



**TROPİKAL İKLİMLERDE DÜŞÜK MALİYETLİ VE ENERJİ ETKİN
KONUT TASARIMI: GİNE ÖRNEĞİ**

Ansou KAMANO

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2021

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.

Ansou KAMANO

16/08/2021

TROPİKAL İKLİMLERDE DÜŞÜK MALİYETLİ VE ENERJİ ETKİN KONUT TASARIMI: GİNE ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ansou KAMANO

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2021

ÖZET

Gine'nin genelinde nüfus hızla artmakta ve özellikle kentsel alanlarda düşük gelir gruplarının yaşadığı mevcut konutlar düzensiz kentleşme içerisinde “gecekondu” şeklinde üretilmektedir. Planlı yapılaşmalar ise genellikle bölgenin kültürünü ve ihtiyaçlarını bilmeyen yabancı mimarlar tarafından yapılmaktadır. Her iki durumda da yapı kabuğunun iklim verilerine göre şekillenmediği bilinen bir gerçektir. İklimsel özelliklere göre şekillenen bir yapı kabuğu, hem kullanıcı konforunu üst düzeylere taşıırken hem de binanın sürdürülebilirliği ve çevreyle olan iletişimi noktasında olumlu katkılar sağlamaktadır. Bu kapsamda, Gine'deki iklim koşullarına uygun, yöre halkının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımının nasıl yapılabileceği sorusunun cevaplarının arandığı bu tez çalışmasında Gine'nin yerel mimari kriterleri araştırılmış olup tropikal iklim bölgelerinde yapılmış düşük maliyetli iyi uygulama örnekleri seçilerek incelenmiş ve önerilen tasarım için bir yol haritası belirlenmiştir. Belirlenen tasarım kriterlerin ışığında, Gine'nin mevcut yapılaşma durumu ve yerel halkın ekonomik şartları göz önünde bulundurularak enerji etkin ve düşük maliyetli olacak çevre dostu sürdürülebilir bir prototip konut önerilmiştir. Gine'de inşaat malzemelerin fiyat tarifesine göre prototipin inşaat maliyet tahmini yapılmış ve Autodesk Insight simülasyon yazılımı yardımıyla enerji verimlilik analizleri yürütülmüştür. Sonuç olarak, Gine halkının yaşam kültürüne uygun mekânsal özelliklere sahip, söz konusu tropikal iklim için konfor koşullarını sağlayan, enerji etkin ve düşük gelir grupları için tasarlanmış prototipin 13 220,10 USD ile inşaatı başlatılabileceği görülmüş ve tükettiği enerji kullanım yoğunluğu'nun 78,8 kWh/m²/yıl olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu : 80107

Anahtar Kelimeler : Enerji etkin mimari tasarım, sürdürülebilirlik, tropikal iklim, düşük maliyetli konut, Autodesk Insight

Sayfa Adedi : 95

Danışman : Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

LOW COST AND ENERGY EFFICIENT HOUSING DESIGN IN TROPICAL
CLIMATES: THE CASE OF GUINEA

(M. Sc. Thesis)

Ansou KAMANO

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2021

ABSTRACT

In Guinea, the population is increasing rapidly and the existing houses where low-income groups live, especially in urban areas, are produced in the form of "slums" in irregular urbanization. Generally, planned constructions are designed by foreign architects who are not familiar with the culture and needs of the local region. In such cases, usually the building envelope is not shaped according to climate data. A building envelope, shaped in consideration of the climatic data, does not only bring the user's comfort to higher levels, but also makes positive contributions to the sustainability of the building and its relation with the environment. In this context, a study has been conducted in order to create a low-cost and energy-efficient housing design that is both suitable for the climatic conditions in Guinea and the needs of the local people. In this study, the local architectural criteria of Guinea was investigated, some good practice low-cost houses examples made in tropical climates were selected and examined, and a guideline for the proposed design has been determined. In view of the determined design criteria, an environment friendly, sustainable, energy efficient and low-cost prototype housing has been proposed, considering the current construction situation of Guinea and the economic conditions of the local people. The construction cost of the prototype was estimated according to the schedule of construction materials in Guinea, and energy efficiency analysis were carried out using Autodesk Insight simulation software. As a result, it has been observed that it is possible to begin the construction of the prototype designed for low-income group based on the climatic conditions of Guinea at the cost of 13 220,10 USD, and the energy usage intensity consumed was approximately 78.8 kWh/m²/year.

Science Code : 80107

Key Words : Energy efficient architectural design, sustainability, tropical climate, low-cost housing, Autodesk Insight

Page Number : 95

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresi boyunca bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimleriyle desteğini esirgemeyen, anlayış ve hoşgörüsüyle yakından ilgilenen kıymetli danışmanım Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK'a katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bana hem Lisans hem de Yüksek Lisans burs imkânı veren Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluğu (YTB)'ye teşekkür ederim.



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 KAVRAMSAL ARKA PLAN	5
2.1. Gine'nin İklimi ve Enerji Kaynakları	5
2.1.1. Gine'nin iklim türleri.....	5
2.1.2. Gine'nin potansiyel yenilenebilir enerji kaynakları	7
2.1.3. Gine’de sektörlere bağlı enerji kullanımı ve yapı sektörü	8
2.2. Gine’nin Yerel Mimarisi ve Sürdürülebilirlik	10
2.2.1. Tasarım ve yerleşim	11
2.2.2. Malzeme kullanımı ve yapım teknolojisi.....	13
2.2.3. Geleneksel mimarinin sahip olduğu sürdürülebilir çözümler	13
2.2.4. Geleneksel mimarinin modern yorumları	14
2.3. Tropikal İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Mimari Tasarım Prensipleri.....	16
2.3.1. Yer seçimi	17
2.3.2. Yapıların konumlandırılması	18
2.3.3. Yapı kabuğu	18
2.3.4. Doğal aydınlatma	23
2.3.5. Yapılarda güneşten korunma	24

	Sayfa
2.3.6. Yapılarda doğal havalandırma	25
2.3.7. Yapı malzemesi ve yapım yöntemleri.....	27
2.3.8. Yapılara yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu	28
2.3.9. Yapılar aracılığı ile yağmur suyu toplama	30
2.4. Düşük Gelir Grubu İçin Konut Üretimi	31
2.4.1. Mevcut durum ve ihtiyaç analizi.....	32
2.4.2. Düşük maliyetli konut tasarımı prensipleri ve iyi uygulama örnekleri....	32
2.5. Bölüm Sonucu.....	43
3. MATERYAL VE METOD.....	47
3.1. Araştırmanın Materyali	47
3.1.1. Prototip konut tasarımı.....	47
3.1.2. Simülasyon yazılım aracı	48
3.1.3. Tasarım alanı	51
3.1.4 Konakri şehrinin iklimsel verileri	51
3.2 Araştırma Metodolojisi	53
4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ENERJİ ETKİN DÜŞÜK MALİYETLİ KONUT TASARIMI VE SİMÜLASYONU: KONAKRI ÖRNEĞİ	55
4.1. Düşük Gelir Grubuna Uygun Optimum Konut Tasarımı.....	55
4.1.1. Tasarım yaklaşımı ve yerleşim	55
4.1.2. Malzeme ve yapım	62
4.1.3. İnşaat maliyet tahmini	63
4.2. Yapının Enerji Simülasyonu	65
4.2.1. Simülasyon verilerin tanımlanması.....	65
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	73
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	89

ÖZGEÇMİŞ	95
----------------	----



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Gine’de enerji sektörüne dair bazı göstergeler	9
Çizelge 2.2. Gine'deki yerleşim yerlerinin sosyal yapısına göre konut tiplerin dağılımı.....	11
Çizelge 2.3. Gine’de, duvar ve çatı malzemelerin tiplerine göre konut dağılımı.	14
Çizelge 2.4. Tropikal iklime dayalı enerji etkin ve düşük maliyetli konutların özellikleri.....	44
Çizelge 2.5. Genel değerlendirme çizelgesi.....	45
Çizelge 3.1. Konakri iklimsel çizelgesi	52
Çizelge 4.1. Prototip binanın detayları	57
Çizelge 4.2. Birinci ve ikinci aşamada mekanlar ve büyüklükleri	61
Çizelge 4.3. Prototipin maliyet tahmini	64
Çizelge 4.4. Modelin simülasyon parametreleri	66
Çizelge 6.1. Enerji etkin ve düşük maliyetli prototip konutların özellikleri.....	86
Çizelge 6.2. Genel değerlendirme çizelgesi.....	87

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması.....	4
Şekil 2.1. Gine'nin fiziki haritası.....	6
Şekil 2.2. Köppen Geiger'e göre Gine'nin iklim bölgeleri.....	6
Şekil 2.3. a. Yıllık ortalama yağış b. Ortalama sıcaklık c. Ortalama aylık yağış d. Ortalama aylık sıcaklık.....	7
Şekil 2.4. Gine'de sektörlere göre nihai enerji tüketimi yüzdeleri.....	9
Şekil 2.5. Gine'de planlanan elektrifikasyon göstergesi.....	10
Şekil 2.6. Gine'deki kulübe örnekleri.....	12
Şekil 2.7. Mutfak ve tuvaletin avluyla ilişkisi.....	12
Şekil 2.8. Göçebe Fulani halkının kubbeli kulübeleri.....	12
Şekil 2.9. Geleneksel çatının bileşenleri.....	13
Şekil 2.10. 30'dan fazla kullanıcısı olan büyük bir aile evi.....	15
Şekil 2.11. Dupleks villa örneği.....	16
Şekil 2.12. Güneş ve rüzgâr yönlerine göre yapıların konumlandırılması.....	18
Şekil 2.13. Parasol çatı prensibi.....	20
Şekil 2.14. Parasol çatıda gece havalandırması.....	20
Şekil 2.15. Havalandırılmış çatı örnekleri.....	21
Şekil 2.16. Farklı pencere tipleri için etkin açık alan (geçirgenlik) yüzdesi.....	23
Şekil 2.17. Gökyüzünün direkt görüntüsünü engellemek için kullanılan çıkıntılı çatı...	24
Şekil 2.18. Yapının güneşten korunması.....	25
Şekil 2.19. Yapılarda doğal havalandırma prensibi.....	26
Şekil 2.20. Doğal havalandırma yöntemleri.....	27
Şekil 2.21. Güneş enerjili su ısıtıcı.....	29
Şekil 2.22. Yağmur suyu toplama sistemi.....	31
Şekil 2.23. Maputo'nun gecekondu bölgelerinde kompakt konut.....	34

Şekil	Sayfa
Şekil 2.24. Biyoklimatik tasarıma sahip pasif ev prototipi.....	35
Şekil 2.25. Bambu ev.....	36
Şekil 2.26. Nakasone Evi.....	37
Şekil 2.27. Genişletilebilir ev.....	38
Şekil 2.28. Mogoda projesi prototipleri	39
Şekil 2.29. LT Evi.....	40
Şekil 2.30. Niamey 2000.....	41
Şekil 2.31. Surabaya Boarding House	42
Şekil 3.1. Tasarım alanı	51
Şekil 3.2. Konarki için rüzgar hızı ve yönü ile ilgili aylık istatistikler.....	52
Şekil 3.3 Araştırma yöntemi	53
Şekil 4.1. Arsa alanının mahalledeki konumu	55
Şekil 4.2. Bina konumlandırması.....	56
Şekil 4.3. Prototipin modüler genişletilmesi.....	56
Şekil 4.4. Birinci aşamanın zemin kat planı	58
Şekil 4.5. Birinci aşamanın şematik üç boyut modeli.....	58
Şekil 4.6. İkinci aşamanın zemin kat planı	59
Şekil 4.7. İkinci aşamanın üst kat planı	60
Şekil 4.8. İkinci aşamanın şematik üç boyut modeli	60
Şekil 4.9. Şematik kesit 1.....	63
Şekil 4.10. Şematik kesit 2.....	63
Şekil 4.11. Revit'te proje ve meteoroloji istasyonunun yerlerin belirlenmesi.....	67
Şekil 4.12. Revit'te yıllık hava durumun belirlenmesi.	67
Şekil 4.13. Revit'te enerji ayarı	68
Şekil 4.14. Revit'te gelişmiş enerji ayarı	68
Şekil 4.15. Malzeme termal özellikleri: kavramsal tipler	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4.16. Malzeme termal özellikleri: analitik tipler	69
Şekil 4.17. Revit ile oluşturulan enerji modeli.	70
Şekil 4.18. Insight ile oluşturulan enerji modeli.	71
Şekil 4.19. PV enerji analizi	72
Şekil 5.1. Tasarım senaryolarını değiştirmeden önce enerji maliyeti ve enerji kullanım yoğunluğunun temel değeri.....	73
Şekil 5.2. Pencere-duvar oranları ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı)	75
Şekil 5.3. Pencere gölgelikleri ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı).....	76
Şekil 5.4. İşletme süresi ile elde edilen verimlilik grafiği	77
Şekil 5.5. Cam tipi ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı).....	78
Şekil 5.6. Aydınlatma ile elde edilen verimlilik grafiği.....	79
Şekil 5.7. Priz yükü ile elde edilen verimlilik grafiği	79
Şekil 5.8. a- Güneş ışığı ve doluluk kontrolü; b- İnfiltrasyon oranı ile elde edilen verimlilik grafikleri	80
Şekil 5.9. Yönlendirme ile elde edilen verimlilik grafiği	81
Şekil 5.10. Duvar ve çatı konstrüksiyonu ile elde edilen verimlilik grafiği	82
Şekil 5.11. Autodesk Insight sonuçlarında HVAC sistemin grafiği.	83
Şekil 5.12. Enerji maliyeti ve Enerji Kullanım Yoğunluğu açısından ölçüt karşılaştırması.	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

°	Derece
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
m	Metre
mm	Milimetre
m ²	Metrekare
m/s	Hidrojen
kwh /m ²	Metrekareye Düşen Kilowatsaat
kwh/m ² .gün	Günlük Metrekareye Düşen Kilowatsaat
kWh/m ² /yıl	Yılda Metrekareye Düşen Kilowatsaat
ktoe	Ton eşdeğer petrol
USD/m ² /yıl	Yılda Metrekareye Düşen maliyet
W/m ² k	Isı Geçirgenlik Katsayısı

Kısaltmalar

Açıklamalar

Am	Tropik Muson İklimi
ASHRAE 90.1	Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>)
DOE	BD Enerji Bakanlığı
ECOWAS	Batı Afrika Devletleri Ekonomik Topluluğu
EDG	Gine Ulusal Elektrik Şirketi
EUI	Enerji Kullanım Yoğunluğu
ft ²	Fit kare
GNF	Gine Frangı

Kısaltmalar**Açıklamalar****HVAC**

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme

IFDD

Frankofoni Sürdürülebilir Kalkınma Enstitüsü

*(Institut de la francophonie pour le développement durable)***RGPH3**

Üçüncü Genel Nüfus ve Konut Sayımı

PV

Fotovoltaik

STBSıkıştırılmış toprak bloğu (*Compressed earth block*)

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel ısınma başta olmak üzere tüm çevre sorunlarının altında enerji tüketimi ile ilgili talepler ve uygulamalar ve buna bağlı olarak sera gazı salınımlarının artması yatmaktadır. Yapı sektörü dünya genelinde enerji kullanımının büyük bir oranından sorumlu tutulmaktadır. Bunun başlıca sebebi ise iklime uygun yapı tasarımının yapılmaması ve yapıların enerji verimliliğinin yeterli ölçülerde sağlanamaması olarak ifade edilebilir. Enerji verimliliği farklı iklim bölgelerindeki tüm ülkeler ve toplumlar için kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Tropikal iklim bölgesindeki ülkelerde gerçekleştirilen konut projelerinde “iklimsel koşulların” dikkate alınmadığını söylemek mümkündür. Tasarım aşamasında ele alınması gereken konu ihmal edildiğinde hem iç mekân konfor koşulları düşmekte hem aşırı enerji tüketimi görülmektedir. Söz konusu ülkelerde genel olarak ekonomi zayıftır ve nüfus hızla artmaktadır. Özellikle kırsal göç nedeniyle kentsel alanlarında hızlı ve plansız bir yapılaşma gözlenmektedir.

