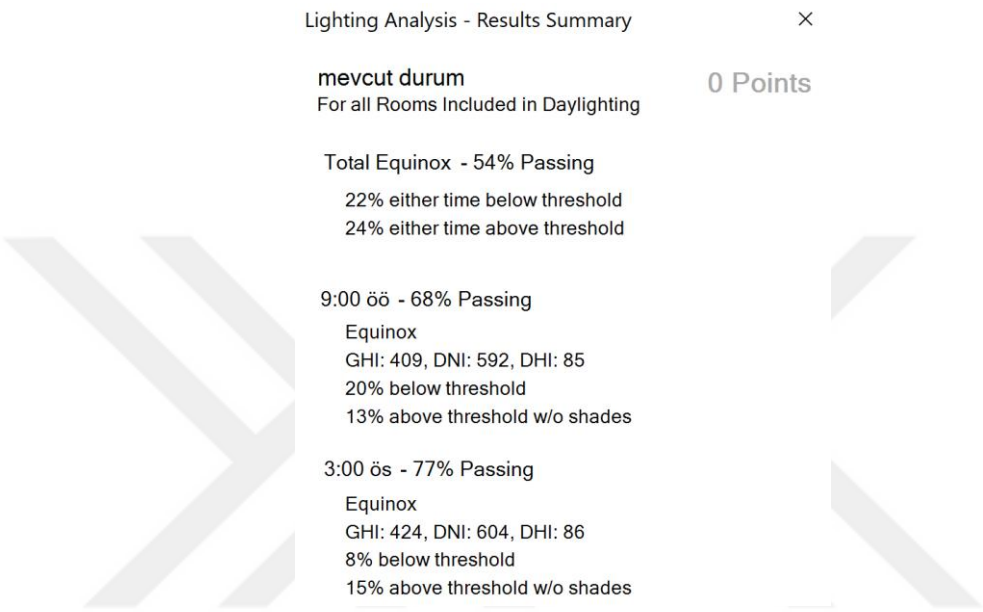
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	λ_h	R	U
			(m)	(W/mK)	(m^2K/W)	W/m^2K
ID-1-Duvar(İç Duvar)						
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (iç)			0,13	
	4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,03	0,51	0,06	
	4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0,03	0,51	0,06	
	7.1.5.1	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,132	0,20	0,66	
	4.5	Alçı harçlı şap	0,04	1,2	0,03	
	4.5	Alçı harçlı şap	0,04	1,2	0,03	
	$1/\alpha_s$	Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,13	
TOPLAM					**1,1**	**0,906**

PENCERE - 1			
Toplam Alan		**U - Değeri**	**Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)**
400 m^2		5.2 W/m^2k	Tek Katlı Cam (0,85)
Yönler		**Gölgelenme Faktörü**	
Güney	100 m^2	Ağaç Gölgelenmesi (0,6)	
Kuzey	100 m^2	Bitişik Nizam Çok Katlı Binalar (0,5)	
Doğu	100 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Batı	100 m^2	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	

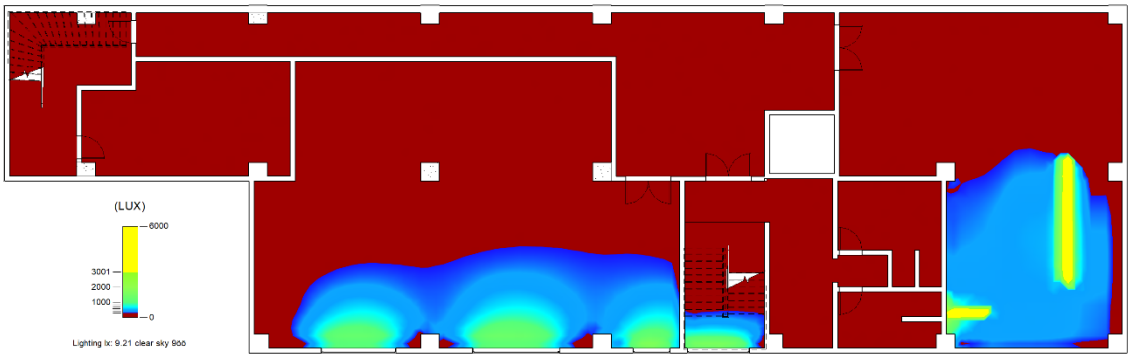
KAPI - 1	
Toplam Alan	**U - Değeri**
2,20 m^2	Metal - Isı Yalıtımsız, Dış(5,5) W/m^2K

