



**SICAK KURU İKLİMLERDE DÜŞÜK MALİYETLİ VE ENERJİ ETKİN
KONUT TASARIMI: IRAK – KERKÜK İLİ ÖRNEĞİ**

Aya Yelmaz Abdulkhaleq ABDULKHALEQ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Aya Yelmaz Abdulkhaleq ABDULKHALEQ

04/03/2025

SICAK KURU İKLİMLERDE DÜŞÜK MALİYETLİ VE ENERJİ ETKİN KONUT
TASARIMI: IRAK – KERKÜK İLİ ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Aya Yılmaz Abdulkhaleq ABDULKHALEQ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2025

ÖZET

Bu çalışma, Kerkük'te sıcak ve kuru iklim koşullarına uygun, düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı için sürdürülebilir stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Mevcut konut stokunun yetersizliği ve yüksek enerji tüketimi, özellikle düşük gelir grupları için erişilebilir ve verimli konut ihtiyacını artırmaktadır. Artan enerji maliyetleri ve soğutma yükleri, konutların işletme giderlerini yükseltmekte ve kullanıcı konforunu olumsuz etkilemektedir. Autodesk Revit ve Insight yazılımları ile gerçekleştirilen enerji simülasyonları, pasif tasarım stratejileri, yüksek performanslı yalıtım ve enerji verimli HVAC sistemlerinin entegrasyonunu değerlendirmiştir. Sonuçlar, enerji kullanım yoğunluğunda %9,3 azalma, maliyetlerde %85,7 düşüş ve HVAC sistemlerinde %92,7'ye varan enerji tasarrufu sağlamıştır. Çatı yalıtımı ile ısı kayıpları minimize edilmiş, duvar ve pencere sistemlerinde yapılan iyileştirmelerle bina kabuğunun enerji verimliliği artırılmıştır. Bulgular, pasif tasarım ilkeleri, gelişmiş yalıtım sistemleri ve iklim kontrollü tasarım yaklaşımlarının sıcak iklimlerde bina enerji performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu bağlamda, çalışma, düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımına yönelik kapsamlı bir model sunarak sürdürülebilir kentsel gelişime katkı sağlamaktadır.

Bilim Kodu : 80130
Anahtar Kelimeler : Enerji etkin konut tasarımı, Sıcak iklim, Autodesk Revit nsight, Enerji verimliliği, Toplu konut, Kerkük
Sayfa Adedi : 98
Danışman : Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

RECOMMENDATIONS FOR LOW-COST AND ENERGY-EFFICIENT HOUSING
DESIGN IN HOT DRY CLIMATES: A CASE STUDY OF KIRKUK PROVINCE
(M. Sc. Thesis)

Aya Yelmaz Abdulkhaleq ABDULKHALEQ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
March 2025

ABSTRACT

This study aims to develop sustainable strategies for the design of low-cost and energy-efficient housing suitable for the hot and arid climate of Kirkuk. The inadequacy of the existing housing stock and high energy consumption have increased the demand for accessible and efficient housing, particularly for low-income groups. Rising energy costs and cooling loads further elevate operational expenses and negatively impact user comfort. Energy simulations conducted using Autodesk Revit and Insight evaluated the integration of passive design strategies, high-performance insulation, and energy-efficient HVAC systems. The results indicate a 9.3% reduction in energy use intensity (EUI), an 85.7% decrease in energy costs, and up to a 92.7% increase in HVAC efficiency. Roof insulation minimized heat losses, while improvements in wall and window systems enhanced the thermal performance of the building envelope. Findings demonstrate that passive design principles, advanced insulation systems, and climate-responsive design approaches significantly improve building energy performance in hot climates. In this context, the study presents a comprehensive model for low-cost and energy-efficient housing design, contributing to sustainable urban development.

Code	: 80130
Key Words	: Energy-Efficient Housing Design, Hot Climate, Autodesk Revit Insight, Energy Efficiency, Mass Housing, Kirkuk.
Page Number	: 98
Supervisor	: Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sürecinde bilgi ve birikimlerini benimle paylaşarak tezime ve akademik gelişimime değerli katkılar sunan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Hocamın rehberliği, çalışmanın tamamlanmasında ve akademik perspektifimin gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Süreç boyunca hem maddi hem de manevi desteğini her daim yanımda hissettiğim sevgili aileme gönülden minnettarım. Özellikle her zorlukta bana cesaret veren ve bu başarıya ulaşmamda en büyük ilham kaynağım olan annem ve babama derin şükranlarımı sunarım. Aynı zamanda, bana güven ve motivasyon sağlayan sevgili kardeşlerime içtenlikle teşekkür ederim. En derin minnettarlığımı ise, desteğini hiç esirgemeyen değerli amcam Muhammet ABDULKHALEQ'a sunuyorum. Bu akademik yolculukta yanımda bulunarak destekleriyle bana güç katan tüm dostlarıma da en samimi teşekkürlerimi ifade etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE KURAMSAL ÇERÇEVE	7
2.1. Irak'ın Enerji Kaynakları	7
2.1.1. Irak iklimi	7
2.1.2. Irak'ta enerji kaynakları	9
2.1.3. Irak'ta yenilenebilir enerjinin kullanımı	12
2.2. Irak'ın Kerkük İli Mimarisi ve Sürdürülebilirlik	14
2.2.1. Yerleşim ve tasarım	14
2.2.2. Kerkük'ün mimari özellikleri	14
2.2.3. Yapı malzemesi ve yapım teknolojisi	15
2.2.4. Kerkük geleneksel mimari ve sürdürülebilir özellikleri	16
2.3. Sıcak İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Mimari Tasarım	17
2.3.1. Yer seçimi	19
2.3.2. Yapı yönlendirmesi	19
2.3.3. Yapı kabuğu	20
2.3.4. Yerel malzemeler ve geleneksel yapım yöntemleri	21

	Sayfa
2.3.5. Doğal havalandırma	22
2.3.6. İzolasyon ve yalıtım	24
2.3.7. Yenilenebilir enerji entegrasyonu	25
2.3.8. Güneşten korunma	26
2.4. Düşük Gelir Grubu İçin Konut Üretimi	27
2.4.1. Düşük maliyetli konut tasarımı	28
2.4.2. Konut geliştirme programlarında kısıtlamalar	29
2.5. Sıcak İklimlerdeki Düşük Maliyetli Konut Tasarımlarından İyi Uygulama Örnekleri	31
2.5.1. RB9 Townhouses - Özbekistan	32
2.5.2. Gando Öğretmenevi - Burkina Faso	32
2.5.3. Elthora Hara Houses - Sudan	33
2.5.4. Madinat Sharjah - Birleşik Arap Emirlikleri	34
2.5.5. Cheops Observatory – Mısır	35
2.5.6. Farm House - Ürdün	36
2.5.7. ReYard House- Fas	37
2.6. Bölüm Sonu Değerlendirmesi	39
3. MATERYAL VE METOD	45
3.1. Araştırmanın Materyali	45
3.1.1. Prototip konut tasarımı	45
3.1.2. Simülasyon yazılım aracı	46
3.1.3. Kerkük’te düşük maliyetli konut projesi	48
3.2. Araştırma Metodolojisi	49
4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN DÜŞÜK MALİYETLİ KONUT TASARIMI VE SİMÜLASYONU	51

Sayfa

4.1. Düşük Gelir Grubuna Uygun Optimum Konut Tasarımı	51
4.1.1. Kerkük'te düşük maliyetli konut projesi	51
4.1.2. Malzeme ve yapım	54
4.2. Yapı Simülasyonu	55
4.2.1. Simülasyon verilerin tanımlanması	55
4.2.2. Sonuçların değerlendirilmesi	64
5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	85
EKLER	91
EK-1. Kerkük'te düşük maliyetli toplu konut projesinin planı	92
EK-2. Kerkük'te düşük maliyetli konut projesinin vaziyet planı	93
EK-3. Projeye ait fotoğraflar	94
ÖZGEÇMİŞ	98

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sıcak ve kuru iklime dayalı enerji etkin konutların özellikleri	41
Çizelge 2.2. Sıcak ve kuru iklime dayalı enerji etkin konutlar üzerine genel bir değerlendirme	42
Çizelge 4.1. Prototip binanın detayları	52
Çizelge 4.2. Modelin simülasyon parametreleri	57
Çizelge 6.1. Yıllık enerji kullanım	82



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	5
Şekil 2.1. Irak genelindeki yıllık ortalama sıcaklık oranları	8
Şekil 2.2. En kurak ay grafiği	8
Şekil 2.3. Kerkük Şehir planı	15
Şekil 2.4. Beş cephe malzemesinin simülasyon sonuçlarının ortalaması	22
Şekil 2.5. Çapraz havalandırma	23
Şekil 2.6. Baca havalandırması	23
Şekil 2.7. Güneş bacası çalışma prensibi	24
Şekil 2.8. Güney yönüne bakan pencere için gölgelendirme stratejisi	26
Şekil 2.9. RB9 Townhouse konutları	32
Şekil 2.10. Gando Öğretmenler evi	33
Şekil 2.11. Elthora Hara konutları	34
Şekil 2.12. Madinat Sharjah konutları	35
Şekil 2.13. Cheops Observatory konutları	35
Şekil 2.14. Farm House projesi	36
Şekil 2.15. ReYard House projesi	37
Şekil 3.1. Kerkük’te düşük maliyetli konut projesi	49
Şekil 3.2. Araştırma yöntemi	50
Şekil 4.1. Konut projesi	51
Şekil 4.2. Kerkük’te düşük maliyetli konut planı	52
Şekil 4.3. Üç boyutlu model	53
Şekil 4.4. Şematik kesitler	54
Şekil 4.5. Revit’te proje konumunun belirlenmesi	58

Şekil	Sayfa
Şekil 4.6. Kerkük ili hava durumu	59
Şekil 4.7. Revit'te enerji ayarları	60
Şekil 4.8. Revit'te gelişmiş enerji ayarı	61
Şekil 4.9. Malzeme termal özellikleri: kavramsal tipler	62
Şekil 4.10. Malzeme termal özellikleri: analitik tipler	62
Şekil 4.11. Revit ile oluşturulan enerji modeli	63
Şekil 4.12. Insight ile oluşturulan enerji modeli	63
Şekil 4.13. Revit PV analizi	64
Şekil 5.1. Enerji kullanımı analizi	68
Şekil 5.2. Enerji verimliliği ve maliyet etkinliği analizi	69
Şekil 5.3. Gün ışığı yönetimi ve alan kullanım	70
Şekil 5.4. İnfiltrasyon oranı	71
Şekil 5.5. Çatı konstrüksiyonu	71
Şekil 5.6. Duvar konstrüksiyonu	72
Şekil 5.7. HVAC sistemi	73
Şekil 5.8. PV panel verimliliği	74
Şekil 5.9. Pencere duvar oranı	76
Şekil 5.10. Pencere gölgelikleri	76
Şekil 5.11. İşletme süresi	77
Şekil 5.12. İyileştirme öncesi pencere cam analiz grafiği	78
Şekil 5.13. İyileştirme sonrası pencere cam analiz grafiği	79
Şekil 5.14. İyileştirme öncesi ve sonrası aydınlatma performansı	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
°	Derece
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
kWh	KiloWatt Saat
MWh	MegaWatt Saat
m	Metre
m ²	Metrekare
Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternating Current (Alternatif akım)
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning EngineersCOP Coefficient of Performance (Verimlilik katsayısı)
COP	Coefficient of Performance (Verimlilik katsayısı)
EER	Energy Efficiency Ratio (Enerji verimliliği oranı, soğutma sistemleri için yaygın bir ölçüt)
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning (Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji verimliliği ve çevre dostu bina sertifikası)
PV	Photovoltaic (Fotovoltaik, güneş panelleri)

1. GİRİŞ

Kerkük, Irak'ın orta-kuzey bölgesinde yer almakta olup, başkent Bağdat'ın yaklaşık 240 kilometre kuzeyinde konumlanmaktadır. Tarihi ve kültürel açıdan önemli bir şehir olan Kerkük, farklı etnik grupların bir arada yaşadığı bir yapıya sahiptir. Coğrafi konumu nedeniyle sıcak ve kuru bir iklimle sahip olan şehirde, düşük maliyetli ve enerji etkin konut inşasında etkili olan tasarım kararları bu çalışmada ele alınmaktadır.

Irak Çevre Planlama ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2021 yılı verilerine göre, Kerkük'ün nüfusu 1.726.409 kişiye ulaşmış olup, bu rakam Irak'ın toplam nüfusunun yaklaşık %4,19'unu oluşturmaktadır. 2009 yılında ise Kerkük'ün nüfusu 1.325.853 kişi olarak kaydedilmiş ve bu oran %4,2 olarak hesaplanmıştır. 2019 yılına gelindiğinde ise nüfus 1.639.953 kişiye yükselmiştir (URL 1).

Nüfus artışının başlıca nedenlerinden biri, iç göç hareketleridir. Kerkük il merkezine yönelik göç artarken, dış göç oldukça sınırlıdır. Bu göç dalgasının olumsuz sonuçlarından biri, plansız kentleşme ve şehrin tarım arazileri yönünde genişlemesidir. Kentin eski yerleşim bölgelerinde, kentsel bozulma ve yapılaşma sorunları gözlemlenmektedir. Nüfus artışı ve kentsel gelişim arasındaki dengesizlik, eski bölgelerde yüksek nüfus yoğunluğuna ve planlama eksikliklerine yol açmaktadır. Bu durum, kentsel altyapı, ekonomi ve sosyal yapıyla ilgili birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kerkük'te 2017 yılında yapılan saha araştırmalarına göre, konut birimlerindeki ortalama doluluk yoğunluğu 1,4 olarak belirlenmişti (Safar, 2020).

Şehirde konut talebi, mevcut konut arzını karşılamaktan uzaktır. Özellikle eski yerleşim bölgelerinde konut sıkıntısı yaşanmaktadır. 2009 yılında yapılan bir araştırmaya göre, konut yoğunluğu 4.884 konut/km² ve 234 kişi/hektar olarak tespit edilmiştir. Bu yüksek yoğunluk, konut alanları arasında büyük farklılıkların bulunduğunu göstermektedir. Kerkük'te konut sorunlarının çözümüne yönelik Planlama Bakanlığı tarafından çalışmalar yürütülmekte olsa da, mevcut durumda konut arzı talebi karşılayamamaktadır (Safar, 2020).

Kerkük İnsan Hakları Komisyonu'nun 7 Eylül 2021 tarihli raporuna göre, il genelinde yoksulluk oranı %30'a ulaşmış, bu oranın yarısı yoksulluk sınırının altında bulunmaktadır.

Yoksulluğun başlıca sebebi, iş olanaklarının yetersizliğidir. Ayrıca, şehirde kaçak yapılaşma oranının %10'un üzerinde olduğu ve bu durumun belirli bölgelerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Yoksulluğun artışıyla birlikte kaçak yapılaşmanın da Irak genelinde yaygınlaştığı vurgulanmıştır (Atia, 2014).

Kerkük'teki yüksek yoksulluk oranı, düşük gelirli bireylerin uygun fiyatlı konutlara erişimini zorlaştırmaktadır. Bu durum, güvenli ve kaliteli konutlara erişimi kısıtlamakta, dolayısıyla yaşam standartlarını olumsuz etkilemektedir. Artan enerji maliyetleri, enerji etkin konutlara olan talebi artırmaktadır. Bu çerçevede, düşük maliyetli ve enerji etkin konut projelerinin geliştirilmesi, hem yaşam koşullarını iyileştirmek hem de enerji maliyetlerini düşürmek açısından önem arz etmektedir.

Bu hedefe ulaşabilmek için kamu politikaları ile özel sektör yatırımlarını kapsayan kapsamlı bir strateji gerekmektedir. Böyle bir strateji, düşük gelirli bireylerin konut ihtiyacını karşılamamanın yanı sıra, sürdürülebilir ve enerji etkin konut stokunun oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Enerji etkin konutlar, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine hizmet ederken, aynı zamanda hane halkının enerji maliyetlerini azaltarak ekonomik rahatlama sağlamaktadır. Bu tür yapılar, çevresel etkileri en aza indirirken, daha sağlıklı ve konforlu yaşam alanları sunmaktadır.

Araştırmanın amacı

Kerkük, tarihsel, kültürel ve siyasi değere sahip bir il olup, yapılaşma süreci, çeşitli sosyal, ekonomik ve siyasi faktörlerin karmaşık etkileşimi altında gerçekleşmektedir. Yerel yönetimlerin imar planları ve altyapı yatırımları, Kerkük'teki yapılaşma sürecini şekillendirmekte ve düşük maliyetli, enerji etkin konutların oluşturulması, altyapı iyileştirmeleri ve şehir büyümesinin düzenlenmesi gibi hedefleri içermektedir (Safar, 2020; Atia, 2014).

Düşük maliyetli ve enerji etkin konutlar, Kerkük ilindeki yerel nüfusun sürdürülebilir ve ekonomik olarak ulaşılabilir konutlara erişimini geliştirmeyi amaçlar. Bu tür konutların inşası, il içindeki konut talebini karşılayarak yaşam kalitesini artırır. Ek olarak, enerji etkin konutların benimsenmesi, enerji tasarrufunu teşvik etmek ve çevresel kaynakları korumak gibi çevresel hedeflere katkıda bulunmaktadır. Bu şekilde, Kerkük ilindeki konut ihtiyacı

karşılanabilir, enerji verimliliği sağlanabilir ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri desteklenebilir.

Bu tez, sıcak ve kuru iklim koşullarında enerji etkin konut tasarımının önemini vurgulayarak, Kerkük'te düşük maliyetli ve sürdürülebilir konut çözümleri geliştirmeyi ve Autodesk Revit Insight ile enerji verimliliğini analiz edip iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Araştırma sorusu ve hipotezi

Bu çalışma, Kerkük'ün sıcak ve kuru iklim koşullarına uygun, yerel halkın ihtiyaçlarını karşılayabilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımının mümkün olup olmadığını araştırmaktadır. Araştırma, Kerkük'te düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı gerçekleştirilebileceği sorusuna odaklanmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma aşağıdaki alt sorulara yanıt aramaktadır: Kerkük'ün iklim koşulları, konut tasarımında hangi pasif tasarım stratejilerinin uygulanmasını gerektirmektedir? Geleneksel ve modern yapı malzemeleri, enerji verimliliği ve termal konfor açısından nasıl karşılaştırılabilir? Autodesk Revit Insight kullanılarak yapılan enerji simülasyonları, mevcut konut tasarımlarının enerji performansı açısından hangi iyileştirmelere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır? Düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımları, kullanıcı konforu ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından nasıl bir katkı sunmaktadır? Kerkük'te düşük gelir grupları için enerji etkin konut çözümlerinin uygulanabilirliği hangi sosyal, ekonomik ve teknik faktörlere bağlıdır? Bu sorular ışığında, çalışmanın hipotezi, geleneksel bilgi ve yapı pratiklerinin değerlendirilmesiyle düşük gelir gruplarının ihtiyaçlarına uygun, iklimsel konfora sahip ve enerji etkin konutların tasarlanabileceğidir. Bu bağlamda, pasif tasarım stratejileri, malzeme seçimi ve enerji simülasyonları kullanılarak bölgeye özgü sürdürülebilir konut çözümlerinin geliştirilebileceği öngörülmektedir.

Çalışmanın yöntemi

Kerkük ilinde düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı için temel adımlar, iklimsel koşulların analizi ve mevcut literatürün incelenmesidir. Mevcut literatürün incelenmesi daha önceki araştırmaların, stratejilerin ve en iyi uygulamaların gözden geçirilerek enerji etkin ve düşük maliyetli konut tasarımı için önerilerin belirlenmesini sağlar. Tezin ilerleyen aşamalarında Kerkük ilinde düşük gelir grupları için enerji etkin konut tasarımı önerileri

sunmak hedeflenmiştir. Bu öneriler, havalandırma, soğutma, yalıtım ve malzeme seçimi gibi alanlarda tasarım seçeneklerini değerlendirmek amacıyla kullanılır. Bu süreç, enerji verimliliğini artırmayı, sürdürülebilirliği sağlamayı ve konut sakinlerinin yaşam kalitesini iyileştirmeyi hedefler.

Bölgedeki düşük gelir gruplarının yaşam kalitesini iyileştirmek, iç mekân konforunu ve enerji verimliliğini artırmak, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla tasarım seçenekleri değerlendirilecektir. Irak'ın Kerkük ilinde, 2021 yılında Planlama Bakanlığı tarafından başlatılan düşük maliyetli toplu konut projesi, 2024 yılında hak sahiplerine teslim edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, gerçekleştirilen bu konut projesini Autodesk Revit yazılımı kullanarak simüle ederek, projenin enerji etkinliğini ve düşük gelirli aileler için uygunluğunu analiz etmektir. İlk olarak, mevcut konut tasarımının enerji performansı simüle edilerek değerlendirilmiş; ardından, enerji verimliliğini artırmaya yönelik iyileştirmeler yapılmış ve bu değişiklikler Insight yazılımı ile yeniden analiz edilmiştir. İki aşamanın sonuçları, Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI, kWh/m²/yıl) ve enerji maliyeti (USD/m²/yıl) parametreleri üzerinden karşılaştırılarak, projenin enerji performansındaki gelişim değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, Kerkük'teki sıcak iklim koşullarına uygun düşük gelirli konut projelerinde enerji verimliliğini artırmak amacıyla yapılan iyileştirmelerin etkilerini ortaya koymuştur. Simülasyonlar sonucunda, yapılan değişikliklerle yıllık enerji kullanımında %9,3 oranında azalma ve enerji maliyetlerinde %85,7'ye varan düşüş sağlanmıştır. Özellikle HVAC sistemindeki iyileştirmelerle enerji tasarrufu %92,7 oranında artarken, çatı yapımı ve yalıtımıyla enerji kayıpları minimize edilmiştir. Ayrıca, PV panellerin verimliliği %700 oranında artırılarak yenilenebilir enerji kaynaklarının bina enerji performansına etkisi gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde, pasif tasarım stratejileri, yüksek performanslı yalıtım sistemleri ve yenilenebilir enerji çözümlerinin entegrasyonunun kritik önem taşıdığını göstermektedir.

Bölüm	Araştırma soruları / içeriği	Yöntem
Giriş	Problemin tanımlanması, araştırma sorusu, amacı, yöntemi	Literatür taraması
Arka Plan ve Kavramsal Çerçeve	Kerkük'teki konut sıkıntısını çözmek için, enerji verimliliği sağlayan düşük maliyetli tasarım çözümleri geliştirilmesi amaçlanmaktadır.	Literatür taraması ve örnek incelemeleri
Örnekleme Çalışması	Revit yazılımı kullanılarak dijital modelleme gerçekleştirilmiştir. Yapı bileşenlerinin ve malzemelerin doğru belirlenmesi amacıyla, mevcut yapım sürecinde kullanılan malzemeler birebir Revit ortamında modellenmiş ve gerçekçi bir şekilde yansıtılmıştır. Ardından, çeşitli iyileştirmeler yapılmış ve bu değişikliklerin etkisini değerlendirmek amacıyla yeniden simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.	Autodesk Revit ve Insight 360 simülasyon programı ile enerji performansı analizi
Bulguların Değerlendirmesi	İlk olarak mevcut tasarımın enerji tüketimi ve termal performansı analiz edildi. Ardından yapılan iyileştirmelerin etkisi değerlendirildi.	Performans simülasyonu sonucunda elde edilen verilerin analizi
Sonuç ve Öneriler	Sonuçların değerlendirilmesi ve sonraki çalışmalar için öneriler sunuldu.	Analiz sonuçlarının sunulması

Şekil 1.1. Tez akış şeması



2. LİTERATÜR TARAMASI VE KURAMSAL ÇERÇEVE

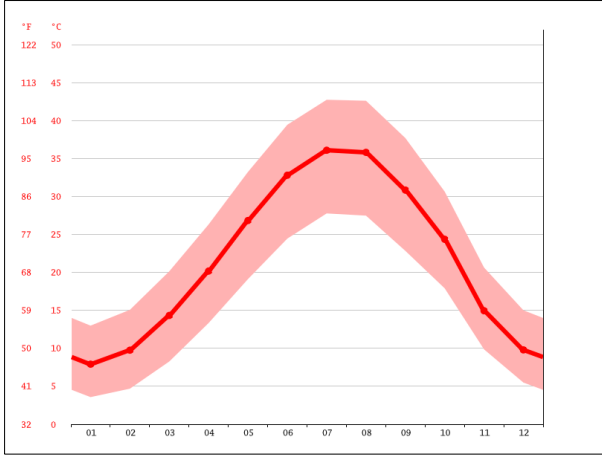
Bu bölümde çalışmanın kuramsal çerçevesini oluşturan tanımlar ve kavramlar üzerine bir yazın taraması sunulmuştur. Bölgenin iklimi, ekonomisi, enerji kaynakları ve mimarisi gibi faktörler üzerine odaklanarak enerji etkin mimari tasarım ilkeleri ve düşük maliyetli konut tasarımı ilkelerini araştırmaktadır. Ayrıca sıcak iklim bölgeleri için enerji etkin mimari tasarım ilkeleri ile düşük maliyetli konut tasarımı ilkelerini tanımlayan terminolojik bir çalışma yapılmıştır.

2.1. Irak'ın Enerji Kaynakları

Bu bölümde, Irak'ın iklimi ve enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. Irak, Orta Doğu'da yer alan bir ülke olup sıcak ve kuru bir çöl iklimine sahiptir. Bu iklim özellikleri, enerji kaynaklarının kullanımını etkileyen faktörlerden biridir. Irak, zengin petrol rezervlerine sahip olup enerji ihtiyacının büyük bir kısmını petrol kaynaklarından karşılamaktadır. Ancak, son yıllarda Irak'ta yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da artmaktadır. Bu başlıklar, Irak'ın iklim koşullarının enerji üretimine etkisini ve ülkenin yenilenebilir enerjiye yönelik adımlarını vurgulamak amacıyla seçilmiştir.

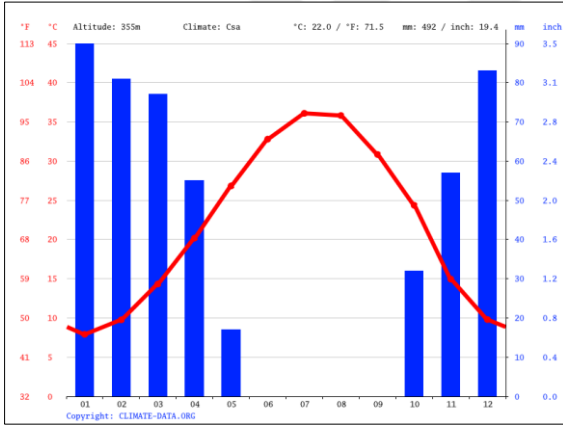
2.1.1. Irak iklimi

Irak, güneş kuşağına yakın bir konumda bulunur ve her metrekareye ortalama 6.5-7 kilowatt-saat güneş enerjisi alır. Güneş ışığı yoğunluğu yılda 2800 ila 3300 saat arasında değişir. Bu nedenle Irak, şu anda güneş enerjisini kullanmak için gereken kriterlere sahiptir. Haziran ayında ortalama 11,4 saatlik güneş ışığı süresi, Ocak ayında ortalama günlük 6,3 saat daha azdır. En yüksek sıcaklıklar Ocak ayında 16°C'den Temmuz ayında 44.4°C'ye kadar değişmektedir. En düşük sıcaklıklar Ocak ayında 4.4°C ile Temmuz ayında 25.4°C arasında değişmektedir. Bu ülke, Aralık ve Ocak aylarında 2,5 m/s'den Temmuz ayında 4.1 m/s'ye kadar değişen ve ortalama rüzgar hızlarının altında rüzgar hızları yaşar. En düşük bağıl nem okuması Ekim ayında %25,5 iken, en yüksek Ocak ayında %73,8'dir (Al-Maliki, Al-Mamoori, Al-Ansari, El-Tawel, & Comair, 2022) Şekil 2.1'de, Irak genelindeki yıllık ortalama sıcaklık oranları gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Irak genelindeki yıllık ortalama sıcaklık oranları (URL 2)

Temmuz ortalama 36,1 °C ile en sıcak aydır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 7,9 °C'dir. Bu, tüm yılın en düşük ortalama sıcaklığıdır (URL 2) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. En kurak ay grafiği (URL 2)

Haziran ayı içinde 0 mm yağış görülürken, ortalama 90 mm yağış miktarıyla en fazla yağış Ocak ayında görülmektedir (URL 2). Yağış miktarı 90 mm kadar değişirken en kurak ay ile en yağışlı ay arasındaki miktar 101,6 mm'dir. Ortalama sıcaklık yıl içinde 28,2 °C değişiklik gösterir. (URL 2) Bağıl nemin en yüksek olduğu ay Ocak (%66,86) ve en düşük olduğu Temmuz (%14,82) aylarıdır. Yağışlı gün sayısının en fazla olduğu ay Ocak (10 gün) en az olduğu ay ise Temmuz (0 gün) olarak tespit edilmiştir. (Şekil 2.2) Bu iklimsel koşullar, tarım ve su kaynakları üzerinde önemli etkilere sahiptir. Kuraklık ve su kaynaklarının azlığı, tarım ve su temini açısından zorluklara neden olmaktadır. Ayrıca, sıcak ve kuru iklim koşulları, enerji tüketimi, bina tasarımı ve konfor gibi alanlarda da doğrudan etkilidir (URL 2).

2.1.2. Irak'ta enerji kaynakları

Nüfustaki artış, elektrik talebinin artmasında önemli bir rol oynamaktadır. Haziran 2011 itibariyle 33,3 milyon olan Irak nüfusunun 2030 yılında 55,85 milyona ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki 20 yıl içinde nüfusun ülkenin enerji kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturacağı açıktır. 1 milyondan fazla konutun yetersiz kalmaya devam etmesi nedeniyle önümüzdeki yıllarda daha fazla konuta ihtiyaç duyulacağından, başta başkent Bağdat olmak üzere kentsel alanların elektrifikasyonu artmaya devam edecektir (Ministry of Planning, National Development Plan for the Years 2010–2014). Öngörülen konut stoku sayısı, mevcut ortalama nüfusun konut stokuna oranıyla 2030 yılına kadar 8,4 milyon birime ulaşacaktır. 2012'de %79 olan hanelerin %97'sinin 2030 yılına kadar elektrik şebekesine bağlanması beklenmektedir. Dolayısıyla, bağlı hane sayısının 3,94 milyondan 2030 yılında iki katına çıkarak 8,40 milyona ulaşması beklenmektedir. Sonuç olarak, her ne kadar enerji verimliliği ve talep yönetimi potansiyeli kabul edilse de demografik ve ekonomik faktörlerin Irak'taki toplam elektrik tüketimini artırması muhtemeldir (Al-Hamadani, 2020)

Irak'ta rüzgar enerjisinin potansiyeline yönelik yapılan çalışmalar sınırlıdır. Irak, üç farklı rüzgar bölgesine ayrılabilir. Ülkenin %8'ini kapsayan üçüncü bölgede, yaklaşık 5.0 m/s olan nispeten yüksek rüzgar hızları ve 378 W/m² enerji yoğunluğu bulunmaktadır (Al-Kayiem ve Mohammad, 2019). Diğer iki bölgede rüzgar hızı 2.0 m/s ile 4.9 m/s arasında değişmekte olup, enerji yoğunluğu 174-337 W/m² arasında değişmektedir. Irak'ın ilk rüzgar türbini 2010 yılında Bağdat'ta (El-Ce diriye bölgesinde) 20 kW üretim kapasitesiyle inşa edilmiştir. Daha sonra Bilim ve Teknoloji Bakanlığı, ülkenin farklı bölgelerine birkaç rüzgar türbini kurmuştur. Bununla birlikte, zayıf ve değişken rüzgar aktivitesi ile rüzgar türbinlerinin ulusal elektrik ağına bağlanması zorluğu, rüzgar sektörünün teknik ve ekonomik açıdan gelişmesini engellenmiştir engellemiştir (Ersoy, 2020).