Gine’de görülen düzensiz şehirleşme ve gecekondu yapılaşmaları, Gine'nin konut ve kentleşme politikasının henüz uygulanmamasından kaynaklanmaktadır. Planlama Bakanlığı’nın açıklamalarına göre, Gine’nin nüfusu hızla artmakta, özellikle göç nedeniyle başkenti Konakri şehrinin nüfusu, yılda %6,1 gibi bir oranla büyümektedir. Böylelikle, kentsel alanlarda yeni konut projelerine olan gereksinim de hızla artmaktadır.

İnsanın en temel gereksinimlerinden biri uygun konut olmasına rağmen, günümüzde dünya genelinde bu gereksinimini yerine getiremeyen milyonlarca insan bulunmaktadır. Bu insanlara konforlu barınma sağlamak için çevre dostu, sürdürülebilir ve düşük maliyetli konutlar tasarlanması önemlidir.

Düşük maliyetli konut tasarımı, düşük ve orta gelirli gruplar için ideal ve uygun fiyatlı bir konut tasarımı olarak tanımlanabilir. Düşük maliyetli konutların enerji verimli olarak tasarlanması mümkündür. Alan çalışmasının gerçekleştirildiği Gine'nin tropikal iklim bölgesindeki konutların da enerji verimliliğini sağlayabilecek pasif tasarımın temel ilkelerinin belirlenip uygulanması önemlidir.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışma, söz konusu iklim bölgesinde olan ülkelerden Gine'nin konut problemlerine odaklanmaktadır. Tropikal iklim bölgelerinde ve özellikle bu tezin alan çalışmasının yapıldığı Gine'de enerji etkin bina tasarımının nasıl en kolay, ucuz ve sürdürülebilir yapılabileceğinin araştırılması hedeflenmiştir. Yerel malzeme ve yerel işçilik ile düşük maliyetli enerji etkin konut tasarımının örnek bir çalışma ile geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma Sorusu ve Hipotezi

Araştırma “Gine'deki iklim koşullarına uygun, yöre halkının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı yapılabilir mi” sorusu etrafında detaylandırılmıştır. Bu çerçevede “Bölgedeki kadim bilgilerin değerlendirilmesi ile düşük gelir grupları için iklimsel konfora sahip konut tasarlanabilir” hipotezini test etmek üzere bir alan çalışması ile detaylandırılmıştır.

Çalışmanın temel araştırma sorusunun cevaplanabilmesi için yapılan alan yazın taraması ile sırasıyla şu alt araştırma soruları da araştırılmıştır.

- Gine'nin iklim ve enerji kaynaklarının potansiyeli nelerdir?
- Gine'nin geleneksel mimari yaklaşımları nelerdir?
- Gine'nin geleneksel mimari ve günümüzdeki mimari arasındaki fark nelerdir?
- Gine'nin iklimine uygun enerji etkin bir konutun tasarım prensipleri nelerdir?
- Bölge için en uygun malzeme ve işçilikle yapılacak düşük maliyetli konut tasarımının ilkeleri nelerdir?
- Gine'de, iklim koşullarını göz önünde bulundurarak yerel malzeme ve yerel işçilik kullanımı ile düşük maliyetli bir konut inşaat edilebilir mi?
- Gine'de gerçekleştirilmiş düşük maliyetli bir konut, enerji verimli bir bina standartlarını karşılayabilir mi?

Çalışmanın Önemi

Gine'de mevcut yapılaşma durumu ve yerel halkın ekonomik şartları göz önünde bulundurulduğunda tezin hedefleri doğrultusunda bir çalışma yapılmadığı görülmüş ve

yapılan bu çalışmanın önemli bir açığı kapatacağı düşünülmüştür. Literatürde ve bölgedeki uygulamalarda, Gine halkının yaşam kültürüne uygun mekânsal özelliklere sahip, söz konusu tropikal iklim için konfor koşullarını sağlayan, enerji etkin ve düşük gelir gruplarının konut gereksinimi karşılama çözüm öneren bir başka çalışma bulunmaması yapılan tez çalışmasının önemini ortaya koymaktadır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu çalışma genel anlamda “tropikal iklim”, “enerji etkin”, “düşük maliyet” ve “mimarlık” çerçevesinde detaylandırılmış ve günümüzün yüksek performanslı ve düşük maliyetli özelliklere sahip “enerji verimli 1-2 katlı aile konutu” ile sınırlandırılmıştır. Çalışma açık erişimli olduğu için Autodesk Revit ve Autodesk Insight programları ile sınırlı tutulmuş, konu ile ilgili diğer analiz programları çalışmaya dahil edilmemiştir.

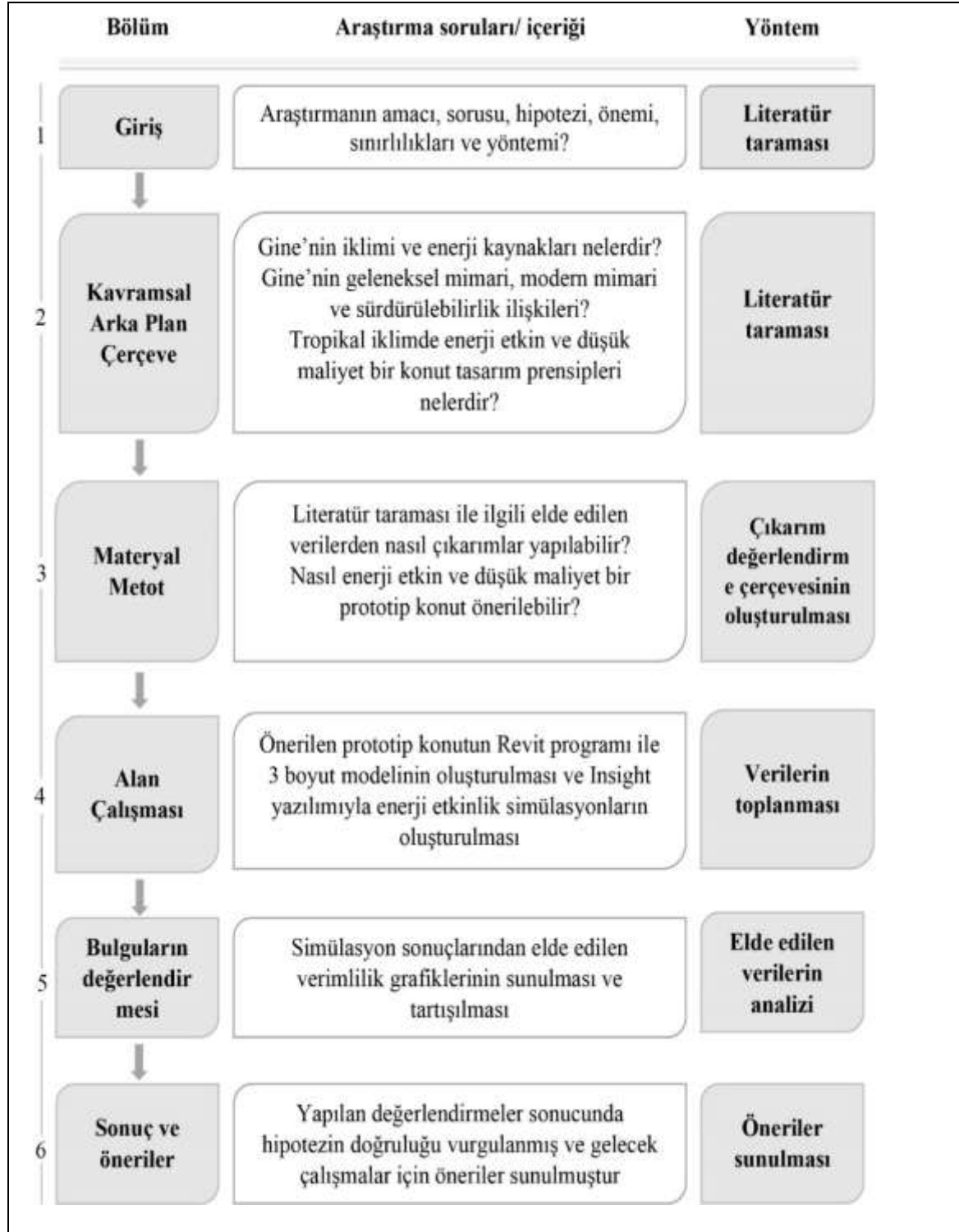
Araştırmanın Yöntemi

Konu ile ilgili alan yazın taramasından elde edilmiş veriler ışığında bölgedeki düşük gelir grubuna yönelik en uygun konut tipolojisi oluşturulmuş, malzemeden, yapım yöntemlerine kadar her aşaması detaylandırılmış olan projenin enerji etkinliği de bilgisayarlı benzetim yazılımları (Autodesk Revit ve Autodesk Insight) ile test edilerek bölge halkı için kılavuz niteliğinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma temel olarak altı (6) bölümden oluşmaktadır (Şekil 1.1).

- Birinci bölümde; araştırmanın amacı, sorusu, hipotezi, önemi, sınırlılıkları ve yöntemi açıklanmış,
- İkinci bölümde; Gine’nin iklimi, enerji kaynakları, geleneksel ve modern mimarisi, enerji etkin ve düşük maliyet bir konut tasarım prensipleri ile ilgili yapılan araştırmaları incelenerek kavramsal bir çerçeve çizilmiş,
- Üçüncü bölümde; materyal ve metot detaylandırılmış,
- Dördüncü bölümde, önerilen prototip konutun bilgisayar destekli enerji etkinliğinin simülasyon analizleri yapılmış,
- Beşinci bölümde, bulguların değerlendirilmesi ve tartışma yapılmış,

- Altıncı bölümde ise, yapılan değerlendirilmeler sonucunda araştırma sorusu cevaplanarak gelecekte Gine'nin tropikal iklime sahip bölgelerde yapılacak konut projeleri için öneriler sunulmuş ve çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 1.1.Tez akış şeması

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ARKA PLAN

Bu bölümde tezin kuramsal altyapısını kurmak üzere konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve ilgili tanım, terim, istatistik ve görsellere yer verilmiştir.

2.1. Gine'nin İklimi ve Enerji Kaynakları

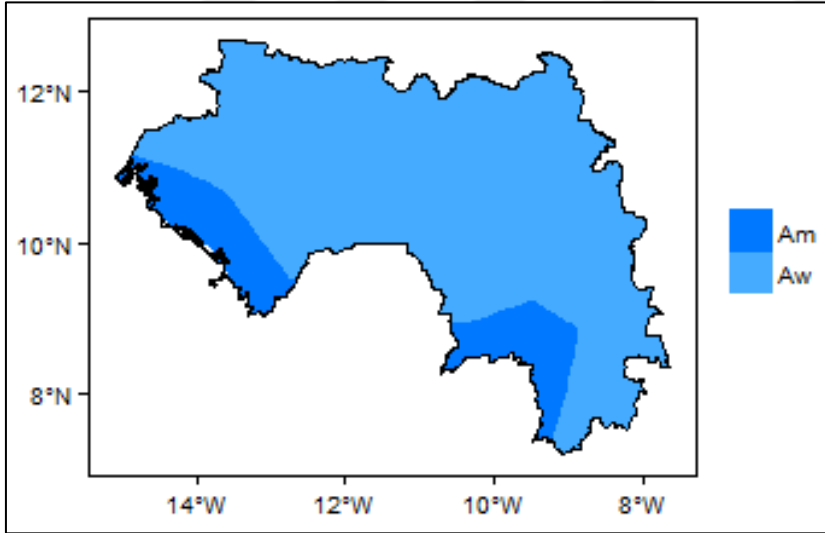
Çalışmanın bu aşamasında, Gine'nin bulunduğu bölgenin sahip olduğu iklim türleri, potansiyel yenilenebilir enerji kaynakları ve Gine'de sektörlere bağlı enerji kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalar açıklanmıştır.