C
MEVCUT BİNA GÜN IŞIĞI SİMÜLASYON SONUÇLARI

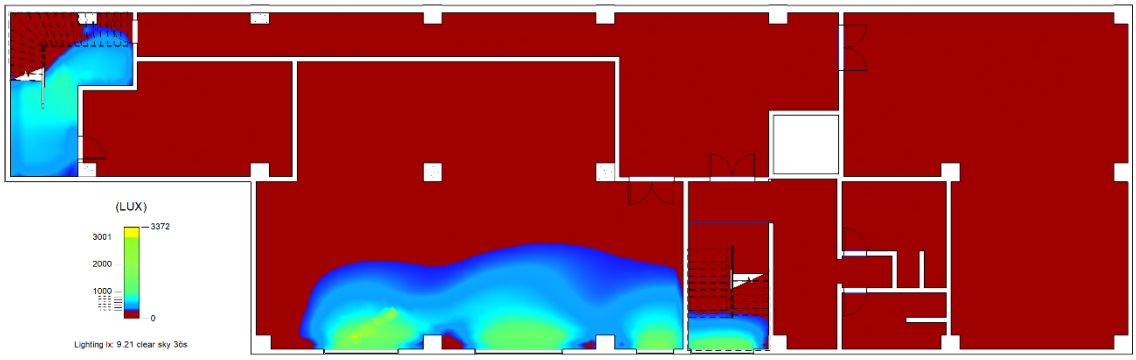
Doğal Aydınlatma Sonuçları



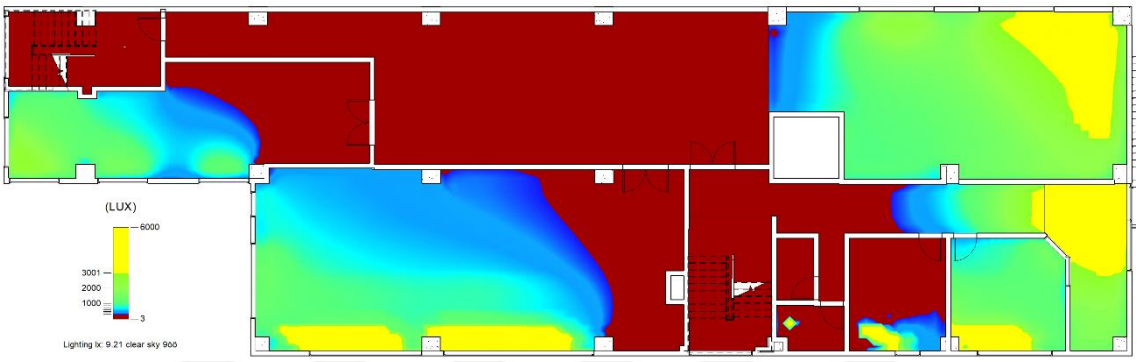
Şekil C.1 Mevcut bina gün ışığı simülasyon sonuçları



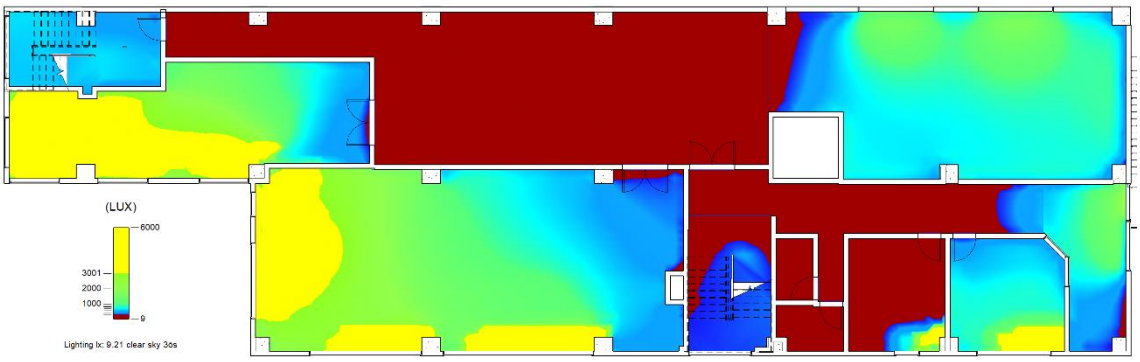
Şekil C.2 Mevcut bina bodrum kat 09:00 aydınlık düzeyi