Rüzgar enerjisi, Irak'taki rüzgar kaynakları güneş enerjisi kaynakları kadar zengin olmasa da, düşük hızlı rüzgar türbinleri ve dijital rüzgar çiftliği tasarımları gibi yeni teknolojik geliştirilmektedir, gelişim için uygun alanları artırıyor. Rüzgar enerjisinin mevcut olduğu en önemli bölgeler, ülkenin merkezi ve güneyindeki sediment platosudur, burada ortalama rüzgar hızı sekiz metrenin üzerindedir. Bu bölgeler arasında Wasit ili de bulunmaktadır,

özellikle Shihabi bölgesi, Sheikh Saad ve Al-Hay bölgesi ile Dhi-Qar ilinde bulunan Ali Al-Gharbe bölgesi gibi bölgeler sayılabilir (Hadi, 2023).

Güneş enerjisi, yüksek güneş radyasyon seviyeleri nedeniyle Irak'ta enerji üretimi için büyük potansiyele sahiptir, ancak şu anda yeterince kullanılmamaktadır. Irak geneli gün boyu uzun saatler güneş ışığına maruz kalmaktadır. Batı Irak'taki çöl, küresel ortalamaya kıyasla elektrik enerjisi üretimi için en yüksek güneş ışınımına sahiptir. Son on yılda enerji sorunu çok yönlü bir soruna dönüşmüştür. Irak, bol miktarda fosil yakıt kaynağına sahip olmasına rağmen, enerji sıkıntısı 1991'deki ülkenin büyük ölçekte yıkılmasından sonra başlamıştır. Fosil yakıt kaynakları sınırlıdır ve gelecek yüz yıl içinde tükenmesi beklenmektedir. En iyi fosil yakıt tedarikçisi olmasına rağmen Irak güneş enerjisinin kullanımına şimdiye kadar gereken önem verilmemiştir. Güneş enerjisi, aynı zamanda çeşitli fosil yakıt ve biyoyakıt kaynaklarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarını azaltmaya yardımcı olacak tek kesintisiz kaynaktır, bu nedenle sağlayacağı güneş enerjisi, küresel ısınmanın etkilerini hafifletmeye yardımcı olur (Al-Kayiem & Mohammad, 2019).

Irak'ın toplam tahmini petrol rezervleri 2019 itibarıyla yaklaşık 147 milyar varil olarak tahmin edilmektedir. Bu, Irak'ı dünya genelinde en büyük petrol rezervlerine sahip ülkelerden biri yapmaktadır. Irak'ta petrol üretme girişimleri 19. yüzyılda Alman, İngiliz, Fransız ve Alman şirketlerinin dahil olmasıyla başladı. Irak Kerkük şehrinde, 1927'de ülkedeki ilk petrol keşfi gerçekleşmiştir (Bamber, Saleh & Panditharathna, 2023).

Irak'ta çeşitli hammadde kaynakları bulunmakta ve bu kaynaklar ülkenin farklı coğrafi bölgelerine dağılmış durumdadır. Bu hammadde kaynaklarının çoğu daha önce kullanılmamıştır. Irak'ın ekonomisi için petrol önemli bir hammadde kaynağıdır. Ülkedeki onaylanmış petrol rezervleri yaklaşık olarak 115 milyar varil olup, keşfedilmemiş petrol rezervleri ise nispeten sabittir. Bu nedenle, Irak, Suudi Arabistan Krallığı'ndan sonra dünyanın ikinci büyük petrol rezervine sahip bir ülkedir. Irak'ın petrol rezervlerinin 300 milyar varile ulaşabileceğini göstermektedir. 2010 yılında Orta Doğu'da (Irak hariç) enerji talebinin %50'nin altına düştüğü görülmüştür. Irak, gaz üretimini artırmayı planlamış olsa da, enerji talebinin %80'i hala petrol kaynaklıdır (Al-Kayiem & Mohammad, 2019).

Alman Havacılık ve Uzay Merkezi'nin raporuna göre, "Irak'ın çölleri yıllık 2310 kWh/m²'ye kadar ortalama 270W/m² ila 290W/m²'lik bir enerji yoğunluğu üretmiştir" (Feltrin &

Freundlich, 2008). Yaklaşık olarak Irak'ın yüzeyinin %31'inin çölden oluştuğunu ve bu geniş çöl alanları, uzun günlük saatlerle birlikte hem güneş teknolojisine yatırım yapma fırsatlarını hem de fotovoltaiik (PV) hücrelerin temizlenmesi sürecine ek maliyeti düşündürmektedir. Potansiyel olarak, Irak'ta güneş teknolojisi büyük olabilir, ancak şu anda neredeyse hiç kullanılmamaktadır (Al-Yozbaky & Khalel, 2022) .

Irak, zengin doğal gaz rezervlerine sahip bir ülkedir. Doğal gaz, Irak'ın enerji sektöründe önemli bir rol oynamaktadır. Irak, dünyanın en büyük doğal gaz rezervlerine sahiptir. Başlıca doğal gaz üretim bölgeleri Basra Körfezi'nde bulunmaktadır. Irak'ın doğal gaz üretimi, petrol üretimi ile gerçekleşmektedir. Irak, BP'nin 2021 İstatistiksel Enerji İncelemesi'ne göre, 2020 yılında yaklaşık 29 milyar metreküp doğal gaz üretimi gerçekleştirmiştir. Bu, dünya genelindeki doğal gaz üretiminin yaklaşık %2'sine denk gelmektedir. Irak, doğal gazı ihraç etme potansiyeline sahiptir. (BP Statistical Review of World Energy 2021- Natural Gas) Ancak, ülkenin iç tüketim ihtiyaçları ve altyapı eksiklikleri nedeniyle doğal gaz ihracatı henüz istenilen düzeyde değildir. Irak, doğal gaz ihracatı konusunda komşu ülkelerle anlaşmalar yaparak ihracat potansiyelini artırmayı hedeflemektedir (Cirera & Cusolito, 2019).

Irak'ta üretilen doğalgazın yaklaşık %70'i kullanılmak yerine yakılmaktadır. Bu doğalgaz, kullanıldığı takdirde 17 milyon Irak ailesine elektrik sağlamak için yeterlidir. Bu konuda çeşitli çabalar bulunmaktadır ve yılda yaklaşık 10 milyar metreküp doğalgaz işleme çalışmaları yapılmaktadır, ancak bu çaba hızlandırmak faydalı olacaktır, çünkü Irak'ın elektrik üretimindeki doğalgaz ihtiyacı göz önüne alındığında yılda 50 milyar metreküp üretmek mümkündür (Hadi, 2023).

Irak, Orta Doğu'da önemli bir ham petrol üretici ve ihracatçısıdır. 2020 Yılı için BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'na göre (BP, 2020), 2020 yılının sonunda Irak'ın kanıtlanmış çıkarılabilir petrol rezervleri 145 milyar varil olarak kaydedilmiş ve dünya rezervlerinin %8.4'ünü oluşturarak dünya sıralamasında beşinci, Orta Doğu'da ise ikinci sırada yer almıştır. Irak, büyük petrol rezervlerine sahip bir ülke olmasına rağmen, Körfez Savaşı sonrasında ekonomisi büyük ölçüde çökmüş ve savaşla tahrip edilen petrol endüstrisinin yeniden inşasını desteklemek için yeterli fon veya teknolojiye sahip değildi. Irak federal hükümeti, yurtdışı yatırımcılarla petrol ve gaz geliştirme konusunda işbirliği fırsatları arıyordu. Ancak uluslararası yaptırımların ve ABD-Irak savaşının olumsuz etkileri

nedeniyle önemli bir ilerleme kaydedilemedi. 2008 yılında federal hükümet, yurtdışından petrol ve gaz şirketlerini çekmek için büyük çaplı bir teklif alma turunu düzenlemiş ve şimdiye kadar beş tur kamuya açık teklif düzenlenmiştir (Sun, 2020).

Irak'ın enerji kaynaklarına olan bağımlılığı ve sürdürülebilir enerji talebinin artışı, ülkenin yenilenebilir enerji sektörüne yönelmesini teşvik etmektedir. Bu kapsamda, Irak'ın enerji portföyünü çeşitlendirmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi hem enerji güvenliğini artırabilir hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilir.

2.1.3. Irak'ta yenilenebilir enerjinin kullanımı

Yenilenebilir enerji, insan hayatında önemli bir rol oynayan ve sürdürülebilirlik ile karakterize edilen bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların çevre sorunlarına neden olmasının aksine, yenilenebilir enerji temiz ve çevre dostudur. Irak, güneş enerjisi ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kullanımı, sınırsız ve temiz bir enerji kaynağı olması nedeniyle Irak için önemlidir. 2010 yılından itibaren Irak'ta yenilenebilir enerjiye yönelik destekler ve teşvikler sağlanmıştır, ancak yenilenebilir enerji politikaları henüz tam olarak belirlenmemiştir. Maliye bütçesinde yeterli finansman eksikliği, bu durumun nedenlerinden biridir. Irak'ta yaz aylarında doğu güney ve güneydoğuda iki tür rüzgar bulunur ve rüzgar hızı saatte 80 kilometre (50 mil) olarak ölçülmüştür. Ayrıca, Dicle ve Fırat gibi su kaynaklarına sahiptir. 2010 yılında Elektrik Bakanlığı, Bakanlık bünyesinde Yenilenebilir Enerji ve Çevre Birimi'ni kurmuştur. 2017 yılında Elektrik Bakanlığı Yasası'nda "Farklı Alanlarda Yenilenebilir Enerjinin Kullanımını Destekleme ve Teşvik Etmek" başlığı altında yenilenebilir enerjiye yönelik destekler ve teşvikler sağlanmıştır (Abdulkhudhur & Khuzam, 2022).

Irak günümüzde fosil yakıtlara bağımlıdır, ancak bu enerji kaynağının bir gün tükenecektir. geniş alanlar rüzgar türbin alanları olarak düşünülebilecek kadar uygundur, dağlarla çevrili iki uzun nehir hidroelektrik için mükemmel bir potansiyele sahiptir ve biyoenerji olarak kullanılmak üzere uygun orman alanlarına sahiptir. Elektrik talebi arttıkça, Irak Cumhuriyeti'nin yaklaşık 222 GW'lık bir kapasiteye sahip yenilenebilir enerjiden elektrik üretmesi beklenmektedir (Naji, Enawi & Mahmood, 2023).

2030'a kadar olan yenilenebilir enerji stratejisi (kısa ve orta vadeli plan): Kısa ve orta vadeli plan bazı önemli maddeleri;

- 2030 yılına kadar toplam elektrik enerjisinin %5'i, yaklaşık 2 GW, yenilenebilir enerjiden sağlanması planlanmaktadır,
- Irak, çevresel koşullara uygun alanlarda yüksek kapasiteli güneş enerjisi santralleri kurmayı planlamakta ve bu konuda uluslararası iş birliklerini değerlendirmektedir,
- Elektrik Bakanlığı, güneş ve rüzgar enerjisiyle çalışan elektrik üretim istasyonlarının kurulumunu teşvik etmektedir,
- Ev, ticari ve endüstriyel düzeyde küçük ölçekli güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve ulusal ağa bağlanması hedeflenmektedir,
- Tarım sektöründe güneş enerjisi kullanımı, su pompalamak ve damlama sulama sistemlerini desteklemek için planlanmaktadır,
- Fotovoltaik güneş enerjisiyle çalışan su ısıtıcıları, ısıtma sistemleri ve aydınlatma sistemleri kullanımı teşvik edilmektedir
- Çevre odaklı çalışmalar, biyogaz üretimi ve çevresel kirlilikle mücadeleyi içermektedir
- Yenilenebilir enerji stratejisi 2050'ye kadar olan uzun vadeli plan:
- Yenilenebilir enerji sistemlerinin üretimi ve montajında kullanılan ham maddelerin ve diğer gereksinimlerin üretim ve montajıyla ilgili fabrikalar ve laboratuvarlar kurma hedefi,
- Yenilenebilir enerji teknolojisi alanında özel enstitüler kurma,
- Güneş enerjisi, rüzgar ve biyokütle alanında yüksek kapasiteli tesisler kurma,
- Uzun vadede yenilenebilir enerjilere bir miktar bütçe ayırma (Allw, 2021).

Irak'ın yenilenebilir enerji kullanımı, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda önem kazanmaktadır. Bu bağlamda mimariye de yenilenebilir enerjiye odaklanan çevre dostu tasarımları içerebilir. Bu çalışma kapsamında, Irak Kerkük ili üzerinden, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı çözümleri benimseyerek enerji verimliliği sağlayan yapılar ve güneş panelleri gibi uygulamalarla entegre olabilir. Böylece, Kerkük'te yenilenebilir enerji kullanımıyla uyumlu bir mimariye sahip olunabilir.

2.2. Irak'ın Kerkük İli Mimarisi ve Sürdürülebilirlik

2.2.1. Yerleşim ve tasarım

Kerkük Şehri hem geleneksel hem de modern unsurları birleştiren benzersiz bir kentsel kimliğe sahiptir. Kale gibi miras cazibe merkezlerinin varlığı, şehir merkezinin morfolojik konfigürasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Öte yandan kalkınma, artan nüfus baskısı ve daha fazla alana duyulan ihtiyaç gibi modern faktörler, şehrin güney ve batı bölgelerinde modern mimari form ve sistemlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Şehrin eski kesiminde, birbirine yakın bulunan konut birimleri ve eski ve modern binaların bir karışımı ile geleneksel kentsel sahne hala belirgindir. Kerkük'ün ana caddelerindeki bazı binalar dikey bir model aldı ve hem konut hem de ticaret amaçlı kullanılmaktadır (Haseeb, 2020).

Kerkük şehrinin kentsel kimliği, şehir merkezini şekillendiren tarihi faktörler ve dış mahalleleri etkileyen modern faktörlerin geleneksel ve modern unsurların birleşimidir. Miras cazibe merkezlerinin varlığı ve daha fazla alan ve hizmete duyulan ihtiyaç, şehrin farklı bölgelerinde farklı mimari form ve sistemlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Kerkük, tarih boyunca çeşitli egemenlikler altında kalmış ve özellikle Türk nüfusunun yerleştiği bir bölge olmuştur. Kerkük'ün mimari özellikleri ise kalenin merkezli bir şehir oluşturduğunu ve zamanla yerleşimlerin surlardan ovaya doğru yayıldığını göstermektedir. Kent, farklı tarihsel bölgelere ayrılan ve farklı mimari özelliklere sahip üç bölgeden oluşmaktadır.

2.2.2. Kerkük'ün mimari özellikleri

Kerkük'ün kentsel dokusunu incelediğimizde, Şekil 2.3'te görüldüğü üzere şehrin üç farklı bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeler, farklı tarihsel gelişim süreçleri yaşamış ve mimari özellikleriyle ayrılmıştır. Kale ve bunun aşağısındaki ovada yer alan Hassa Suyu şehri iki yakaya bölmüştür. Ayrıca öbür tarafındaki eskiden köy iken, gelişme sonucu ve kentin böylece bir mahallesi haline gelen Tisin semtidir (Al Rajab, 2019).



Şekil 2.3. Kerkük Şehir planı (Alkubaissy, 2017)

Kerkük ilinin mimari özellikleri çeşitlilik gösterir. Kale, önemli bir yapıdır ve çevresi surlarla çevrilidir. Şehrin kentsel dokusu, kale, ovadaki Hassa Suyu ve Tisin semti gibi farklı bölgelerden oluşur. Yapı malzemeleri arasında taş, toprak, tuğla ve kerpiç ön plana çıkar (URL 3). Ahşap ve demir detaylar da sıkça kullanılır. Renklendirme genellikle doğal tonlardadır. Kerkük'ün mimari özellikleri, tarihi ve kültürel geçmişinin bir yansımasıdır.

2.2.3. Yapı malzemesi ve yapım teknolojisi

Kuzey ve Orta Irak bölgelerinde, yapı malzemesi olarak taş ve toprak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Kerkük gibi bu bölgede yer alan şehirlerde de geleneksel olarak bu malzemeler yapı inşaatlarında temel malzeme olarak kullanılmıştır. Kerkük, Mezopotamya uygarlığına kadar uzanan bir bölgede yer aldığından, geleneksel yapılarında tuğla ve kerpiç gibi malzemeler yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Ayrıca, Kerkük'ün geleneksel yapılarda dam döşemelerinde sıkça tercih edilen bir malzeme olan toprak da önemli bir rol oynamıştır. Kerkük'ün geleneksel mimarisinde yaygın olarak kullanılan taş malzeme ise şehir çevresindeki dağlık bölgelerdeki taş ocaklarından temin edilmektedir (Al Rajab, 2019).

Kerkük şehrinde konut birimlerinin çoğunluğu modern yapı teknikleriyle inşa edilmiştir. Bu, yapıların sağlamlığını ve dayanıklılığını artırmak için çelik iskeletli, yangına dayanıklı ve doğal afetlere karşı dirençli malzemelerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmada incelenen konut birimlerinin %50.4'ü tamamen modernize edilmiş durumda,

%33'ü kısmen modernize edilmiş durumda ve %16.6'sı ise tamamen geleneksel yapı tekniklerine sahip. Bununla birlikte, araştırma sonuçları, %8'inin ciddi bir şekilde modernize edildiğini ortaya koymaktadır. Bu bölgelerin daha fazla gelişim için planlama ve altyapı projelerine ihtiyaç duyduğu görülmektedir (Safar, 2020).

Kerkük ilinde sürdürülebilir malzemelerin kullanımı henüz yaygın değildir. Geleneksel olarak taş, toprak, kerpiç ve ahşap gibi doğal malzemeler tercih edilirken, sürdürülebilirlik açısından özellikli malzemelerin kullanımı sınırlıdır. Bununla birlikte, son yıllarda çevresel farkındalığın artmasıyla birlikte, bazı projelerde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji sistemleri ve geri dönüştürülebilir malzemeler gibi sürdürülebilir uygulamaların benimsendiği görülebilir. Ancak genel olarak Kerkük ilinde sürdürülebilir malzemelerin kullanımı konusunda daha fazla çalışma ve bilinçlendirme gerekmektedir.

2.2.4. Kerkük geleneksel mimari ve sürdürülebilir özellikleri

Geleneksel Kerkük mimarisi genellikle Orta Doğu ve özellikle de İslam mimarisinin etkilerini yansıtmaktadır. Mimari yapılarda, genellikle yerel malzemelerin kullanılması ve iklimsel özelliklere uygun tasarımların tercih edilmesi sürdürülebilirlik açısından önemli bir özelliği oluşturur. Kerkük'ün geleneksel mimarisi, sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak yerel malzemelerin kullanımı, iklimsel faktörlerin dikkate alınması ve çevreye duyarlı tasarım özellikleriyle dikkat çeker. Geleneksel Kerkük evleri genellikle tek giriş kapısına sahiptir ve kapılar geniş ve genellikle tek kanatlıdır. Avlu, genellikle ortasında bir havuz bulunan bir bahçeyi içerir. Avlu, evin merkezi sayılabilecek bir yerdir ve evin etrafındaki tüm yaşamı bir araya getirir. Kerkük evlerinin en önemli ve karakteristik özelliğidir (URL 4).

Evlerin giriş katlarında yer alan odalar, genellikle penceresizdir ve tek bir geçidi olan bir bodrum katı gibi kullanılır. Bu odaların temel işlevi, depo olarak kullanılmaktır. Bazı evlerde ise avluya açılan bir eyvan bulunur. Yazın sıcak günlerinde ev halkı burada oturur ve serinlerdi. Aynı zamanda evin içindeki hareketliliği sağlayan bir toplanma yeri ve sohbet mekanı olarak da kullanılır. Kerkük evlerinin malzeme ve yapım teknikleri, bölgenin iklim ve yerel kaynaklarına dayanmaktadır (Saatçi, 2013).

Geleneksel Kerkük evlerinin sürdürülebilir özellikleri şunlardır: doğal malzemeler kullanımı, enerji verimliliği, iklimsel uyum ve çevresel etkilerin azaltılması. Bu evler, doğal kaynakları korurken çevreye duyarlı bir yaşam tarzını yansıtmaya çalışır.

2.3. Sıcak İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Mimari Tasarım

Binalar, fosil yakıt tüketimi yoluyla sera gazı emisyonlarına katkıda bulunarak küresel sıcaklıkları artırır. Binalarda iç mekan termal konforunun sağlanabilmesi için daha fazla enerji kullanılması, neden ve sonuç arasında olumlu bir döngüye yol açar. Orta Doğu gibi enerji şebekelerinin petrol ve doğalgaza dayalı olduğu ülkelerde bu durum, çevresel zararları daha da artırır çünkü temiz enerji sistemlerinin benimsenmesi ve enerji verimliliği çözümlerinin uygulanması genellikle gecikir. Ancak, enerji etkinliği stratejileri, verimli klima sistemlerinin kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, binaların enerji verimliliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Enerji etkinliği, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması ve tüketiminin en aza indirilmesiyle sağlanır. Bu tür tasarımlar, binaların enerji tüketimini optimize ederek, iç mekan konforu sağlarken çevresel etkileri azaltmayı hedefler. Binalarda enerji etkinliği sağlamak için uygulanabilecek **pasif tasarım stratejileri** arasında, güneş ışığından maksimum fayda sağlamak, doğal havalandırmayı artırmak, bina yönlendirmesini optimize etmek ve yüksek kaliteli yalıtım kullanmak gibi yöntemler bulunur. Bu stratejiler, binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını minimize ederek, enerji tüketimini düşürür ve uzun vadede kullanıcılar için ekonomik faydalar sağlar (Fereidani, Rodrigues & Gaspar, 2021).

Enerji etkin binalar, genellikle daha düşük işletme maliyetleri ve daha sürdürülebilir yaşam koşulları sunar. Birçok enerji etkinliği tekniği ücretsizdir ve mevcut binalara kolayca entegre edilebilir. Ancak bu tasarımların faydalarından tam olarak yararlanabilmek için, tasarımcılar ve inşaatçılar gibi paydaşların bu stratejiler konusunda bilgi sahibi olması gerekmektedir. İyi bir enerji etkinliği tasarımı, binalara daha az enerji girişi gerektirerek, kullanıcıların termal konforunu iyileştirir ve enerji tüketimindeki yükü azaltır (Razavian, Alemi, Zarchi & Tafreshi, 2023)

Binaların enerji etkinliği, sadece yapının tasarımına değil, aynı zamanda kullanılan malzemelere, yapısal çözümlere ve binaların kullanım koşullarına da bağlıdır. Modern bina tasarımında, enerji verimliliği için kullanılan yenilenebilir enerji sistemleri de önemli bir rol

oyunmaktadır. Örneğin, güneş panelleri ve rüzgar türbinleri gibi sistemler, binaların kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayarak dışa bağımlılığı azaltır ve sera gazı emisyonlarını minimize eder. Bu tür yenilikçi enerji çözümleri, binaların sürdürülebilirliğini artırarak çevresel etkileri azaltı (Ez-Eldin, Elattar & Farag, 2023).

Razavian (2023) çalışmasında, mimari tasarımın enerji tüketimi üzerindeki etkisini ele almaktadır. Araştırma, sıcak ve kuru bir iklimle karakterize edilen Kashan şehrine odaklanmakta ve bölgedeki iklimsel tasarım prensiplerini ile incelemekte olan geleneksel binaların yaşam tarzını araştırmaktadır. Araştırma, Kashan'da konut binaları için toplanan verilere dayanarak iki farklı tasarım sunmaktadır. Bulgular, geleneksel tasarım unsurlarının, özellikle merkezi avluların, enerji tüketimini %23 ila %34 oranında azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, mevsimsel hareketlilik göstererek ve uygun açıklıkları kullanmak, enerji tüketimini %38,1 oranında daha da azaltabileceğini iddia etmektedir. Çalışma, enerji verimliliği elde etmek için bölgenin iklim koşulları ve geleneksel yaşam tarzlarıyla uyumlu binalar tasarlamının önemini vurgulamaktadır. Kashan'daki konut binasının enerji verimliliğini maksimize etmeyi ve çevresel etkisini minimize etmeyi amaçlayan bir tasarım oluşturmak önemli faktörlerini de incelemektedir

Enerji verimliliği, farklı iklim bölgelerindeki tüm ülkeler ve toplumlar için kaçınılmaz bir zorunluluktur. Kerkük'ün sıcak ve kuru iklim bölgesindeki konutlarında enerji verimliliğini sağlayabilecek pasif tasarımın temel ilkelerinin belirlenip uygulanması da bu bağlamda önemlidir. Enerji etkin konut binalarının tasarımı için temel pasif ilkeleri belirlemek amacıyla Razavian'nın çalışması başta olmak üzere kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Kerkük İli veya benzer sıcak ve kuru iklim bölgelerinde enerji etkin konut tasarımını etkileyen önemli faktörler şunlardır (Razavian, Alemi, Zarchi & Tafreshi, 2023):

- Yer Seçimi
- Yapı Yönlendirmesi
- Bina cephesi
- Yerel Malzemeler ve Geleneksel Yapım Yöntemleri
- Doğal Havalandırma
- İzolasyon ve Yalıtım

- Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu: Güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının konut tasarımına entegre edilmesi, enerji tüketimini azaltabilir.
- Güneşten Korunma

2.3.1. Yer seçimi

Binanın yerleştirileceği arazi, güneş ışığına ve doğal rüzgar akışına uygun olarak seçilmelidir. Ayrıca, su kaynaklarının ve altyapının yakınlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bina kullanımı, şekli ve işlevselliği, oda dağılımı dahil olmak üzere düşünülmesi gereken diğer değişkenler, binanın çevresi ile uyumlu olabilmesi için önemlidir (Cillari, Fantozzi & Franco, 2021).

Sıcak iklim bölgelerinde enerji etkin mimari tasarım için yer seçimi önemlidir. Güneş ve rüzgar yönlendirilerek enerji verimliliği artırılabilir. Termal kütlenin kullanımı ve doğru gölgelendirme ile serinlik sağlanabilir. Bu prensipler, enerji tüketimini azaltmak ve iç mekan konforunu artırmak için önemlidir.

2.3.2. Yapı yönlendirmesi

Binalar, güneş hareketine göre doğru bir şekilde konumlandırılmalıdır. Bu, kışın güneş enerjisi kazanımını artırabilirken yazın aşırı ısınmayı azaltabilir. Bina yönlendirmesi bu yöntemlerden en belirgin olanlarından biri olup, iç hava kalitesi, termal konfor, görsel konfor ve gürültü konforu her boyutta insan konforuna etki ettiği gösterilmiştir. Bulgular, enerji verimliliği önlemlerinin uygulanırken, bir binanın erken tasarım aşamasında insan konforunu artırmaya daha fazla odaklanılması gerektiğini göstermektedir. Bu, daha önceki araştırmalarla uyumludur. Ayrıca, bina yönlendirmesi ve bina formu gibi bazı yöntemlerin bu karışık kullanımlı binaların tasarımına entegre edilmediği ve bu tür yapıların tasarımına ne kadar enerji verimli yaklaşımların dahil edildiğini sağlamaktadır (Sholanke, Alugah, Ademo, & Adisa, 2022).

Bir binanın yönlendirmesi, güneş radyasyonu, rüzgar ve gürültü gibi çeşitli dış etkenlerden etkilenmektedir. Bu etkilerin en önemlisi soğutma ve ısıtma sistemlerinin kullanımından sorumlu olan güneş radyasyonudur (Ez-Eldin, Elattar & Farag, 2023).

Enerji verimli bir binaya sahip olabilmek için düşünülmesi gereken önemli bir konu, çevresel ortamla uyumluluğudur. Bir binayı tasarlarken yönlendirme ve çevre ile ilişki göz önüne alındığında, maksimum doğal ışık kullanımını sağlamak, aydınlatma gereksinimlerini karşılamak ve binada bulunan güneş sistemlerinin ihtiyaç duyduğu doğru miktarda güneş ışığını sağlamak daha olasıdır, bu da kirlетici enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmak anlamına gelir ve küresel ısınmayı engellemeye yardımcı olabilir (González, Da Costa, Tam & Haddad, 2024).

Sıcak iklim bölgelerinde enerji etkin mimari tasarım için yapı yönlendirmesi büyük bir öneme sahiptir. Yapıların doğru bir şekilde yönlendirilmesi, güneşin etkisini en aza indirerek iç mekan sıcaklığını kontrol etmeyi amaçlar. Doğru yapı yönlendirmesi, doğal havalandırma sağlayarak serinlik hissi yaratır ve enerji tüketimini azaltır. Aynı zamanda, gölgelendirme ve doğal aydınlatma için en uygun açılar oluşturarak iç mekan konforunu artırmaktadır.

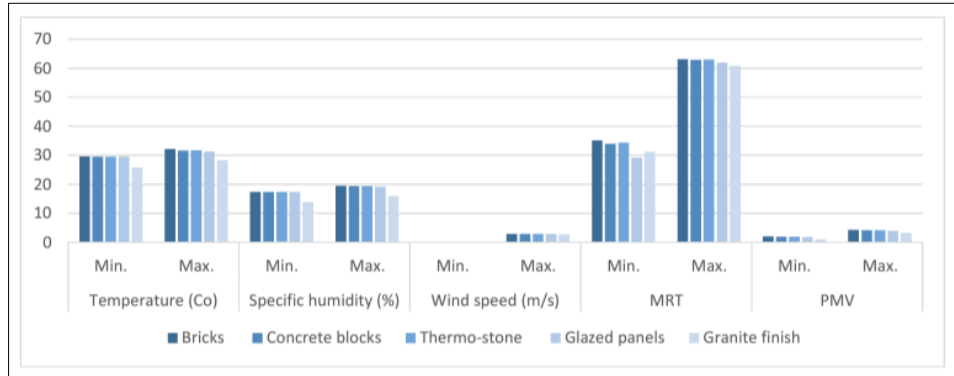
2.3.3. Yapı kabuğu

Bina cephesi, binanın iklim koşullarına uyum sağlanmalı; özelliklerini ve bileşenlerini çevresiyle uyum içinde adapte edebilmelidir. sıcak ve kuru iklimlerde, çağdaş bina tasarımı, kullanılan malzemeler ve teknikler yerel iklim koşullarını ve enerji tüketimini doğru bir şekilde etki etmektedir. Buna karşın geleneksel bina uygulamalarında yerel malzemeler ve pasif stratejiler kullanılır ve çevresel bağlama yanıt verir. Sıcak ve kuru iklimde geleneksel bir cephe, sıkıştırılmış çamur tuğla duvar kullanımı ısı transferini yavaşlatmada ve doğrudan güneş ışınlarının nüfuzunu en aza indirmede büyük bir rol oynamaktadır. Bu nedenle binanın soğutma enerjisi tüketiminde %15'e kadar azalma sağlanabilir. Geleneksel pasif stratejilerin çağdaş bina cephe tasarımına entegrasyonunun, sürdürülebilir ve enerji verimli mimaride önemli bir parametre olabileceği sonucuna varılmıştır (Rais, Boumerzoug , Halada & Sriti, 2019).