2.1.1. Gine'nin iklim türleri

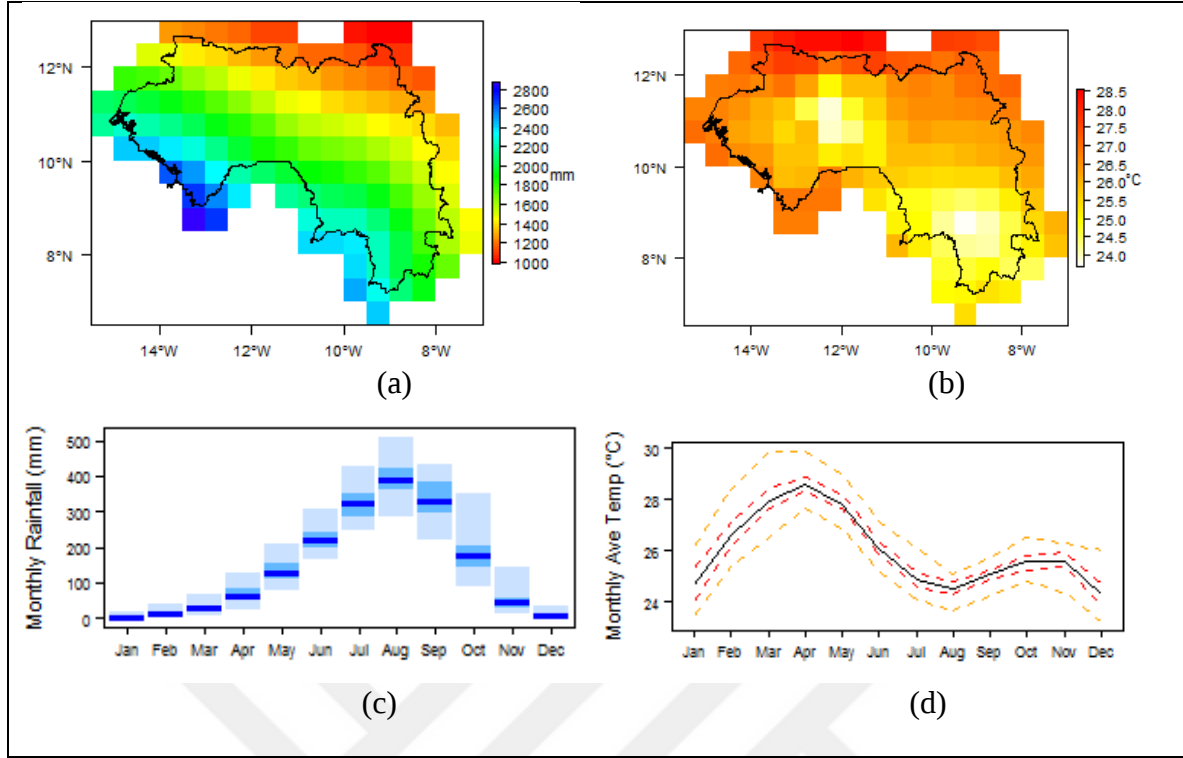
Gine Cumhuriyeti, Batı Afrika kıtasının batısında olup dört bölgeye ayrılmaktadır: Aşağı Gine, Orta Gine, Yukarı Gine ve Dağlık Gine (Şekil 2.1). Gine iklimi, bölgelere bağlı olarak iki temel iklim bölgesine sahiptir: tropikal savan iklimi (Aw) ve tropikal muson iklimi (Am). Köppen-Geiger'e göre, Gine'de hâkim iklim tropikal savan iklimidir (Şekil 2.2). Aşağı Gine (*Basse Guinée*)'de, yağmurlu mevsim 6 ay sürer ve sıcaklık 23 ila 35°C arasındadır. Orta Gine (*Moyenne Guinée*)'de yağışlı mevsim daha kısa ve yağış daha azdır. Yukarı Gine (*Haute Guinée*)'de kuru tropikal bir iklim ve sadece 3 ay yağışlı mevsim görülmektedir. Harmattan nedeniyle, sıcaklık yaklaşık 40°C'ye kadar yükselmektedir. Aralık ve şubat aylarında ise sıcaklık 15°C'ye kadar düşmektedir. Dağlık Gine (*Guinée forestière*)'de, 2 yağışlı mevsimin kısa bir kurak mevsimle ayrıldığını görülür, yıl boyunca nem oranı yüksektir ve sıcaklık ise 24 ila 28° C arasında değişmektedir (Aussel, 2018). Şekil 2.3'te, Gine genelindeki yıllık ortalama yağış, ortalama sıcaklık, ortalama aylık yağış ve ortalama aylık sıcaklık oranları gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Gine'nin fiziki haritası (URL-1).



Şekil 2.2. Köppen Geiger'e göre Gine'nin iklim bölgeleri (URL-2).



Şekil 2.3. a. Yıllık ortalama yağış b. Ortalama sıcaklık c. Ortalama aylık yağış d. Ortalama aylık sıcaklık (URL-3).

2.1.2. Gine'nin potansiyel yenilenebilir enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji “doğada sürekli var olan, herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duyulmadan elde edilebilen enerji türüdür” (Yılmaz, 2012). Yenilenebilir enerji kaynakları olarak “güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, biokütle enerjisi, dalga enerjisi ve hidrojen enerjisi” (Karagöz ve Kavaz, 2017) sayılabilir. Gine'nin hidrolik, biokütle, güneş ve rüzgâr başta olmak üzere enerji potansiyeli hem büyük hem de çeşitlidir.

Hidroelektrik, Batı Afrika'da en yaygın ve en çok kullanılan yenilenebilir enerji teknolojisidir. Çoğu Batı Afrika Devletleri Ekonomik Topluluğu (ECOWAS) üyesi ülkede, ticari ölçekte kullanılan tek teknoloji olduğu da söylenebilir (URL-4). Gine'de, 7.000 MW'dan fazla olduğu tahmin edilen önemli bir hidroelektrik potansiyeline sahiptir, ancak potansiyelin %6'sından daha azı kullanılmaktadır (URL-5). Bu potansiyel, Gine toprakları üzerinde eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır. Enerji Bakanlığı'na göre (2015), Aşağı Gine'de 2,800 MW'ı temsil eden 7 büyük havza veya toplam potansiyelin %46'sı bulunmaktadır. Orta Gine, 2.600 MW'ı temsil eden 7 büyük havzaya veya toplam

potansiyelin %43'üne sahiptir. Yukarı Gine tahmini 500 MW veya toplam potansiyelin %8,9'una sahiptir. Dağlık Gine'de ise 100 MW potansiyeli veya toplam potansiyelinin %2'si bulunmaktadır (URL-6). Gine'ye Batı Afrika'nın su kulesi denilmektedir, zira Afrika'nın en önemli nehirlerinden 5 tanesi, kaynaklarını Gine'den almaktadır. Gine'de 1.165'ten fazla nehir bulunmaktadır.

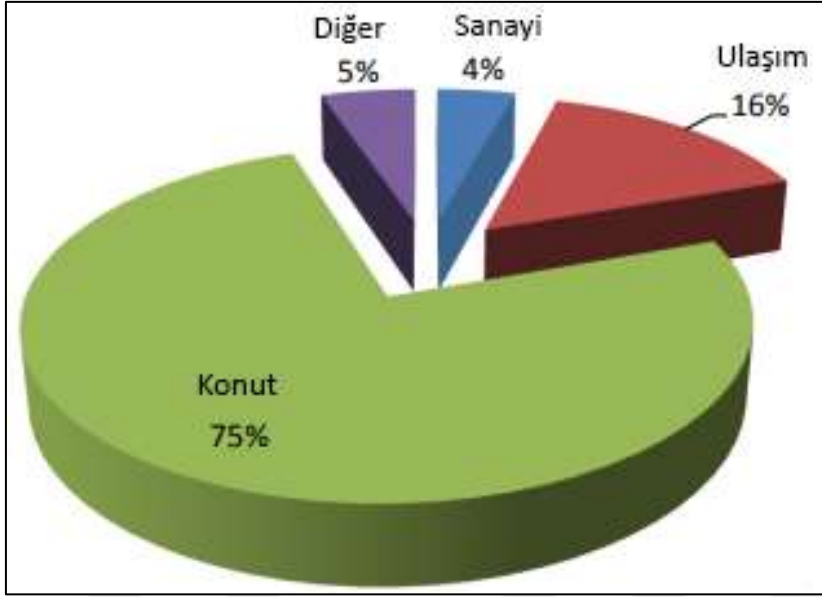
Biokütle; “sürdürülebilirlik, kolay ulaşılabilirlik, çevre üzerinde zararlı olmaması ve kırsal kesimlerde sosyo-ekonomik gelişmeye yardımcı olması bakımından pek çok avantajları olan, yenilenebilir, tükenmez bir enerji kaynağıdır”. ECOWAS bölgesinde, bu teknoloji temel olarak üç yakıt grubu kullanmaktadır: yakacak odun, tarımsal ürünlerin yan ürünleri ve elektrik üretimine yönelik enerji bitkileri (URL-4). Gine, yıllık 30 milyon m³ odun olduğu tahmin edilen biokütle kaynaklarına sahiptir (URL-6). Gine'nin 2014 enerji dengesine göre, odun ve odun kömürü, nüfus tarafından tüketilen ana enerji kaynakların %75'ini oluşturmaktadır (URL-6). Ancak, diğer Afrika ülkelerinde olduğu gibi, odun ve odun kömürü ülkenin enerji dengesinde büyük rol oynamaktadır (URL-7).

Güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyeli, bu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak için yeterli ve etkin bir programın bulunmaması nedeniyle büyük ölçüde kullanılamamaktadır. Gine'nin günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise Konakri bölgesinde 2000 saat ve Kankan bölgesinde 2700 saattir. Rüzgâr potansiyeline gelince, Gine'deki rüzgâr hızı 2 m/s ila 4 m/s arasındadır ve bu nedenle sadece pompalama uygulamaları için uygundur (URL-5; URL-6). Bu rüzgar hızına *cut-in* adı verilir ve çok düşük elektrik üretme potansiyele sahiptir (Akkaş, 2001).

Gine'de, konutlarda yemek pişirmek için odun ve odun kömürünün aşırı kullanımı nedeniyle, biokütlenin günümüzde en çok tüketilen enerji kaynağı olduğuna sebep olmaktadır. Bu aşırı kullanım, Gine'de konut sektörünün yüksek enerji tüketiminin ana nedenlerinden biridir.

2.1.3. Gine'de sektörlere bağlı enerji kullanımı ve yapı sektörü

Gine'de sektörlere göre nihai enerji tüketimi 3.694 ktoe olup, konut sektörü 2.790 ktoe (%75) ile tüketimin en büyük payını oluşturmaktadır (Şekil 2.4) (URL-8).



Şekil 2.4. Gine'de sektörlere göre nihai enerji tüketimi yüzdeleri (URL-8).

Gine'de, özellikle kırsal alanlarda elektriğe erişim henüz çok düşüktür. Bu erişimin oranı ülke genelinde %35,2 iken, yasal oranı %18,1'dir. Kentsel alanlarda %47,8 ve kırsal alanlarda %2'dir. Tüketim kentsel alanlarda yoğunlaşırken, kırsal alanlardaki konutlar için elektrik neredeyse yok denecek kadar azdır (URL-8). 2016 yılında, her üç konuttan sadece bir tane (%33,5) elektriğe erişime sahipti. Bir başka ifade ile kentsel ve kırsal alanlar arasındaki elektriğe erişim bağlamında eşitsizlik çok büyüktür (URL-10).

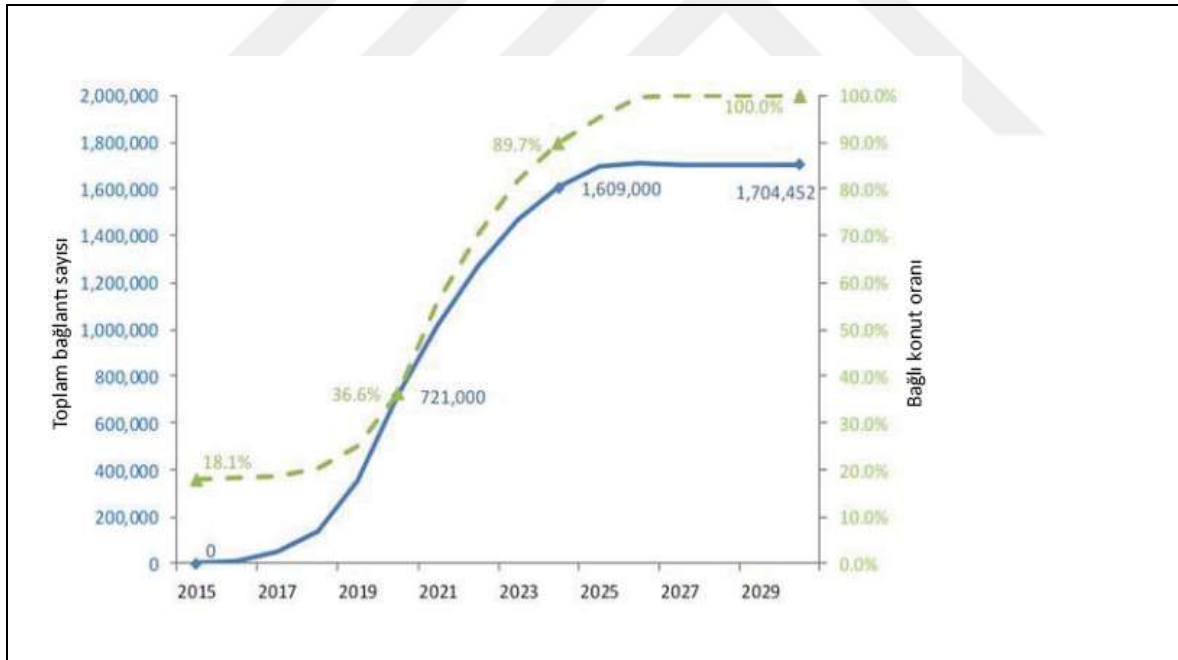
Gine'de elektrik sektörünün temel zorlukları (a) elektriğe düşük erişim oranı ve çok sayıda yasadışı bağlantı; (b) Gine Ulusal Elektrik Şirketi'nin (EDG) zayıf performansı; (c) sektörün finansal sürdürülebilirliği ve (d) yüksek düzeyde elektrik sistemi verimsizlikleri. Çizelge 2.1'de Gine'de enerji sektörüne dair bazı göstergeler özetlenmektedir (URL-11).

Çizelge 2.1. Gine'de enerji sektörüne dair bazı göstergeler (URL-11)

Sektör göstergeleri	Gine
Elektriğe yasal erişim (nüfusun %'si)	18.1 (2017)
Kurulmuş kapasite (MW)	699
Yıllık enerji üretimi (GWh)	1,740
Kayıtlı müşteri sayısı	271,249
Sistem kayıpları (%)	35
Ortalama elektrik tarifesı (US\$ per kWh)	0.10 (2018)
Ortalama hizmet maliyeti (US\$ per kWh)	0.25 (2018)
Yıllık ciro (million, US\$)	100.2
Faturalandırma oranı (%)	64.2
Tahsilat oranı (%)	83.4
İlgili kamu personelinin sayısı	1,597

Gine, sahip olduğu enerji potansiyeline rağmen Batı Afrika bölgesinde en düşük enerji performansına sahip ülkelerden sayılmaktadır (URL-6). Gine’de kişi başına enerji tüketimi yarım ton petrol eşdeğerinden (TEP) az olup, %80’i biyokütleden sağlanmaktadır. Odun ve odun kömürü, konutlarda en çok kullanılan ana yakıtlardır (URL-9).