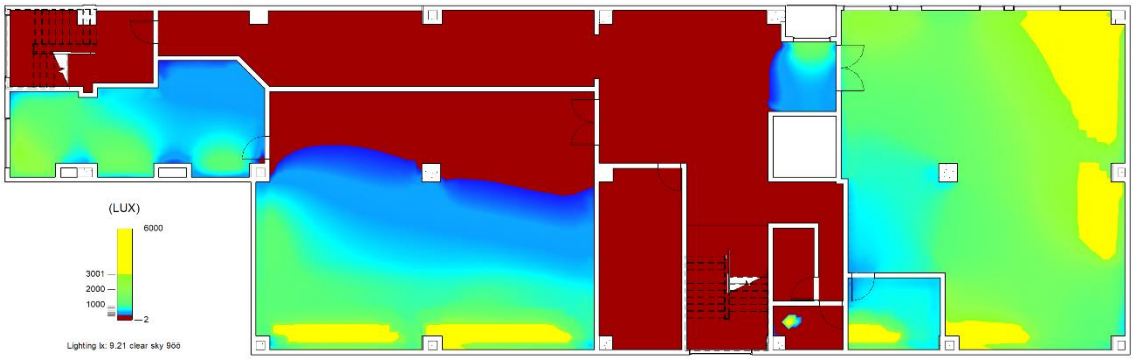
Şekil C.3 Mevcut bina bodrum kat 15:00 aydınlık düzeyi



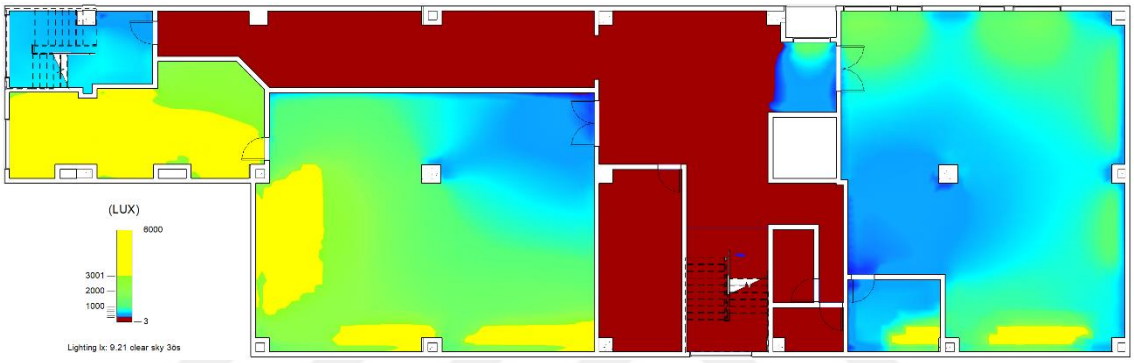
Şekil C.4 Mevcut bina zemin kat 09:00 aydınlık düzeyi



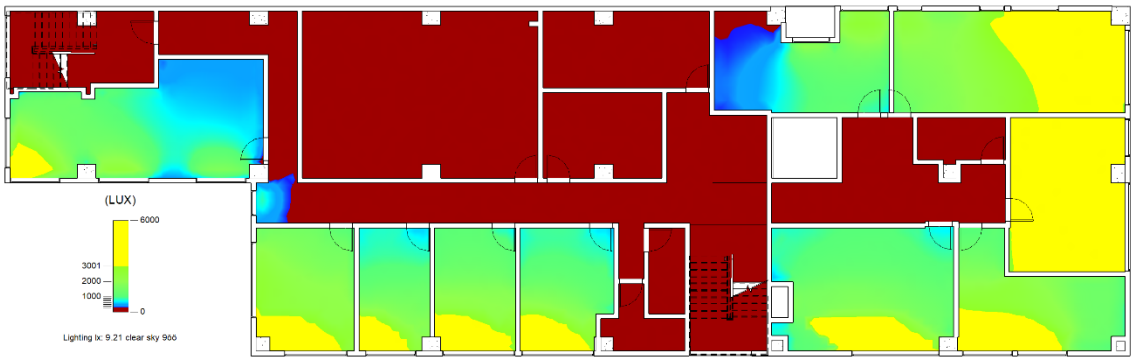
Şekil C.5 Mevcut bina zemin kat 15:00 aydınlık düzeyi