Sıcak ve kuru iklimlerde, yapı kabuğunun doğru tasarlanması ve malzeme seçimi enerji tüketimini etkiler. Geleneksel yapı yöntemleri ve yerel malzemelerin kullanımı, enerji verimliliği sağlayabilir.

2.3.4. Yerel malzemeler ve geleneksel yapım yöntemleri

Yerel malzemeler, genellikle çevreye daha az zarar verir ve sürdürülebilir bir yapı inşası için önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, kültürel çeşitliliği koruma, yerel ekonomiyi destekleme ve yerel toplulukların kimliklerini yansıtırma açısından önemlidir. Bağdat'taki konut projeleri için en yaygın olarak kullanılan beş farklı cephe malzemesinin dış mekan termal konforuna etkisini karşılaştırmalı olarak analiz yapılmıştır. Bu malzemeler arasında pişmiş kil tuğlalar, termo-taş, boş beton bloklar, cam paneller ve granit paneller bulunmaktadır. Yöntemsel yaklaşım, termal konfor ile ilişkilendirilen beş faktörü analiz etmek için ENVI-met yazılımına dayanmaktadır; sıcaklık, ortalama radyan sıcaklık, rüzgar hızı, özgül nem ve tahmini ortalama değeri. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar ve Şekil 2.4'te görüldüğü üzere, Bağdat'ta en yaygın olarak kullanılan malzeme olan pişmiş tuğlanın, diğer malzemelere göre termal konfor üzerinde en olumsuz etkiye sahip olduğunu ve granit kaplamalı termo-taş duvarların yüksek katlı binaların durumunda termal konfor üzerinde en iyi etkiye sahip olduğunu ve düşük katlı binaların durumunda özellikle yalıtım özellikleri açısından doğru bir şekilde seçilirse cam panellerin diğer malzemelere göre daha iyi termal konfor sağlayabileceğini göstermektedir (Abraham , Hassan & Khamees, 2020).



Şekil 2.4. Beş cephe malzemesinin simülasyon sonuçlarının ortalaması (Al-Yasiri & Szabó, 2020)

Irak Al-Amara ilinde yapılan bu araştırma, faz değişim malzemelerinin (PCM) termal enerji depolama ortamı olarak kullanılmasının, sıcak iklimlerde bina enerji tasarrufunu ve termal konforu artırabileceğini göstermektedir. Araştırma, PCM ile güçlendirilmiş bir bina kabuğunun termal performansını deneysel olarak incelemiştir. PCM'nin çatı ve doğu duvar gibi kabuk elemanlarında kullanılmasıyla, maksimum sıcaklık azalması ve ortalama sıcaklık

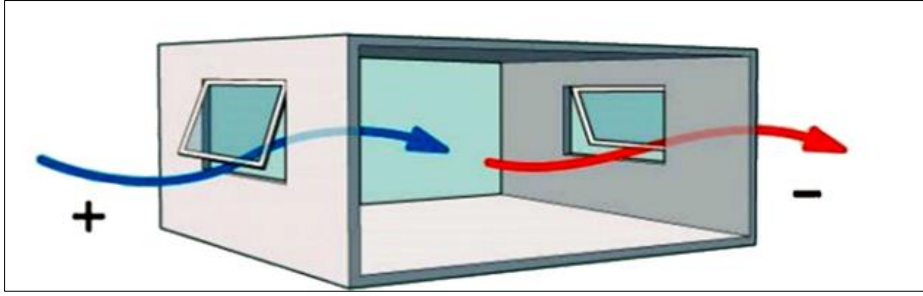
dalgalanma azalması gibi termal göstergelerde önemli iyileştirmeler elde edilmiştir. PCM'nin pasif olarak entegre edildiği odada, termal konforun da önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir (Al-Yasiri & Szabó, 2020).

Sıcak ve kuru iklimlerde, yerel malzemelerin ve geleneksel yapı yöntemlerinin kullanımı enerji verimliliği ve termal konfor açısından önemli avantajlar sağlar. Çamur tuğlaları gibi yerel malzemelerin kullanımı, iç mekan sıcaklığını kontrol etmeye yardımcı olarak ısı transferini yavaşlatır. Ek olarak, geleneksel pasif stratejilerin benimsenmesiyle doğal havalandırma ve gölgelendirme gibi yöntemler kullanılabilir. Böylece, sıcak ve kuru iklimlerde enerji verimliliği sağlanabilir ve çevresel sürdürülebilirlik desteklenebilir.

2.3.5. Doğal havalandırma

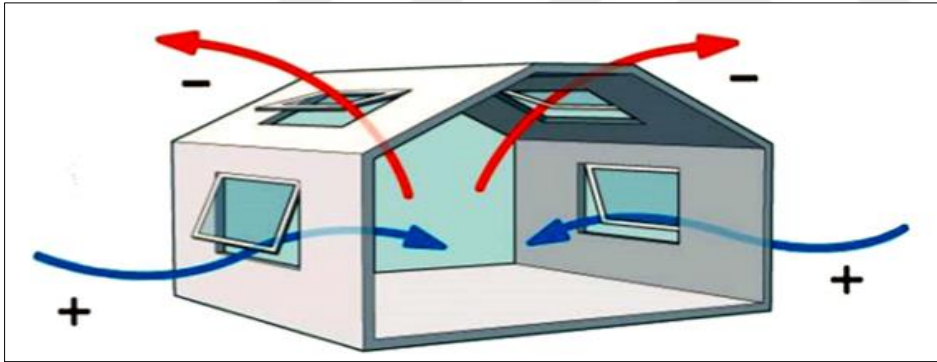
Doğal havalandırma sistemlerinin tasarımında, bina yerleşimi, cephe tasarımı, pencere yerleşimi ve boyutları, hava giriş ve çıkışlarının konumu gibi birçok faktör dikkate alınmalıdır. Binaların rüzgar etkisine açık yönleri, rüzgarın bina üzerindeki basınç farkını ve içeriye doğru hava akışını etkiler. Ayrıca, bina içindeki hava sıcaklığı farkları, termal kaldırma etkisiyle doğal havalandırmayı etkiler. Bu nedenle, bina tasarımcıları doğal havalandırma sistemlerini optimize etmek için bu faktörleri dikkate almalı ve bina performansını iyileştirmek için uygun stratejileri uygulamalıdır (Chenari & Carrilho, 2016).

Rüzgar basınç farkı (çapraz havalandırma) Şekil 2.5'te gösterildiği üzere çapraz havalandırmada hava akışı, basınç farklarıyla hareket eder. Genellikle, pozitif basınç rüzgarın geldiği binanın yüzünde (rüzgarın geldiği taraf) oluşurken, negatif basınç rüzgarın geçtiği tarafta oluşur. Şekil 2.5'te gösterildiği gibi, hava rüzgar tarafındaki açıklıktan içeri girer ve rüzgarın geçtiği tarafındaki açıklıktan çıkar. Çapraz havalandırma bazen havanın bir taraftan girmesi ve karşı taraftan çıkmasıyla oluşur (Mukhtar, Yusoff & Ng, 2019).



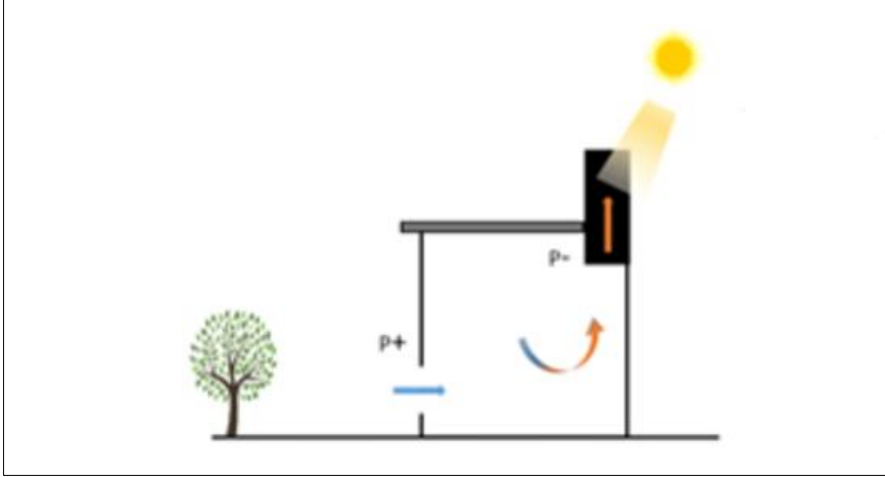
Şekil 2.5. Çapraz havalandırma (Mukhtar, Yusoff & Ng, 2019)

Taşınım (baca havalandırması), iç ve dış sıcaklıklar arasındaki farktan kaynaklanır. Havanın yoğunluğundaki fark, binada hava hareketini teşvik eden bir basınç farkı oluşturur. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi, iç mekan sıcaklığı dış mekandaki sıcaklıktan daha yüksek olduğunda, sıcak iç mekan havası yükselir, üstteki pencerelerden çıkar ve alttan daha soğuk hava ile yer değiştirir. Teknik olarak, baca havalandırması düşük rüzgarlı dönemlerde etkili olup yaz aylarında etkisizdir.



Şekil 2.6. Baca havalandırması (Mukhtar, Yusoff, & Ng, 2019)

Güneş bacaları, güneş enerjisini kullanarak bir binanın havalandırmasını sağlamak için tasarlanmış dikey şaftlardır. Şekil 2.7'de gösterilen görselde Güneş ışığıyla ısıtılan hava yukarı doğru hareket eder ve temiz hava alttan çekilerek binayı havalandırır (Ahmed , Kumar, & Mottet, 2021).



Şekil 2.7. Güneş bacası çalışma prensibi (Mukhtar, Yusoff & Ng, 2019)

Doğal havalandırma, iç mekanlara dışarıdan taze hava akışının sağlanması için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, yapıların yalıtım ve izolasyon sistemleriyle birleştiğinde daha etkili sonuçlar verir. Yalıtım ve izolasyon, dış hava koşullarının iç mekana etkisini azaltırken, doğal havalandırma sayesinde taze hava sağlanır ve iç mekanın sıcaklık, nem ve hava kalitesi kontrol altında tutulur. Birlikte kullanıldıklarında, doğal havalandırma ve yalıtım/izolasyon önlemleri binaların enerji verimliliğini artırır, enerji maliyetlerini düşürür ve daha sürdürülebilir bir yaşam alanı sağlar.

2.3.6. İzolasyon ve yalıtım

Isı yalıtımları, bina dış kabuğundan ısı kaybını azaltmada en etkili çözümlerden biri olarak enerji tüketimini azaltmada önemli bir rol oynar. Fonksiyonlarına göre yalıtım ürünleri, hacimli, yansıtıcı, vakumlu ve nano-teknoloji kullanan sistemler olmak üzere dört gruba ayrılabilir (Pourghorban, Kari & Solgi, 2020).

Binalar yalıtılmış olmalıdır. Hem ısı hem de ses yalıtımı, iç mekan konforunu artırabilir. Bina Sızdırmazlığı. Bina kabuğundaki özellikler ve inşaat hatalarının yanı sıra sıcaklık farkları ve rüzgar, hava sızıntı akışını etkileyen başlıca çevresel faktörlerdir. Bu nedenle, bu sızıntıları ek pencere panelleri ile kontrol ederek enerji performansı artırılabilir (Liu ve diğerleri, 2019).

Bina sektöründeki enerji tüketimi, özellikle konut binalarında, elektrik tüketiminin %50'ye kadar ulaşabileceği görülerek benzeri görülmemiş bir artış yaşamıştır. Yapılan bir çalışmada Irak'ın Riyad bölgesindeki var olan bir konut binasını Sıfır Enerji Tüketen (ZEB) bir binaya dönüştürmek için enerji tasarrufu önlemlerinin ve yenilenebilir enerji üretiminin potansiyelini göstermeye çalışmaktadır, binanın enerji ihtiyacını, temelsiz karşılaştırıldığında, duvar ve çatıya ek termal yalıtımın sırasıyla %5,37 ve %28,96 azaltılabileceğini göstermiştir. Enerji tasarrufundaki azalma, hava boşluğunun duvar yapılandırmasına dahil edilmesiyle %4,4'e kadar arttırılmıştır. Ayrıca, çift cam kullanımı yalnız başına binanın yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %17,14'ünü tasarruf edebilir. Çatı üstü güneş panelleri sistemi uygulanarak, bina tamamen bir ZEB'e dönüştürülebilir, çünkü 60 m² çatı üstü güneş panelleri sistemi, binanın enerji gereksinimlerinin yaklaşık %75,72'sini üretebilir. Akıllı cihazların kurulumu ve entegrasyonu, enerji tasarrufunu optimize edebilir ve işletme ve bakım maliyetini azaltabilir. Bu çalışmanın elde edilen sonuçları oldukça umut vericidir, çünkü mevcut binaları ZEB'lere dönüştürmek için çeşitli önlemlerin uygulanmasını göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, Suudi Arabistan ve diğer soğutma egemen iklimlerdeki binaları ZEB'lere dönüştürmek için tasarımcılar, mühendisler ve bina sahiplerine yardımcı olacaktır (Alyami, Almutlaqa, Alqahtany & Ashraf, 2021).

Yalıtım ve izolasyon, enerji kaybını azaltırken, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanmamıza olanak sağlar. Bu entegrasyon sayesinde, yapılar daha sürdürülebilir enerji sistemlerine geçiş yapabilir ve enerji tasarrufu sağlarken çevresel etkileri azaltabilir.

2.3.7. Yenilenebilir enerji entegrasyonu

Yenilenebilir enerji alanı, yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendiren, bu kaynakları kullanan teknolojileri geliştiren ve yenilenebilir enerjinin daha geniş entegrasyonunu sağlayan karbon nötr enerji sistemleri sunan önemli araştırma bulgularıyla hızla ilerlemektedir (Li ve diğerleri, 2019).

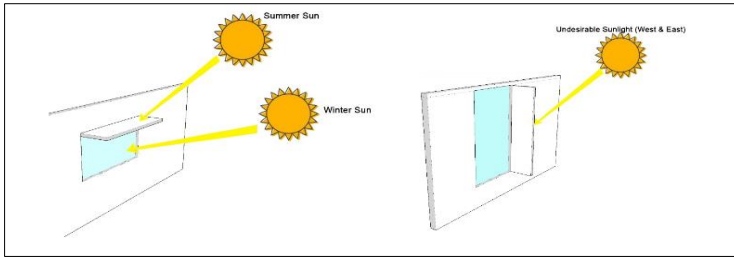
Konut binaları, küresel enerji tüketiminin ve ilgili karbon dioksit emisyonlarının en yüksek payına sahiptir; sırasıyla %22 ve %17 olup, enerji ile soğutma talebi dünya genelinde en hızlı artan taleptir. Soğutma talebi, yüksek ambiyans sıcaklıklarına ve güneş radyasyonuna sahip ülkelerde daha yüksektir ve içsel termal konforu artırmak için klima sistemlerinin

kurulmasına yol açar. Ayrıca, konut bina yenileme, yeni inşaat ile karşılaştırıldığında mevcut stokun yüksek yüzdesi nedeniyle yüksek enerji tasarrufu potansiyeli göstermiştir (Shittu, 2021).

Güneşten korunma ve yenilenebilir enerji entegrasyonu, binaların enerji verimliliğini artırır ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Bu yaklaşım, güneş ışığının ve ısının etkisini azaltırken aynı zamanda güneş enerjisi gibi doğal kaynaklardan elde edilen enerjiyi kullanarak binaların enerji ihtiyacını karşılar. Böylece, binaların enerji tüketimi azalır, iç mekan konforu artar ve çevresel etki azalır.

2.3.8. Güneşten korunma

Doğru şekilde tasarlanmış gölgelendirme sistemleri, güneş ışığını kontrol etmede etkili olabilir ve aşırı ısınmayı engelleyebilir. Sıcak iklimlerde, duvarlar ve özellikle yaz güneşine maruz kalan pencereler, çatı saçakları ve gölgelendirme cihazları ile gölgelenmelidir. Şekil 2.8’ de gölgelendirme stratejileri belirtilmektedir. Hashemi (2018) tarafından yapılan çalışma 30° ile 50° enlem arasındaki çeşitli konumlarda hava koşulları ve güneş açılarının incelenmesi, standart bir 76/40 cm saçak (pencerenin üstünden 40 cm yüksekte bulunan 76 cm'lik yatay bir çıkıntı) güneş kontrolünü iyi sağlayacağını göstermektedir (Hashemi, 2018).



Şekil 2.8. Güney yönüne bakan pencere için gölgelendirme stratejisi (Hashemi, 2018)

Yapısal parametrelerin (örneğin yalıtım, alt tabaka, sulama ve bitki örtüsü) yeşil çatının termal ve enerji performansını etkileyebileceğini ve bunun yerel iklim koşullarına bağlı olduğunu vurgulamaktadır. Bununla birlikte, yeşil çatıların bina enerji talebini azaltmada sürekli olarak olumlu etkiler gösterdiği belirtilmektedir. Özellikle iyi sulanan ve yalıtılmamış yeşil çatılardaki soğutma yükünün azaltılma miktarı diğer iki iklim türüne göre önemli ölçüde yüksektir. Bitkiler, özellikle yaprak alanı indeksi (YAI) yeşil çatının enerji

performansını tüm iklimlerde maksimize etmek için kritik bir rol oynamaktadır (Jamei, 2023).

Bina kabuğu, binaların enerji performansında önemli bir rol oynar ve pencereler, iç ve dış mekan arasında ısıtma ve soğutma iletiminde anahtar bir unsurdur, bu nedenle uygun bir pencere sistemi, mevcut binaların enerji tasarrufu için en önemli yenileme stratejilerinden biridir. Sıcak yazılıman kış ikliminde tek bir koyu renkli geleneksel camlı pencere, sıcak yaz/soğuk kış ikliminde çift katmanlı koyu renkli geleneksel camlı pencere ve soğuk iklimde çift katmanlı açık renkli geleneksel pencere Simüle edilen sonuçlara dayalı olarak, çalışılan iklimlerde veya benzer iklim bölgelerinde konut bina yenilemesi için uygun bir pencere sistemi seçimi için bir işaret edici öneri sunulmuştur (He, 2019).

Sıcak iklimlerde güneşten korunma, binaların aşırı güneş ışığı ve sıcaklık etkilerini azaltmak için alınan önlemleri içerir. Bu önlemler arasında güneşlikler, pergolalar, gölgelendirme sistemleri ve yalıtım malzemelerinin doğru seçimi yer alır. Bu şekilde, iç mekanlarda daha serin ve konforlu bir ortam sağlanır.

2.4. Düşük Gelir Grubu İçin Konut Üretimi

Konuta ekonomik erişilebilirlik sorunu, düşük ve orta gelirli hanelerin uygun maliyetli ve güvenli konutlara erişememeleriyle karakterize edilen küresel bir sorundur. Erişilebilir konut eksikliğinin bireylerin sağlığı, zihinsel refahı ve genel yaşam kalitesi üzerinde önemli etkileri vardır. Bu sorun, hızlı kentleşme, artan konut fiyatları, gelir eşitsizliği ve yetersiz hükümet politikaları gibi faktörlerden kaynaklanır. Bu durum, ulusal sınırları aşan ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri etkileyen bir sorundur (Aslan, 2023).

Kapsamının genişliği nedeniyle, hükümetler konut piyasalarına yönelik müdahalelerini birden fazla hedef ve programla gerçekleştirmektedir. Bu hedeflerden biri, düşük gelirli hanelerin konut erişimini iyileştirmek ve yaşam standartlarını yükseltmektir. Diğer bir önemli hedef ise, özellikle büyük ve hızla büyüyen şehirlerde zararlı ayrımcılığın önlenmesidir. Son yıllarda, özellikle 2007-2008 mali krizinin ardından, hükümetler aynı zamanda hane halkı borçlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Bu çabanın temel nedenlerinden biri, kentselleşmenin büyük ekonomik faydalar sağlamakla birlikte, sosyal sürdürülebilirlik açısından ciddi zorluklar yaratmasıdır (Eerola, 2021).

Sosyal konut sektöründe, kira belirleme kurallarının düzenlenmesi büyük ölçüde değişmektedir (OCED, 2020) Piyasa tabanlı kira bedelleri, benzer konutların piyasa kiralara göre belirlenir. Maliyet tabanlı kira bedelleri, konutun bakım ve sermaye maliyetlerine göre belirlenir. Gelire dayalı kira bedelleri, kiracının gelirine en azından kısmen bağlıdır. Karakteristik tabanlı kira bedelleri, konutun özelliklerine dayanır. Açıkça görülmektedir ki, bu farklı kira belirleme modelleri, binaların kiracıları ve sahipleri için farklı teşvikler yaratacak ve kiracılara piyasa kiralara göre kira tasarrufu açısından farklı fayda dağılımlarına yol açmaktadır. Kiracı seçimiyle ilgili kurallar genellikle bireysel kiracılara (örneğin, hane geliri ve kompozisyonu, vatandaşlık, konut ihtiyacı gibi) dayanmaktadır. Bazı kurallar, binayla ilgilidir, böylece belirli bir oranda birimlerin belirli bir eşğin altındaki gelire sahip hanelere tahsis edilmesi gerekebilir (OECD, 2020). Sosyal konutun sahiplik yapıları ve finansmanı farklı biçimlerde olabilir. Bazı durumlarda, hükümetler ve belediyeler doğrudan sosyal konut sağlar. Ayrıca, hükümetler, sosyal konut sağlayıcılarına hibe, vergi indirimleri, krediler veya kredi garanti etkisi sağlayabilir. Yerel hükümetler, sosyal konutu düşük fiyatlarla arsa tedarik ederek destekler. Tipik olarak, sosyal konut programları doğrudan yardım programlarının bir türü ile bir arada bulunur. Bu türün önemli örnekleri, gelir testine tabi yardımlar olan konut yardımlarını içerir ve hane halkı büyüklüğüne ve kompozisyonuna, konut maliyetlerine ve konutun konumuna veya binanın diğer özelliklerine bağlı olabilir. Bu programlar geniş veya daha belirli hanelerin belirli gruplarına yönelik olabilir, örneğin çocuklu aileler veya emekliler. Bu yardımlar, başvuru alan tüm uygun hanelerin yardımı almasına olanak tanır. Sonuç olarak, genel harcamaların miktarı genellikle iş döngüsü boyunca değişir (Eerola, 2021).

Düşük gelir grubu için konut üretimi, uygun fiyatlı ve erişilebilir konutların inşa edilmesini içerir. Bu, düşük maliyetli malzemelerin kullanılması ve tasarruf sağlayan yapı tekniklerinin uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Ayrıca, konut kooperatifleri ve hükümet destekli programlar da kullanılabilir. Amacı, düşük gelirli ailelere güvenli ve sağlıklı yaşam alanları sağlamaktır.

2.4.1. Düşük maliyetli konut tasarımı

Gelişmekte olan ülkelerde konut inşaatında yerel malzemelerin kullanımıyla ilgili sorunları ve endişeleri tartışmaktadır. Yeterli konut için uygun fiyatlı yapı malzemelerine erişimde yoksulların karşılaştığı zorlukları vurgulamaktadır (Kaikobad, 2020).

Düşük maliyetli konut tasarımı, özellikle gelişmekte olan bölgelerde önemli bir yer tutar ve sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği artırma hedefi taşır. Bu tasarımlar, daha geniş bir nüfus kitlesine ulaşabilmek amacıyla maliyetleri minimize ederken, yaşam kalitesini de artırmayı amaçlar. Konut tasarımında temel amaç, düşük gelirli hanelerin yaşam alanlarına erişimini kolaylaştırmak ve onları daha sağlıklı, konforlu ve sürdürülebilir yaşam alanlarına kavuşturmadır. Ek olarak, enerji verimliliği ve çevresel etkiler de dikkate alınarak tasarım süreci şekillendirilir. Bu doğrultuda, düşük maliyetli konutlarda belirli tasarım kısıtlamalar ön plana çıkar.

2.4.2. Konut geliştirme programlarında kısıtlamalar

Gelişmekte olan ülkelerdeki konut sorunu gelişmiş ekonomilerdekinden farklıdır. Konut sorunu bireyden bireye, kırsaldan kentlere ve ülkeden ülkeye hem nicelik hem de kalite açısından değişir. Birkaç kısıtlama konut geliştirme programlarını ve sürdürülebilir bir habitatın gelişimini yavaşlatır. Bu kısıtlamalar şunları içerir;

- Etkili uygulama stratejilerinin olmaması.
- Uygun fiyatlı arazi ve altyapının yetersiz temini.
- Konut finansmanı sistemlerinin yetersizliği (Kaikobad, 2020).

Habibullah, Kyari & Umar, Maimuna & Hamza, Musa. (2023), çalışmasına göre Düşük maliyetli konutlar için Uygun Kaliteli prensipler:

Optimize edilmiş alan kullanımı

Düşük maliyetli konutlarda alanın etkin bir şekilde kullanılması önemlidir. Planlamada gereksiz bölmelerden kaçınılmalı ve odalar çok amaçlı olarak tasarlanmalıdır (Habibullah, 2022).

Yapı malzemesi

Düşük gelirli konutlarda genellikle tercih edilen daha uygun fiyatlı malzemeler, enerji verimliliği ve dayanıklılık açısından sınırlamalara neden olabilir. Sürdürülebilir inşaat malzemeleri, örneğin güneş panelleri, yağmur suyu toplama sistemleri ve geri

dönüştürülmüş malzemeler, düşük gelirli konutlarda enerji tasarrufunu ve çevresel etkileri azaltabilir. Bu uygulamalar, uzun vadede maliyetleri düşürebilir ve çevresel sürdürülebilirliği artırabilir (Bhikhoo, 2017).

Yerel malzemelerin konut yapımında kullanılması, uygun fiyatlı yapı malzemelerine erişim sorununa bir çözüm olabilir. Bununla birlikte, konut inşaatında yerel malzemelerin kullanımı ile ilgili sorunlar ve endişeler vardır. Bu sorunlar ve endişeler şunları içerir:

- Kalite kontrol sorunları: Yerel malzemeler konut inşaatı için gerekli kalite standartlarını karşılamayabilir.
- Kullanılabilirlik sorunları: Yerel malzemelerin mevcudiyeti sınırlı olabilir ve bunların üretimi konut inşaatı talebini karşılayamayabilir.
- Teknik sorunlar: Yerel malzemelerin kullanımı, yerel olarak mevcut olmayabilecek özel teknik bilgi ve beceriler gerektirebilir.
- Çevresel sorunlar: Yerel malzemelerin kullanımının ormansızlaşma, toprak erozyonu ve doğal kaynakların tükenmesi gibi çevresel etkileri olabilir.

Sonuç olarak, konut yapımında yerel malzemelerin kullanılması, uygun fiyatlı yapı malzemelerine erişim sorununa bir çözüm olabilir. Bununla birlikte, konut inşaatında yerel malzemelerin kullanımı ile ilgili ele alınması gereken sorunlar ve endişeler vardır. Bu konular ve endişeler kalite kontrol, kullanılabilirlik, teknik bilgi ve beceriler ve çevresel etkileri içerir (Kaikobad, 2020).

Uygun fiyatlı konut tasarımında, dayanıklı malzemelerin kullanılması, genel proje maliyetlerini azaltabilir. Hafif çelik gibi ekonomik ve dayanıklı malzemeler tercih edilebilir. Yerel malzemelerin konut inşaatında kullanılması, uygun maliyetli yapı malzemelerine erişim sağlayabilir, ancak bu yaklaşımın potansiyel zorlukları ele alınmalıdır.

Yalın tasarım

Karmaşık tasarımlar maliyetleri artırabilir. Bu nedenle, düşük maliyetli konutlar için basit ve yalın tasarımlar tercih edilmelidir (Habibullah, 2022).

Düşük maliyetli yalın tasarım, ekonomik ve etkili bir şekilde ürün veya hizmet sunmaya odaklanan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu metodoloji, gereksiz karmaşıklıkları ortadan kaldırarak kaynakların verimli kullanılmasını hedefler, böylece maliyetleri minimize eder. Yalın tasarım, sürekli iyileştirmeyi teşvik eder ve müşteri değerine odaklanarak gereksiz işlemleri ve malzeme israfını en aza indirir. Bu şekilde, tasarım süreci daha etkin, ekonomik ve müşteri odaklı hale gelir.

Enerji verimliliği

Bina kabuğu, soğuk ve sıcak iklimlerde enerji verimli binalar için ısıtma ve soğutma için enerji tüketimini en aza indirmek için önemli bir çözümdür. Küresel olarak, soğutma talebinin 2050 yılına kadar yaklaşık %150 artması ve gelişmekte olan ülkelerde %300 ila %600 arasında artması beklenmektedir. Sıcak iklimlerde enerji tüketimini en aza indirmek için düşük maliyetli yansıtıcı malzemelerin duvarlar ve çatılar için kullanılması, iç ve dış gölgelendirme ve pencereler için düşük yansıtıcı kaplamalarının kullanılması gibi farklı çözümler önerilmektedir. Soğuk iklimler için ise pasif ısıtma kaynaklarının, gelişmiş pencerelerin ve cam sistemlerinin kullanılması önerilmektedir (Al-Yasiri & Szabó, 2020).

Düşük maliyetli konutlarda enerji verimliliğine odaklanmak önemlidir. İyi yalıtılan pencereler, enerji tasarruflu aydınlatma ve su tasarrufu sağlayan armatürler gibi özellikler, enerji maliyetlerini azaltabilir. Bu prensipler, düşük maliyetli konut tasarımlarında bütçeyi korurken konforu ve kullanışlılığı sağlamak için dikkate alınmalıdır. Elektrik kullanımı açısından düşük maliyetli konut tasarımlarında doğal ışık ve doğal havalandırmaya önem verilmelidir. Genellikle pasif güneş ısıtma gibi enerji verimli tasarım özelliklerini içererek ve sakinler için sürekli işletme maliyetlerini düşük tutmaya yardımcı olabilecek bakım ve yönetim stratejilerini uygulayarak uzun vadeli uygunluğu önceliklendirir (Habibullah, 2022).

Düşük maliyetli konutlarda enerji verimliliği, iyi izolasyon, enerji verimli pencereler, doğru konumlandırma, yenilenebilir enerji kaynakları ve uygun yapı malzemeleri gibi önlemlerle sağlanır. Bu, konutların işletme maliyetlerini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği artırır.

2.5. Sıcak İklimlerdeki Düşük Maliyetli Konut Tasarımlarından İyi Uygulama Örnekleri

Sıcak iklimlerde düşük maliyetli konut tasarımı, enerji verimliliğini artırmak ve yaşam kalitesini iyileştirmek için pasif tasarım stratejileri, doğal havalandırma, yalıtım, güneş enerjisi ve doğru malzeme seçimlerini içerir. Örnekler arasında, yerel iklim koşullarına uygun olarak tasarlanmış duvarlar, pencereler ve çatı sistemleri ile enerji tüketimi minimize edilen projeler yer alır.

2.5.1. RB9 Townhouses - Özbekistan

RB9 Townhouses, Tashkent'teki merkezi mahallelerden birinde yer almaktadır. Sitede 2 farklı düzenleme seçeneğine sahip 5 ev bulunmaktadır. Evler esnek düzenlemelere sahiptir ve sakinlerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmıştır. Evlerin mimarisi, Orta Asya şehirlerinin geleneksel konut mimarisine atıfta bulunur; yüksek yoğunluk, tek bir sokak geliştirme hattı, iç mekanların mahremiyeti ve kullanılan çatılar gibi özellikleriyle tanınmaktadır (URL 5).