Bölge ağlarını etkileyen teknik ve teknik olmayan kayıplar enerji sektörünün gelişimini engellemektedir. Teknik kayıplar genellikle elektrik iletim altyapısının verimsizliğinden ve yanlış yönetiminden kaynaklanmaktadır. Teknik olmayan (veya ticari) kayıplar, yasadışı bağlantılar nedeniyle elektrik hırsızlığının yanı sıra kamu kuruluşları da dahil olmak üzere ağa bağlı tüketicilerden ödenmemiş faturaları içerir (URL-4). Gine hükümeti, Şekil 5’te gösterildiği gibi 2030 yılına kadar evrensel erişime yönelik olarak elektriğe yasal erişimi 2017’de % 18.1’den 2020’de % 36’ya ve 2030’da % 100’e yükseltmeyi hedeflemiştir (URL-11). Bu hedefin gerçekleşebilip gerçekleşemeyebileceğini, 2020 verilerinin açıklanması ile belli olacaktır.



Şekil 2.5. Gine’de planlanan elektrifikasyon göstergesi (URL-11)

2.2. Gine’nin Yerel Mimarisi ve Sürdürülebilirlik

Gine’nin yerel mimarisi, kolay ve fazla bulunan neredeyse ücretsiz olarak edinilebilecek yerel malzemeler ve yerel yapım tekniği ile inşaat edilmiş “kulübe” tarzı barınaklardan oluşmaktadır. Bu tür kulübeler hem kırsal hem kentsel alanlarda bulunmaktadır. Ülkenin

genelinde en çok yaygın kulübelerin dairesel plan şeması ve samandan yapılmış konik bir çatıya sahiptir. Bu kulübeler, güneşten kurtulmuş kerpiçten yapılmış ve penceresiz duvarlarla inşaa edilmiştir (Nelson, 1975: 107). Her ne kadar konutların yerleşim planı mantığı hala devam etse de Gine'deki konutların modernizasyonu Gine yerel mimari uygulamasının, kulübelerinin ve özellikle yerel malzemelerin kullanımının ortadan kalkmasına yol açmaktadır. RGPH3'e göre, 1983 yılında Gine'de konutlarda bulunan kulübe sayısı %67,1 iken, 2014'te %27,9'a düşmüştür (URL-12). Günümüzde, Gine'deki yerleşim yerlerinin sosyal yapısına göre değişen çeşitli konut tipleri bulunmaktadır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Gine'deki yerleşim yerlerinin sosyal yapısına göre konut tiplerin dağılımı (URL-12)

Konut tipleri	Ülke geneli %	Kentsel %	Kırsal %
Kulübe	27,9	3,1	40,9
Müstakil ev	35,7	43,0	31,9
Çok aileli konut	35,2	51,7	26,5
Müstakil bina	0,4	0,8	0,1
Çok birimli bina	0,4	1,0	0,1
Diğer	0,4	0,4	0,5
Toplam	100	100	100

2.2.1. Tasarım ve yerleşim

Gine yerel mimarisinde yaşam biçimleri aile, siyasi veya dini stratejilere dayanmaktadır. Aile birimin genişlemesi, konut yerleşim yapısının genişletilmesine sebep olur (Company ve diğerleri, 2017). Genel olarak neredeyse Gine'nin bütün dört bölgesindeki her etnik grubunda aynı konut yerleşim yapı sistemi görülmektedir (URL-13). Bu sistem saman çatılı ve düşük temelli küçük kerpiç kulübelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.6). Kulübeler bir avlu etrafında düzenlenmiş ve konut, mutfak, tuvalet birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.7) (Devey Malu Malu, 2009). Bu tür konutların daha büyük versiyonlarında, çatının çıkıntısı bir dış verandayı gölgelemiştir. Bazı durumlarda veranda, kerpiçten yapılmış duvarlarla çevrelenmiş ve süs pencere açıklıkları olan birkaç küçük odaya bölünmüştür. Çatı neredeyse yere kadar uzatılır ve yağmur mevsiminden önce gelen şiddetli fırtınalara karşı dayanıklı hale getirilir (Nelson, 1975).



Şekil 2.6. Gine'deki kulübe örnekleri (URL-14).



Şekil 2.7. Mutfak ve tuvaletin avluyla ilişkisi (URL-15)

Bu tip kulübelerin aksine, göçebe Fulani (Orta Gine'de yaşayan bir etnik grubu) halkları kubbeli kulübelerde yaşamaktadırlar (Şekil 2.8). Kuru mevsimde, Fulani halkının karakteristik kubbeli şeklindeki evleri, darı sapının kompakt sütunları ve yağmur mevsimi boyunca bir arada tutulan ve ahşap direklere bağlanan kamış paspasları ile desteklenir. Bu mobil evlerin kurulumu tüm göçebe toplumlarının evleri gibi kolay sökülüp kurulacak şekilde tasarlanmıştır (URL-16).



Şekil 2.8. Göçebe Fulani halkının kubbeli kulübeleri (URL-16)

2.2.2. Malzeme kullanımı ve yapım teknolojisi

Genel olarak, Gine'de geleneksel kulübelerin inşası için kullanılan tüm malzemeler yereldir ve yakın çevreden temin edilir. Çatı yapımı için, ahşap, dal kabuğu (bağ olarak kullanılır), bambu, saman veya palmiye yaprakları (Şekil 2.9); duvarın yapımı için ise toprak, saz ve dallar birincil malzemelerdir.

Duvar yapmak için toprağa bir çubuk yerleştirilir ve bir ipin yardımıyla bir daire çizilir. Bu çizim üzerinde, bir veya bazen iki kapı için boşluk bırakıldıktan sonra, her 10,16 cm'de bir kazık dikilir. Biri iç, diğeri dış olmak üzere çift sıralı sazlar dal kabuğu yardımıyla kazıklara yatay olarak bağlanır. Bu çerçeve daha sonra kil çamurdan yapılmış bir harç ile doldurulur (Nelson, 1975). Başka alternatif olarak, çizilen dairesel çizim üzerinde, kapı boşluğu bırakılarak kerpiç dizimi ile duvar kaldırılır.



Şekil 2.9. Geleneksel çatının bileşenleri (URL-17).

Çatıyı yapmak için, genellikle düz bir ağacın gövdesi ve çatının istenen zirvesi kadar yüksek olan büyük bir direk inşaat alanının ortasına yerleştirilir. Çatı bittikten sonra direk çıkarılır. Çok küçük konutlar için tüm çatı zeminde inşa edilir ve daha sonra tek parça halinde duvara kaldırılır. Çatılar genellikle saman veya bazen rafya palmiye yaprakları ile kaplanır. Yapraklar kesilir ve daha sonra konik demetler halinde bağlanır ve inşaat alanına taşınır. Son demet yerleştirildikten sonra, çatının kenarı eşit olarak kesilir. İnşaat bitiminde ahşap kapılar monte edilir. Kapıların daha basit versiyonları, inek gübresi ile takviye edilmiş rafya palmiye yapraklarının birleşmesi ile oluşan çerçevedir.

2.2.3. Geleneksel mimarinin sahip olduğu sürdürülebilir çözümler

Gine'nin geleneksel mimarisinde, Konik saman çatılı dairesel kat planları, çevreye adaptasyonlarında ve düşük enerjili yerel malzemelerin yaygın kullanımında örnek

niteliğindedir. Yüksek termal kütleye sahip kerpiç duvarlar ve saman çatılar, bina içindeki sıcaklıkların gün boyunca oldukça sabit kalmasını sağlar (Devey Malu Malu, 2009: 303). Saman çatının derin çıkıntıları, yüksek termal kütle duvarlarının doğrudan güneş ışınlarına maruz kalmamasını sağlar. Saman, çevre dostu olarak doğada bulunan, yenilebilen ve geri dönüşümlü bir malzemedir. Kulübelerin doğal havalandırılması, saman çatı dan sağlanmaktadır. Gine'deki kulübelerin saman çatısı, her yılda bir kere değiştirilir (Nelson, 1975).

2.2.4. Geleneksel mimarinin modern yorumları

Gine'deki binaların modernizasyonunun ardından, günümüzde yerel malzemelerin kullanımı açısından çok az sayıda “tamamen geleneksel” bina bulunmaktadır. RGPH3'e göre, bu malzemelerin kullanımı kentsel alanlarda kaybolma eğilimindedir, kırsal alanlarda ise bu malzemeler yerel halk için çok daha uygun maliyetlerle kullanılmaya devam etmektedir. Çizelge 2.3'te Gine'de duvar ve çatı malzeme tiplerine göre konut dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Gine'de, duvar ve çatı malzemelerin tiplerine göre konut dağılımı (URL-12).

Yapı	Malzeme	Ülke geneli %	Kentsel %	Kırsal %
Duvar	Briket tuğla	25,4	65,3	4,6
	Kil tuğla	18,6	19,9	17,9
	Sıkıştırılmış toprak bloğu	5,2	2,7	6,4
	Kerpiç	48,8	11,1	68,4
	Ahşap	1,6	0,3	2,3
	Taş	0,1	0,2	0,0
	Diğeri	0,4	0,5	0,4
	Toplam	100	100	100
Çatı	Metal	70,4	95,0	57,6
	Kiremit / Arduaz	0,6	0,7	0,5
	Beton	0,4	0,8	0,1
	Saman	28,3	3,0	41,5
	Diğeri	0,3	0,5	0,3
	Toplam	100	100	100

Bu çizelgelere göre, kentsel alanlarda briket tuğlanın ve kırsal alanlarda kerpicingin konut duvarlarının yapımında en çok kullanıldığını görülmektedir. Çatı malzemesi bakımından ise, ülke genelinde çoğunlukla metal çatının kullanılıyor olması dikkat çekicidir.

Günümüz evrensel değerlerinin beraberinde getirdiği modernleşmeye rağmen, Gine yerel mimarisi konut yerleşim yapısının gelişimi, veranda, ortak avlu, genel tuvaletler ve mutfak ana bina dışından konumlandırılması gibi bazı kültürel özelliklerini korumaya devam etmiştir. Günümüzde, Gine genelinde kullanıcı sayısı ve ekonomik yapısına göre farklılıklar gösteren modern konutlar da bulunmaktadır. Örneğin, Şekil 2.10'da otuzdan (30) fazla kullanıcısı olan büyük bir aile evi gösterilmiştir. Çimento ve metalden yapılan bu konut geniş bir verandaya sahip ana bina, aile birimin genişlemesi ile yapılan ek binalar, ana binadan bağımsız mutfak ve genel tuvaletler ve ortak bir avludan oluşmaktadır. Bazı törenler genellikle ortak avluda düzenlenir. Ana bina ve bazı ebeveyn odalarına entegre edilmiş tuvaletler de bulunmaktadır.



Şekil 2.10. 30'dan fazla kullanıcısı olan büyük bir aile evi (yazar tarafından)

Normal veya düşük gelir gruplarının dışında, Şekil 2.11'de gösterildiği gibi yüksek gelir gruplarının yaşadığı villa örnekleri de bulunmaktadır. Bu tür villalarda, tuvaletler ve mutfak villaya entegre olmasına rağmen, binanın dışında ek bir mutfak ve törenler sırasında sık sık kullanılan tuvaletler de bulunmaktadır. Buna ek olarak, veranda her zaman binaya entegre edilir. Aile ihtiyaçları ve arsa büyüklüğüne göre ek binalar da inşa edilmektedir.



Şekil 2.11. Dupleks villa örneği (URL-18).

2.3. Tropikal İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Mimari Tasarım Prensipleri

Binalarda enerji verimliliği, kullanıcı konforunu koruyarak, binanın enerji tüketimini azaltmasına yönelik stratejileri geliştirmeyi amaçlayan bir araştırma konusudur (Silva, Almeida ve Ghisi, 2016). Enerji verimli bir bina tasarım süreci, bir karar verme sürecidir ve sürdürülebilir tasarım ilkelerini başarılı bir şekilde başarmak için çeşitli araçlar içerir (Magent, Kormaz, Klotz ve Riley, 2009; Wahhaj, Muhammad ve Farajallah, 2019). İyi tasarlanmış enerji verimli binalar, enerji maliyetini en aza indirirken insan yerleşimi için en iyi ortamı sağlar. Avustralya Kalkınma ve Arazi Kullanım Politikası El Kitabına (2000) göre, enerji verimli binaların amacı, kullanıcıların konfor seviyelerini iyileştirmek ve ısıtma, soğutma ve aydınlatma için enerji kullanımını azaltmaktır (Ahsan, 2009).

Bir ülkenin ekonomik gelişimi, yenilenebilir enerji kavramlarının kullanımını içeren enerji sürdürülebilirliğine bağlıdır. Konut geliştirmede, enerji verimli konut tasarımı yenilenebilir enerji kavramlarını destekleyen yaklaşımlardan biridir. CO₂ emisyonu gibi konutların çevresel etkisi, konutun genel tasarımına bağlıdır ve her yönüyle konutun enerji performansını etkiler (Latief, Berawi, Koesallamwardi, Sagita ve Petroceany, 2017). Performansını iyileştirmek için yapılacak “pasif tasarım” yaklaşımlarının aynı zamanda düşük maliyetli bir çözüm olduğunu söylemek mümkündür.

Pasif tasarım, sürdürülebilir mimari tasarımın anahtarıdır. Enerji tüketimini en aza indirirken bina kullanıcılarının konforunu ve sağlığını en üst düzeye çıkarmak için yerel iklime ve arsa koşullarına uygun çözümler barındırır. Bunu, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sağlamak için güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak başarır ve böylece mekanik ısıtma veya soğutma ihtiyacını azaltır veya ortadan

kaldırır. Pasif tasarımın kullanılması sıcaklık dalgalanmalarını azaltabilir, iç mekan hava kalitesini artırabilir ve bir evin daha kuru olmasını ve daha keyifli bir yaşam sürmesini sağlayabilir (URL-19). Pasif mimariyi tanımlamak için sıklıkla kullanılan bir diğer terim, ilk kez Olgyay (1963) tarafından tanıtılan ve daha sonra Givoni (1969) tarafından geliştirilen “*biyoklimatik mimari*” dir. Son zamanlarda pasif veya biyoklimatik mimari ilkelerini içeren “yeşil mimari” terimi de kullanılmaktadır (UN-Habitat, 2014).