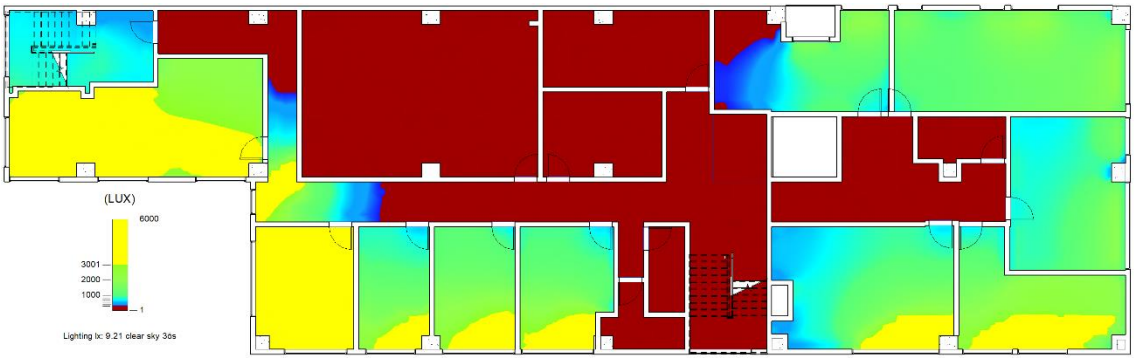
Şekil C.6 Mevcut bina 1. kat 09:00 aydınlık düzeyi



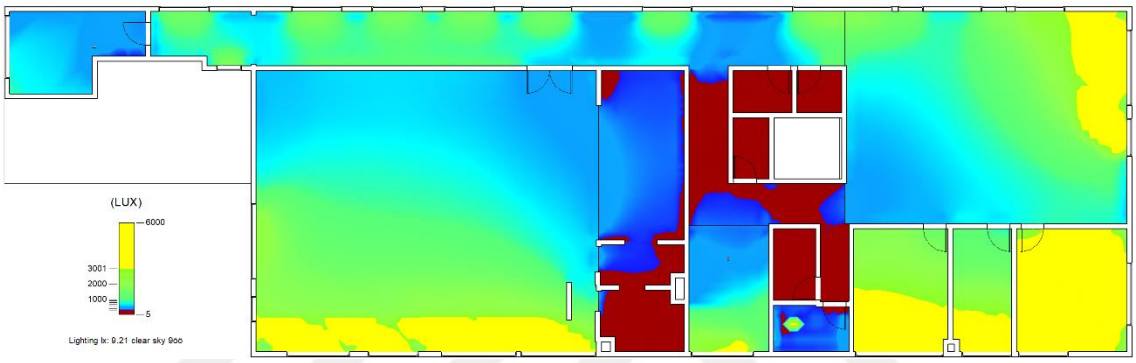
Şekil C.7 Mevcut bina 1. kat 15:00 aydınlık düzeyi



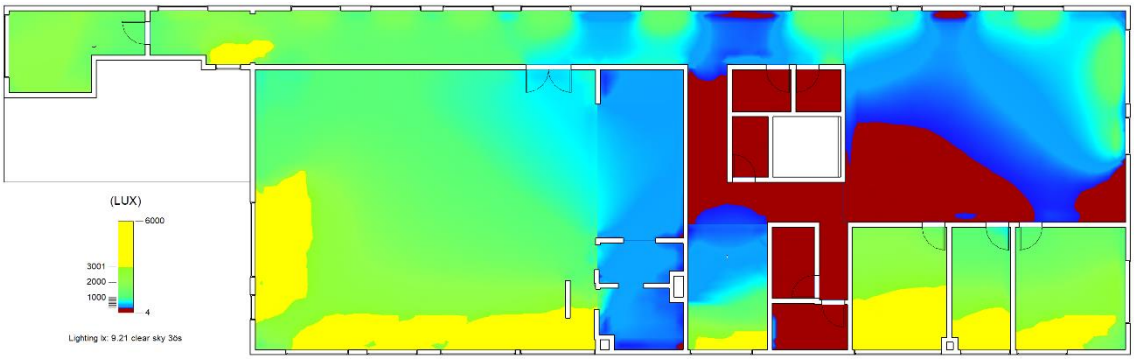
Şekil C.8 Mevcut bina 2. kat 09:00 aydınlık düzeyi