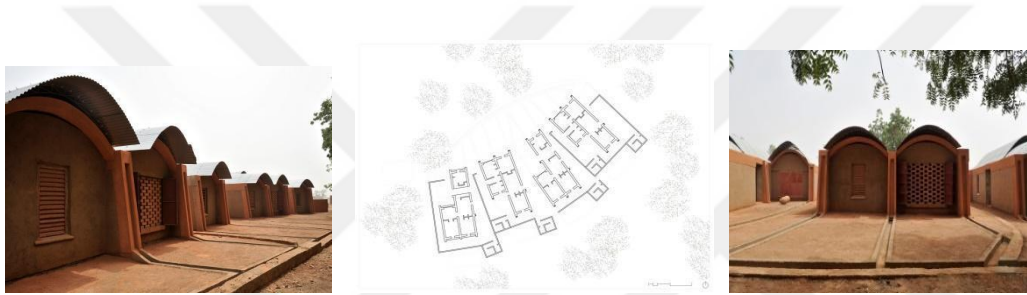


Şekil 2.9. RB9 Townhouse konutları (URL 5)

Proje, sıcak iklimin özelliklerini dikkate almaktadır. Ana odalar avlu tarafına yerleştirilmiştir ve geniş cam alanlarına sahiptir. Avlu cephesi kuzeye yönlendirilmiştir, bu da yaz aylarında uygun bir yönelimdir çünkü hakim rüzgara açıktır. Güneydeki sokak cephesinde ise dar pencereler ve tuğla işçiliğiyle gizlenmiş pencereler, güneşten korunma, görsel koruma ve güvenlik amaçlı olarak kullanılmaktadır. Tasarım sırasında mevcut ağaçların korunmasına özel bir önem verilmiştir (URL 5).

2.5.2. Gando Öğretmenevi - Burkina Faso

Öğretmen evleri, öğretmenleri kırsala çekmek ve sürdürülebilir ve dayanıklı bir yapı malzemesi olarak toprağın kullanımını teşvik etmek amacıyla tasarlanmıştır. Evler, bu bölgede tipik olarak bulunan geleneksel yuvarlak kulübelerle karşılaştırılabilir boyutta ve uyarlanabilir modüller olarak tasarlanmıştır. Modüller farklı şekillerde birleştirilerek daha büyük bir alternatifler elde edilebilmektedir. Tasarımın basitliği ve az miktarda kullanılan malzemeler, yerel halk tarafından kolayca benimsenebilir olarak değerlendirilmiştir. Altı öğretmen ve aileleri için ev, okul kompleksinin güneyinde geniş bir yay şeklinde düzenlenmiştir (URL 6).



Şekil 2.10. Gando Öğretmenler evi (URL 6)

Bu eğrisel düzen sadece görünüş açısından değil, aynı zamanda geleneksel Burkina evlerini anımsatmaktadır. Çatılar, stabilize edilmiş toprak bloklardan yapılmış bir tonoz yapısına sahiptir. Bu bölgede daha önce duyulmayan bir yapı yöntemi, yerel kaynaklardan yararlanır ve iklimsel olarak verimlidir. Çatı yükseklikleri sırasıyla 100 cm ve 150 cm arasında değiştiği için, üst üste bindiklerinde tırmık şeklinde bir açıklık oluşur ve iç mekanda havalandırma ve gün ışığı sağlamaktadır. Geniş çatı saçakları duvarları nemden korumaktadır. Geleneksel Burkina evlerinde, sebze suyu ve inek gübresi ile karıştırılmış özel bir tür ince kil sıva, hava koşullarına karşı koruyucu bir tabaka olarak dış duvarlara yaklaşık 3 cm kalınlığında uygulanır. Ancak bu bileşenler yağışlı mevsimde kullanışsızdır ve termitleri çekerek zamanla duvarları tahrip etmektedir. Öğretmen evlerinde, sıvanın geleneksel organik bileşenleri bitümle değiştirilmiştir. Yapıda düzgün, homojen bir yüzey oluşturmak için kil zemin sıkıştırılmıştır. Gando halkının katılımı, bu projenin başarısının anahtarı olarak görülmektedir. Yerel halk sadece yeni beceriler kazanmakla kalmamış, aynı zamanda geleneksel ve yenilikçi yapılarla ilgili sorumluluk duygusu, farkındalık ve hassasiyet kazanmışlardır (URL 6).

2.5.3. Elthora Hara Houses - Sudan

New Deims'te, evler sürdürülebilir geleneksel malzemeler ve yerel bilgi ile tekniklerle inşa edilmiştir. Genellikle, konutlar ya tek ailelik evler ya da daireler olarak tasarlanmıştır. Hartum'da ise en yaygın konut türü tek ailelik müstakil evlerdir. Bu evlerin tercih edilmesinin nedeni, başkentin yatay olarak genişlemesi ve şehirleşmenin düşük yoğunluklu olması, bu da temel kentsel hizmetlerin ekonomik açıdan sağlanmasını zorlaştırmaktadır (Zuhal, 2018).



Şekil 2.11. Elthora Hara konutları (Zuhal, 2018)

Elthora Hara konutları, taş ve çimento bloklardan yapılan şerit temeller ve beton çatılarla inşa edilmiştir. Çekirdek birimlerin tasarım ve planlaması, Planlama Bakanlığı tarafından hazırlanmış, inşaat ve konutların dağıtımı ise Fon tarafından yönetilmiştir. Ancak, ülke genelinde daha küçük ekolojik etkilere sahip birçok sürdürülebilir yapı malzemesi bulunmasına rağmen, Devlet Fonu bu malzemeleri konut projelerinde kullanmamıştır. Örneğin, stabilize toprak blokları, odun kömürü ve yapısal ahşap tüketimini sıfıra indirirken, su kullanımında %60 azalma sağlar. Bu malzemeler Darfur'daki mültecilere ev inşa etmek için kullanılmakta olup, piyasadaki diğer alternatiflerden %30 daha ucuz ve daha hızlı inşa edilmektedir. Bu malzemeler, dünya genelinde sürdürülebilir yapı malzemeleri olarak on iyi uygulama arasında yer almaktadır (Zuhal, 2018).

2.5.4. Madinat Sharjah - Birleşik Arap Emirlikleri

Konut birimlerinin etkili tasarımı, atık suyun arıtılarak tüm yeşil alanların sulanmasını sağlayan bir sistemle birlikte sunulmasını sağlar. Tam atıktan kurtulma hedefine ulaşmak için Sharjah Şehri, sakinlerinin atık üretimini azaltmak, sınıflandırmak ve geri dönüştürmek için zorunlu uygulamalar benimsemelerini teşvik etti. Organik atıklar, projenin içindeki

biyogaz tesisi tarafından elektrik üretmek için işlenecek, diğer atıklar ise atık yönetimi ortağımızla birlikte geri dönüştürülecektir (URL 7).



Şekil 2.12. Madinat Sharjah konutları (URL 7)

Sharjah Şehri'nin merkezinde ve Al Rahmaniya bölgesine yakın bir yerde, Şarja Sürdürülebilir Şehri, en yüksek yeşil ekonomi ve çevresel sürdürülebilirlik standartlarını sunmak üzere özenle ve stratejik bir şekilde tasarlanmış birçok amaçlı proje olarak ortaya çıktı. Sharjah Sürdürülebilir Şehri, geleneksel tasarımı modern tasarımla birleştirerek, inovatif bir kentsel planlama ve ileri teknoloji kullanarak geliştirilebilecek birçok sosyal ve çevresel faydalar sunar (URL 7).

2.5.5. Cheops Observatory – Mısır

Cheops Gözlem Evi, Studio Malka Architecture tarafından tasarlanmış olup Mısır'daki Giza Nekropolü'ndeki Nazlet El Samman köyünde yer almaktadır. Köy, tarihi mirasıyla bilinen ve Piramitlere olan bağlantısıyla tanınan bir yerdir. Proje, köyü restore etmek ve korumak için tasarlanmış olup aynı zamanda çölün girişinde bir geçit oluşturmayı ve sanatçılar için bir konut sağlamayı amaçlamaktadır (URL 8).



Şekil 2.13. Cheops Observatory konutları (URL 8)

Yerel inşaat teknikleri ve geleneksel zanaatkarlık tasarıma dahil edilmiş olup sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe odaklanılmıştır. Malzemeler geri dönüştürülmüş ve tekrar kullanılmış olup, köydeki döngüsel ekonomiden elde edilen ham toprak tuğlaları, geri dönüştürülmüş pencereler ve panjurlar gibi unsurlar kullanılmıştır. Binanın üst kısmı Giza çölünde yaşayan bir kabile tarafından el yapımı üçgen bir çadırdan oluşmaktadır. Tasarım, güneşe karşı koruma sağlarken aynı zamanda farklı seviyelerde optimal hava soğutma akışını da mümkün kılmaktadır. Bina, Khufu'nun Büyük Piramidi ile ilişkisini incelemek için optimal bir konumda yer almaktadır (URL 8).

Zaman Odası, Cheops Gözlem Evi'nin Büyük Piramit'e bakan bir meditatif gözlem alanıdır. Odanın tekstil çatısı mevsime bağlı olarak hızlı bir şekilde katlanabilir veya açılabilir, böylece açık, kapalı veya açık bir alan oluşturulabilir. Evin mimarisi çevresiyle bağlantılı olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapı, suni ayırıcı veya cam kullanmadan çevresiyle etkileşimde bulunan duysal ve geçirgen bir alan yaratmaktadır. Proje, yerel geleneksel mimarlık ile çağdaş tasarım arasındaki boşluğu kapatmayı ve 21. yüzyılın ekolojik sorunlarına yönelik çözümler sunmayı hedeflemektedir (URL 8).

2.5.6. Farm House - Ürdün

Proje, Jerash'ın dış kesimlerinde yer alan bir çiftlik evi olup, Amman şehrine 30 dakikalık bir mesafededir. Bina, zeytin ağaçlarıyla donatılmış tepelik bir arazide yer almaktadır. Kütleler, doğal peyzaj çizgilerine uyum sağlamakta olup, çevresel dokuya uygun bir parçalı kompozisyonla ilişkilidir. İç mekanların gruplanması çiftlik evinin kütleline uyum sağlarken, şeffaf geçişler aracılığıyla birbirine bağlanmaktadır. Üç kütle, Ammani malzeme paletiyle kontrast oluşturan yumuşak sarı, küçük formatlı taşlarla kaplıdır ve etrafındaki topraksı doğal renklerle uyum sağlamaktadır (URL 9).

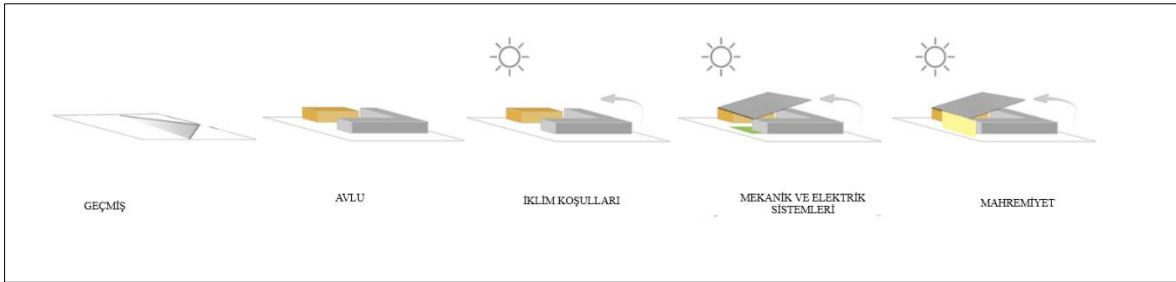
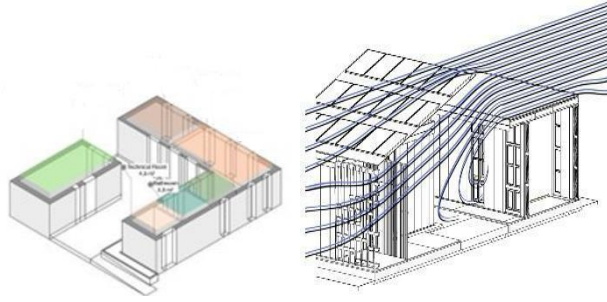


Şekil 2.14. Farm House projesi (URL 9)

Uygulanan tüm malzemeler yerel tedarikçilerden temin edilen yerel malzemelerdir ve minimum maliyetle gerçekleştirilmiştir. Tasarımın hedeflerinden biri, insanların minimum bütçeyle anılarını kutlayabilecekleri basit, modern ve sakin bir mekan yaratmaktır (URL 9).

2.5.7. ReYard House- Fas

ReYard House, Afrika'daki uluslararası bir üniversite sürdürülebilir ve enerji verimli yapı yarışması olan 'Solar Decathlon'ın Afrika edisyonu için Bosphorus Takımı tarafından tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Bosphorus Takımı, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi'nden öğrenci ve öğretim üyelerini içeren İstanbul/Türkiye'nin ilk Solar Decathlon yarışmasına katılan takımıdır. Takım, yarışmada 3 kategoride ödül almıştır: İnovasyon, Mühendislik ve İnşaat, İletişim ve Sosyal Farkındalık (URL 10).



Şekil 2.15. ReYard House projesi (URL 10)

Takım, yerel malzemeleri bugünün teknolojisiyle birleştirerek ve bir mimari proje içinde mikroalg teknolojisini kullanarak geri dönüştürülebilir ve modüler (kolay inşa edilebilir) olması nedeniyle "İnovasyon" kategorisinde birinci olmuştur. Ayrıca, ahşap modüler yapıyla kolayca inşa edilebilen toprak panelleri ve enerji verimli/sürdürülebilir mühendislik sistemleriyle "İnşaat ve Mühendislik" kategorisinde birinci sırayı almıştır. Ek olarak, 1,5 yıl süren hazırlık sürecinde çevrimiçi ve sosyal medya kanallarında yapılan yazılı ve görsel yayınlar, yarışma sürecindeki sunumları ve misafirperverlikleri ve hatta bilgi aktarım yöntemleriyle ziyaretçilere ve diğer takım üyelerine oyunlaştırma (gamification) aracılığıyla bilgi transfer etmeleri sayesinde Bosphorus Takımı "İletişim ve Sosyal Farkındalık" ödülünü kazanmıştır (URL 10).

ReYard House avlusu, sıcak ve kuru çöl iklimi için rahat, gölgeli ve nemli bir alan olarak tasarlanmıştır. Ayırıcı duvarlar, avlu boyunca rüzgarın geçmesine izin vererek sıcaklığı düşürürken dışarıdan gelen görüntüyü sınırlamak için tasarlanmıştır. ReYard House'un güneş panelleri, maksimum verimlilik için ahşap kano üzerine 15 derece eğimli olarak yerleştirilmiştir. Bu kano avluyu güneşten korur ve iklim konforunu sağlar. Ayrıca, rüzgarı avluya yakalar ve alg havuzundan buharlaşma avluyu serinletmeye yardımcı olur (URL 10).

ReYard House'un temel yapı elemanları sıkıştırılmış toprak tabanlı ve ahşap çerçeveli panellerdir. Ev duvarları, yan yana bağlanarak bir araya getirilir. İç ve dış paneller arasında yalıtım malzemesi olarak bambu çubuklar kullanılır. Ev modüler bir sistem olarak tasarlanmıştır. Dışarıda inşa edilen modüler kurulumun izleri iç mekanda da görülebilir (URL 10).

ReYard'da hedeflenen bir diğer şey, mikroalg temelli gelişmiş atıksu arıtma sistemi kullanarak proje su ve karbon ayak izini azaltmaktır. Banyo ve mutfaktan gelen evsel atıksu Membran Biyoreaktörde biyolojik olarak arıtılır. Bu işlem, alg havuzunda kalan anorganik besin maddelerini kullanma avantajı sağlar. Bu yöntem, ikincil amaçlar için kullanılabilen ileri düzeyde arıtılmış tekrar kullanılabilir su elde etmemize olanak tanır. Organik mutfak atıkları ve mikroalg biyokütle kullanılarak kompostlama yoluyla organik gübreler üretilmekte. Ayrıca, bitki büyümesini teşvik eden alg havuzu suyu doğrudan peyzaj sulaması için kullanılır. Alg havuzunda fotosentez yoluyla büyüyen mikroalg, küçük tek hücreli bitkiler olarak kabul edilebilir. Aynı alanda yetişen karasal bitkilere kıyasla, aynı alanda 5-10 kat daha fazla oksijen üretebilirler. Bu nedenle, alg havuzu, ReYard'ın avlusunda bir orman gibi davranır ve atmosferden CO₂ emer (URL 10).

Bu yenilikçi sistemler aracılığıyla atık suyun %80'ini yeniden kullanarak su teminini sağlayabilir. ReYard evi için maksimum enerji verimliliğine ulaşmak için faydalı yenilikçi HVAC sistemleri kullandık. Plakalı ısı geri kazanım ünitesi yaşam odası için gece soğutma sağlarken, seramik kartuşlu tek oda ısı geri kazanım üniteleri yaşam odasını ve yatak odalarını soğutmak için alınan taze havayı soğutmak için kullanılır. Hava kaynaklı ısı pompasının COP değeri, daha yüksek HP COP değerlerinin gece boyunca "soğuk suyu" birikim tankında depolamayı mümkün kılan buharlaştırmalı soğutma vasıtasıyla artırılır. ReYard evinin soğutma ve ısıtma ihtiyacı, bir termal güneş sisteminden destek alan hava kaynaklı ısı pompası sistemiyle karşılanmaktadır. ReYard House'un 2 yıllık tasarım süreci boyunca Bosphorus Takımı üyeleri, endüstri sponsorlarıyla işbirliği içinde üniversitelerinde birçok araştırma ve geliştirme çalışması yürüttüler (URL 10).

2.6. Bölüm Sonu Değerlendirmesi

Bu bölümde, gerçekleştirilen literatür çalışmasında sıcak ve kuru iklimlerde düşük maliyetli konut tasarımı konusu incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, düşük maliyetli konutlar,

düşük gelir grupları için uygun fiyatlarla sunulsa dahi sağlık ve konfor standartlarından ödün vermek zorunda değildir. Bununla birlikte, sürdürülebilir tasarım ilkelerinin düşük maliyetli konut projelerine entegre edilmesi durumunda, daha konforlu, uygun fiyatlı ve enerji verimli yapılar elde etmek mümkündür.

İncelenen örneklerde, düşük maliyetli ve sürdürülebilir konut tasarım sürecinde önemli olan bazı hususlar vurgulanmıştır. Bu hususlar şunlardır:

1. Alan ve altyapıyı ekonomik bir şekilde kullanma: Verimli planlama ve kaynak yönetimiyle maliyetleri düşürmek mümkündür.
2. Kullanıcının sosyal ve kültürel yaşam tarzlarını göz önünde bulundurma: Konutların kullanıcı ihtiyaçlarına uygun olarak tasarlanması önemlidir.
3. Sürdürülebilir malzeme kullanımı: yerel malzeme, çevre dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelerin tercih edilmesi çevresel etkileri azaltır.
4. Pasif tasarım ilkelerinin uygulanması: Doğal aydınlatma, iyi izolasyon ve doğal havalandırma gibi pasif tasarım stratejileri enerji etkinliğini artırır.
5. Yerel işçilik kullanımı: Yerel işgücünün istihdam edilmesi, ekonomik kalkınmaya katkı sağlar ve maliyetleri düşürebilir.
6. Kullanıcının ihtiyaçlarına göre sağlıklı ve konforlu bir konut tasarımı: İyi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin yanı sıra iç mekan kalitesi de önemlidir.
7. Yenilikçi tasarım tekniklerinin geliştirilmesi: Yaratıcı ve yenilikçi tasarım yaklaşımlarıyla daha etkili çözümler bulunabilir.
8. Geleneksel mimari tekniklerin modernleştirilmesi: Yerel mimari öğelerin modern yapı tasarımına entegre edilmesi kültürel değerlere ve iklim koşullarına uygunluğu artırır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, Irak'ın Kerkük ili için yerel malzeme ve yerel işçilik kullanarak, iklim koşullarına dayalı halk için düşük maliyetli, enerji etkin ve konforlu konutlar tasarlanabileceğini öne sürmektedir. Bu tasarım, literatürde yer alan enerji etkin konut ilkeleri ve düşük maliyetli konut tasarımına ilişkin öneriler doğrultusunda gerçekleştirilebilir. Çizelge 2.1'de ise incelenen düşük maliyetli konut tasarım örneklerine dayanarak sıcak ve kuru iklimlere uygun enerji etkin ve düşük maliyetli konutların temel özelliklerini sunmaktadır.

Çizelge 2.1. Sıcak ve kuru iklime dayalı enerji etkin konutların özellikleri

Örnekler	Enerji Etkin Özellikleri	Ek Özellikleri
RB9 Townhouses. Özbekistan 	- Avlu cephesi kuzeye yönlendirilmiş, yaz aylarında doğal havalandırmayı artırır. - Ana odalardaki geniş camlar, doğal ışığı içeri alarak enerji tasarrufuna katkı sağlar. - Güney cephesindeki dar ve gizlenmiş pencereler, güneşten korunma ve iç mekan serinliği sağlar.	Evlerin mimarisi, Orta Asya şehirlerinin geleneksel konut mimarisine atıfta bulunur.
Gando Öğretmenevi . Burkina Faso 	- Yerel malzemeler kullanılmakta. - Çatıdaki açıklıklar doğal havalandırmayı artırır. - Çatı saçakları, iç mekan sıcaklığını düzenler. - Sürdürülebilir inşa yöntemleriyle enerji etkin bir yapı.	- Eğrisel düzen ve çatı tasarımı, geleneksel Burkinabe mimarisine uygun iklimsel uygunluk ve dayanıklılık sağlar. - Yerel topluluk, yapı inşasına aktif katılım sağlar.
Elthora hara. Sudan 	- Yerel malzeme ve tekniklerle inşa edilmiştir. Bu malzemeler, su kullanımını azaltır ve ekolojik ayak izini düşürür. - Bu malzemelerin maliyeti diğer alternatiflere göre daha düşüktür, böylece ekonomik olarak avantajlıdır.	Evlerin planlaması Fiziksel Planlama Bakanlığı tarafından yapılarak, sürdürülebilir ve verimli bir yapı tasarımına odaklanılmıştır.
Madinat sharjah. Birleşik Arap Emirlikleri 	- Atık su arıtma sistemi, yeşil alan sulamasını sağlar. - Biyogaz tesisi, organik atıkları işleyerek elektrik üretir. - Geleneksel tasarım, modern yaklaşımla birleştirilerek enerji etkin bir yapı oluşturulur.	Organik atıklar biyogaz tesisi tarafından enerji üretimi için kullanılır, diğer atıklar ise geri dönüştürülerek atık yönetimi sağlanır.
Cheops Observatory Residence. Mısır 	- Geri dönüştürülmüş malzemelerle yapı. - Doğal ışık ve havalandırma için tasarım. - Mevsime göre katlanabilir, enerji etkinlik. - Güneş enerjisi için stratejik konumlandırma.	Çevre ile etkileşimde, güneş koruması ve hava akışı sağlar.
Farm House . Ürdün 	- Yapı, çevreyle uyumlu yerel malzemeler ve doğal renkler kullanarak güneş ışınlarını absorbe etmeyi önler. - Enerji kullanımını optimize ederken düşük bütçeyle bir mekan oluşturmayı amaçlar.	Yapı, ağaçlarla çevrili tepelik arazide, çevresine uyum sağlayarak doğal enerjiyi etkili bir şekilde kullanır.
ReYard House. Fas 	- ReYard House, yerel malzemeler ve modern teknolojiyi birleştirir. - Modüler yapı ile enerji verimli inşaat sağlar. - Mikroalg temelli atıksu arıtma sistemi ve termal güneş sistemi kullanarak sürdürülebilir su ve enerji sağlar. - Çöl iklimine uygun avlu konsepti ve güneş panelleri, doğal enerjiyi etkili şekilde kullanır.	- Çevrimiçi iletişim ve bilgi paylaşımıyla "İletişim ve Sosyal Farkındalık" ödülü kazanır. - Enerji verimliliği için plakalı ısı geri kazanım üniteleri, seramik kartuşlu ısı geri kazanım üniteleri ve hava kaynaklı ısı pompası sistemi kullanılır.

Çizelge 2.2. Sıcak ve kuru iklime dayalı enerji etkin konutlar üzerine genel bir değerlendirme

Örnekler	Yapı Konumlandırması	Güneşten Korunma	Doğal Havalandırma	Sürdürülebilir Yapı Malzemesi	Yerel İşçili	Yenilenebilir Enerji	Çevreyle Uyum	Renk Seçimi	Sonuç
RB9 Townhouses. Özbekistan	✓	✓	✓		✓			✓	5/8
Gando Öğretmenevi . Burkina Faso		✓	✓	✓		✓	✓		5/8
Elthora hara houses. Sudan				✓	✓				2/8
Madinat sharjah. Birleşik Arap Emirlikleri	✓				✓	✓		✓	4/8
Cheops Observatory Residence . Mısır	✓	✓	✓	✓		✓			5/8
Farm House . Ürdün				✓			✓	✓	3/8
ReYard House. Fas				✓		✓			2/8

Çizelge 2.2’de ise söz konusu seçilen konutların konumlandırması, güneşten korunma, doğal havalandırma, sürdürülebilir yapı malzemesi, yerel işçilik, yenilenebilir enerji kullanımı, çevreyle uyum ve renk seçimi özelliklerinin bulunması durumu ortaya konulmuştur.

Görüldüğü üzere sıcak ve kuru bölgelerde “düşük maliyetli enerji etkin konut inşa etmek” mümkündür.

Sürdürülebilir konutların çevresel faktörlerle uyumlu olarak tasarlanması gerektiğini göstermektedir. Konutların doğal kaynakları etkin bir şekilde kullanması, enerji verimliliği sağlaması ve çevreye olumsuz etkilerini en aza indirmesi önemlidir. Ayrıca, yerel işgücünün istihdam edilmesi ve yerel malzemelerin kullanılması da sürdürülebilirlik açısından önemli bir faktördür. Çizelgedaki örnekler, sürdürülebilir konut inşası konusunda iyi uygulama örnekleri sunmaktadır. Bu özelliklerin bir araya getirilmesi, enerji maliyetlerini düşürmek, çevreye duyarlılık sağlamak ve yerel ekonomiye katkıda bulunmak gibi faydaları beraberinde getirebilir.



3. MATERİYAL VE METOD

Bu aşamada, Irak'ın Kerkük ili için uygun iklim koşullarına, yerel halkın ihtiyaçlarına cevap verebilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımıyla ilgili izlenen yöntem ve kullanılan araçlar açıklanmıştır. Bölgedeki geleneksel bilgilerin değerlendirilmesi, düşük gelir grupları için iklimsel konfora sahip konut tasarımının nasıl olabileceğine dair bir cevap bulmayı ve çalışmanın hipotezini test etmeyi amaçlamaktadır. Materyal bölümünde, Kerkük ili için tasarlanan prototip binanın tanımlanması, binanın modellenmesi ve enerji tüketiminin hesaplanması için kullanılan simülasyon yazılımı ile seçilen tasarım alanının hava durumu verileri açıklanmaktadır. Metodoloji bölümünde ise, araştırma amacına ulaşmak için adım adım izlenen prosedürler detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.1. Araştırmanın Materyali

Bu bölümde, prototip konut tasarımının ve simülasyon yazılımının özellikleri ile tasarım alanı ve şehrin iklimsel verileri ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu bilgiler, araştırmanın temel materyalini oluşturarak metodolojik adımların daha sağlam bir temel üzerine oturtulmasını sağlamaktadır.

3.1.1. Prototip konut tasarımı

Kerkük ili sıcak ve kuru iklim koşullarına uyarlanan prototip konut tasarımı, bölgenin benzersiz çevresel zorluklarına yanıt vermek üzere geliştirilmiştir. Yüksek sıcaklık, güneş radyasyonu ve düşük nem gibi etkenler göz önünde bulundurularak tasarlanan bu öneri, bölgedeki aşırı ısınma sorunlarını hafifletmeyi amaçlamaktadır. Ek olarak, sürdürülebilir yapı malzemeleri kullanılarak çevresel etki en aza indirilmiş ve enerji verimliliği artırılmıştır.

Tasarım, güneş enerjisiyle çalışan sistemlerin yanı sıra fotovoltaik panelleri içermektedir. Doğal havalandırma ve aydınlatma sağlamak adına stratejik olarak konumlandırılan pencereler, iç mekanlarda konfor ve enerji verimliliği sağlar. Bu tasarım, bölge halkının ekonomik gücünü aşan düşük maliyetli konut ihtiyacına yanıt verirken, çevresel sürdürülebilirlik ilkesini benimsemektedir.

3.1.2. Simülasyon yazılım aracı

Bu programlar, tasarımcılara binaların enerji tüketimi, güneş ışığı alımı, ısıtma ve soğutma sistemleri gibi faktörleri simüle etme ve analiz etme imkanı sunmaktadır. Bu sayede tasarımcılar, daha verimli ve sürdürülebilir binalar tasarlamak için daha iyi kararlar alabilirler. Simülasyon programlarının kullanımı, sıfır enerji binaların tasarım sürecinde önemli bir rol oynamakta ve tasarım sürecini optimize etmektedir (Attia ve diğerleri, 2012).

Bina tasarımı

Bu aşamada, yazılım aracına koordinatların eklenmesi veya AutoCAD, Google SketchUp, Revit gibi programlardan dosyanın yüklenmesiyle gerçekleştirilebilir. Yapının oluşturulmasında, sadece boyutlar ve geometri değil, aynı zamanda kullanılan malzemelerin yapı bileşenlerinde belirlenmesi de kritik öneme sahiptir.

Bina simülasyonu

Model tamamlandıktan sonra, bina simülasyonu için yazılım aracını çalıştırmak için dikkate alınması gereken değişkenler oluşturulmalıdır. Herhangi bir binanın termal performansı, işlevine bağlı olarak farklılık gösterdiği için belirtilmesi gereken birkaç parametre bulunmaktadır: Bina tipi (konut, ofis vb.), insan faaliyetleri, mevcut ekipmanlar (aydınlatma, soğutma, klima sistemleri, fırınlar vb.) ve günlük programlar.

Sonuçların analizi

Yazılım aracı çalıştırıldıktan sonra, değişken setindeki herhangi bir hata veya önemli uyumsuzluk titizlikle kontrol edilmelidir. Karşılaştırmalı enerji simülasyon analizlerinde, Revit ve Autodesk Insight'ın, tasarımcıların, mühendislerin ve mimarların binanın kavramsal aşamasında çeşitli seçenekleri değerlendirmelerine yardımcı olan en etkili araçlar olduğu iddia edilmektedir (Mahiwal ve diğerleri, 2021).

Autodesk revit

Revit, inşaat şirketlerinin, yapı mühendislerinin, mimarların ve makine, mühendislik ve sıhhi tesisat (MEP) hizmet sağlayıcılarının tasarım, 3D görselleştirme, analiz ve diğer inşaat operasyonlarını yönetmelerine yardımcı olan bir bina bilgi modelleme (BIM) yazılımıdır. Şekilleri, yapıları ve sistemleri parametrik doğruluk, hassasiyet ve kolaylıkla 3B olarak modelleme imkanı sağlamaktadır (URL 12).