Enerji verimliliği farklı iklim bölgelerindeki tüm ülkeler ve toplumlar için kaçınılmaz bir zorunluluktur. Gine'nin tropikal 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 farklı dergiler, kitaplar, araştırmalar ve ilgili web sitelerinden oluşan kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Aşağıda, literatür taramasından ulaşılan ve Gine'nin tropikal iklimi bağlamına incelenen enerji verimli konut binaları ile ilgili hususlar açıklanmıştır:

- Yer seçimi
- Yapıların konumlandırılması
- Yapı kabuğu
- Doğal aydınlatma
- Yapılarda güneşten korunma
- Yapılarda doğal havalandırma
- Yapı malzemesi ve yapım yöntemleri
- Yapılara yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu
- Yapılar aracılığıyla yağmur suyu toplama

2.3.1. Yer seçimi

Tasarım sürecinde önemli bir adım olan yer seçiminde, yerel iklimin etkisi dikkate alınmalıdır. Özellikle şu hususlar detaylıca irdelenmelidir (IFDD, 2015; UN-Habitat, 2014);

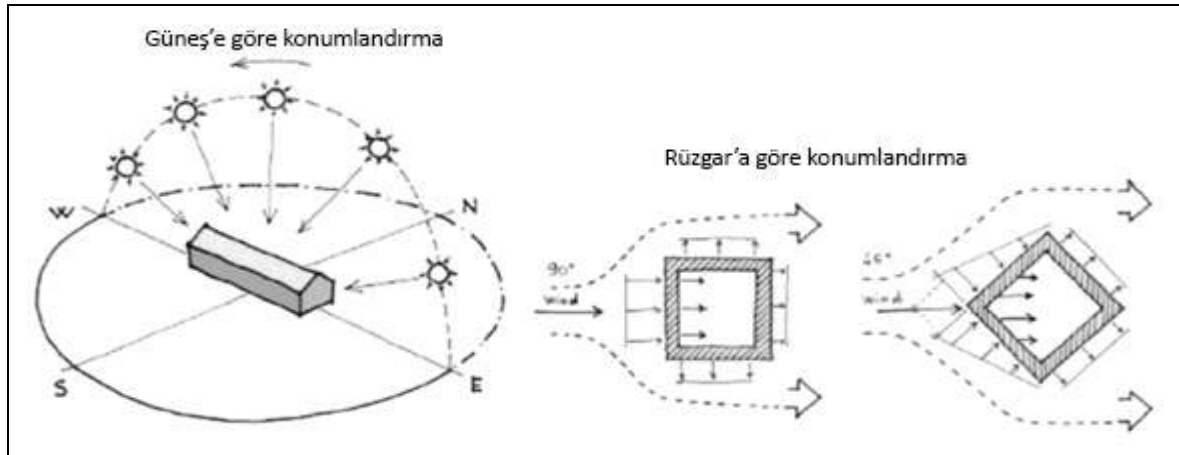
- Binanın rüzgarlara, neme ve güneş ışınlarına nasıl maruz kalacağı;
- Yakın çevresinde neler olduğu (topografya, bitki örtüsü, denize yakınlık, vb.);
- Alanın çevresindeki bölgenin kullanımı (örneğin: şehirleşme).

2.3.2. Yapıların konumlandırılması

Yer seçildikten sonra, ikinci adım binanın optimal konumlandırılmasını incelemektir. Bu, doğal aydınlatma ve havalandırma potansiyelini en üst düzeye çıkarırken bina kabuğunun güneş radyasyonuna maruz kalmasını sınırlamayı da sağlayacaktır (IFDD, 2015: 43).

Batı ve doğudaki güneşin geliş açısı (*angle of incidence*), güney ve kuzeydekinden daha fazladır ve bunun için ışınlar daha fazla nüfuz eder. Bu nedenle tropikal iklim bölgelerinde en uygun konumlandırma doğu-batı eksenli boyuncadır. Örneğin, dikdörtgen bir binanın en uzun kenarlarının kuzeye ve güneye bakması gerekmektedir. Kuzey cephesi daha az güneş alacağından dolayı ısı kazanımına çok az maruz kalır. Tropikal bölgelerde güneş ışığı dik geldiği için, çatı çıkıntısı veya konsol kiriş ile güney maruziyeti kolaylıkla kontrol edilebilir (URL-20).

UN-Habitat'a (2014) göre, tropikal iklimlerde bina konumlandırmasına karar verilirken bazı temel kuralları göz önünde bulundurulmalıdır. Doğu ve batıya bakan cepheler en aza indirilmeli ve doğal havalandırmayı sağlayabilecek hâkim rüzgarları dikkate alınmalıdır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Güneş ve rüzgâr yönlerine göre yapıların konumlandırılması. (UN-Habitat, 2014)

2.3.3. Yapı kabuğu

Yapı kabuğu, “yapının iç ortamını dış ortamdan ayıran çatı, duvarlar, pencereler, kapılar, döşeme ve tavan gibi yapı elemanlarından oluşur” (Bromberek, 2009). Bu yapı

elemanlarının aracılığıyla, ısı, bir yapı içine girip çıkar. İç mekandaki duvarlar, kapılar ve oda düzenlemeleri de bir yapının içindeki ısı dağılımını etkiler (Akande, 2010).

Yapı kabuğunun tasarımı, optimum konfor ve enerji verimliliği sağlayan bina formu ve malzemelerinin bütünleşmiş tasarımıdır. İyi bir kabuk tasarımı, termal performansı optimize etmek için iklim ve arazi koşullarına uyar (Akande, 2010). İşletme maliyetlerini düşürebilir, konforu ve yaşam tarzını iyileştirebilir ve çevresel etkiyi en aza indirebilir. Tropikal iklim bölgelerinde, bina kabuğun tasarımıdaki temel amaç, pencerelerden gelen radyasyon ile ısı kazanımının düşürülmesi ve iç yüzey sıcaklığının düşürülmesidir ve bina gölgelendirilmiş pencereler ve duvarlar ile birlikte tasarlanmalıdır (Akande, 2010; Watson ve Labs, 1983).

Bromberek'e (2009) göre, kabuk tasarımı için temel öneriler şöyledir;

- Çatının, mevcuttaki tüm iklimsel koşullarına dayanan kabuğun en önemli bileşeni olduğunu düşünülmeli;
- Bina içinde doğal hava sirkülasyonu sağlamak için, kabukta pencere gibi açıklıkların açılmasına önem verilmeli;
- Doğu ve batı duvarlarına gölge sağlanmalı ve bu duvarlardaki açıklıklardan kaçınılmalı;
- Binalar hava akışından yararlanmak için zemin seviyesinin üzerine yükseltilmeli.

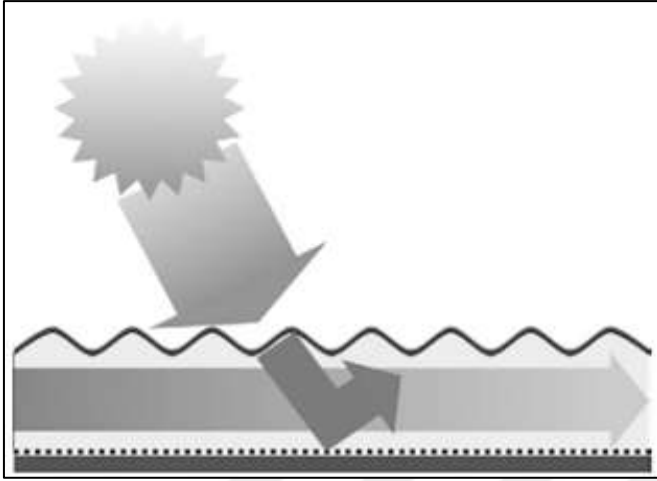
Tropikal iklimde, çatı, duvarlar ve pencereler gibi yapı kabuğun elemanlarının tasarımı, binanın enerji verimliliğinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Aşağıdaki bölümlerde bu elemanlara yönelik açıklama ve tanımlamalar verilmiştir.

Çatı

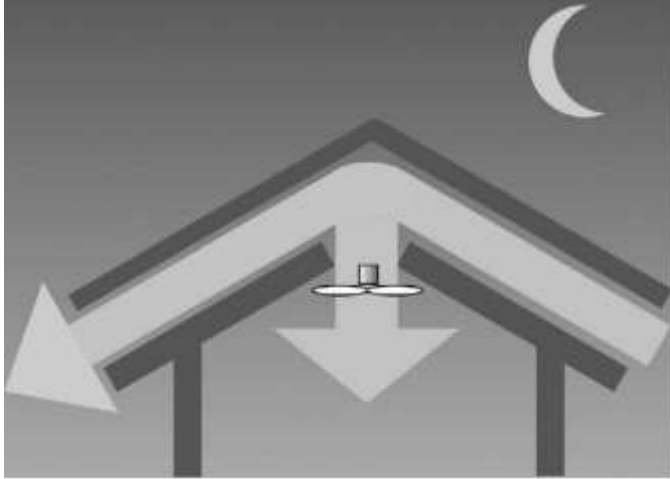
Yapı kabuğun farklı elemanları arasında, çatılar doğrudan güneş ışınlamına en fazla maruz kalanlardır ve bu nedenle ısı girişini sınırlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Tasarım esnasında çatı formu, strüktürü ve malzemesi gibi farklı unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır (IFDD, 2015: 52).

Tropikal bölgelerde, çatılar binanın diğer yüzeylerinden daha fazla güneş radyasyonu alır. Çatıdan gelen ısı kazancı, çatı alanı ile bina hacmi oranı arttıkça artar. Çatı tasarımı, iç

ortam sıcaklığını dış ortam sıcaklığından daha yüksek olmayan bir seviyede tutmak için son derece önemlidir. Bazı çözümler belirli koşullarda diğerlerinden daha iyi performans gösterecektir. Örneğin, özellikle yüksek gündüz sıcaklıklarında, “parasol” çatı olarak da bilinen yalıtılmamış çift kabuklu çatı iyi işlev görebilir. Böyle bir durumda, çatının alt kısmı ve tavanın üst tarafı, hem emisyonu hem de emmeyi en aza indirmek için yansıtıcı olmalıdır (Şekil 2.13-2.14) (Bromberek, 2009).



Şekil 2.13. Parasol çatı prensibi (Bromberek, 2009)



Şekil 2.14. Parasol çatıda gece havalandırması (Bromberek, 2009)

Şekil 2.15'te gösterildiği gibi havalandırılmış çatılarda, iki kaplama arasındaki ısı, hâkim rüzgarlara bakan açıklıklardan çatı alanından geçen hava akışı ile giderilir. Çıkış açıklığı, giriş açıklığından daha büyük olmalıdır; rüzgâr esmediğinde baca etkisiyle hava hareketini

kontrol etmek için değiştirilebilir. Güneş maruziyetinde kalan duvarlarda ısı akışına karşı direnç aşağıdaki yollarla arttırılabilir (UN-Habitat, 2014: 196):

- Duvar kalınlığının arttırılması;
- Sandviç duvar uygulanması;
- Uygun ısı yalıtım malzemesinden yapılmış duvarların kullanılması;
- Isı yalıtım malzemesinin güneşte kalan duvarın içine veya dışına yerleştirilmesi;
- Radyan bariyerlerin kullanılması;
- Güneş alan duvarın açık renkle boyanması.

Pencereler

Pencerelerin çoğu  işlevi birleştirir: manzara, gün ışığı ve hava akışı. Bu işlevlerin performansını arttırmak için, yapının iyi konumlandırılması ve pencerelerin kabukta iyi bir yerde tasarlanmasını dikkate alınmalıdır. Pencere gölgelemesi, bina içerisindeki hava akışlarını etkileyerek termal ortamı dolaylı olarak da etkileyebilir. Böcek ızgaraları kullanıldığında, korunan açıklıktan mümkün olan en geniş mesafeye monte edilmelidir (Bromberek, 2009).

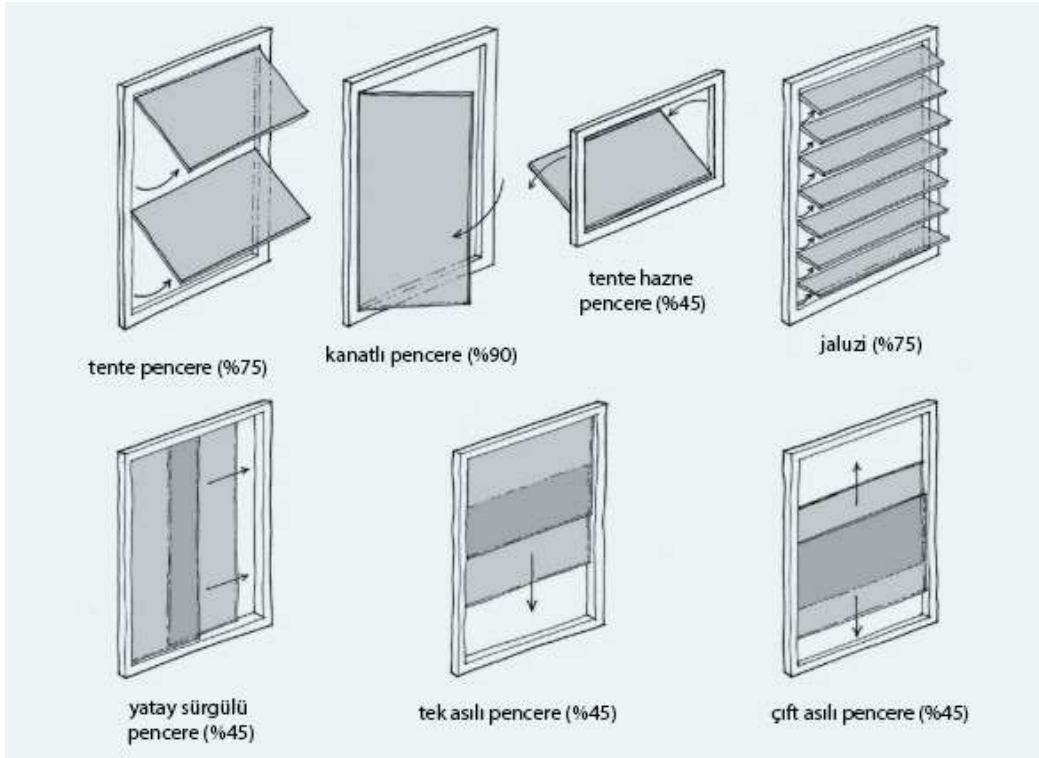
IFFD'ye (2015) göre, bir yapıda;

- Aşır ısı girişini önlemek,
- Parlaklığı kırsarak doğal aydınlatmayı sağlamak,
- Çok hızlı rüzgâr sirkülasyonu ve dış gürültüden kaynaklanan gürültü kirliliğini azaltarak doğal havalandırmayı sağlamak,
- Ve binanın mahremiyetini koruyarak güzel manzara oluşturmak gibi görevler üstlenir.