Şekil C.9 Mevcut bina 2. kat 15:00 aydınlık düzeyi



Şekil C.10 Mevcut bina 3. kat 09:00 aydınlık düzeyi



Şekil C.11 Mevcut bina 3. kat 15:00 aydınlık düzeyi

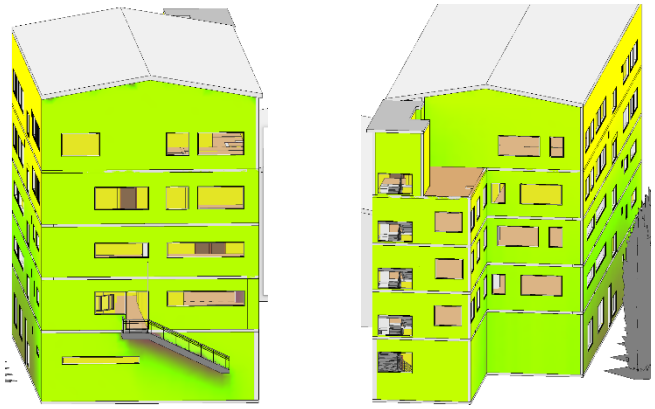
Yukarıdaki görsellerde ifade edilen sonuçların aydınlık, karanlık ve kamaşma olan alanlar olarak ve mahal alanına göre yüzde değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo C.1 Mevcut bina mahal bazında gün ışığı simülasyon sonuçları

Mahal Kodu	Mahal Adı	Mahal Alanı (m^2)	09:00 Sonuçları (%)			15:00 Sonuçları (%)		
			Aydınlık Alanlar	3.000lx ve Üzeri	300lx ve Altı	Aydınlık Alanlar	3.000lx ve Üzeri	300lx ve Altı
B01	Elektrik Odası	126,5	35	2	63	0	0	100
B02	WC Erkek	10,5	0	0	100	0	0	100
B03	Giyinme Odası Erkek	16,2	0	0	100	0	0	100
B04	Koridor	27,9	0	0	100	0	0	100
B05	Merdiven	17,4	29	0	71	28	0	72
B06	Açık Ofis	178,5	30	0	70	30	0	69
B07	Mekanik Oda	37,7	0	0	100	0	0	100
B08	Merdiven	26	0	0	100	69	0	31
B09	Koridor	90,2	0	0	100	0	0	100
101	Açık Ofis	143,1	85	15	0	98	2	0
102	Ofis	11,9	89	11	0	90	9	1
103	WC Erkek	5,5	4	2	95	0	0	100
104	WC Kadın	5,7	0	0	100	0	0	100
105	Merdiven	17,3	0	0	100	5	0	95
106	Giyinme Odası Kadın	25,3	0	0	100	0	0	100
107	Açık Ofis	141,2	65	4	31	87	13	1
108	Ofis	40,7	100	0	0	27	73	0
109	Merdiven	18,4	0	0	100	100	0	0
110	Koridor	120,7	6	0	94	6	0	94
Z01	Giriş	18,8	44	56	0	96	0	4
Z02	Resepsiyon	21,7	88	12	0	88	11	1
Z03	Toplantı Odası	18,8	17	5	78	13	2	85
Z04	WC Erkek	5,6	2	2	96	0	0	100
Z05	WC Kadın	4,5	0	0	100	0	0	100
Z06	Merdiven	19	0	0	100	15	0	85
Z07	Depo	125,6	69	7	24	79	20	2
Z08	Depo	59,7	57	0	43	56	43	1
Z09	Merdiven	19,5	0	0	100	100	0	0
Z10	Koridor	115	0	0	100	0	0	100
Z11	Depo	89,6	85	15	0	96	0	4
Z12	Koridor	33,4	36	3	61	11	0	89