Revit, ekiplerin dosyaları paylaşmasına, aynı anda projeler üzerinde çalışmasına ve birden fazla departman arasında iş birliğini kolaylaştırmak için paylaşılan bir çalışma alanındaki tasarımlara notlar veya açıklamalar eklemesine olanak tanıyan iletişim yönetimi araçlarını içerir. Özellikler arasında süreç tasarımı ve dokümantasyonu, 2D levha içe/dışa aktarma, inşaat koordinasyonu, imalat yönetimi ve daha fazlası yer alır. Ek olarak, mühendisler yükseklikler, kat planları ve 3B görünüm gibi çeşitli model tabanlı tasarımlar oluşturabilir (URL 13).

Revit, yöneticilerin inşaat yaşam döngüsü boyunca enerji ve çevresel performansı yönetmek için operasyonlar ve kaynakların kullanımı hakkında bilgi edinmesine olanak tanıyan Autodesk Insight 360 uygulamasıyla entegrasyonu destekler.

Autodesk Insight 360

Autodesk Insight, erken tasarım aşamalarında enerji verimliliği, termal konfor, fotovoltaiik ve aydınlatma için enerji modeli ve simülasyon araçları sunan bir eklentidir. Bu aracın kullanımı öncelikle Autodesk yazılımının kullanıcılarına ve/veya üyelerine yöneliktir; ayrıca öğrenciler için araştırma amaçlı 3 yıl boyunca ücretsiz olarak kullanılabilir (URL 14).

Insight, mimarlara ve mühendislere, gelişmiş simülasyon motorları ve Revit'e bütünleşmiş bina performans analizi verileriyle daha enerji verimli binalar tasarımları için güç sağlar. Bazı özellikleri şunlardır:

- Çevresel performans için güçlü bir kılavuz olarak görülmektedir.
- Bina yaşam döngüsü boyunca enerji ve çevresel performansı hızlı bir şekilde geliştirmektedir."

- Temel performans göstergelerini, ölçütleri, faktörleri, aralıkları ve özellikleri gerçek zamanlı neden-sonuç geri bildirimi ile görselleştirmekte ve etkileşimde bulunarak kullanıcıyı daha iyi sonuçlara yönlendirmektedir." (URL 14).

Insight, EnergyPlus ve DOE 2.2 ile uyumlu olarak çalışarak dinamik termal enerji simülasyonu ve bina sistem etkileşimlerini destekler. Aynı zamanda gün ışığı özerkliği, yıllık güneş ışığına maruz kalma gibi temel ölçümleri simüle edebilir, hesaplayabilir ve görselleştirebilir. Autodesk ürünü Insight 360, Revit ile yüksek uyumluluğa sahip olup, enerji analizini hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirmek için tasarım sürecine katkı sağlar (URL 14).

Enerji simülasyon süreci, tasarım alanının yerel özellikleri ve iklim verilerine dayanır. Bu sebeple, alanın konumunu ve iklimini doğru bir şekilde anlamak kritiktir.

3.1.3. Kerkük'te düşük maliyetli konut projesi

Kerkük'te yürütülen düşük maliyetli konut projesi, yoksul ailelere yönelik önemli bir sosyal konut girişimi gerçekleştirdi. Proje, Irak Planlama Bakanlığı ile yerel yönetim arasında iş birliği çerçevesinde gerçekleştirilmiş olup, toplamda 20 dönümlük bir arazi üzerine inşa edilmiştir. Proje kapsamında, her biri 200 metrekare büyüklüğünde 120 konut inşa edilmiştir. Konutlar, yatak odası, oturma odası, mutfak, banyo, bahçe, garaj ve yeşil alanlar gibi donatılarla birlikte, asfaltlanmış yollar ve temel altyapı hizmetleri (su ve elektrik) ile desteklenmiştir.

COVID-19 pandemisi sebebiyle 2020 yılında durdurulan projenin tamamlanması 2021 yılında 420 gün süren bir süreç sonunda mümkün olmuştur. Her bir konutun inşa maliyeti 40 milyon Irak dinarı olarak belirlenmiş olup, projenin toplam maliyeti 6 milyar 72 milyon Irak dinarına ulaşmıştır. Bu proje, Kerkük ilinde düzensiz yerleşim sorunlarını çözmek ve konut yetersizliğini hafifletmek amacıyla önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Kerkük, Irak'ta inşa edilen bu düşük maliyetli konut projesinin vaziyet planı, Şekil 3.1'de gösterildiği üzere yerleşim yoğunluğunu optimize eden ve temel sürdürülebilirlik ilkelerini gözetken bir düzenleme sunmayı amaçlamaktadır. Yerleşim birimlerinin tekrarlı ve düzenli

bir şekilde konumlandırılması hem altyapı maliyetlerini düşürmeyi hem de topluluk yapısını güçlendirmeyi amaçlamaktadır.



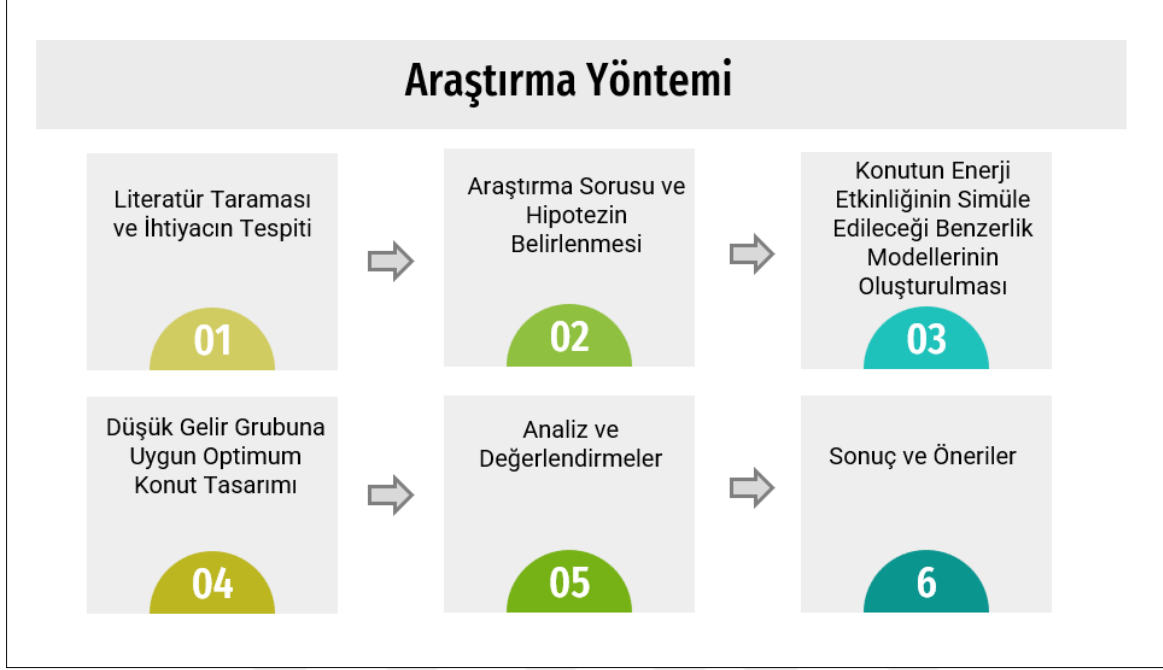
Şekil 3.1. Kerkük’te düşük maliyetli konut projesi (Kerkük Valiliği, Projeler Dairesi)

Kerkük’ün Multeka kasabasında yoksul ve zarar görmüş bölgelerde 192 konuttan oluşan başka bir düşük maliyetli konut projesinin temeli de atılmıştır. Bu yeni girişim, yoksullukla mücadele stratejisinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

3.2. Araştırma Metodolojisi

Araştırmanın ilk aşamasında, konunun amacını, önemini ve mevcut çalışmalardan farkını belirlemek amacıyla bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, konunun temel kavramları ve değerlendirme parametreleri üzerinde durulmuş, aynı zamanda bölgenin yerel mimari değerleri ve bölge sakinlerinin ihtiyaçları tespit edilmiştir. Bu kapsamlı inceleme

sonucunda, araştırma sorusuna cevap bulmak ve hipotezi test etmek için önerilen tasarımın uygulanmasında takip edilmesi gereken adımlar Şekil 3.2’de belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Araştırma yöntemi

Araştırmanın devamındaki aşamada ise, odak noktası düşük gelir grubuna uygun konut tasarımına yöneltilmiştir. Bu aşamada, literatür taramasından elde edilen veriler ışığında, Kerkük halkının yaşam kültürüne uygun mekânsal özelliklere sahip, sıcak iklim koşullarına uygun konfor sağlayan, enerji tasarruflu ve düşük gelir gruplarının konut ihtiyaçlarını karşılayan bir tasarım geliştirilmiştir.

Araştırmanın son aşamasında ise, önerilen konutun enerji verimliliğini test etmek amacıyla benzerlik modelleri oluşturulmuştur. Bu aşamada, uluslararası alanda kabul gören "Insight 360" adlı enerji simülasyon yazılım aracı kullanılarak önerilen tasarımın enerji verimliliği detaylı bir şekilde incelenmiş ve test edilmiştir. Bu süreç, araştırmanın temel bulgularını desteklemek ve önerilen konut tasarımının pratik uygulanabilirliğini doğrulamak amacıyla önemli bir adım olmuştur.

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN DÜŞÜK MALİYETLİ KONUT TASARIMI VE SİMÜLASYONU

4.1. Düşük Gelir Grubuna Uygun Optimum Konut Tasarımı

Bu bölümde, Irak'ın Kerkük ilinde giderek artan konut sıkıntısına çözüm bulmak amacıyla, literatürde belirtilen enerji etkin konut ilkeleri ve düşük maliyetli konut tasarımıyla ilgili özetlenmiş hususlara dayanarak bir konut prototipi tasarlanmıştır. Projenin enerji etkinliği, bilgisayarlı simülasyon yöntemi ile test edilerek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Kerkük'te düşük maliyetli konut projesi

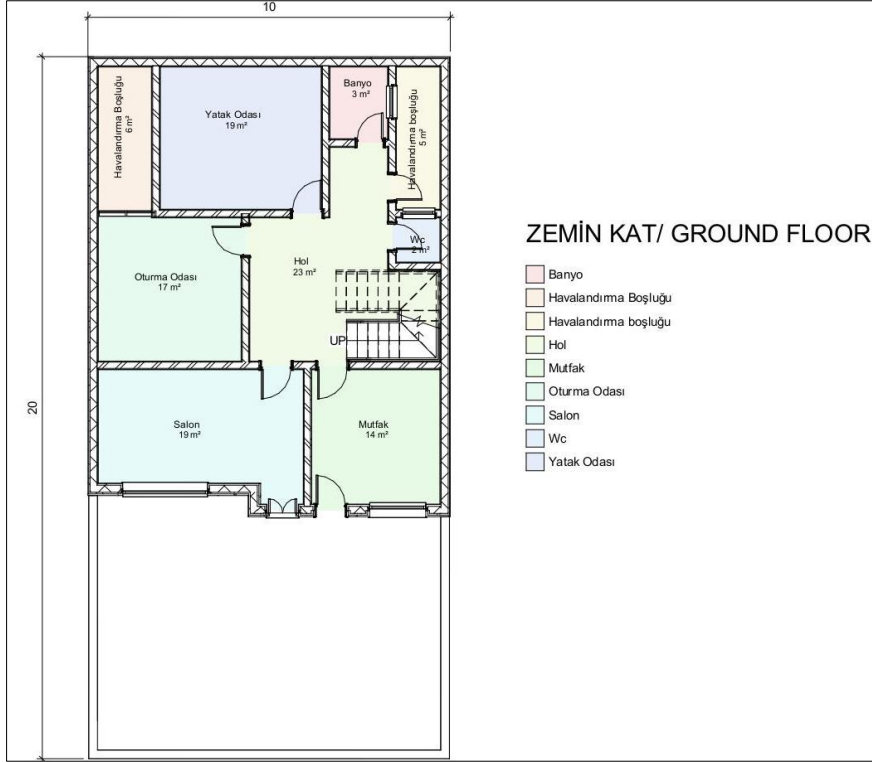
Kerkük'te düşük gelirli ailelere yönelik olarak yürütülen sosyal konut projesi, Irak Planlama Bakanlığı ile yerel yönetim arasında yapılan iş birliği çerçevesinde hayata geçirilmiştir. Şekil 4.1'de belirtilen Kerkük'te Düşük Maliyetli Konut Projesi Toplamda 20 dönümlük bir arazi üzerine inşa edilen ve her biri 200 metrekare büyüklüğünde olan 120 konut, yatak odası, oturma odası, mutfak, banyo, bahçe, garaj ve yeşil alanlar gibi çeşitli donatılarla birlikte temel altyapı hizmetleri (su ve elektrik) ile donatılmıştır.



Şekil 4.1. Konut projesi (Kerkük Valiliği, Projeler Dairesi)

Her bir konutun inşa maliyeti 40 milyon Irak dinarı (yaklaşık 36000 dolar) olarak belirlenmiş olup, projenin toplam maliyeti 6 milyar 72 milyon Irak dinarına (yaklaşık 4 milyon 700 bin dolar) ulaşmıştır. Şekil 4.2'de gösterilen proje planı, Kerkük'teki düzensiz yerleşim

sorunlarının çözülmesi ve konut açığının azaltılması amacıyla geliştirilen konut projeleri, bölgedeki yerleşim düzeninin iyileştirilmesine ve konut ihtiyacının karşılanmasına yönelik önemli bir adım teşkil etmektedir. Bu projeler, hem yerel halkın yaşam kalitesini artırmayı hem de sürdürülebilir ve ekonomik çözümler sunmayı hedeflemektedir Çizelge 4.1’de değerlendirilmektedir.

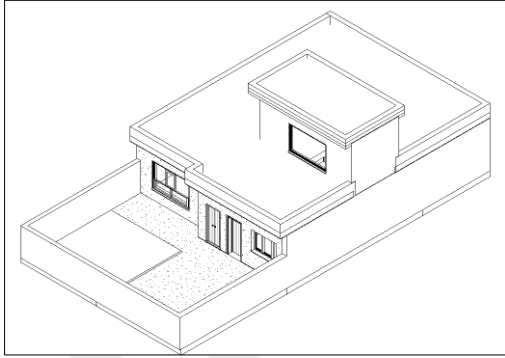


Şekil 4.2. Kerkük’te düşük maliyetli konut planı (Abdulkhaleq, 2025)

Çizelge 4.1. Prototip binanın detayları (Abdulkhaleq, 2025)

Konut detayları	Tanımlama
Arsa alanı	200 m ²
İnşaat alanı	120 m ²
Kat sayısı	2
Kat yüksekliği	3
Zemin kat alanı	120
Birinci kat alanı	14
Duvar malzemesi	Tuğla
Taşıyıcı sistem	Yığma Yapı (tuğla duvarlar)
Soğutma sistemi	Doğal havalandırma

Tasarım sürecinde, Kerkük'te inşa edilen sosyal konutlar için yerel iş gücünün kullanılması ve yerel malzemelerden yararlanılmasına özen gösterilerek, gerektiğinde genişletilebilecek bir tasarım yaklaşımı benimsenmiştir.



Şekil 4.3. Üç boyutlu model (Abdulkhaleq, 2025)

Bu tasarım, kullanıcıların ihtiyaçlarına, bütçelerine ya da aile birimlerinin büyümesine bağlı olarak konutun genişletilmesine olanak tanımaktadır. Genişletilebilir tasarım yaklaşımı, kentsel yayılma ve altyapı eksikliklerine karşı bir çözüm sunarak projenin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır.

Kerkük'te düşük gelirli ailelere yönelik inşa edilen sosyal konut projesi, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Projede kullanılan malzemeler, inşaat teknikleri ve enerji performansı, yerel iklim koşulları ve mevcut altyapı dikkate alınarak detaylı bir şekilde analiz edilmelidir.

İlk aşamada, projede kullanılan inşaat malzemeleri (beton, çelik, tuğla, yalıtım malzemeleri vb.) derinlemesine incelenecek, bu malzemelerin termal özellikleri, dayanıklılığı ve enerji verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilecektir. Özellikle yalıtım malzemeleri, yapıların enerji tüketimini azaltmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, yalıtım sistemlerinin bina içi sıcaklık kontrolüne olan katkısı analiz edilerek, enerji verimliliğine ne ölçüde katkıda bulunduğu belirlenecektir.

Bir sonraki aşamada, bina enerji performansını modellemek ve analiz etmek amacıyla simülasyon yazılımları kullanılacaktır. Bu simülasyonlar, yapının enerji tüketim düzeyini belirlemeye yönelik olup, iklim koşulları, güneş ışığı alma durumu, rüzgar yönü ve hızının

yapı üzerindeki etkilerini dikkate alacaktır. Bu kapsamda, binalarda kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma (HVAC) sistemlerinin verimliliği incelenecek ve enerji optimizasyonu üzerine çalışmalar yürütülecektir.

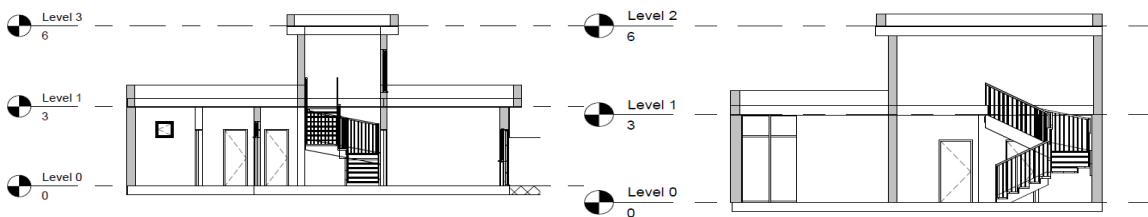
Simülasyonlar sırasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da değerlendirilecektir. Güneş panelleri ve doğal havalandırma sistemleri gibi çözümler incelenerek enerji verimliliğini artırma potansiyeli araştırılacaktır. Bu analiz, binanın karbon ayak izini ve enerji tasarrufu kapasitesini değerlendirmek için önemli bir temel sağlayacaktır.

Son aşamada, yapılan simülasyonlara dayalı olarak projede enerji verimliliğini artırmaya yönelik düzeltmeler ve iyileştirmeler uygulanacaktır. Bu düzeltmeler, daha verimli yalıtım malzemeleri kullanımı, yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu ve HVAC sistemlerinin optimizasyonu gibi öneriler içerecektir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda, enerji performansı ve maliyet analizi tekrar gözden geçirilecektir.

Bu aşamadan sonra, projede kullanılan enerji ve malzeme maliyetleri yeniden hesaplanacak ve elde edilen enerji tasarrufuyla maliyetler karşılaştırılacaktır. İlk simülasyon sonuçlarıyla yapılan düzeltmeler sonrası elde edilen veriler karşılaştırılarak, enerji verimliliği ile maliyet dengesi analiz edilecektir. Bu karşılaştırmalı analiz, projenin sürdürülebilirliğini artırmak ve gelecekte benzer projeler için uygulanabilir stratejiler geliştirmek adına önemli sonuçlar ortaya koyacaktır.

4.1.2. Malzeme ve yapım

Duvarlar, beton tuğlalar kullanılarak inşa edilmiş olup dış cephede uygun yüzeylerde harç uygulanmıştır. Duvar yapımı, sıva harcıyla kaplanarak güçlendirilmiş ve son olarak boya işlemiyle tamamlanarak görünüm kazandırılmıştır.



Şekil 4.4. Şematik kesitler (Abdulkhaleq, 2025)

Pencereler, PVC çerçeveye sahip olup tek cam katmanından oluşmaktadır. Zeminler, yerel malzemelerden üretilmiş fayanslarla kaplanmış olup bu işlemde yalıtım malzemesi kullanılmamıştır.

Yapılan iyileştirmeler sonucunda, Kerkük'te enerji etkinliği hedeflenerek inşa edilen konutlarda iklim koşullarına uygun yalıtım malzemeleri ve geliştirilmiş yapı bileşenleri kullanılmaktadır. Bu konutlarda, dış cephe duvarlarında yüksek yoğunluklu taş yünü ve polistiren bazlı levhalar kullanılarak iç mekandaki ısı kaybı en aza indirilmektedir. Çatı ve zemin yalıtımında da benzer malzemeler tercih edilerek, ısıtma enerjisi açısından tasarruf sağlanmaktadır. Pencere ve kapı çerçevelerinde çift camlı PVC malzemeler tercih edilerek hava sızdırmazlık artırılmakta ve iç ortam sıcaklığının korunmasına katkı sağlanmaktadır. Bu iyileştirmeler sayesinde, enerji verimliliği artmayı hedeflemekte; böylece kullanıcıların iklimlendirme maliyetleri düşerken, çevresel sürdürülebilirlik de desteklenmektedir.

4.2. Yapı Simülasyonu

Bu bölümde, prototip konutun enerji analizleri ele alınmaktadır. Tüm simülasyonlar, Autodesk Revit ve Autodesk Insight enerji modelleme ile analiz yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen bulgular, ilerleyen bölümlerde değerlendirilerek tartışılacaktır.

4.2.1. Simülasyon verilerin tanımlanması

Autodesk Revit kullanılarak bir binanın üç boyutlu modeli oluşturulmuş ve başlangıç enerji analizi tamamlanmıştır. Daha ayrıntılı enerji simülasyon analizleri ise Autodesk Insight platformunda gerçekleştirilmiştir. Genel olarak Autodesk yazılımlarında enerji simülasyon süreci aşağıdaki adımları içermektedir:

- İlk olarak, önerilen prototip bina hakkında gerekli tüm veriler toplanır ve bu verilere dayanarak binanın iki boyutlu çizimi yapılır.
- Autodesk Revit yazılımı kullanılarak, bu çizime dayanarak binanın üç boyutlu modeli geliştirilir.
- Duvar malzemeleri, çatı, pencere türleri, HVAC sistemi, priz yükü gibi çeşitli bina bileşenlerine ilişkin gerekli ayarlamalar ve güncellemeler yapılır.

- İnternet haritalama hizmeti kullanılarak, analiz edilecek binanın konumu ve coğrafi özellikleri yazılıma tanımlanır.
- Yazılımın analiz paneli üzerinden enerji ayarları ve gelişmiş enerji ayarları yapılır.
- Revit'te bulunan analiz paneli yardımıyla otomatik olarak bir bina enerji modeli oluşturulur.
- Optimizasyon sürecine geçilmesiyle birlikte, oluşturulan bina enerji modeli Autodesk Insight'a aktarılır ve burada analizler gerçekleştirilir. Insight, uygulanan çeşitli tasarım senaryolarına göre potansiyel performans sonuçlarını hesaplayarak sunar.
- Son aşamada, Autodesk Insight'ta belirlenen sabit girdiler temel alınarak binanın enerji ihtiyacı ve maliyetine dair tahminler yapılır.
- Bu süreç, bina enerji performansını analiz etmek ve maliyetleri optimize etmek amacıyla Autodesk yazılımlarının sağladığı kapsamlı simülasyon olanaklarını içermektedir.

Çizelge 4.2'de Modelin simülasyon parametreleri detail olarak incelenmiştir. Çizelge 4.2

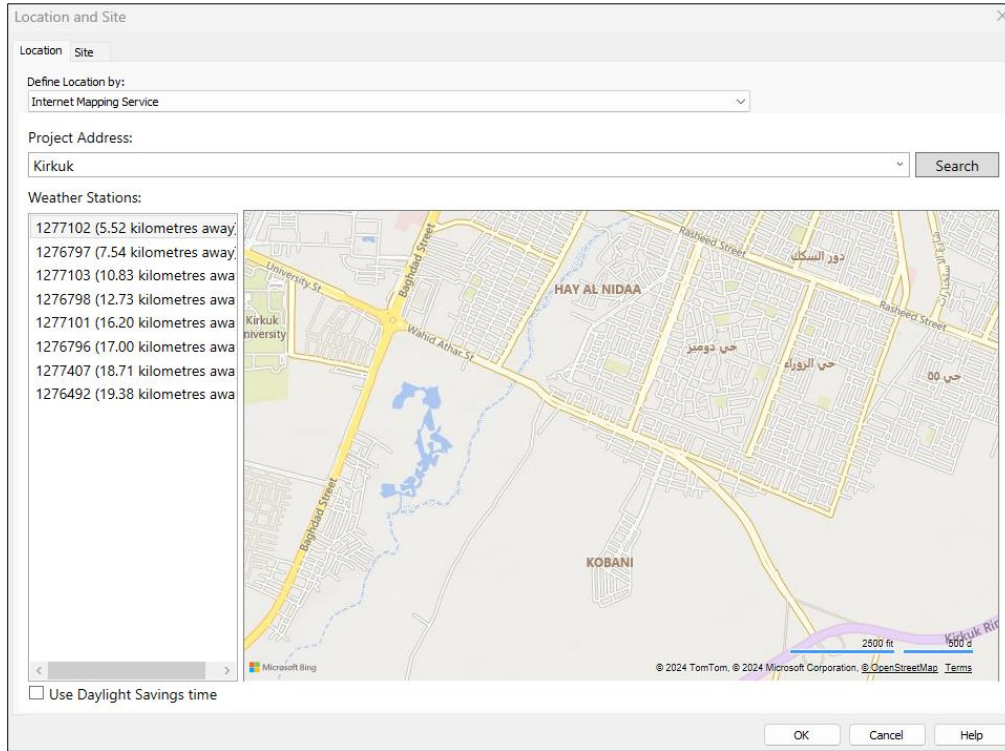
Modelin simülasyon parametreleri

Çizelge 4.2. Modelin simülasyon parametreleri

Modelin Simülasyon Parametreleri				
Yapı Kabuğu				
Pencere/Duvar oran hesaplaması		Toplam net boşluk alanı / Net dış duvar alanı x 100% = Pencere/Duvar oranı (WWR)		
		4.25 * 50.4 x100 = 8.4 %		
Parametere			değer	
Konum: Irak - Kerkük				
Enlem			35.4655761	
Boylam			44.3803921	
Yükseklik			350m (deniz seviyesinden)	
İklim tipi			sıcak ve kurak	
Simülasyon Modeli				
Birleşen		Malzeme	Kalınlık (cm)	U değeri (W/m2K)
Duvar	İyileştirme Öncesi	Beton blok	20	1 - 1.5
	İyileştirme Sonrası	Beton duvar tuğlaları - düşük yoğunluklu	20	0.4 - 0.7
Çatı	İyileştirme öncesi	Şantiye yerinde dökme beton	20	1.4 - 1.9
		Kereste	4	
		Asfalt bitüm ile birleştirilmiş çatı beton kiremitleri	4	0.4 - 0.7
	İyileştirme sonrası	Alçıpan	2	
		Hava boşluğu	2	0.11
		Sert yalıtım panelleri	6	
Zemin	İyileştirme Öncesi	Kereste	2	
		Feyans	2	
		Sert yalıtım panelleri	15	1.4 - 1.9
	İyileştirme Sonrası	Nem geçirmez malzeme	6	
		Asfaltla doygunlaştırılmış keçe		
		Şantiye yerinde dökme beton	0.15	
Cam	İyileştirme Öncesi	Tek cam (normal cam)	0.4 0.6	5.0 - 6.0 W/m²K
	İyileştirme Sonrası	Low-E Cam (Düşük Emisyonlu Cam)	2.4 - 3	1.1 - 1.5 W/m²K
Sistem tipi		HVAC sistemi		
Doğal Havalandırma		Var		

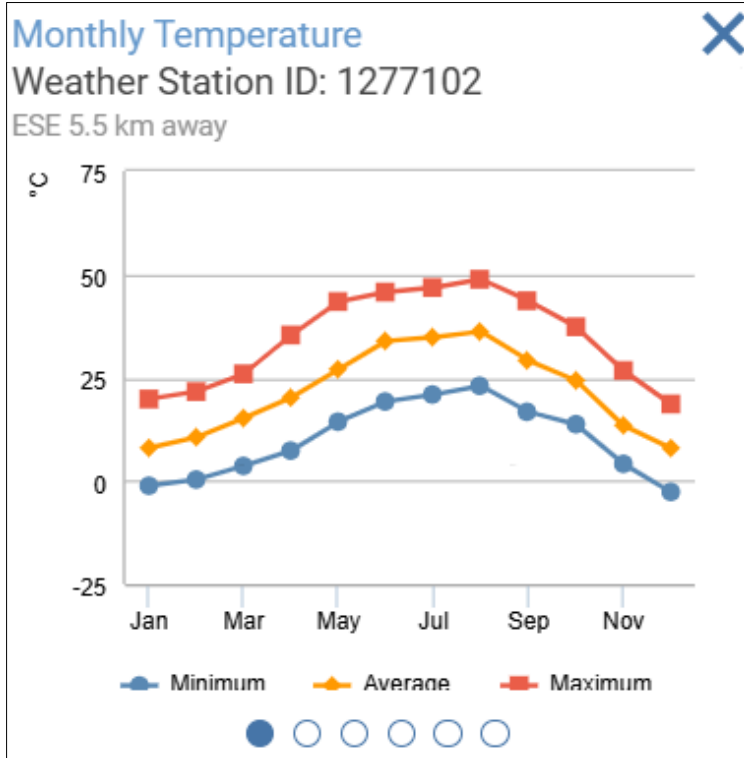
Konumun Revit'te belirlenmesi

Yukarıda belirtilen tasarım alanının konumuyla ilgili gerçekleştirilen araştırmalar doğrultusunda, Şekil 4.5'de Revit yazılımında internet haritalama hizmeti veya varsayılan şehir listesi kullanılarak proje konumu ayarları güncellenmektedir. Bu güncelleme, proje konumunun detaylarını belirlemekte ve analiz sürecine önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle, proje alanının en yakın meteoroloji istasyonuna erişim sağlanarak, hava durumu verileri ve iklim bilgileri elde edilmektedir. Bu bilgiler, enerji analizi sürecinin doğruluğunu artırmakta ve tasarım kararlarının temellendirilmesine yardımcı olmaktadır



Şekil 4.5. Revit'te proje konumunun belirlenmesi (Revit programı)

Şekil 4.6'de gösterilen grafikte ağustos ayına ait Kerkük'teki aylık sıcaklık değişimlerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Ağustos ayında kaydedilen en yüksek sıcaklık 48.8°C, ortalama sıcaklık 36.1°C ve en düşük sıcaklık ise 23.0°C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Kerkük ili hava durumu (Revit programı)

Yılın diğer aylarına ilişkin veriler incelendiğinde, kış aylarında sıcaklıkların belirgin bir düşüş gösterdiği, yaz aylarında ise dikkate değer bir artış yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu durum, bölgenin karasal iklim karakteristiklerine sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Karasal iklim, yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise soğuk ve yağışlı geçmesi ile tanımlanır. Bu iklim özelliği, Kerkük'ün sıcaklık değişimlerinin mevsimsel dalgalanmalarına yansımaktadır.

Enerji ayarları ve gelişmiş enerji ayarları

Enerji simülasyonunun gerçekleştirilmesinde, Revit tarafından sağlanan duvarlar, kapılar, çatılar, pencereler ve zeminler gibi bileşenlere dair bilgilerin enerji modelinde kullanılması önem arz etmektedir. Mevcut enerji ayarları, enerji modelinin oluşturulma sürecini yönetmek ve yapı elemanlarının enerji verimliliğine etkisini incelemek için kullanılmaktadır. Ek olarak, modelleme aşamasında dikkate alınan malzeme özellikleri ve termal boşluk özellikleri gibi ek verilerin entegre edilmesinde de bu ayarlar temel bir rol oynamaktadır.