Binanın oryantasyonu ile pencerelerin boyutu, sayısı ve kabuktaki yerleşim yeri, tasarım aşamasında önemle göz önüne alınmalıdır.

UN-Habitat'a (2014) göre, binada oluşan istenmeyen ısınnın %40' ı pencerelerden gelir. Bu nedenle pencerelerin güneşten korunmaları zorunludur. Güneş koruyucular istenmeyen güneş ışığını azaltmanın etkili bir yoludur. Panjurlar sadece tavana doğru ışığı yansıtıyorlarsa etkili bir gölgeleme sistemidir. Doğal havalandırmayı sağlamak için

açıklıklar büyük olmalıdır. Pencereleeri uzun boylu olmaktan daha geniş tasarlamak daha iyidir. Tüm pencere tiplerinde benzer doğal havalandırma olanakları yoktur (Şekil 2.16). En iyileri, kanatlı, jaluzi ve tente türleri gibi maksimum ayarlanabilir etkin açıklık ve geçirgenliğe izin verenlerdir.



Şekil 2.16. Farklı pencere tipleri için etkin açık alan (geçirgenlik) yüzdesi (UN-Habitat, 2014).

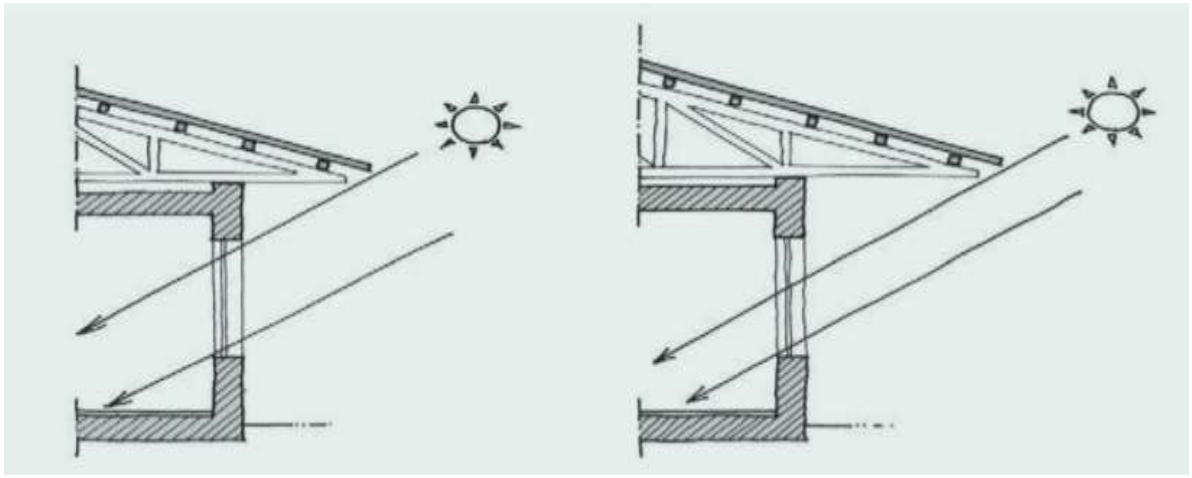
2.3.4. Doğal aydınlatma

Doğal ışık, doğrudan güneş ışığı ve gökyüzünden gelen dağınık, sabit ışıktan oluşur. Kullanımı birçok fizyolojik ve psikolojik fayda sağlar. Ücretsizdir ve “gerçek renk” sunumu sağlar. Ayrıca belirli bakterilerin çoğalmasını sınırlayarak havayı temizler (DIEM, 2017). Doğal aydınlatmayı binanın tasarımına entegre etmek, enerji faturalarını düşürmeye ve bina sakinleri için daha iyi görsel konfor sağlamaya yardımcı olabilecek önemli bir adımdır.

Seçilen pencerelerin türü ve özellikle ışık geçirgenlik faktörleri, binanın içine alınan ışık miktarını etkileyecektir. Pencereleerin boyutu, odaya giren ışık miktarı üzerinde büyük bir etkiye sahip olacaktır. Ne kadar yüksek olursa, o kadar fazla doğal ışık içeri girer (IFDD, 2015: 93, 94). Aynı duvardaki yatay pencereler veya iki ayrı pencere, günışığı için aynı

alana sahip ancak yerden tavana dikey olan tek bir pencereden daha etkilidir (UN-Habitat, 2014: 81).

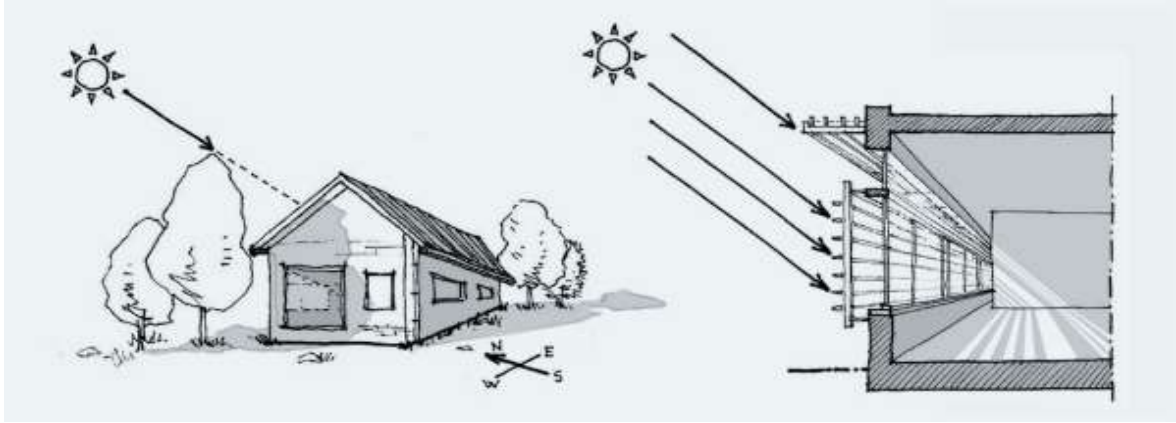
Sıcak ve nemli iklimlerde ve büyük göllerde, parıltının ana kaynağı zemin olmadığı ve gökyüzü olduğundan dolayı, doğrudan dışarıya bakan odalar daha uygundur, ancak açıklıklar doğrudan gökyüzünü görmeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Gökyüzünün direkt görüntüsünü engellemek için çıkıntılı bir çatı veya büyük bir veranda kullanılabilir (Şekil 2.17) (UN-Habitat, 2014: 81).



Şekil 2.17. Gökyüzünün direkt görüntüsünü engellemek için kullanılan çıkıntılı çatı (UN-Habitat, 2014: 82).

2.3.5. Yapılarda güneşten korunma

Yapı tasarımında, klimalı olup olmasa da temel amaç, termal konforu, aydınlatmayı ve enerji tüketimini en aza indirmek için doğrudan güneş radyasyonunu kontrol etmektir. Gölgeleme istemeden veya tasarım seçeneklerinden bağımsız olabilir veya özellikle bir binaya güneş enerjisi akışını kontrol etmek için tasarlanabilir. İlk durumda, gölgelendirmenin ana nedeni çevredeki orografik (dağlarla ilgili) profil ve ağaçlar veya diğer binalar gibi gölgeleme öğelerinin varlığıdır. İkinci durumda, çıkıntılar, gölgeleme vb. gibi belirli elemanlar ve bileşenler kullanılır (Şekil 2. 18) (UN-Habitat, 2014: 90).



Şekil 2.18. Yapının güneşten korunması (UN-Habitat, 2014).

Givoni'ye (1994) göre, hareketli harici pencere gölgeleme elemanları, sabit harici gölgeleme elemanlarında daha etkilidir. Bu elemanlar, doğrudan güneş ışınlamını ve yerden yansıyan duvardakini önleyerek pencereleri ve diğer camlı alanları güneş ısısı kazancını yaklaşık % 10 ila 15'e düşürebilir (Humphrey, 2015).

Victor ve Odeyemi (2013) ise yatay çıkıntı ve geniş çatı saçakları ile tropikal iklimlerde pencere ve duvarlar için istenilen gölgelendirmenin sağlanabileceğini belirtmektedir (Victor, 2013).

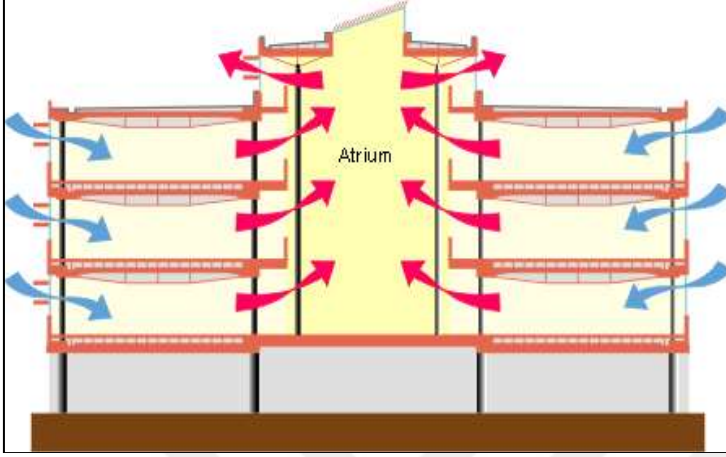
Sıcak ve nemli tropikal iklimde, en önemli kavramlardan biri pencereleri ve duvarları güneşten korumaktır. Güneş ışığının aşırı ısı kazancı olmadan içeriye girmesine izin vermek için teraslar, balkonlar, pergolalar kullanmak önemlidir. Binanın etrafında balkon ve teras kullanımı, gölgeler oluşturmak için etkili bir yoldur (Santos, 2016).

2.3.6. Yapılarda doğal havalandırma

Doğal havalandırma terimi, fanlar kullanılmadan elde edilen, amaç için tasarlanmış pencereler, kapılar veya diğer açıklıklardan kasıtlı hava akışını belirtmek için kullanılır; rüzgarın neden olduğu basınç farklarından veya iç ve dış sıcaklık farklarından kaynaklanır (UN-Habitat, 2014: 67).

Bir binanın havalandırılması, en temel bileşeni olarak, iç havanın dışarıdan veya temiz bir kaynaktan daha sağlıklı hava ile değiştirildiği süreç olarak tanımlanabilir; ortam havasının (kirli hava) toz, uçucu organik bileşikler, kokular, nem veya hatta sigara dumanı ile hızlı kirlenmesi ile bağlantılı gerekli bir süreçtir (IFDD, 2015: 61).

Doğal havalandırma, enerji açısından en verimli ve en kolay soğutma kaynağıdır (Şekil 2.19). Kapalı bir mekânın içi ve dışı arasındaki sıcaklık ve basınç farkı ile hava girişi ve çıkışı arasındaki yükseklik farkı ile belirlenir (URL-20).



Şekil 2.19. Yapılarda doğal havalandırma prensibi (Mulé, 2011)

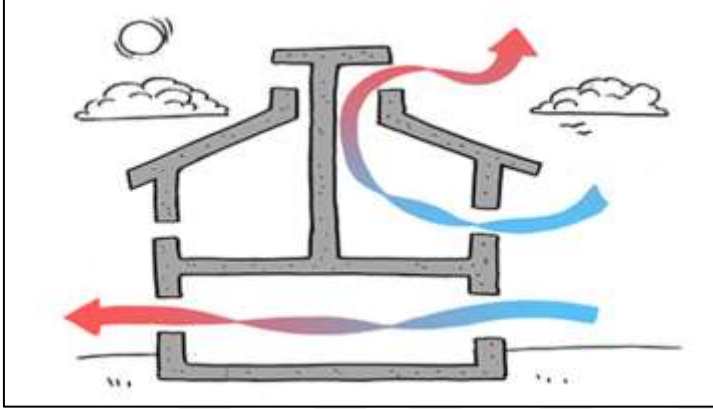
Tropikal iklimlerde, doğal havalandırma, konutlarda konfor koşullarına ulaşmak için en enerji verimli çözümdür. Temel prensip, birkaç cephede yeterli sayıda açıklıkların oluşturulmasıdır. Duvardaki pencerelerden havalandırma için karşılıklı cephelerin oluşturulması önemlidir. Doğal havalandırma, saldırı riski olmadan ve yağmura karşı koruma ile gece çalışabilmelidir (URL-21).

Doğal havalandırma işlemlerinin kullanımının hem ekonomik olarak hem de çevre ve konutlarda kullanıcıların konforu açısından birçok avantajı vardır. Buna ek olarak, doğal havalandırma, mekanik havalandırma sistemlerinin veya klimanın enerji tüketimi ile ilişkili, genellikle tropikal bölgelerde önemli olan maliyetleri azaltacaktır.

Doğal bir havalandırma sistemi de binanın iç konforunu artırabilir. Öte yandan, doğal havalandırma, kullanıcılara daha fazla esneklik ve kontrol sunar, örneğin bir pencere açarak veya kapatarak belirli ihtiyaçlarına göre havalandırmayı önemli ölçüde değiştirebilirler (IFDD, 2015: 62).

IFFD'e (2015) göre bir binanın doğal havalandırması iki ayrı ve tamamlayıcı yönteme dayanmaktadır (Şekil 2.20):

- Binaya giren dış rüzgarların neden olduğu hava sirkülasyonuna dayanan ve böylece kirli havayı tahliye eden çapraz havalandırma;
- Dış ve iç sıcaklık değişimlerine ve havanın ısı etkisi altında genişlemesine dayanan baca havalandırması.



Şekil 2.20. Doğal havalandırma yöntemleri (URL-22).

2.3.7. Yapı malzemesi ve yapım yöntemleri

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, inşaat yöntemleri ve mimari tasarımdaki yenilikler, genel olarak yerel iklimlere oldukça iyi adapte olan ve yerel olarak mevcut malzemeleri kullanan geleneksel bilgi ve uygulamalara dayanabilir (UN-Habitat, 2014: 107).

Binaların çevresel etkileri esas olarak iki kaynaktan oluşmaktadır: kullanımlarına bağlı olan enerji (ısıtma, klima, aydınlatma, sıcak su, vb.) ve inşaat malzemeleri (üretim, nakliye, depolama, vb.). Bu nedenle, bir binanın genel çevresel değerlendirmesinde malzeme seçimi önemlidir (URL-22).