Mahal Kodu	Mahal Adı	Mahal Alanı (m^2)	09:00 Sonuçları (%)			15:00 Sonuçları (%)		
			Aydınlık Alanlar	3.000lx ve Üzeri	300lx ve Altı	Aydınlık Alanlar	3.000lx ve Üzeri	300lx ve Altı
201	Ofis	25,3	78	22	0	77	23	0
202	Toplantı Odası	36,2	87	13	0	90	10	0
203	Merdiven	16,8	0	0	100	0	0	100
204	WC Erkek	6,6	0	0	100	0	0	100
205	WC Kadın	5,9	0	0	100	0	0	100
206	Ofis	18,9	84	16	0	84	16	0
207	Ofis	17,3	80	20	0	82	18	0
208	Ofis	15,2	86	14	0	88	12	0
209	Ofis	20,6	84	16	0	0	100	0
210	Açık Ofis	42,6	96	4	0	31	69	0
211	Merdiven	18,5	0	0	100	100	0	0
212	Açık Ofis	65,1	0	0	100	0	0	100
213	Elektrik Odası	21,8	0	0	100	0	0	100
214	Depo	17,4	0	0	100	0	0	100
215	Dinlenme Odası	27,2	93	0	7	85	0	15
216	Ofis	39,7	54	46	0	100	0	0
217	Ofis	30	3	97	0	100	0	0
218	WC	7	0	0	100	0	0	100
219	Koridor	27,2	0	0	100	0	0	100
220	Koridor	63,6	4	0	96	18	4	78
221	Sekreter	6,4	0	0	100	0	0	100
301	Ofis	23,5	6	94	0	83	17	0
302	Ofis	12,9	71	29	0	72	28	0
303	Ofis	20,1	55	45	0	53	47	0
304	WC Erkek	6,5	83	3	13	7	0	93
305	WC Kadın	5,7	0	0	100	0	0	100
306	Merdiven	17,3	98	2	0	90	9	1
307	Bulaşıkhane	14,9	24	0	76	98	0	2
308	Yemekhane	24,4	88	0	12	100	0	0
309	Yemek Alanı	157,1	91	9	0	83	17	0
310	Merdiven	16,4	100	0	0	100	0	0
311	Koridor	88	81	0	19	74	2	24
312	Abdesthane	4,8	0	0	100	0	0	100
313	Mescit	3,7	0	0	100	0	0	100
314	Elektrik Odası	4,3	0	0	100	0	0	100
315	Dinlenme Alanı	98,5	89	11	0	74	0	26

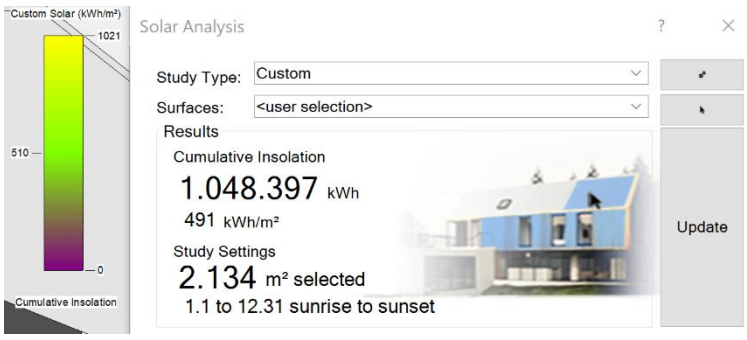
Güneş Işınımı Analiz Sonuçları



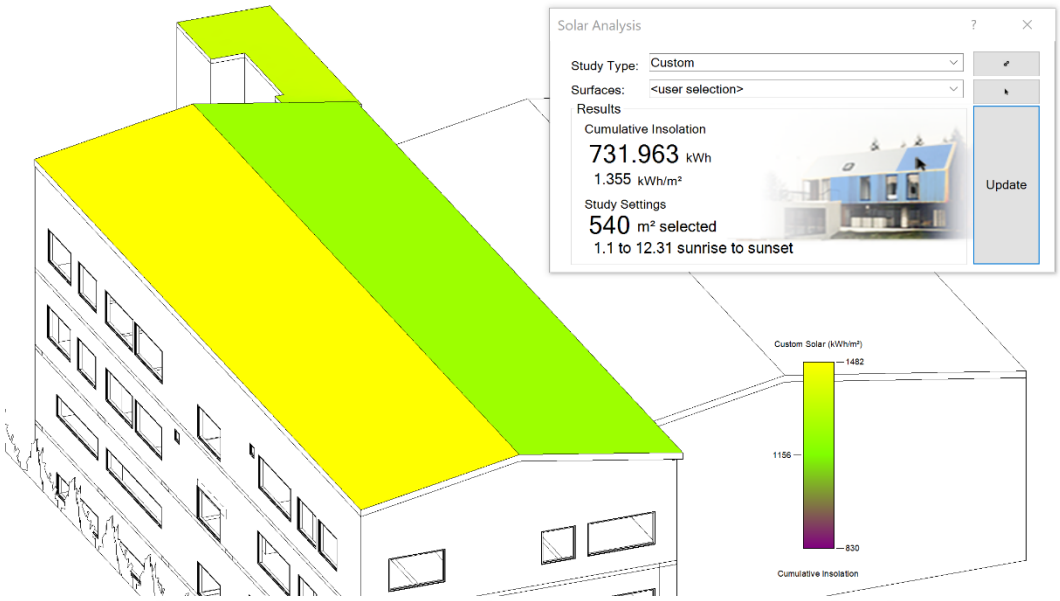
Şekil C.12 Mevcut binanın güneş ışınım analizi– doğu, batı ve güney cepheler