Enerji optimizasyonunun ilk aşamasında enerji ayarlarının kullanımı zorunlu olmamakla birlikte, modelin oluşturulmasında varsayılan enerji ayarları temel alınarak belirli varsayımlar yapılmaktadır.

Şekil 4.7’de gösterildiği üzere Revit analiz panelindeki enerji ayarı ve gelişmiş enerji ayarı seçenekleri, binanın türü, kullanımı ve projenin amacına ilişkin detayların (örneğin, projenin profesyonel veya akademik bir çalışmanın parçası olup olmadığı) belirlenmesine imkan tanır. Bu aşamalar, enerji simülasyonunun doğruluğunu artırarak tasarım sürecinde daha verimli ve etkili kararların alınmasına katkı sağlamaktadır.

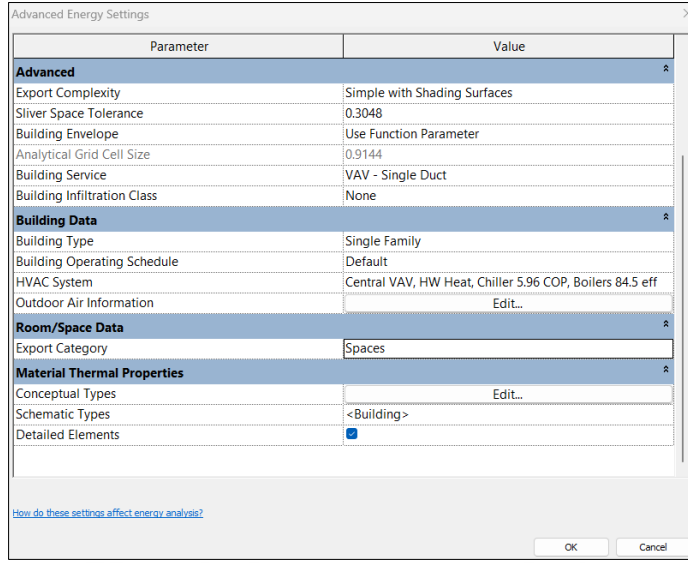
Parameter	Value
Energy Analytical Model	
Mode	Use Building Elements
Use Only Elements Visible In Current View	☐
Ground Plane	Level 0
Project Phase	New Construction
Analytical Space Resolution	0.4572
Analytical Surface Resolution	0.3048
Perimeter Zone Depth	4.5720
Perimeter Zone Division	☐
Average Vertical Void Height Threshold	1.8288
Horizontal Void/Chase Area Threshold	0.093 m²
Reports Folder Path	\\<ProjectName>_Reports
Advanced	
Other Options	Edit...

[How do these settings affect energy analysis?](#)

OK Cancel

Şekil 4.7. Revit’te enerji ayarları (Revit programı)

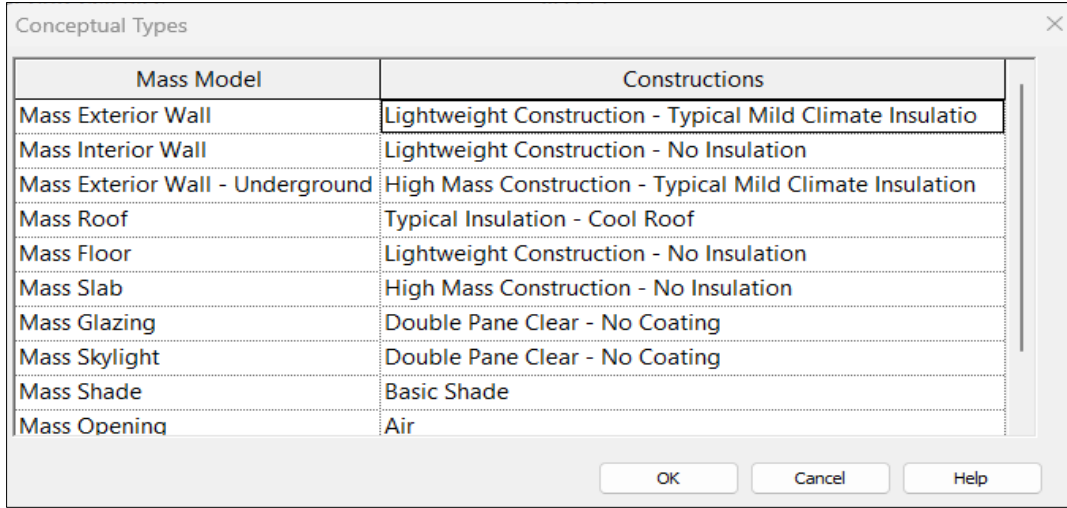
İlk enerji analizinin tamamlanmasının ardından, Şekil 4.8’de Gösterildiği üzere yapının enerji tüketimini etkileyen unsurları tanımlamak amacıyla gelişmiş enerji ayarlarına geçiş yapılır.



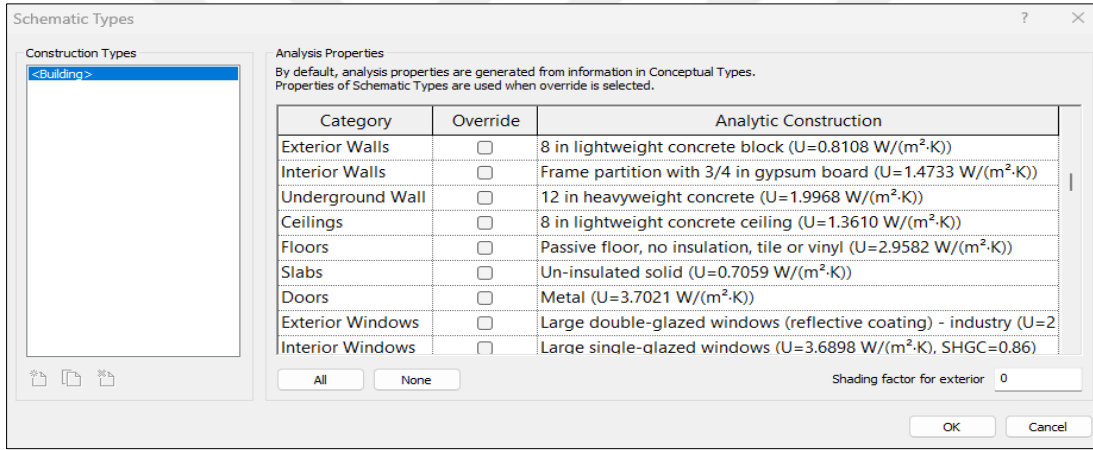
Şekil 4.8. Revit'te gelişmiş enerji ayarı (Revit programı)

Her bir malzeme için ısı direnç ve ısı transfer katsayısı değerleri, yazılım üzerinde mevcut olup, binanın inşasında kullanılan malzeme tipine göre seçilmektedir. Yapı malzemelerinin ısı özelliklerinin dikkate alınması gerektiğinde, Revit'te bulunan malzeme ısı özellikleri seçeneği kullanılabilir. Bireysel yapı elemanlarının kavramsal türleri, gelişmiş enerji ayarlarında “kavramsal tipler” seçeneği aracılığıyla Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**9’da gösteriliği üzere değiştirilebilmektedir. Bu değerlerin bazıları, yazılımda varsayılan ayarlar olarak tanımlanmıştır.

Kavramsal tipler seçeneği içerisinde, bireysel yapı elemanları seçilerek düzenlenebildiği Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Ancak, bu simülasyon süresince kullanılan değerler, ayarlardaki varsayılan değerlerdir.



Şekil 4.9. Malzeme termal özellikleri: kavramsal tipler (Revit programı)



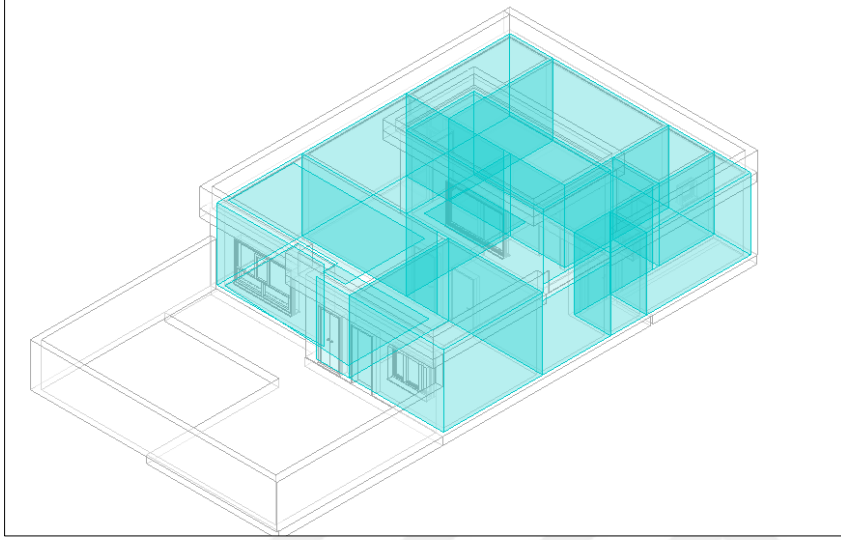
Şekil 4.10. Malzeme termal özellikleri: analitik tipler (Revit programı)

Enerji ayarı ve gelişmiş enerji ayarlarının tamamlanmasının ardından, “enerji modeli oluştur” seçeneği kullanılarak otomatik bir enerji analitik modeli oluşturulur. Bu özellik, enerji analitik modelinin simülasyon öncesinde incelenmesine ve doğrulanmasına imkan tanır. Hızlı ve etkili bir enerji analizinin kritik bileşenlerinden biri, binanın enerji modelinin bu şekilde otomatik oluşturulmasıdır. Bu durum, yapı analizi için özel bir model tasarlama gerekliliğini ortadan kaldırarak süreci daha verimli hale getirir.

Enerji modeli

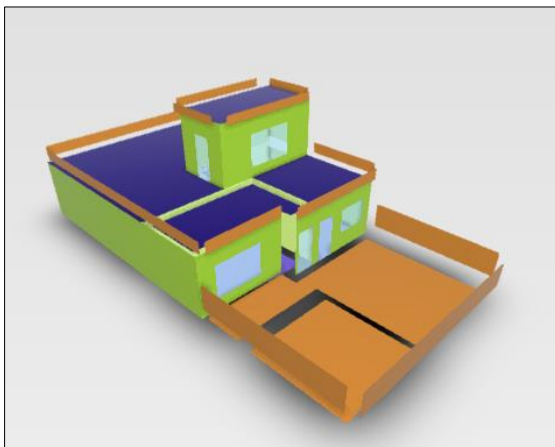
Revit tarafından sağlanan konum, iklim verileri ve yapı elemanlarının termal özellikleri gibi girdiler temel alınarak, enerji modeli Insight için simülasyona uygun bir biçimde oluşturulur.

Bu süreçte, modeldeki çeşitli bileşenler için temel renk kodları kullanılarak görsel bir temsil oluşturulur. Şekil 4.11'te, Revit ile üretilen enerji modeline ait bir görsel örnek sunulmuştur. Bu renk kodları, bileşenlerin termal performansını hızlıca değerlendirmeye olanak sağlar ve simülasyonun ön analiz aşamasında Insight'a veri akışını destekler.



Şekil 4.11. Revit ile oluşturulan enerji modeli (Revit programı)

Enerji analitik modeli oluşturulduktan sonra, enerji optimizasyon süreci başlar ve enerji optimizasyon aracı kullanılarak analiz yapılır. Autodesk Insight eklentisi aracılığıyla analiz sonuçlarına ulaşılır. Şekil 4.12’de Insight ile oluşturulan enerji modelinin görseli sunulmaktadır.

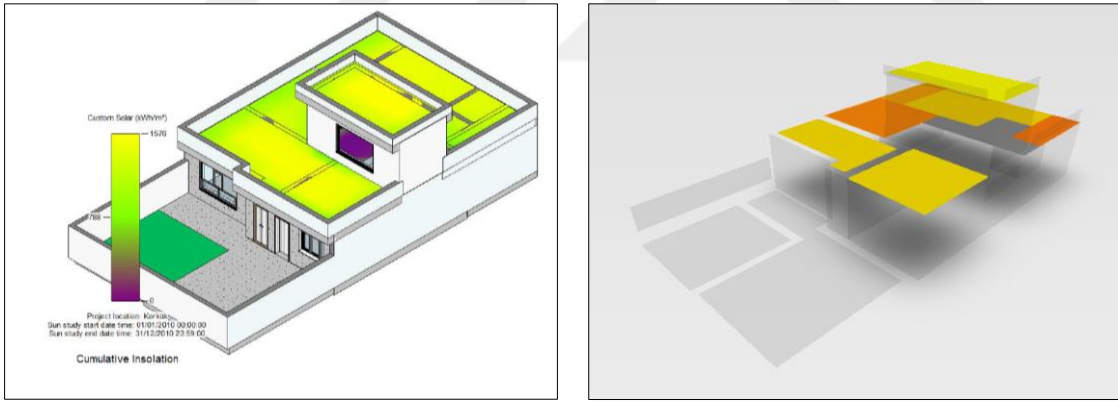


Şekil 4.12. Insight ile oluşturulan enerji modeli (Revit programı)

Enerji analiz sürecinin tamamlanmasının ardından, Autodesk Insight'tan elde edilen grafiksel veriler ile her bir yapı elemanının mevcut enerji oranları ayrı ayrı incelenmektedir. Bu inceleme neticesinde, Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) ve enerji maliyetine dair sonuçlar elde edilmektedir.

PV panel verimlilik analizi

PV panellerinin verimliliği, yüzey alanına düşen güneş ışınımının ne kadarının elektrik enerjisine dönüştürülebildiği ile doğrudan ilişkilidir. Autodesk Insight kullanılarak yapılan PV enerji analizleri, prototip yapının konumu ve yönelimi göz önüne alındığında, çatı eğimi ve şeklinin PV panellerinin kurulumunda yüksek enerji potansiyeli sağladığını Şekil 4.11’de göstermektedir. PV sistemleri, elektrik üretimi açısından etkili bir seçenek olarak değerlendirilmekte olup, binanın enerji verimliliğine önemli katkılar sunmaktadır. Böylelikle, PV’den elde edilen elektrik, gece aydınlatması, sıcak su üretimi ve televizyon gibi çeşitli uygulamalarda sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir.



Şekil 4.13. Revit PV analizi (Revit programı)

4.2.2. Sonuçların değerlendirilmesi

Bu çalışma, Revit ve Autodesk Insight kullanarak yapılan enerji simülasyonları ile düşük gelirli konutların enerji verimliliğini artırma amacını taşımaktadır. Enerji ayarları ve gelişmiş enerji ayarları, yapı elemanlarının termal özelliklerini ve malzeme seçimlerini optimize etmek için önemli rol oynamaktadır. PV panel verimlilik analizi, çatı eğimi ve yöneliminin enerji üretimi üzerindeki etkisini göstermiştir. Sonuç olarak, yapılan

simülasyonlar, enerji verimli malzeme seçimlerinin ve yenilenebilir enerji çözümlerinin, konutun enerji tüketimini azaltmada önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır.





5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Kerkük, Irak'ta gerçekleştirilen düşük maliyetli konut projesi için yapılan simülasyon ve analiz çalışmaları, projenin enerji performansını iyileştirme amacıyla Revit'in Insight aracı kullanılarak yürütülmüştür. Projenin enerji ayarlarına dayalı olarak, konutun enerji tüketimini temsil eden ve Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI, kWh/m²/yıl) ile enerji maliyeti (USD/m²/yıl) verileri, ASHRAE 90.1 standartlarına göre değerlendirilmiş ve ölçüt karşılaştırmaları yapılmıştır. ARCH 2030 karşılaştırma sonuçlarının yalnızca ABD ve Kanada'da mevcut olması nedeniyle, bu çalışmada yalnızca ASHRAE standartları referans alınmıştır.

Analiz kapsamında, binanın yıllık toplam enerji tüketimi, toplam kat alanına bölünerek enerji kullanım yoğunluğu (EUI) hesaplanmıştır. Autodesk Insight tarafından oluşturulan rapor, enerji tüketimini optimize etmek amacıyla farklı tasarım senaryolarını analiz etmektedir. Bu senaryolar, bina yönelimi, işletme süresi, pencere-duvar oranı, pencere gölgeleme özellikleri, duvar ve çatı yapısı, priz yük verimliliği ve aydınlatma verimliliği gibi faktörleri kapsamaktadır. Hazırlanan rapor, yalnızca EUI değerlerini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda konutun metrekare başına yıllık enerji maliyetini de hesaplayarak ekonomik analizlere katkı sağlamaktadır.

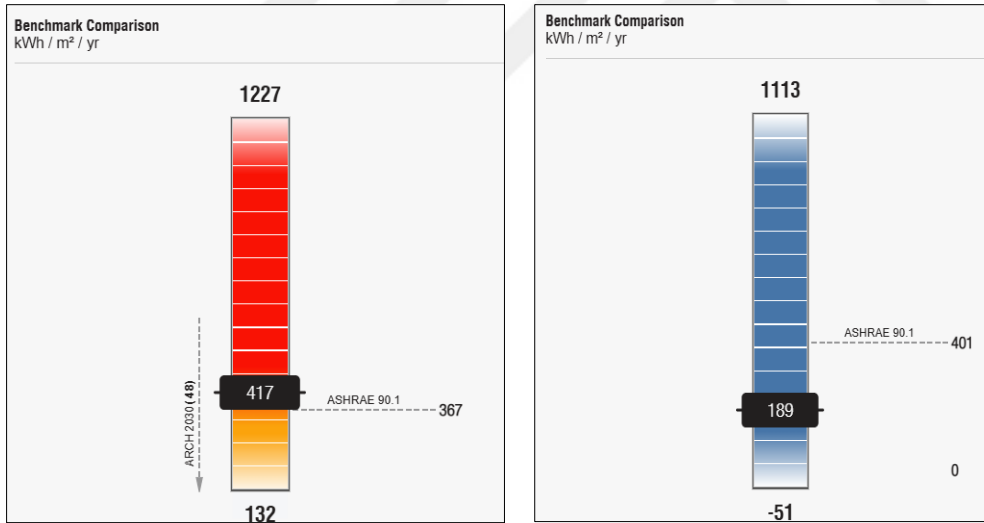
Projenin mevcut durumu üzerinde yapılan ilk analizlerin ardından çeşitli düzenlemeler ve iyileştirmeler gerçekleştirilmiş ve bu değişikliklerin enerji verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yeniden analiz yapılmıştır. Bu iki analiz sonucunun karşılaştırılmasıyla, iyileştirmelerin proje enerji performansı üzerindeki olumlu etkisi ayrıntılı bir şekilde ortaya konmuştur.

Kerkük'ün sıcak iklim koşullarında düşük enerji tüketimi sağlamak ve verimli tasarım seçeneklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen bu analizler, proje öncesi ve sonrası enerji performansı değerlerinin karşılaştırılmasıyla iyileştirmelerin etkinliğini gözler önüne sermektedir. Sonuçlar, düşük maliyet hedefine uygun bir şekilde enerji verimliliğinin artırılmasını sağlayan tasarım değişikliklerinin, sıcak iklimde enerji tasarrufunu maksimize etme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu analiz çalışması, Kerkük bölgesinde sürdürülebilir ve maliyet-etkin konut tasarımına yönelik önemli bir referans niteliğindedir.

Şekil 5.1’de Belirtilen İlk görselde, binanın yıllık enerji kullanım değeri 1227 kWh/m^2 olarak belirlenmiştir. Bu değer, ASHRAE 90.1 standardı kapsamında belirlenen referans değeri olan $367 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ve ARCH-1301(4a) standardındaki $417 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ile kıyaslandığında, mevcut enerji performansının yetersiz olduğunu göstermektedir.

İkinci görsel, gerçekleştirilen iyileştirmeler sonrasında enerji kullanımının $1113 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’a düştüğünü ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, ASHRAE 90.1 referans değeri $401 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$, ARCH-1301(4a) değeri ise $189 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’a güncellenmiştir.

Yapılan karşılaştırmalar, iyileştirme süreçlerinin enerji tüketimini $1227 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’dan $1113 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’a düşürerek toplamda $114 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’lık bir azalma sağladığını göstermektedir. Ayrıca, ARCH-1301(4a) kriterine göre enerji değeri $417 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’dan $189 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ’a inmiş olup, bu durum %54,7 oranında dikkate değer bir iyileşmeyi ifade etmektedir.

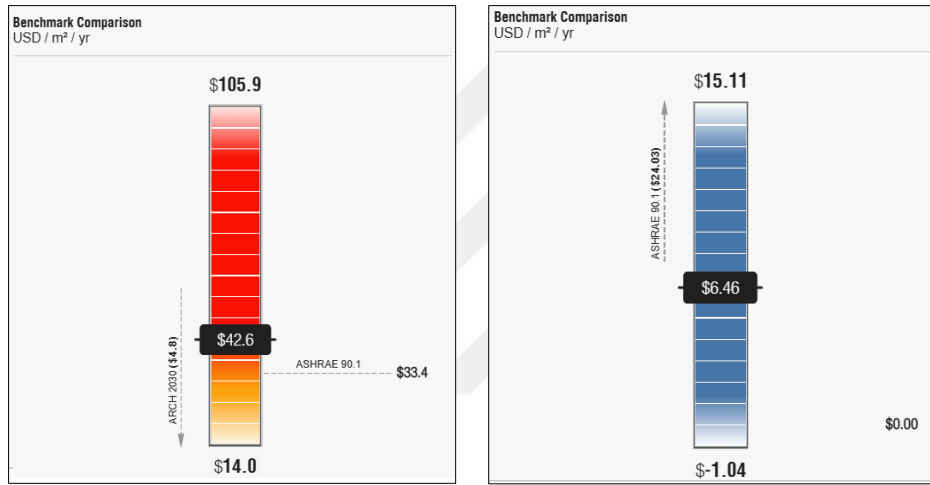


Şekil 5.1. Enerji kullanımı analizi

Kerkük'teki düşük maliyetli bir projenin enerji verimliliği ve maliyet etkinliği analizi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir öneme sahiptir. İki görsel üzerinden gerçekleştirilen karşılaştırma, bu projenin enerji performansındaki iyileşmelerin yanı sıra maliyet etkilerini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Şekil 5.2’de belirtilen İlk görselde, projenin orijinal hali için referans maliyetin $105,9 \text{ USD/m}^2/\text{yıl}$ olarak belirlendiği, ASHRAE 90.1 standardına göre bu değer $33,4 \text{ USD/m}^2/\text{yıl}$ ’a düştüğü gözlemlenmektedir. İkinci görselde ise, gerçekleştirilen iyileştirmeler sonucunda projenin referans maliyetinin $15,11$

USD/m²/yıl'a gerilediği ve alternatif bir standart ile karşılaştırıldığında bu değerin 6,46 USD/m²/yıl'a kadar düştüğü belirlenmiştir.

Böylece, proje üzerindeki iyileştirmeler, ilk duruma kıyasla maliyetlerin yaklaşık yedi kat azaldığını göstermekte ve bu durum, projenin ekonomik sürdürülebilirliğine önemli katkılarda bulunmaktadır. Sonuç olarak, bu karşılaştırma, Kerkük'teki düşük maliyetli projenin enerji verimliliği ve maliyet etkinliği açısından kaydedilen önemli gelişmeleri ortaya koymakta, aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada yapısal ve ekonomik dönüşümün gerekliliğini vurgulamaktadır.

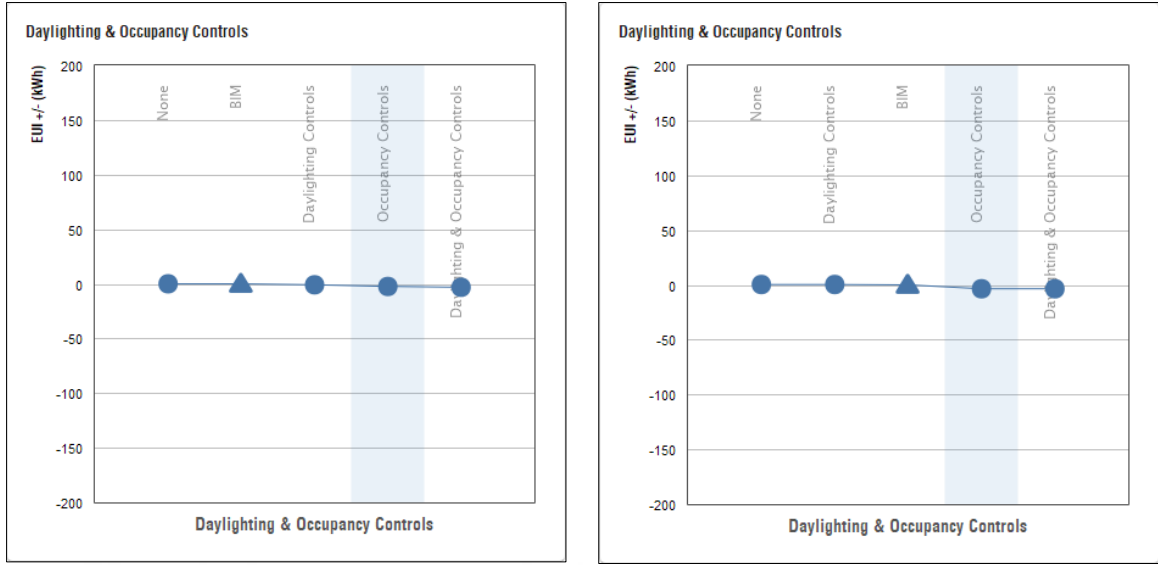


Şekil 5.2. Enerji verimliliği ve maliyet etkinliği analizi

Bu bulgular, gerçekleştirilen iyileştirmelerin binanın enerji performansında anlamlı bir artış sağladığını ortaya koymaktadır. İyileştirmeler sonucunda enerji tüketimi azalırken, binanın çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği de önemli ölçüde güçlendirilmiştir.

Gün ışığı yönetimi ve alan kullanım– İnfiltrasyon oranı

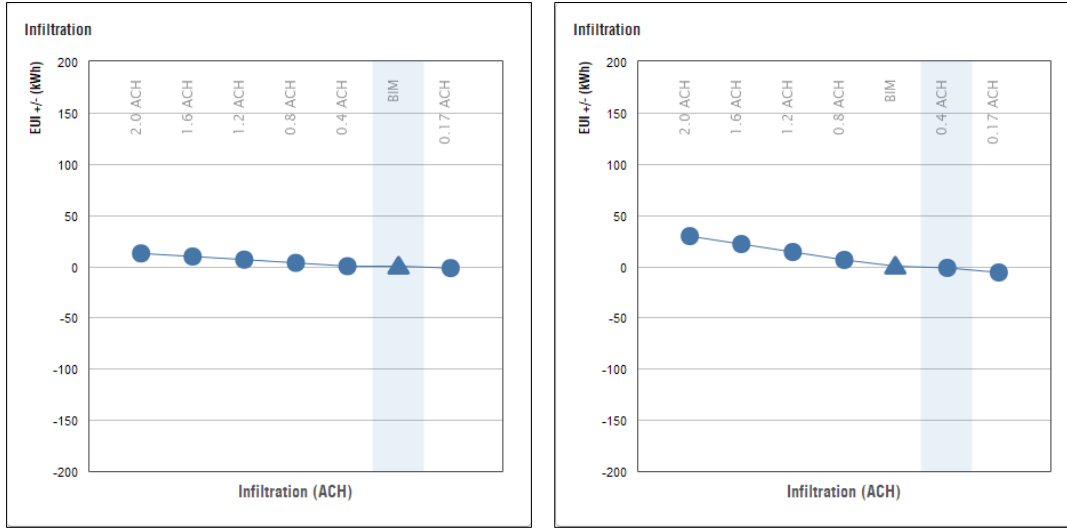
Kerkük'teki konutun Şekil 5.3'te gösteriliği üzere günışığı ve doluluk kontrol oranı iyileştirmeler öncesinde 0.01 ile -3.14 kWh/m²/yıl arasında iken, iyileştirmeler sonrasında bu oran 0.30 ile -3.60 kWh/m²/yıl seviyesine yükselmiştir. Bu değişim, doğal günışığının daha verimli kullanıldığını ve doluluk kontrollerinin enerji tüketimini optimize ettiğini göstermektedir. Böylelikle enerji verimliliğinde artış sağlanmış, elektrikli aydınlatmaya olan bağımlılık azalmıştır.



Şekil 5.3. Gün ışığı yönetimi ve alan kullanım

Kerkük ilindeki belirtilen konutta yapılan iyileştirme çalışmaları öncesinde, konutun infiltrasyon oranı $12.52 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ile $-1.86 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ arasında ölçülmüştür. Bu durum, binanın hava geçirmezliğinin düşük olduğunu ve dış ortamla ısı kaybına yol açan bir yapıya sahip olduğunu gösterir. İyileştirme çalışmalarının ardından bu değerlerin $28.38 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ ile $-6.13 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl}$ arasında değiştiği Şekil 5.4'te gösterilmektedir.

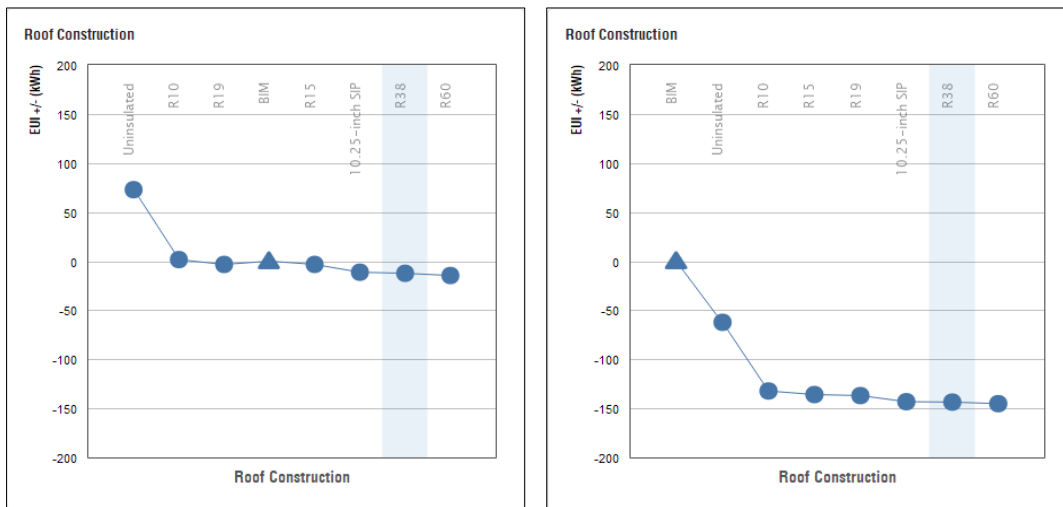
Bu artış, yapılan düzenlemeler sonucunda infiltrasyonun kontrol altına alındığını, dolayısıyla binanın enerji verimliliğinin arttığını ve iç ortam sıcaklığının daha stabil hale getirildiğini işaret etmektedir. Bu iyileşme, enerji tüketimini düşürme ve konfor koşullarını artırma açısından önemli bir ilerlemeyi yansıtır. Enerji kazanımındaki bu artış, konutta kullanılan yalıtım malzemeleri, kapı-pencere sızdırmazlık önlemleri veya hava geçirmezlik iyileştirmeleri gibi uygulamaların etkili olduğunu göstermektedir. Bu sayede hem enerji maliyetlerinin düşürüleceği hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlanabileceği söylenebilir.