İklim ve sürdürülebilirliği göz önünde bulundurarak malzeme ve ürün seçimi için öneriler şöyle sıralanabilir (UN-Habitat, 2014: 107, 108):

- Kullanılan kaynak miktarını en aza indirmek ve inşaat sürecinde malzemeleri verimli bir şekilde kullanmak;
- Düşük enerjili ve enerji verimli inşaat sistemlerine sahip malzemeleri seçmek; örneğin, kirişler için beton yerine yerel sertifikalı keresteyi, çimento harcı yerine kireç ve

puzolan harçları; yanmış kil tuğlalar yerine toprak veya stabilize toprak blokları veya kum kireç bloklarını, çimento sıvaları yerine alçı sıvaları tercih etmek;

- Doğal malzemeleri, özellikle kereste, ağaçlar, saman, çim, bambu vb. yenilenebilir organik malzemeleri kullanmak. Taş ve kil gibi yenilenemeyen inorganik malzemeler bile yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir;
- Dayanıklı malzemeleri ve bileşenleri kullanmak;
- Yerel olarak mevcut inşaat malzemeleri, teknolojileri ve yerel işgücü kullanmak;
- Yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir inşaat malzemeleri kullanmak;
- Boyalar için su bazlı akrilikler kullanmak;
- Metalik yüzeylerin ve metalik boruların, bağlantı parçalarının ve demirbaşların kullanımını en aza indirmek.

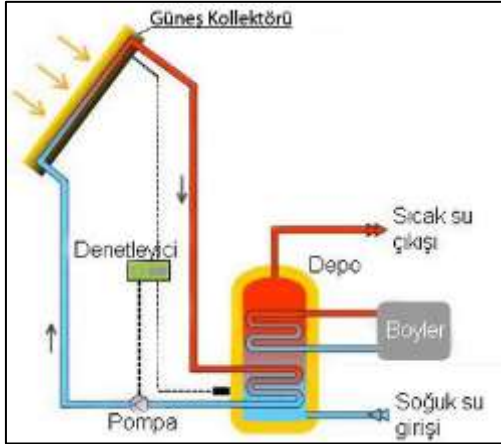
2.3.8. Yapılara yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu

Yapılara yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, yapının verimliliğini artırabilir, enerji faturalarını azaltabilir, kurulum maliyetlerinden tasarruf edebilir ve binanın çevresel etkisini sınırlayabilir. IFFD'e (2015) göre tropikal iklimlerde, özellikle evsel sıcak su ve elektrik üretimi için güneş enerjisinin kullanılmasına izin veren teknolojilerle ilgilenilmeli:

- Güneş paneli ile sıcak su üretimi;
- Fotovoltaikler;
- Diğer yenilenebilir enerjiler: rüzgâr ve biokütle.

Güneş paneli ile sıcak su üretimi

Güneş enerjili su ısıtıcıları teknolojisi, birçok gelişmekte olan ülkelerde iyi yönetilmektedir. Güneş radyasyonu tutulur ve ısıya (termal enerji) dönüştürülür, bu daha sonra istenen yere iletilir (Şekil 2.21). Farklı uygulamalar mümkündür: sıcak su, fırınlar, kurutucular veya termal güneş enerjisinden elektrik üreten büyük enerji santralleri üretimi için güneş ısıtma panelleri (URL-20).



Şekil 2.21. Güneş enerjili su ısıtıcı (URL-23).

Fotovoltaikler

PV kullanımı güneşin iyi olduğu ve elektriğin pahalı olduğu ülkelerde yerel elektrik üretimi için iyi bir alternatiftir. Böylece PV'den üretilen elektriği, ağı bağımsız kullanımlar için özerk güç veya ağı bağlı bir işletme olarak kullanılabilir. Ağı bağımsız sistemleri söz konusu olduğunda, enerji verimliliği temel enerji ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlanır. Gerekirse, akümülatörlerde depolanır veya dizel jeneratör tipinde ek bir enerji kaynağı (*hibrid sistem*) ile desteklenir. Ağı bağlı sistemlerde, kamu ağı elektrik depolamayı üstlenir (URL-20).

Rüzgâr

Güneş enerjisinin bir başka ifadesidir; gezegende üretilen ısı farkı hava akışına neden olan basınç farkları yaratır. Hava akışının temsil ettiği güç, rüzgâr hızının küpü ve akışın kapsadığı alanla orantılıdır. Ancak rüzgârın ürettiği enerji dünyanın hiçbir yerinde değerlendirilemez. Elektrik şebekesine bağlantı, rüzgarlara maruz kalma hem rüzgârdan tam olarak faydalanmak hem de rahatsızlığı önlemek için gerekli boşluklar rüzgâr türbinlerinin kurulumunu belirleyen faktörlerdir. Denizde bulunanlar genellikle karadan daha güçlü ve daha istikrarlı rüzgârlara sahiptirler (URL-20).

Biyokütle

Kaynakların yüksek oranda kullanılabilir olması durumunda, gaz veya elektrik kullanımından tasarruf etmek için binanın belirli ekipmanlarla donatılması yararlı olabilir.

Oksijensiz bir ortamda (*metanizasyon*) biyokütlenin fermentasyonu, elektrik ve ısı üreten bir kazanı çalıştırmak için kullanılan metan oluşturur. Böylece ısı, özellikle sıcak su üretimi için geri kazanılabilir. Bu çözüm özellikle kaynakların kullanılabilirliğinin genellikle daha fazla olduğu kırsal alanlarda geçerli olacaktır (IFDD, 2016: 162).

2.3.9. Yapılar aracılığı ile yağmur suyu toplama

Yüzyıllar boyunca birçok toplum tarafından kırsal ve kentsel alanlarda yağmur suyu toplama uygulamaları yapılmıştır (Aslan, 2019). Yağmur suyu toplama, yağmur suyun toplanması, depolanması ve çeşitli amaçlar için yeniden kullanılması için uygulanan bir tekniktir. Yağmur suyunun saflığı ve yumuşaklığı için büyük bir değeri vardır, çünkü pH değeri yağmurun yağmasından hemen sonra neredeyse nötrdür (Krishma, Brown, Gerston ve Colley, 2005). Yağmur suyu toplamanın çeşitli avantajları vardır: suyun ücretsiz olması; kullanım yerine yakın doğrudan toplanması ve depolanması dağıtım sistemi ihtiyacını ve bakım maliyetini ortadan kaldırır; çeşitli uygulamalar için kaliteli; sokaklardaki su taşkınlarına neden olan akıntıların azaltılmasına yardımcı olur; içme dışındaki kullanımlar için taze suyu ihtiyacını azaltır (Hassan, 2016).

Geleneksel ve modern yöntemler olmak üzere, yapılar aracılığı ile iki türlü yağmur suyu toplama yöntemi olduğu söylenebilir. Geleneksel yağmur suyu toplama yöntemi, en eski yöntem olarak hem temel ihtiyaçları karşılamak hem de su kaynaklarının sürdürülebilirliğine katkı sağlamak için kullanılmaktadır. Bu yöntemi dahilinde çoğunlukla yöreye özgü geliştirilmiş su tankları, kuyular, sarnıçlar, çeşitli su yapıları, su kanalları, yapay göletler veya havuzlar vb. kullanılmıştır. Modern yağmur suyu toplama yöntemi ise, geleneksel yağmur suyu hasadı tekniklerinin modern sistemlere uyarlandığını söylemek mümkündür (Aslan, 2019).

Tipik bir yağmur suyu toplama sistemi (Şekil 2.22), dört (4) ana bileşenden oluşmaktadır; toplama yüzeyi, nakil sistemi, depolama sistemi ve dağıtım sistemleri (Şahin, 2010). Yağmur suyu, toplama yüzeylerinden toplanarak bir dizi oluk sistemi vasıtasıyla depolara ulaştırılmakta ve çeşitli kullanımlar için yeniden dağıtılmaktadır. “Yağmur suyunu toplamak için çatılar, avlular ve balkonlar en elverişli alanlar olup eğimli yüzeylerde de yağmur suları toplanabilmektedir” (Şahin, 2010).



Şekil 2.22. Yağmur suyu toplama sistemi (URL-24).

Gine'nin sahip olduğu tropikal iklim bol yağışlı ve sıcak bir iklim kuşağı olmasından dolayı, bazı bölgelerinde günlerce yağmur yağmakta ve bazılarında ise çok az yağmaktadır. Bu sebeple mevcut veya yeni yapı tasarımlarına yağmur suyu toplama sistemin entegrasyonun önemli olduğu söylenebilir.

2.4. Düşük Gelir Grubu İçin Konut Üretimi

İnsanın en temel gereksinimlerinden biri uygun konuttur. Şu anda başlarının üstünde düzgün çatısı olmayan milyonlarca insan bulunmaktadır. Gine'de olduğu gibi, dünya genel olarak gelişmiş ülkelerde ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde milyonlarca muhtaç kişiye barınma sağlamak için düşük maliyetli çevre dostu sürdürülebilir konutlara ihtiyaç duymaktadır (Patnaikuni, 2012).

Düşük maliyetli konut, düşük gelir grubu için tasarlanan ve uygun fiyatlı kabul edilen konut birimlerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Kumar, Dongre ve Srinivas, 2017). Düşük maliyetli konut, standart ve konum açısından düşük ve orta gelirli gruplar için ideal bir konuttur (Ramezanpour ve Nourtaghani, 2018). Genel olarak, düşük maliyetli konutlar bazı fırsatlar sunmaktadır. İster tasarım ister bireysel veya toplum ihtiyaçları olsun, düşük maliyetli konutların herkese sunabileceği bir değer vardır. Ailelerin ve bireylerin yaşamlarına istikrar getirir, böylece tüm toplum için sosyal ortamı iyileştirir ve bu ailelere ve bireylere topluluğun üretken üyeleri olma konusunda daha büyük bir fırsat sunar (Snell, 2011). Ayrıca 2016 Bienali Mimarlık Uluslararası Fuarında, düşük gelirli konutlar için yenilikçi tasarımın toplumu, çevreyi ve gelişmekte olan ekonomileri

geliştirmek için mükemmel bir politika aracı olduğu deklare edilmiştir (Wainer, Ndengeyingoma ve Murray, 2016).

2.4.1. Mevcut durum ve ihtiyaç analizi

Planlama Bakanlığı'nın tahminlerine göre, Gine'nin nüfusu 2010'da 10,8 milyon, 2015'te 12 milyon ve 2020'de 13 milyonun üzerindedir. Kentlerin nüfusunun yarısı, kırsal göç nedeniyle Konakri şehrinde yaşamaktadır. Günümüzde her üç Gineliden biri (%35) kentsel alanlara yerleşmiştir ve ülkede nüfusu 100.000'den fazla olan yedi şehir bulunmaktadır. Konakri şehrinin nüfusu, yılda ortalama %6,1 oranında hızla artmaktadır.

Gine'nin bir konut ve kentleşme politikası vardır, ancak henüz uygulanmamıştır. Bu sebeple de, düzensiz şehirleşme ve nispeten çok sayıda gecekondu yapılaşmaları görülmektedir (URL-10).

Gineliler için daha iyi yaşam koşulları sağlamak amacıyla ne kırsal ne de kentsel alanlarda başlatılmış bir “ulusal konut programı” bulunmaktadır. Bu nedenle, kırsal ve kentsel bölgelerdeki yoksul insanların konut ihtiyaçlarını karşılamak, Gine'de giderek artan konut sıkıntısına çözüm bulmak için halkın gereksinimlerini karşılayacak, enerji etkin ve düşük maliyetli tasarımların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

2.4.2. Düşük maliyetli konut tasarımı prensipleri ve iyi uygulama örnekleri

Bu bölümde yapılacak alan çalışmasına veri toplamak amacıyla düşük maliyetli konutların tasarım ilkeleri örnekler ışığında belirlenmiştir.

Wainer, Ndengeyingoma ve Murray 'a (2016) göre, verimli düşük maliyetli konut sağlamak için dört tasarım ilkesi bulunduğunu iddia etmektedir: arazi kullanımı, konut mimarisi, altyapı ve yapı malzemesi için tasarım ilkeleri.

Arazi kullanımı

Arazi kullanımı için tasarım ilkeleri, komşuluk yoğunluğunu zorlamadan teşvik eden, zaman içinde yoğunlukta yönetilen bir artışı teşvik eden ve kamusal ve özel açık alanları koruyan mahalle evriminin yönetimi için etkili bir ızgara ve yapılar aracılığıyla elde edilen,

yaşanabilirlikten ödün vermeden yoğunluğun elde edilmesini vurgular (Lanza, 2017; Wainer ve diğerleri, 2016).

Altyapı

Wainer, Ndengeyingoma ve Murray 'a (2016) göre, alanlar ve hizmetler (*sites-and-services*) kavramı iyi bir çözüm olabilir. Alanlar ve hizmetler kavramı, başta 1970'ler ve 1980'lerde olmak üzere birçok gelişmekte olan ülkede yaklaşık yirmi yıl boyunca Dünya Bankası'nın yardımıyla uygulanmıştır. En yoksul nüfusun konut ihtiyaçlarını hedeflemekte ve konvansiyonel konut yaklaşımlarının başarısızlığıyla ve kamu harcamalarını azaltmak için yapısal uyum baskısı bağlamında ortaya çıkmıştır (Wainer ve diğerleri, 2016).

Konut mimarisi

Burada açıklanan anahtar metodoloji “artımlı bina”dır (*incremental building*). Artımlı bina, daha sonra genişletilebilecek küçük, konforlu ve kullanıcının ihtiyaçlarına göre tasarlanmış konuttur. Artımlı bina, yaşanabilir olmasına rağmen eksik teslim edilir ve zaman içinde kademeli olarak ve ev sahibinin ihtiyaçlarına tamamlanır (Wainer ve diğerleri, 2016).

Yapı malzemesi

Düşük maliyetli konut malzemesi seçiminin ilk adımı çevre dostu yapı malzemelerini seçmektir. Bu aynı zamanda sürdürülebilir tasarım ilkesini de destekler (Kumar ve diğerleri, 2017). Malzemeler ve inşaat bakımından, doğal ve geri dönüştürülmüş malzemelerin, düşük somutlaşmış enerji malzemelerinin ve verimli inşaat tekniklerinin kullanılması benimsenmesi önemlidir (Patnaikuni, 2012).