Şekil C.13 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - kuzey cephe sonuçları



Şekil C.14 Mevcut binanın güneş ışınım analizi– cephe sonuçları

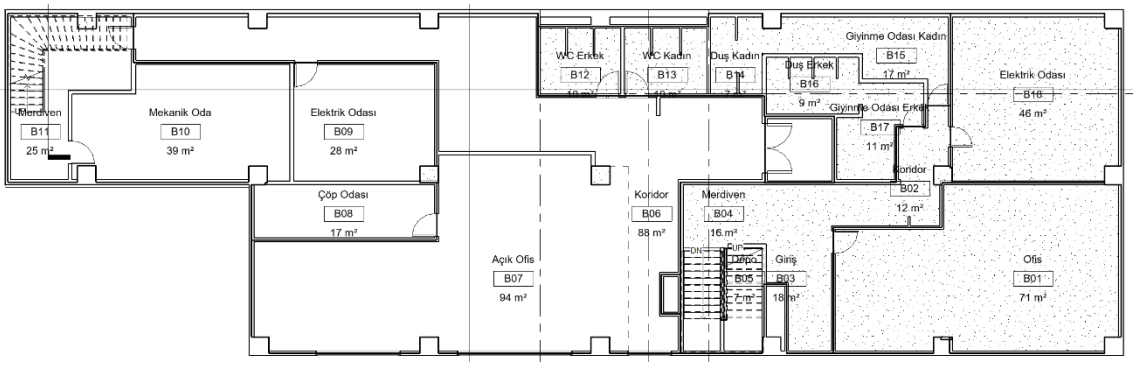


Şekil C.15 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - çatı yüzeyleri ve sonuç