Şekil 5.4. İnfiltrasyon oranı

Çatı konstrüksiyonu

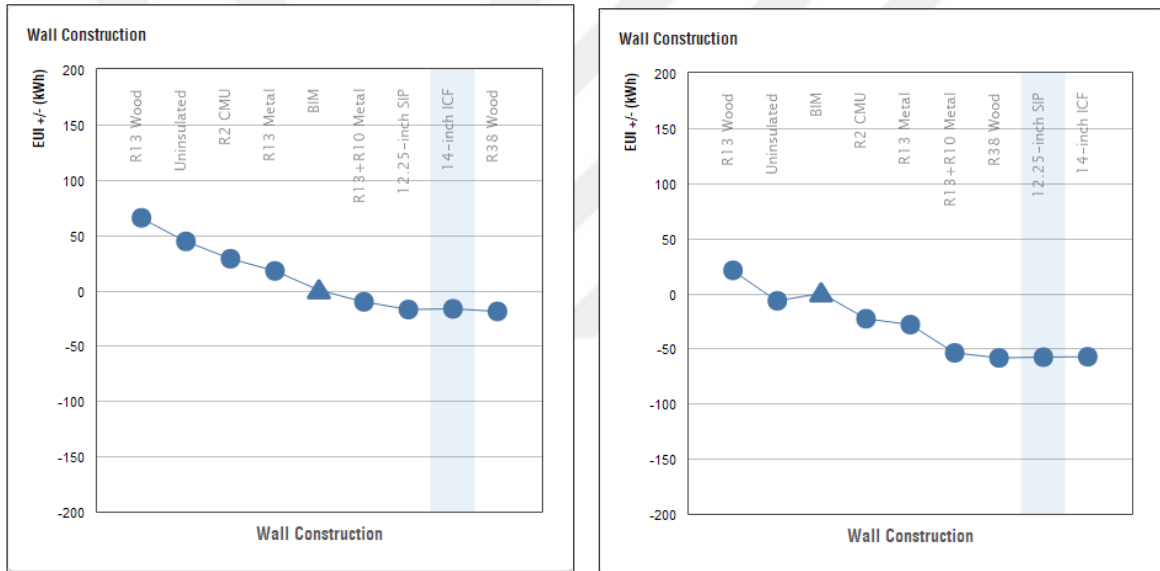
Kerkük'teki konutun çatı inşasında EUI, iyileştirme öncesinde 72.82 ile -14.65 kWh/m²/yıl arasında değişirken, iyileştirmeler sonrası bu oran 0.00 ile -145.25 kWh/m²/yıl seviyelerine ulaşmıştır. Bu değişiklik, çatı tasarımında yapılan iyileştirmeler sayesinde enerji tüketiminin tamamen minimize edildiğini, hatta enerji tasarrufu sağlanarak sistemin net enerji katkısına geçildiğini göstermektedir. Şekil 5.5'te gösterildiği üzere sonuç, çatı izolasyonu ve yapı malzemeleri gibi iyileştirme çalışmalarının enerji verimliliğine sağladığı önemli katkıyı net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 5.5. Çatı konstrüksiyonu

Duvar konstrüksiyonu

Kerkük'teki konut projesinde duvar yapımında ve kullanılan malzemelerin etkisiyle Şekil 5.6'da gösterildiği gibi İyileştirme öncesinde konutun duvarlarında EUİ değeri 65.52 ile -19.65 kWh/m²/yıl arasında değişmekteydi. İyileştirme çalışmaları sonrasında bu değerler 20.85 ile -57.53 kWh/m²/yıl arasında seyretmiştir. Bu sonuç, yapılan duvar iyileştirmeleri sayesinde enerji tüketiminin ciddi ölçüde azaltıldığını ve hatta negatif değerlere ulaşarak enerji tasarrufunun sağlandığını göstermektedir. Duvar izolasyonu ve malzeme kalitesinde gerçekleştirilen bu iyileştirmeler, binanın enerji performansına önemli katkı sunmuş ve enerji tüketimini büyük oranda azaltmıştır.

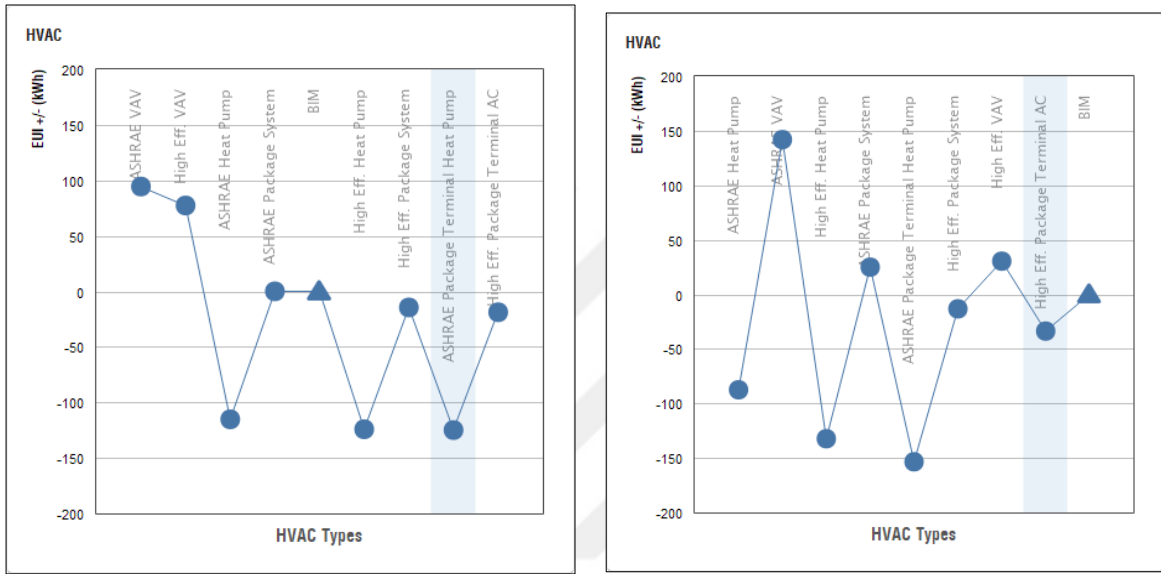


Şekil 5.6. Duvar konstrüksiyonu

HVAC sistemi

Kerkük ilinde konut projesinde HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sisteminin duvar yapımı ile ilgili Enerji Kullanım Yoğunluğu (Energy Use Intensity - EUİ) oranını değerlendirirken, Şekil 5.7'de gösterilen İyileştirme öncesinde HVAC duvar yapımı için EUİ değeri 94.41 ile -18.82 kWh/m²/yıl arasında değişirken, iyileştirmeler sonrası bu değer -87.53 ile 0.00 kWh/m²/yıl arasında değişmiştir. Bu sonuç, yapılan iyileştirmelerle birlikte enerji tüketiminin önemli ölçüde azaldığını ve negatif değerlere ulaşarak enerji tasarrufu sağlandığını göstermektedir.

Özellikle, HVAC sistemlerinin verimliliğinin artırılması ve duvarların yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi, enerji kayıplarını minimize ederek iç mekan konforunu artırırken, dış ortam koşullarından etkilenmeyi de azaltmaktadır. Bu durum, konutun genel enerji performansını yükseltmiş ve enerji maliyetlerini düşürmüştür. Böylece, Kerkük'teki konut projesinde yapılan iyileştirmelerin hem enerji verimliliği hem de kullanıcı konforu açısından oldukça olumlu sonuçlar doğurduğu değerlendirilmektedir.

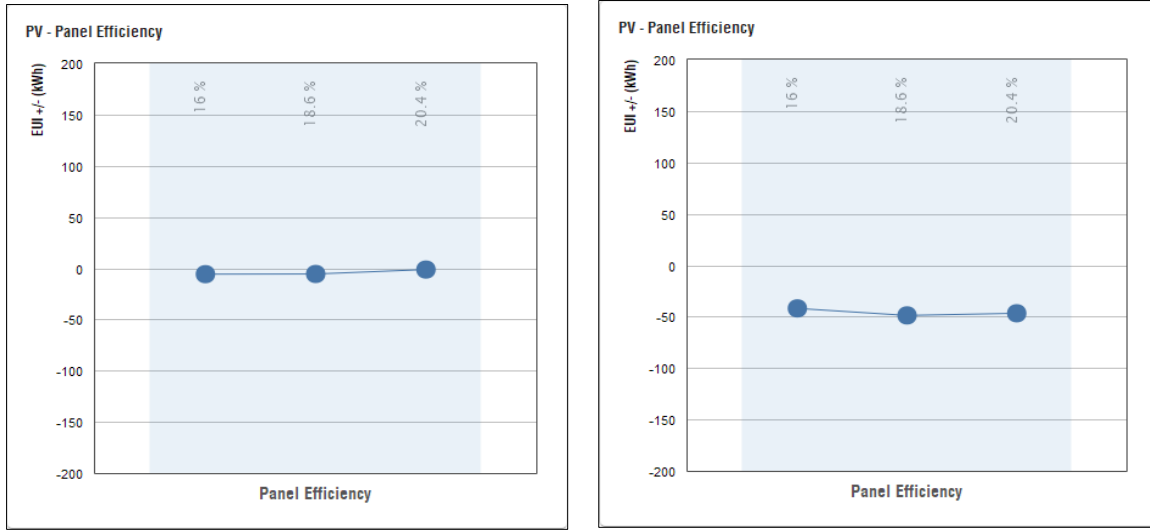


Şekil 5.7. HVAC sistemi

PV panel verimliliği

Kerkük'teki bir konut projesinde yapılan enerji verimliliği iyileştirmeleri öncesinde PV panel performans oranları -5.81 ile -1.32 kWh/m²/yıl olarak ölçülmüştür. Bu oran, yapılan tasarım ve sistem güncellemeleri sonrası -41.98 ile -46.75 kWh/m²/yıl aralığına yükseldiği Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Bu sonuçlar, Kerkük'ün aşırı sıcak ve kurak ikliminde enerji verimliliğini artırmanın önemini vurgulamaktadır. Yüksek güneş ışınlamından yararlanmak üzere optimize edilen PV sistemleri, elektrik üretimini artırmış ve enerji tüketimini düşürerek binanın enerji performansını iyileştirmiştir. Özellikle soğutma ihtiyacının yoğun olduğu bu bölgede, güneş enerjisini daha verimli kullanmak, enerji bağımsızlığını sağlamaya yönelik kritik bir strateji olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5.8. PV panel verimliliği

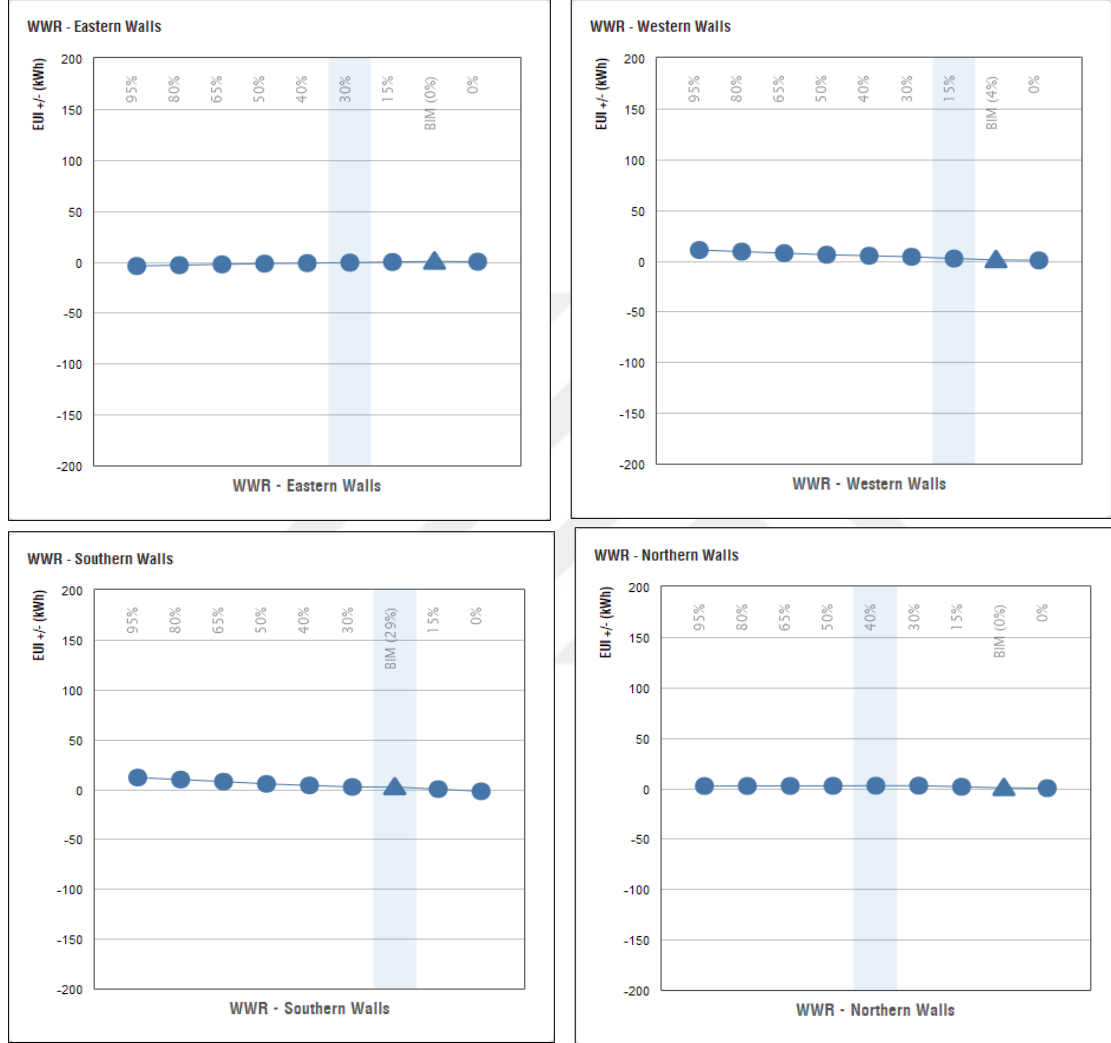
Pencere- duvar oranı

Projenin tasarımında farklı yönlerdeki duvarlar için pencere-duvar oranlarının belirgin bir şekilde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Kuzey ve Güney Duvarlarındaki geniş değişim aralıkları, güneş ışığı ve enerji performansı açısından dikkate değer bir bulgu sunmaktadır. Proje tasarımcılarının, WWR değerlerini iklim koşulları, enerji verimliliği ve kullanıcı konforu gibi faktörleri göz önünde bulundurarak optimize ettikleri anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, projenin pencere-duvar oranlarının dengeli ve işlevsel bir şekilde tasarlandığı ifade edilebilir.

Pencere alanı veya pencere-duvar oranı, toplam binada bulunan camlı alanın dış duvar alanına oranı ile belirlenen alan yüzdesinin ölçüsüdür. Bu oran, farklı pencere özelliklerine bağlı olarak doğal gün ışığı, ısıtma ve soğutma üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Doğal ortamla ilişkilendirilmesi nedeniyle gün ışığını, havalandırmayı ve uygun manzarayı elde etmek için bina enerji performansını da etkiler. Bina, doğal gün ışığının içeri girmesine izin verirken geniş pencere alanından kaynaklanan istenmeyen güneş kazanımını azaltacak şekilde tasarlanmalı, böylece elektrikli aydınlatma ihtiyacını minimize etmelidir.

Prototip vaka çalışmasında, daha uygun bir Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) ve enerji maliyetine ulaşmak amacıyla pencere-duvar oranlarının enerji verimliliğine katkısı Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Doğu ve Batı yönündeki pencere-duvar oranlarının enerji

verimliliğine neredeyse hiçbir katkı sağlamadığı, buna karşın Kuzey ve Güney duvarlardaki pencere alanının yüzdesinin azalmasıyla binanın enerji verimliliğinin arttığı gözlemlenmektedir. Bu bulgular, projenin enerji performansını artırmak için WWR değerlerinin titizlikle optimize edildiğini göstermektedir.

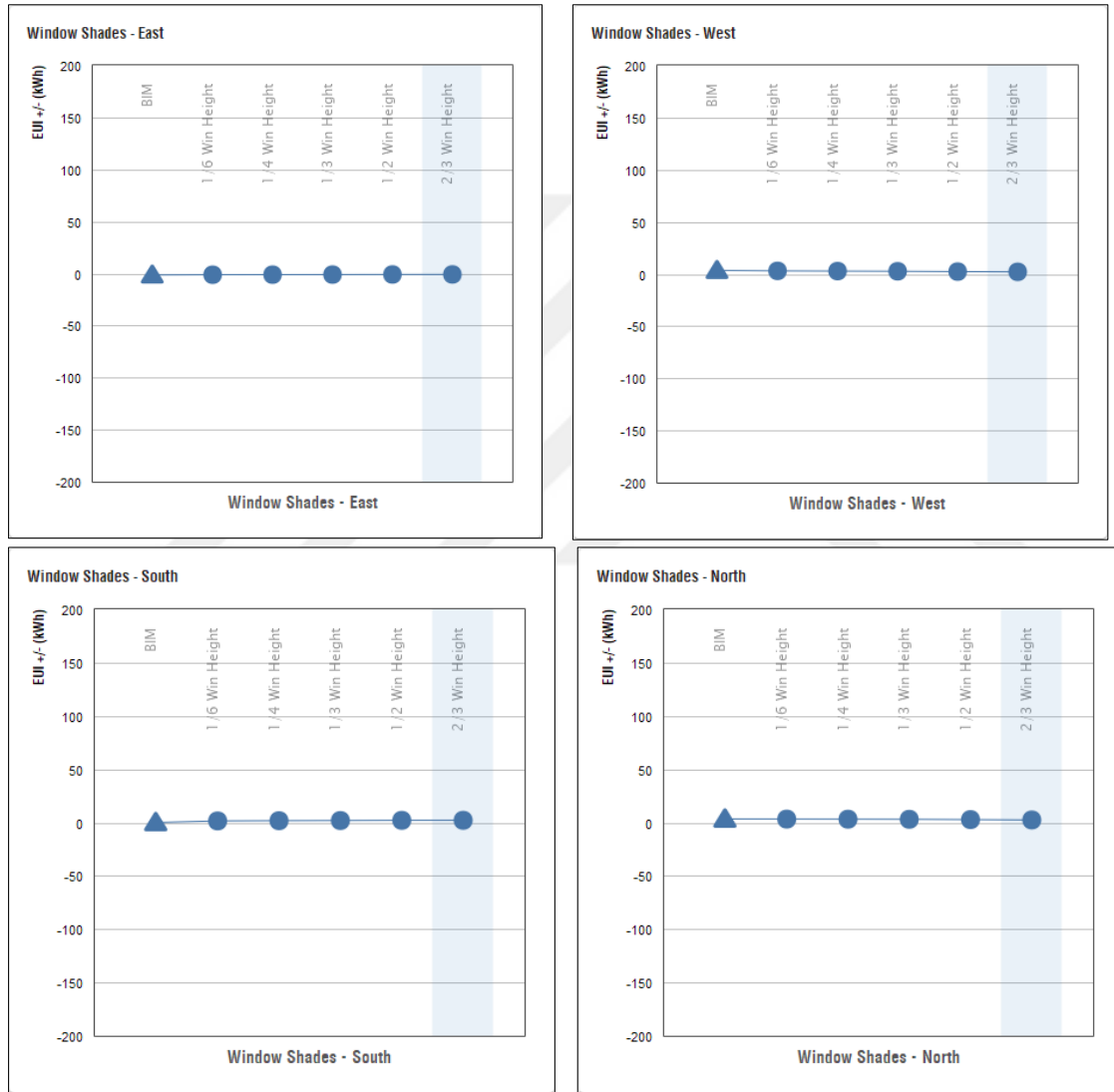


Şekil 5.9. Pencere duvar oranı

Pencere gölgelikleri

Pencere gölgelikleri, pencerelerin doğrudan güneş ışığına maruz kalmasını azaltarak, yapının iç sıcaklığını düşürmekte ve buna bağlı olarak soğutma yükünü minimize etmektedir. Bu durum, ısıtma ve soğutma süreçlerinden kaynaklanan enerji tüketimini azaltarak çeşitli faydalar sağlamaktadır. Pencere gölgeliklerinin etkinliği, pencere boyutlarına ve güneş ışığına olan maruz kalma süresine bağlıdır.

Bu prototip çalışma örneğinde, uzun çatı çıkıntıları ile pencerelere gölge sağlanması hedeflenmiştir. Şekil 5.10'da sunulan grafikler, kuzey, güney, doğu ve batı duvarlarındaki pencere yüksekliğinden bağımsız olarak, çatı saçaklarının gölgeleme işlevinin etkili olduğu sürece, binanın enerji verimliliğinde belirgin bir değişiklik gözlemlenmeyeceğini göstermektedir. Bu bulgular, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde pencere gölgeliklerinin, enerji verimliliğini artırmadaki önemli rolünü vurgulamaktadır.

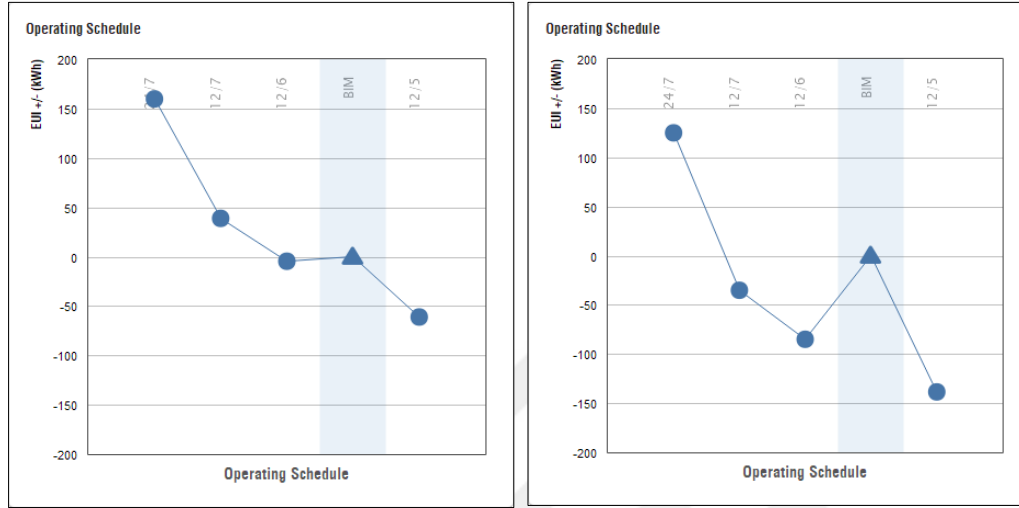


Şekil 5.10. Pencere gölgelikleri

İşletme süresi

Bina işletme çisi (*operating schedule*), enerji analizinde kullanıcı davranışları ve kullanım alışkanlıkları hakkında önemli bilgiler sağlar. Bu program, büyük ölçüde yapının türüne ve kullanım amacına bağlı olarak şekillenir.

Sunulan grafiklerde, Kerkük'te inşa edilen bu konut projesinin işletme süresi enerji kullanım performansı incelenmektedir. Solda yer alan grafik, proje öncesindeki durumu, sağdaki grafik ise iyileştirme sonrası durumu göstermektedir.



Şekil 5.11. İşletme süresi

Pencere cam çeşidi

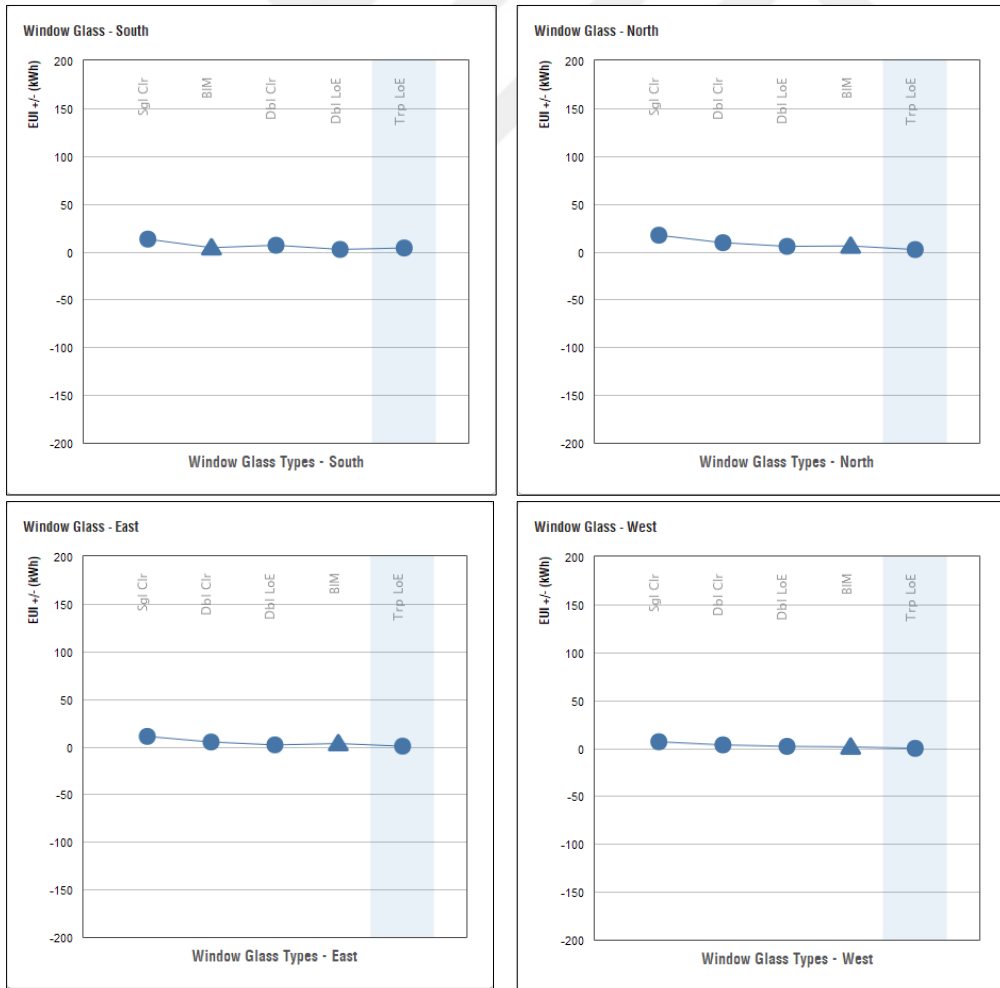
Bir yapıda ısı kaybının büyük bir kısmı pencerelerden gerçekleşmektedir. Bu kaybı azaltmak amacıyla, pencerelerde çift veya üçlü cam kullanımı tercih edilmektedir. Cam özellikleri, doğal gün ışığının seviyesini kontrol etmenin yanı sıra, yapının içinde doğrudan güneş ışığından kaynaklanan ısı kazancını da azaltmaktadır. Böylelikle, elektrik tüketimi ve soğutma masrafları düşürülebilmektedir. Düşük güneş ısı kazanç katsayısına sahip camlar, dış gölgeleme olanakları sınırlı ya da yapı yönlendirmesinin elverişli olmadığı durumlarda daha uygun olmaktadır.

Projede farklı cephelerdeki pencere camlarının enerji performansı belirli bir aralıkta dalgalanmaktadır. Güney ve batı cephelerde daha yüksek oranda olumsuz değerler göze çarparken, kuzey ve doğu cephelerde görece daha dengeli bir profil sergilenmektedir. Bu durum, güneş ısı kazançlarının olumsuz etkilerinin yeterince yönetilemediğine işaret etmektedir.

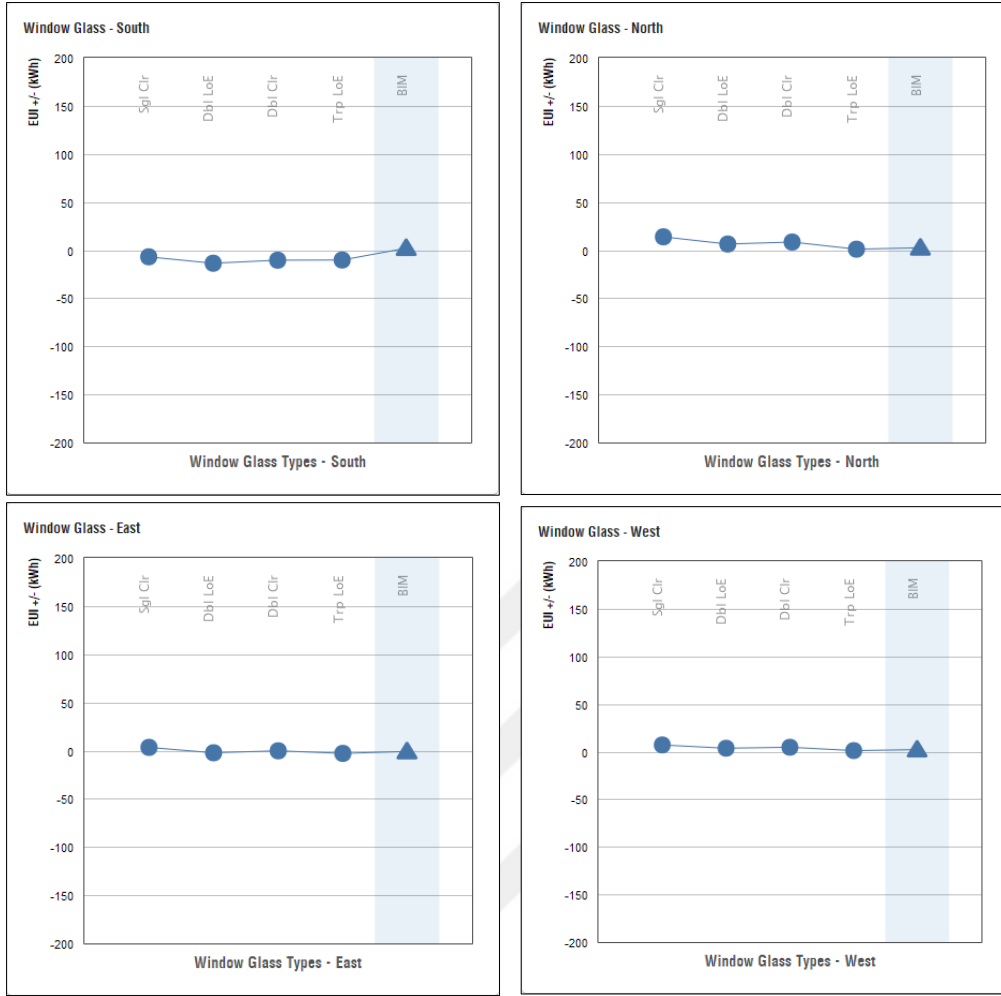
Bu tasarımda simülasyon için çift cam seçilmiştir. Çift cam, aralarında sızdırmaz bir boşluk (yaklaşık 12 mm genişliğinde) bulunan iki cam tabakasından oluşmaktadır. Bu boşluk, camdan daha iyi ısı yalıtım özelliklerine sahip hava veya inert gaz ile doldurulmaktadır.

Gerçekleştirilen iyileştirmeler sonucunda, Şekil 5.13'te gösterildiği üzere tüm cephelerdeki pencere camlarının enerji performans değerleri daha optimal ve dengeli bir seyir izlemeye başlamıştır. Güney ve batı cephelerdeki aşırı olumsuz değerler önemli ölçüde iyileşmiştir. Kuzey ve doğu cephelerde ise önceki daha dengeli profil korunmuştur.

Bu sonuçlar, proje kapsamındaki iyileştirmelerin bina enerji verimliliğine olumlu yansıdığını göstermektedir. Bütüncül bir enerji yönetimi stratejisinin benimsendiği anlaşılmaktadır. Böylece, güneş kaynaklı ısı kazançlarının daha etkin kontrol altına alındığı ve binanın genel enerji performansının iyileştirildiği değerlendirilebilir.



Şekil 5.12. İyileştirme öncesi pencere cam analiz grafiği



Şekil 5.13. İyileştirme sonrası pencere cam analiz grafiği

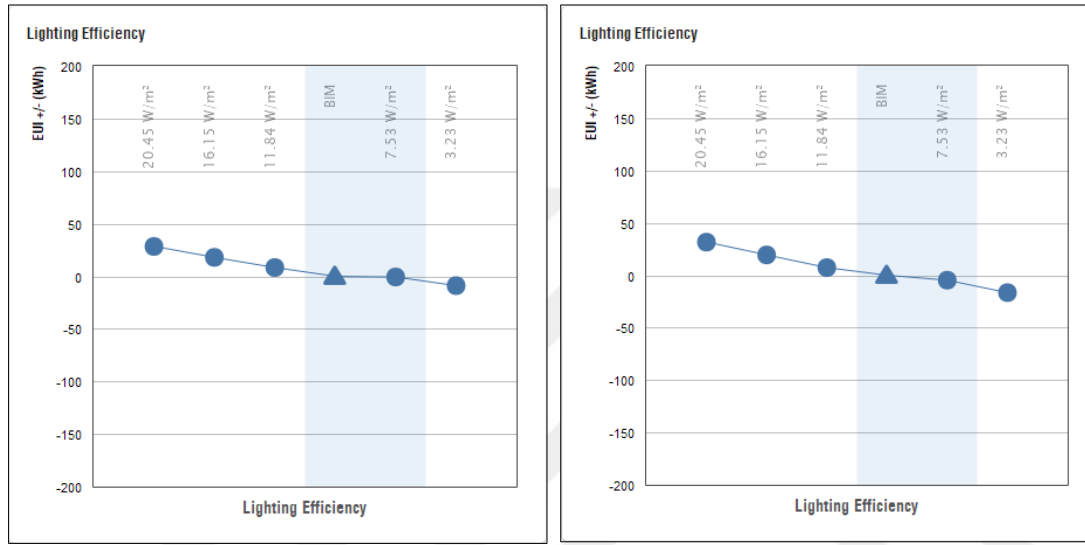
Aydınlatma performansı

Aydınlatma, konut binalarında enerji tüketiminin yaklaşık %11'ini, ticari binalarda ise %18'ini oluşturarak, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinden sonra ikinci en büyük enerji tüketimi kaynağıdır. Aydınlatma verimliliği, birim alan başına düşen ortalama iç ısı kazanımı ile elektrikli aydınlatmanın güç tüketimi arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Aydınlatma sistemlerinin verimliliğinin artırılması, enerji tasarrufu sağlarken pik yükleri azaltma potansiyeline de sahiptir, bu nedenle enerji verimliliği yüksek sistemlerin kullanılması kritik öneme sahiptir.

Şekil 5.14' de sunulan veriler, Kerkük'teki konut projesinde aydınlatma performansı, iyileştirmeler öncesinde 28.33 kWh/m²/yr ile -8.91 kWh/m²/yr arasında değişirken, sonrasında 31.59 kWh/m²/yr ile -16.26 kWh/m²/yr değerlerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar,

aydınlatma sistemindeki güncellemelerin enerji verimliliğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

İyileştirmeler, enerji tasarrufunu artırarak hem maliyetleri düşürmüş hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmuştur. Dolayısıyla, yapılan iyileştirmeler aydınlatma sisteminin genel performansını olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 5.14. İyileştirme öncesi ve sonrası aydınlatma performansı

Literatürde belirlenmiş tasarım kriterleri çerçevesinde, Kerkük'ün mevcut yapılaşma durumu ve yerel halkın ekonomik koşulları dikkate alındığında, tasarlanacak düşük maliyetli bir konutun enerji verimli bir bina olma potansiyeline sahip olduğu ifade edilebilir. Bu bağlamda, yerel iklim özellikleri, malzeme temin olanakları ve halkın sosyoekonomik durumu göz önünde bulundurularak geliştirilecek tasarımlar, enerji etkinliğini artırarak hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kerkük, yaz aylarında yüksek sıcaklıkların hakim olduğu ve soğutma ihtiyaçlarının yoğun olduğu bir iklim yapısına sahip olan bir bölgedir. Bu bölgedeki düşük gelirli haneler için enerji verimliliği yüksek, ekonomik açıdan ulaşılabilir konut projelerine duyulan ihtiyaç, hem ekonomik hem de çevresel açılardan büyük önem taşımaktadır. İklim değişikliği, enerji kaynaklarının sınırlılığı ve artan enerji maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimliliği sağlayacak sürdürülebilir konut tasarım çözümlerinin geliştirilmesi, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde sosyal refah ve çevresel sürdürülebilirlik açısından gereklilik haline gelmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Kerkük ilinde düşük gelirli bir konut projesinin enerji performansı üzerinde kapsamlı bir simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Tasarım sürecinde Revit ve Insight yazılımları kullanılarak, konutların iyileştirmeler öncesi ve sonrası enerji performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, enerji verimliliği ve maliyet etkinliği açısından çok sayıda parametrenin değerlendirilmesine olanak sağlamış, farklı iyileştirme seçeneklerinin bina enerji performansına etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çizelge 6.1’de iyileştirmeler öncesi ve sonrası elde edilen enerji performansı verilerini ve her bir parametreye ilişkin değişim oranlarını göstermektedir.

Çizelge 6.1’de görüldüğü gibi, yapılan iyileştirmeler sonucunda yıllık enerji kullanım değerinde %9,3 oranında azalma sağlanmış, enerji maliyetlerinde ise %85,7’ye varan bir düşüş elde edilmiştir. Bu sonuçlar, maliyet etkinliği açısından projeye büyük bir katkı sağlamış olup, bina enerji performansını optimize etme hedefini desteklemiştir. Özellikle HVAC sistemindeki iyileştirmeler ile enerji tasarrufunda %92,7’ye varan bir artış gözlemlenmiştir. Çatı yapımı ve yalıtımına yönelik yapılan düzenlemeler ile de %200 oranında iyileşme sağlanmış, enerji kayıpları minimize edilmiştir. PV panellerin verimliliğinde sağlanan %700’e varan artış ise yenilenebilir enerji kaynaklarının bina enerji performansı üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu bağlamda, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde enerji verimliliğini artırmak için, pasif tasarım stratejileri, yüksek performanslı yalıtım sistemleri ve yenilenebilir enerji çözümlerinin entegrasyonunun son derece önemli olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır. Çizelge 6.1.

Çizelge 6.1. Yıllık enerji kullanım

	İyileştirme öncesi	İyileştirme sonrası	Değişim yüzdesi	Açıklama
Yıllık Enerji Kullanım Değeri	1227 kWh/m ² /yıl	1113 kWh/m ² /yıl	%9,3 azalma	ASHRAE 90.1 Referans Değeri: 367 kWh/m ² /yıl (Öncesi), 401 kWh/m ² /yıl (Sonrası) ARCH-1301(4a) Değeri: 417 kWh/m ² /yıl (Öncesi), 189 kWh/m ² /yıl (Sonrası)
Enerji Verimliliği ve Maliyet Etkinliği	105,9 USD/m ² /yıl	15,11 USD/m ² /yıl	%85,7 azalma	Maliyetler yaklaşık yedi kat düşüş göstermiştir.
Güneşli Yönetimi ve Alan Kullanım – İnfiltrasyon Oranı	0.01 ile -3.14 kWh/m ² /yıl	0.30 ile -3.60 kWh/m ² /yıl	%20,6 iyileşme (özellikle aydınlatma ihtiyacı azaldı)	Gün ışığı kullanımının iyileşmesiyle enerji tüketiminde azalma sağlanmıştır.
İnfiltrasyon Oranı	12.52 ile -1.86 kWh/m ² /yıl	28.38 ile -6.13 kWh/m ² /yıl	%126,6 iyileşme (hava sızdırmazlığı arttı)	İyileştirme çalışmaları ile hava geçirmezlik sağlanarak enerji kayıpları azaltılmıştır.
Çatı Yapımı	72.82 ile -14.65 kWh/m ² /yıl	0.00 ile -145.25 kWh/m ² /yıl	0.00 ile -145.25 kWh/m ² /yıl	Çatı izolasyonu ile enerji tüketimi tamamen minimize edilmiştir.
Duvar Yapımı	65.52 ile -19.65 kWh/m ² /yıl	65.52 ile -19.65 kWh/m ² /yıl	%67,4 iyileşme (duvar izolasyon kalitesi arttı)	Duvar izolasyonu ve malzeme iyileştirmeleri ile enerji tüketimi azaltılmıştır.
HVAC Sistemi	94.41 ile -18.82 kWh/m ² /yıl	-87.53 ile 0.00 kWh/m ² /yıl	%92,7 iyileşme (enerji tasarrufu ve iç ortam konforu arttı)	HVAC sistem verimliliği artırılarak enerji tüketimi azaltılmıştır.
PV Panel Verimliliği	-5.81 ile -1.32 kWh/m ² /yıl	-41.98 ile -46.75 kWh/m ² /yıl	%700'den fazla iyileşme (elektrik üretimi ve enerji tasarrufu arttı)	PV sistem verimliliği iyileştirilerek elektrik üretimi artırılmıştır.
İşletme Süresi	-150 kWh ile 175 kWh	-100 kWh ile 175 kWh	%33 azalma (enerji kullanımının düzenlenmesi)	Dalgalanma aralığı -100 kWh ile 175 kWh arasında daralmıştır.
Aydınlatma Performansı	28.33 kWh/m ² /yr ile -8.91 kWh/m ² /yr	31.59 kWh/m ² /yr ile -16.26 kWh/m ² /yr	%11,5 iyileşme	iyileştirmenin aydınlık performansına önemli etkisi olmuştur
Pencere Gölgelekleri	Değişim: %30'a varan azalma (soğutma yükü ve elektrik tüketimi azaldı)			
Pencere Cam Çeşidi	Değişim: Özellikle Güney ve Batı cephelerde %50 oranında iyileşme			
Pencere-Duvar Oranı (WWR)	Değişim: Optimizasyon sonucu özellikle Kuzey ve Güney cephelerde enerji verimliliğinde %40 oranında artış			

Çalışmadan Elde Edilen Bulgulara Dayalı Öneriler

Bu çalışma, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde sürdürülebilir ve düşük maliyetli konut tasarımında dikkate alınması gereken bazı temel stratejileri ortaya koymaktadır:

1. Yalıtım Sistemleri: Çatı ve duvar yalıtımına yönelik iyileştirmeler, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu nedenle, sıcak iklimlerde, binalarda etkin bir yalıtım stratejisinin uygulanması gerekmektedir.
2. Pasif Gölgeleme ve Pencere Stratejileri: Pencere gölgelikleri ve uygun cam çeşitlerinin kullanımı ile soğutma yüklerinde kayda değer azalma sağlanmıştır. Bu tür pasif tasarım stratejilerinin konut projelerinde yaygınlaştırılması enerji tasarrufunu destekleyecektir.
3. Yenilenebilir Enerji Sistemleri: PV panellerin entegrasyonu, enerji verimliliği açısından büyük bir iyileşme sağlamıştır. Bu doğrultuda, güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynakların kullanımının teşvik edilmesi önem taşımaktadır.
4. HVAC Sistem Verimliliği: HVAC sistemlerinde yapılan iyileştirmeler, enerji tasarrufunun yanı sıra iç mekan konforunu da artırmıştır. Sıcak iklim bölgelerinde, yüksek verimli HVAC sistemlerinin kullanımı enerji tüketimini azaltmak açısından kritik öneme sahiptir.

Gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalar için de bazı öneriler geliştirilmiştir.

Bu çalışma, Kerkük gibi sıcak iklim bölgelerinde enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen düşük maliyetli konut projeleri için önemli bir referans niteliğindedir. Ancak, gelecekte yapılacak çalışmaların bu alana katkı sağlaması için şu önerilerde bulunulabilir:

1. Farklı Yapı Tipleri Üzerinde Çalışmalar: Bu çalışmada tek katlı konut modeli üzerinde durulmuştur. Gelecek çalışmalar, çok katlı binalar veya toplu konut projeleri için benzer analizler yaparak daha geniş bir perspektif sunabilir.
2. Geleneksel Mimari Unsurlar ile Modern Tasarım İlkelerinin Birleştirilmesi: Kerkük'ün geleneksel mimarisinin modern enerji verimliliği ilkeleri ile bütünleştirilmesi, estetik ve işlevselliği bir arada sunacak tasarımlar geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

3. Kullanıcı Davranışlarının Etkisi: Bina kullanıcılarının enerji verimliliği üzerindeki etkisinin detaylı bir şekilde incelenmesi, düşük gelirli konut projelerinde enerji tasarrufuna katkı sağlayacak bilinçli kullanıcı davranışlarını teşvik edebilir.
4. Esnek ve Modüler Tasarımlar: Sıcak iklim bölgelerinde, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre şekillenebilen esnek ve modüler konut çözümlerinin geliştirilmesi, enerji tasarrufunu
5. HVAC Sistemi ve Hava Sızdırmazlığı: HVAC sistemlerinin verimliliği artırılmalı ve yapıların hava geçirmezlik özellikleri güçlendirilmelidir. Bu, enerji kayıplarını azaltırken iç mekan konforunu da iyileştirecektir. Ayrıca, hava sızdırmazlık iyileştirmeleri, enerji tüketimini önemli ölçüde düşürerek bina performansını artırabilir.
6. Bina Yönelimi: Fotovoltaik (PV) panel verimliliği ve güneş ışınlamından elde edilen enerji potansiyelinin artırılmasına yönelik olarak bina yönelimi optimize edilmelidir. Özellikle güney ve batı cephelerinde pencere cam türü ve pencere-gölgeleme sistemlerinin doğru seçimi, enerji verimliliğini önemli ölçüde iyileştirebilir. Ayrıca, doğal ışık kullanımını artırarak iç mekan aydınlatma ihtiyaçları minimize edilebilir.
7. Duvar ve Çatı İzolasyonu: Duvar ve çatı yapılarında gerçekleştirilen izolasyon iyileştirmelerinin enerji verimliliği üzerinde kayda değer etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Çatı izolasyonu, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmış olup, bu nedenle, duvar ve çatı elemanlarında yüksek performanslı izolasyon malzemelerinin kullanımı önerilmektedir.
8. Pencere-Duvar Oranı (WWR): Yapılan optimizasyonlar sonucunda özellikle kuzey ve güney cephelerinde pencere-duvar oranı (WWR) ile enerji verimliliği %40 oranında artmıştır. Bu bağlamda, pencere-duvar oranının doğru bir şekilde tasarlanması, güneş ışığı alımını optimize ederken ısı kaybını da minimize etmeye olanak tanır. Ayrıca, güneş ışığını kontrol altına almak amacıyla uygun gölgeleme çözümlerinin kullanılması, iç mekan ısını düzenlemekte faydalı olacaktır.

Bu unsurlar, düşük maliyetli konutların enerji verimliliğini artırmaya yönelik tasarım sürecinde kritik rol oynamaktadır. Yerel iklim koşullarına ve kullanıcı gereksinimlerine uygun enerji verimli tasarımlar, sürdürülebilir bina uygulamaları açısından önemli bir temel oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdulkhudhur, N. H., & Khuzam, R. N. (2022). Renewable Energy as a Tool for Sustainable Development in Iraq. *Journal Of Afro-Asian Studies*, 69-81.
- Abraham, S. A., Hassan, S. A., Khamees, A. A. (2020). Impact of Façade Material of Mass Housing on Outdoor Thermal Comfort in Hot-arid Climate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Baghdad. 881(1),012006.
- Ahmed, T., Kumar, P., & Mottet, L. (2021). Natural ventilation in warm climates: The challenges of thermal comfort, heatwave resilience and indoor air quality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110669.
- Al Rajab, A. (2019). *Kerkük-Altınköprü Şehri ve Geleneksel Evleri*. Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi,
- Al-Hamadani, S. (2020). Solar energy as a potential contributor to help bridge the gap. *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*, 9(4), 02-312.
- Al-Kayiem, H. H., & Mohammad, S. T. (2019). Potential of renewable energy resources with an emphasis on solar power in Iraq: An outlook. *Resources*, 8(1), 42.
- Alkubaissy, S. F., Al-Hinkawi, W. S. (2017). The impact of planning policies on the cities' morphological transformations: City of Kirkuk as a case study. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(4), 1104–1116.
- Al-Maliki, L. A., Al-Mamoori, S. K., Al-Ansari, N., El-Tawel, K., & Comair, F. G. (2022, December). Climate change impact on water resources of Iraq (a review of literature). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* IOP Publishing. 1120 (1), 012025).
- Alyami, S. H., Almutlaqa, A. A., Alqahtany, A. M., & Ashraf, N. (2021). Likelihood of reaching zero energy building design in hot dry climate: saudi arabia. *Likelihood of Reaching Zero Energy Building Design in Hot Dry Climate: Saudi Arabia*, IEEE Access, 9, 167054-167066.
- Al-Yasiri, Q., & Szabó, M. (2021). Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis. *Journal of Building engineering*, 36, 102122.
- Al-Yozbak, O. S. A. D., & Khalel, S. I. (2022). The future of renewable energy in Iraq: potential and challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 10(2), 273-291.
- Aslan, A. S. (2023). Konuta Ekonomik Erişebilirlik: Türkiye'de Gelir, Faiz Oranları ve Konut Fiyatları Üzerine Bir Değerlendirme. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences (JOSHAS)*, 9(68),3510-3518.

- Atia, N. H. (2014). Residential function of the city of Kirkuk analysis. *Journal of Al-Farahidi's Arts (JAA)*, 6(19), 293-336.
- Attia, S., Gratia, E., De Herde, A., & LM Hensen, J. (2012, june). Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design. *Energy and Buildings* 49,2-15.
- Bamber, D., Saleh, F., & Panditharathna, R. (2023). The Iraqi oil industry: history and overview. *European Journal of Political Science Studies*, 6(1), 39-50.
- Bhikhoo, N., Hashemi, A., & Cruickshank, H. (2017). Improving thermal comfort of low-income housing in Thailand Through Passive Design Strategies. *Sustainability*, 9(8), 1440.
- Cillari, G., Fantozzi, F., & Franco, A. (2021). Passive Solar Solutions for Buildings: Criteria and Guidelines for a Synergistic Design. *Applied Sciences*, 11(1), 376.
- Cirera, X., & Cusolito, A. P. (2019). Innovation Patterns and Their Effects on Firm-Level Productivity in South Asia. *Journal of Economics and Public Finance* , 5(3),261.
- Chenari, B., & Carrilho, D. J. (2016). Towards sustainable, energy-efficient and healthy ventilation strategies in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1426-1447.
- Eerola, E. (2021). Low-income housing policies: affordability and integration. *Nord. Econ. Policy Rev*, 157-178.
- Ersoy, S. R.-P. (2020). *Sustainable transformation of Iraq's energy system: development of a phase model*. Amman: Friedrich-Ebert-Stiftung Jordan & Iraq.
- Ez-Eldin, K. S., Elattar, S., & Farag, M. A. (2023). The Effect of Building Orientation on Energy Efficiency of Residential Buildings. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 1111-1118.
- Feltrin, A., & Freundlich, A. (2008). Material considerations for terawatt level deployment of photovoltaics. *Renewable energy*, 33(2), 180-185.
- Fereidani , N. A., Rodrigues, E., & Gaspar, A. R. (2021). A review of the energy implications of passive building design and active measures under climate change in the Middle Eas. *Journal of Cleaner Production*, 127-152.
- González, J., Da Costa, B. B., Tam , V. W., & Haddad, A. (2024). Effects of latitude and building orientationin indoor-illuminance levels towards energyefficiency. *International Journal of Construction Management*, 24(7), 784-798.
- Habibullah, K. M., UMAR, M. S., & HAMZA, M. (2022). Affordable Quality Housings Strategies for Low-Income Family in Abuja: What Lesson from Non-Profit Housing Developers. *Iconic Research and Engineering (IRE) Journals*, 5(9).308-326.
- Hadi, A.-R. (2023). Iraq's electrical energy shortage and. *NeuroQuantology.*, 20, 9152-9158.

- Haseeb, S. Q. (2020). The development of the City of Kirkuk according to strategies for sustainable development. *The development of the City of Kirkuk according to strategies for sustainable development*, 8 (2),1035-1048.
- Hashemi, F. (2018). *Adapting vernacular strategies for the design of an energy efficient residential building in a hot and arid climate: City of Yazd, Iran* (Master's thesis, Iowa State University).
- He, Q., Ng, S. T., Hossain, M. U., & Skitmore, M. (2019). Energy-efficient window retrofit for high-rise residential buildings in different climatic zones of China. *Sustainability*, 11(22), 6473.
- İnternet: ArchDaily. (2008). Gando Primary School Extension / Kéré Architecture. ArchDaily. URL 6: <https://www.archdaily.com/785978/primary-school-in-gando-extension-kere-architecture>. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: ArchDaily. (2015). Farm House / A R D. ArchDaily. URL 9: https://www.archdaily.com/782192/farm-house-a-r-d-designs?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Climate Data. (2021). Kirkuk climate (Iraq). Data and graphs for weather & climate in Kirkuk. URL 2: <https://en.climate-data.org/asia/iraq/kirkuk/kirkuk-2920/#temperature-graph>. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Hana Abdel. (2019). ReYard House / Team Bosphorus from. ArchDaily. URL 10: https://www.archdaily.com/942491/reyard-house-team-bosphorus-from-turkey?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Kasun Illankoon (February 24, 2021). Sharjah Sustainable City. Consreaction Business news. URL 7: <https://www.cbnme.com/news/sharjah-sustainable-city-is-reshaping-the-present-https://www.sharjahsustainablecity.ae/about-sharjah-sustainable-city/>. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Kurby Team. (2023 Nov. 11, 2023). From Past to Present: The Development of Kirkuk, Architecture in Iraq. URL 4 <https://blog.kurby.ai/ar/%D9%85%D9%86> . Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Ministry of Planning. Central Statistical Organization. (2021). Population Indicators. Iraq Computer and Informatics Center. URL1: https://cosit.gov.iq/ar/?option=com_content&view=article&layout=edit&id=174&jsn_setmobile=no. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Paula Pintos. (2020). Cheops Observatory Residence / Studio Malka Architecture. ArchDaily. URL 8: https://www.archdaily.com/935191/cheops-observatory-residence-studio-malka-architecture?ad_source=search&ad_medium=projects_tab 48. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Paula Pintos. (2020). RB9 Townhouses / ARC Architects. ArchDaily. URL 5: <https://www.archdaily.com/966332/rb9-townhouses-arc-architects>. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024

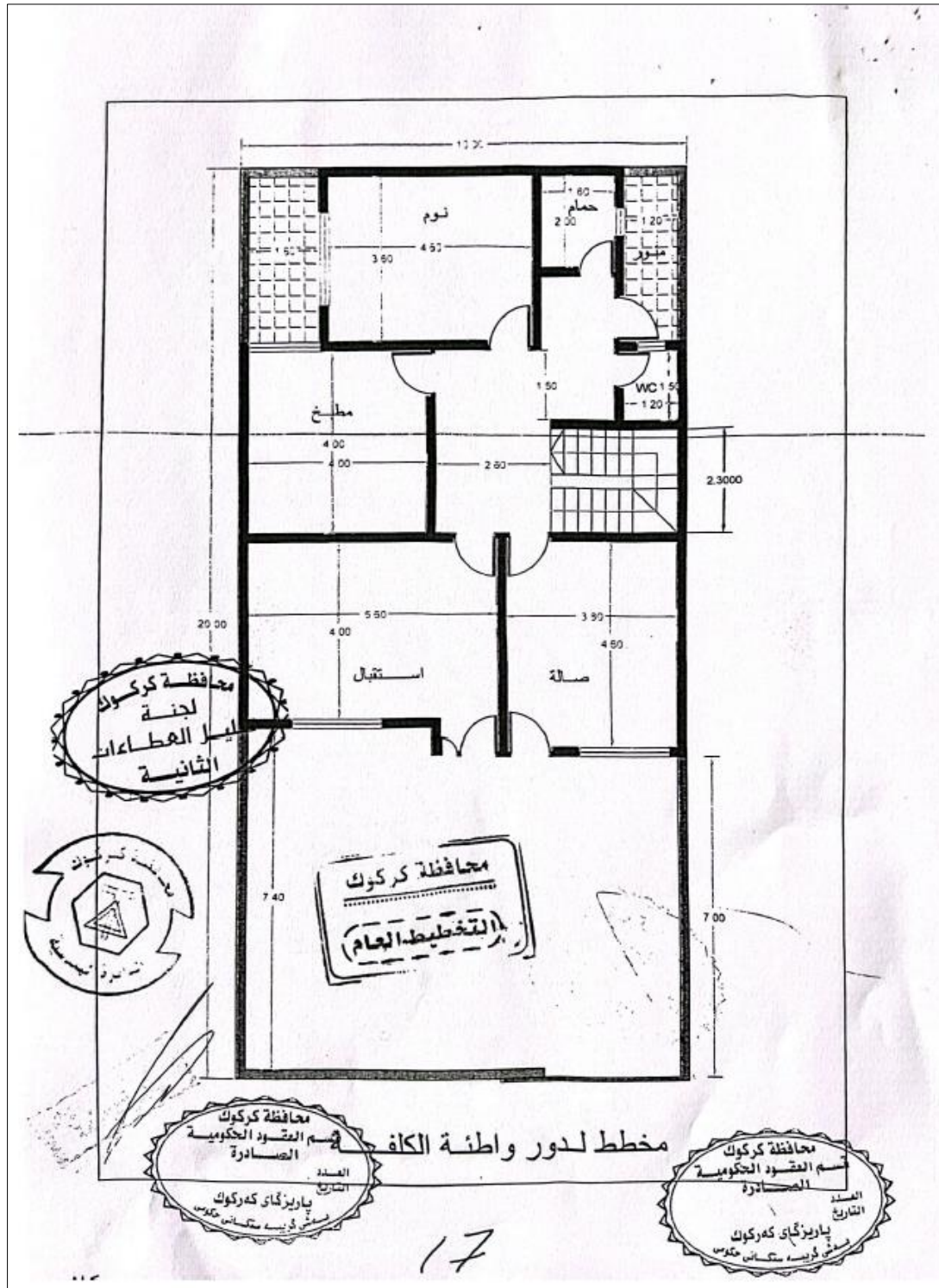
- İnternet: Revit. (2019). Software Advice. URL 13: <https://www.softwareadvice.com/construction/revit-profile/>. Son Erişim Tarihi: 26.11.2024
- İnternet: The Ancient Encyclopedia. (2020). Kirkuk City in Iraq. URL 3: <https://areq.net/m/%D9%83%D8%B1%D9%83%D9%88%D9%83.html>. Son Erişim Tarihi: 07.08.2024
- İnternet: Yazılım 3d. (2018). Revit: Mimarlar, İnşaat Mühendisleri ve Müteahhitler İçin BIM Yazılımı. URL 12: <https://yazilim3d.com.tr/urun/revit/>. Son Erişim Tarihi: 26.11.2024
- İnternet: Autodesk. (2021). Autodesk Insight: Flexible, open, and customizable Total Carbon Analysis for architects. URL 14: <https://www.autodesk.com/products/insight/overview>. Son Erişim Tarihi: 26.11.2024
- Jamei, E. C. (2023). Green roof and energy–role of climate and design elements in hot and temperate climates. . *Heliyon*, 9(5),.2023-15917.
- Kaikobad, S. M. (2020). abitat with People—an Incremental Community Driven Approach of Low Income Housing Design. *Symposium on Sustainable Rural Built Environments (SRBE)*. International Islamic University Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, and Deakin University, Geelong, Australia.
- Li, X., & Lin, A., & Young, C., & Dai, Y., & Wan. (2019). Energetic and economic evaluation of hybrid solar energy systems in a residential net-zero energy building. *Applied Energy*, 254,113709
- Liu, Z., Liu, Y., He, B.-J., Xu, W., Jin, G., & Zhang, X. (20119). Application and suitability analysis of the key technologies in nearly zero energy buildings in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 329-345.
- Mahiwal, S., Bhoi, M., & Bhatt, N. S. (2021, july). Evaluation of energy use intensity (EUI) and energy cost of commercial building in India using BIM technology. *Asian Journal of Civil Engineering* 22(3),1-18.
- Mukhtar, A. B., Yusoff, M. Z., & Ng, K. C. (2019). The potential influence of building optimization and passive design strategies on natural ventilation systems in underground buildings: The state of the art. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 92,103065.
- Naji, A. S., Enawi, H. H., & Mahmood, A. A. A. (2023). Renewable energy resources in Iraq: a review. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 31(4), 1-14.
- Pourghorban, A., Kari, B. M., & Solgi, E. (2020). Assessment of reflective insulation systems in wall application in hot-arid climates. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101734.

- Rais, M., Boumerzoug , A., Halada, M., & Sriti, L. (2019). Optimizing the cooling energy consumption by the passive traditional façade strategies in hot dry climate. *An International Journal for Engineering and Information Sciences*, 177–188.
- Razavian, F., Alemi, B., Kamali Zarchi, S., & Tafreshi, F. (2023). Studying and Proposing an Energy-efficient Residential Design for Kashan with a Hot and Dry Climate. *Journal of Solar Energy Research*, 8(2), 1559-1573.
- Saatçi, S. (2013). Kerkük Evleri. *Ötüken Neşriyat A.Ş. istiklal Cad. Ankara Han 6513 .34433 Beyoğlu-İstanbul*.
- Safar, Z. A. (2020). The urban planning processors for the deteriorating neighborhoods in downtown Kirkuk are part of the urban renewal programs. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/186563>.
- Shittu, E. (2021). Experimental, computational and sustainability study of energy-efficient technologies for residential buildings in hot countries. *Brunel University London*.
- Sholanke, A. B., Alugah, K. T., Ademo, J. A., & Adisa, O. S. (2022). Impact of Energy Efficient Design Strategies on Users Comfort in Selected Mixed-Use Buildings in Lagos State, Nigeria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Montreal: IOP Publishing. 1054(1),012025.
- Z -sustainability-in-providing-low-cost-housing-in-Khartoum-Sudan.). London .
- Zuhal, A. E. (2018). Exploring sustainability in providing low-cost housing in Khartoum-Sudan. In *International Conference for Sustainable Design of the Built Environment-SDBE London*, 881.





EK-1. Kerkük'te düşük maliyetli toplu konut projesinin planı



EK-2. Kerkük’te düşük maliyetli konut projesinin vaziyet planı



EK-3. Projeye ait fotoğraflar



EK-3. (devam) Projeye ait fotoğraflar



EK-3. (devam) Projeye ait fotoğraflar



EK-3. (devam) Projeye ait fotoğraflar





Gazili olmak ayrıcalıktır