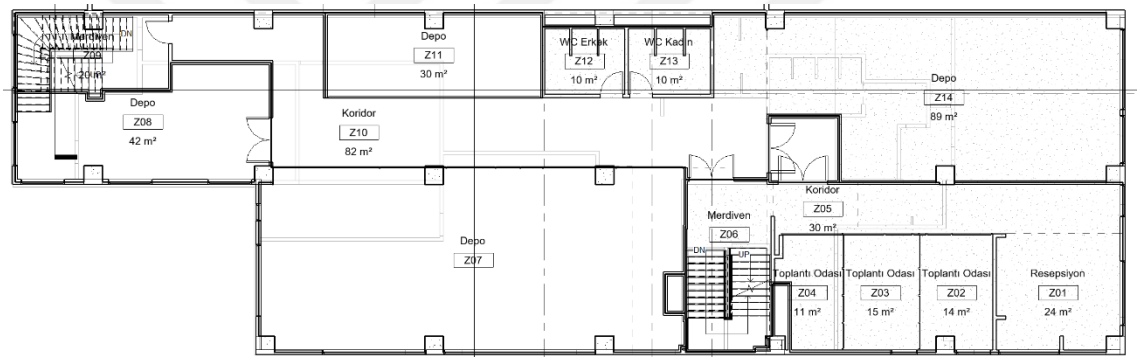


Şekil C.16 Mevcut binanın güneş ışınım analizi - güney cephe son 3 kat

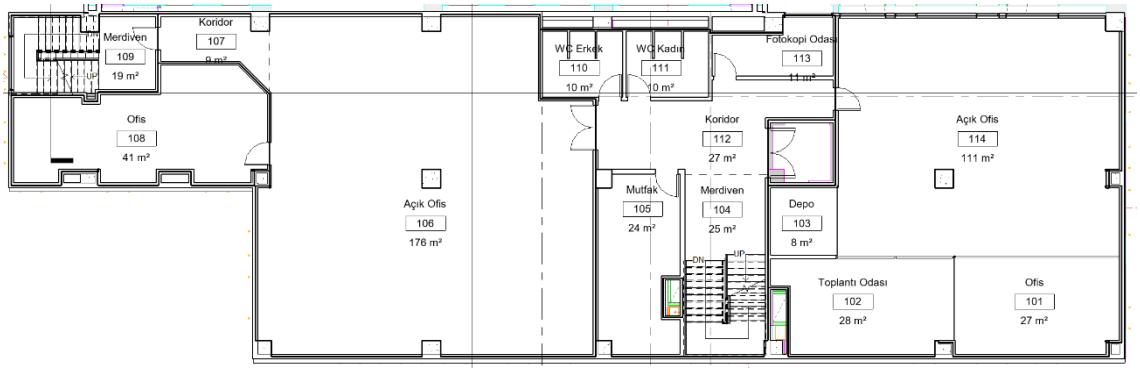
D
İÇ MEKAN DEĞİŞİMİ



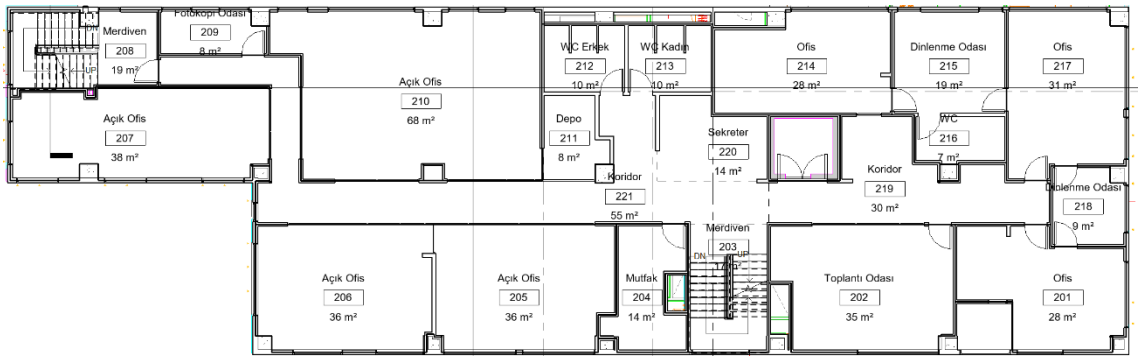
Şekil D.1 İç mekan değişimi sonrası bodrum kat planı



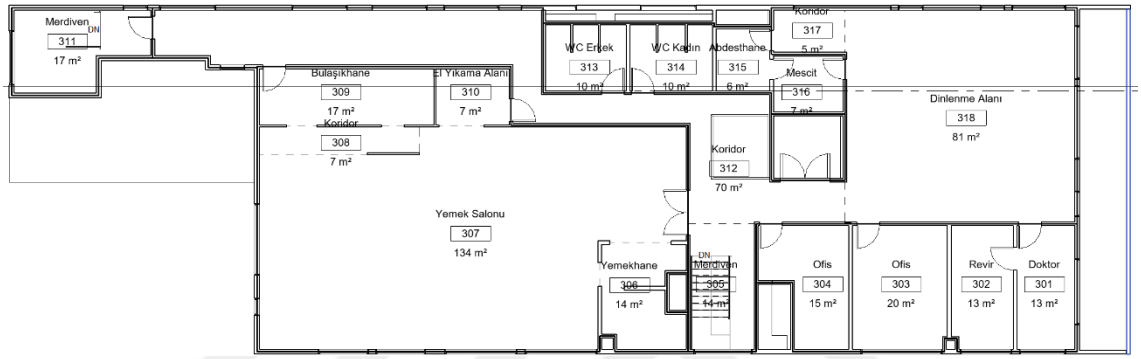
Şekil D.2 İç mekan değişimi sonrası zemin kat planı



Şekil D.3 İç mekan değişimi sonrası 1. kat planı



Şekil D.4 İç mekan değişimi sonrası 2. kat planı



Şekil D.5 İç mekan değişimi sonrası 3. kat planı

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: taygunyuksel@gmail.com

Makaleler

[1] T. Yüksel ve G. Zorer Gedik, "Mevcut Bir Ofis Binasının Yenilenmesinde Pasif ve Aktif Seçeneklerin Değerlendirilmesi," İstanbul: İZODERGİ (ISSN: 2458-8008), 2019.