Düşük maliyetli konutların optimum tasarımı, düşük gelir grubu için uygun fiyata ve kabul edilebilir konforlu bir konut elde etmek için fırsatlar sunar. Aşağıdaki örnekler, literatür taramasından ulaşılan ve Gine'nin tropikal iklimi bağlamına incelenen düşük maliyetli konut örnekleridir:

Maputo'nun gecekondu bölgelerinde kompakt konut / Casas Melhoradas

Casas Melhoradas tarafından Mozambik'in Maputo, gecekondu bölgelerinde, düşük gelirli gruplar için yapılan bir konut projesidir. Proje, alan ve altyapının nasıl daha ekonomik bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Tasarım kentsel yayılmaya ve büyüyen altyapı açığına karşı bir duruş sergilemektedir. Ortak mekân ve mutfak tasarımlarında, projenin, toplumun sosyal ve kültürel yaşam tarzlarına atıflar görülmektedir. Projede ek bir katın eklenebileceği yeşil bir çatı bulunmakta, bu da bölgede daha fazla kentsel yoğunluk olması durumunda projenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, çatıda sağlanan buharlaşma konutların iç mekân iklim kalitesini artırmaktadır. Proje, yerel olarak üretilen sıkıştırılmış toprak blokları kullanılarak inşa edilmiştir. Böylece, projeye yerel toprağın aynı kırmızı renk tonu eklenirken inşaat sürecindeki enerji tüketimi azaltılmıştır (URL-25).



Şekil 2.23. Maputo'nun gecekondu bölgelerinde kompakt konut (URL-25).

Nijerya'da Biyoklimatik tasarıma sahip pasif ev prototipi / Comprehensive Design Service (CDS)

CDS, 2015 yılında Cartier Kadın Girişimi Ödülleri'nin Sahra Altı Afrika Ödülü sahibi mimar ve sosyal girişimci Chinwe Ohajuruka tarafından başlatılmış bir girişimdir. Firma, ev sahipliğine erişimi olmayan kişilere hitap etmektedir. Düşük maliyetli konutlar, güvenilir yenilenebilir enerji, temiz su ve geri dönüşüm stratejileri sağlayarak

Nijeryalıların yaşam standartlarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Proje, doğal havalandırma, geniş çıkıntılar, serin çatı, peyzajdan gölgeleme, güneş, rüzgâr ve biyogazdan gelen enerji, yağmur suyu hasadı ve inşaat için stabilize toprak gibi yerel olarak mevcut yenilenebilir malzeme kullanımını içeren biyoklimatik bir tasarımıdır. Tasarımdaki ana faktör, düşük gelirli aileler için uygun maliyetli olmasıdır. Bu prototip, su taşmalarını önlemek için zemin seviyesinden 0,60 metre yukarıda inşa edilmiştir. Bina tasarımı, soğutma, havalandırma ve ortak faaliyetler için iki avlu içermektedir. Küçük cihazları aydınlatmak ve güçlendirmek için güneş panelleri ve sondaj ve pompalama suyu için güneş enerjisi kullanmakta, ayrıca atık ve kanalizasyonları biyo-çürütücü ile geri dönüştürmekte ve böylece pişirme için biyo-gaz üretmektedir (URL-26).

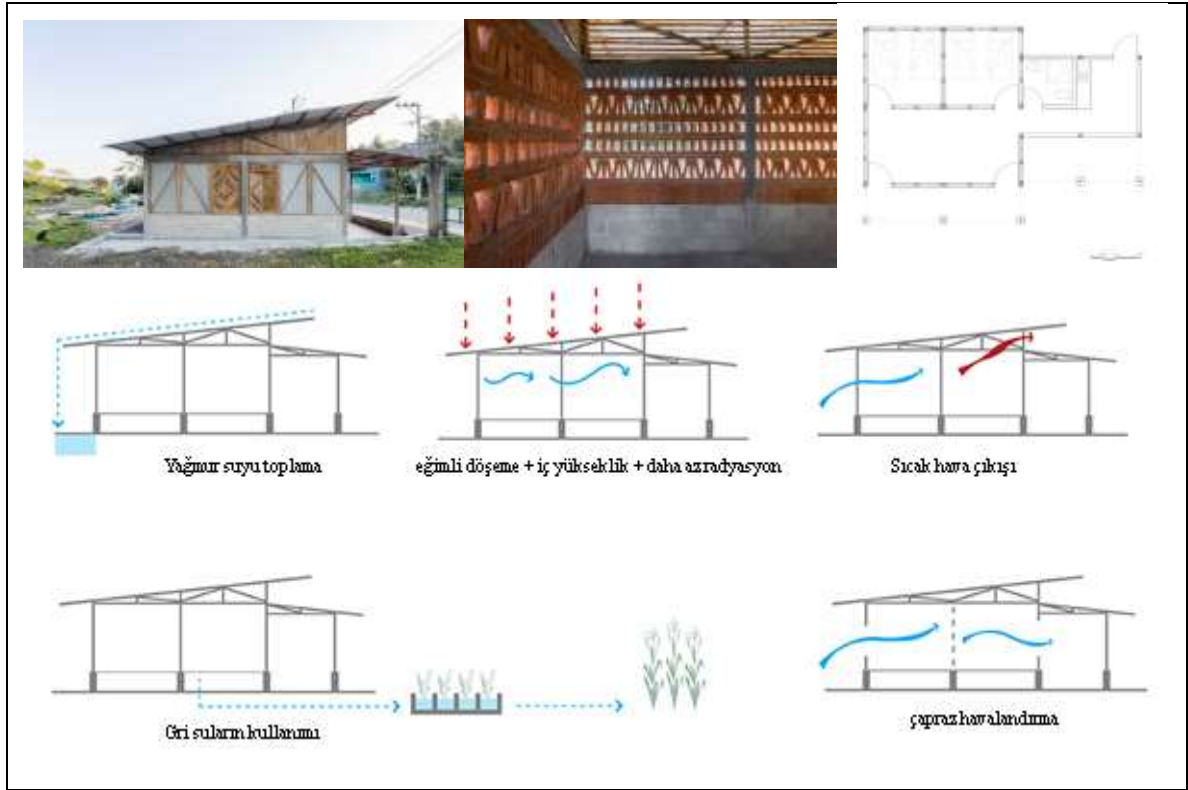


Şekil 2.24. Biyoklimatik tasarıma sahip pasif ev prototipi (URL-27).

Düşük maliyetli bambu ev

Meksika stüdyosu Comunal Taller de Arquitectura tarafından tasarlanan düşük maliyetli bambu ev, lokal halkın yardımıyla bir haftadan daha kısa bir sürede inşa edilmiştir. Ev, prefabrik bambu çerçeveden oluşmaktadır. Duvarlar ve pencere kepenkleri, kahve çuvalları yapmak için yaygın olarak kullanılan yerel bir bitki lifi olan *ixtle* ile kaplanmış bambu

panellerden yapılmıştır. Zeminler taştan yapılmıştır. Bazı duvarlarda kırmızı tuğla örgüler vardır. Boşluklar, havanın iç mekâna doğal olarak dolaşmasına yardımcı olmakta ve mutfaktan duman çıkmasını sağlamaktadır. Mimarlarına göre bu ev, bölgenin halkı tarafından kolayca ve hızlı bir şekilde inşa edilebileceği için bölge için umut verici düşük maliyetli konut modelini temsil etmektedir (URL-28).



Şekil 2.25. Bambu ev (URL-29).

Nakasone Evi / Escobedo Soliz

Ev, Meksiko'nun dışındaki gayri resmi bir mahallede yer almaktadır. İki katta sadece 50 m²'ye yayılmış 100 m²'lik bu küçük ev, emekli bir öğretmen için inşa edilmiştir. Müşterinin sınırlı bütçesi, tasarımcıyı piyasadaki en yaygın ve uygun fiyatlı inşaat malzemeleri ve sistemlerini kullanmaya zorlamıştır. Proje sırasında mimarlar, yerel inşaatçıların geleneksel mimari sistemleri üzerindeki tecrübelerini yeniden vurgulamak için, onlar ile yan yana çalışmışlardır. Evin temeli, platformları, merdivenleri ve çevre duvarları inşa edilirken arazi içinde bulunan volkanik taşlar kullanılmıştır (URL-30).



Şekil 2.26. Nakasone Evi (URL-30).

Genişletilebilir ev / the studio Urban Renewal System

Genişletilebilir ev, Endonezya'daki Batam gibi hızla gelişen şehirlerin problemlerine sürdürülebilir bir çözümün bir parçası olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu ev, ihtiyaca göre çatısı kaldırılabilir ve üç kata kadar yükseltilebilir bir potansiyele sahiptir. Betondan yapılmış temeli ve strüktürü, üç kata dayanabilecek şekilde planlanmıştır. Böylece ev sahibinin imkanlarına ve ihtiyacına göre konforlu bir ev olmayı sürdürebilecektir. Evin yağmur suyu hasadı ve güneş enerjisiyle çalışan elektriğinin yanı sıra pasif soğutma ve kanalizasyon tanklarını kullanan “merkezi olmayan” bir altyapısı da vardır (URL-31).



Şekil 2.27. Genişletilebilir ev (URL-31).

Magoda Projesi / Ingvarsten Architects

Magoda Projesi Tanzanya'da bulunan sekiz prototip evden oluşan bir proje serisidir. Yerel toplulukla iş birliği içinde tasarlanan prototipler, Sahra altı Afrika'da sağlığı ve refahı arttırmak için kullanılan yenilikçi mimarinin başlıca örnekleridir. Bu düşük maliyetli evler, Asya mimari özelliklerini (hava akışını optimize etmek için) yerel alanda bilinen geleneksel Afrika bina yöntemleriyle birleştirilmiştir. Yapı malzemesi olarak, yerel bulunan, ahşap, bambu, tuğla ve hem çapraz havalandırma hem aydınlatma hem de sivrisineklerden korunma sağlayacak gölgelik file kullanılmıştır. Sel etkilerini önlemek için yapılar, zemin seviyesinden beton ile yükseltilmiştir (URL-32).

İki bina stiline bu optimize edilmiş kombinasyonu, yerel halkın hijyenini ve refahını artırmaktadır. Kültürel bilgi alışverişinden nasıl yenilikçi çözümlerin gelebileceğinin de bir göstergesi niteliğindedir. Ingvarsten Architects, bu kültürel değişimi, çeşitli malzemelerden ve bina tasarımlarından kaynaklanacak farklı mikro iklimlerin ve tüm açık pencereleri kapsayan böcek ekranlarının (gölgelik file) verimliliğini değerlendiren bir araştırma fırsatı olarak kullanmıştır. Amaçları, yerel topluluk liderleri ve önemli paydaşlarla birlikte

çalışmak, yeni tasarım tekniklerinin kabulünü artırmak ve mimariyi genişletmek, hastalıkları daha geniş ölçekte en aza indirmektir (URL-32).



Şekil 2.28. Mogoda projesi prototipleri (URL1-32).

LT Evi / Tropical Space

Tropical Space, LT Evi'ni Vietnam'daki işçilerin ihtiyaçları ve yaşam tarzlarına göre düşük maliyetli ve konforlu konut talebine çözüm olarak tasarlanmıştır. Mobilyaları basit ve kolay olarak planlandığı için ev sahibi maliyetleri düşürmek adına malzemeleri satın almış ve hepsini kendi yapmıştır. Evin iki kısa tarafı tamamen tuğladan boşluklu duvar ile yapılmış, iki küçük ve devamlı açık pencere ile gölgeyi sağlarken iç mekânları yeterince aydınlatmıştır (URL-33).



Şekil 2.29. LT Evi (URL-33).

Niamey 2000 / United4design

Niamey 2000, Nijer'in başkenti Niamey'de var olan konut krizine çözüm olarak tasarlanmış 1700 metrekarelik (18.000 ft²) bir konut girişimidir. Proje yoğunluğu artırarak, kentsel konut için yeni bir model önermektedir. Niamey 2000 projesi, Mali'de Timbuktu, Nijerya'da Kano veya Nijer'de Zinder gibi hepsi de yoğun şehir merkezleri olan bölgenin sömürge öncesi şehirlerinden ilham almıştır. Nijer'in kavurucu sıcaklıklarına karşı koruma sağlamak için sıkıştırılmış toprak duvar ve pasif soğutma tekniklerini kullanılmıştır. Projenin çağdaş tasarımı, inşaat sektörüne yerel malzemeleri ve tekniklerini yeniden kazandırmakta ve şehrin hızla gelişen nüfusuna düşük maliyetli ve konforlu bir konut alternatifi sağlamaktadır (URL-34).



Şekil 2.30. Niamey 2000 (URL-34).

Surabaya Boarding House / Andyrahman Architect

Endonezya, Surabaya'da bulunan bu pansiyon, çağdaş konulara daha geniş bir bağlamda biyoklimatik ve biyofilik yaklaşımlarla bakan Andyrahman Architect tarafından tasarlanmıştır. Delikli duvar çerçeveleri, doğal havalandırma ve aydınlatmayı sağlarken, mekanların bölünmesine izin vermektedir (URL-35).

Bu pansiyon düşük enerjili, düşük maliyetli bir konutun farklı malzeme ve dokuları bir araya getirerek estetik ve performansından ödün vermeyeceğinin bir örneği olarak literatüre girmiştir. Yapının bitirmelerinde de düşük yapım ve bakım maliyeti önerilmiş, karmaşık bakım ve boyama gerektirmeyen çimento boyası, alçı ve çimento rulosu kullanılarak duvar kaplamaları gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, birçok malzemede geri dönüşüm ürünleri tercih edilmiş, ve bu geri dönüşüm prensibi ile binanın maliyet ve kaynak tasarrufu sağladığı belirtilmiştir (URL-34).



Şekil 2.31. Surabaya Boarding House (URL-34).

İncelenen düşük maliyetli konut örneklerinde görüldüğü gibi, düşük gelir grubu için uygun fiyata konut tasarlanması, sağlık ve konforlu bir konut elde etmeme anlamına gelmemektedir. Fakat, düşük maliyetli konut projelerine, sürdürülebilir tasarım ilkeleri entegre edildiğinde daha konforlu, uygun fiyatlı ve enerji etkin bir tasarım elde etmek mümkündür.

Yukarıda incelenen örneklerde vurgulanmış düşük maliyetli konut tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken hususlar özetlenmiştir:

- Alan ve altyapının ekonomik bir şekilde kullanımı;
- Kullanıcının sosyal ve kültürel yaşam tarzlarının önemsenmesi;
- Sürdürülebilir malzeme kullanımı;
- Pasif tasarım ilkelerinin uygulanması;

- Yerel işçilik kullanımı
- Kullanıcının imkân ve ihtiyaçlarına göre sağlıklı ve konforlu bir konut tasarımı;
- Yenilikçi tasarım tekniklerin geliştirilmesi;
- Geleneksel mimari tekniklerin modernleştirilmesi.

2.5. Bölüm Sonucu

Yürütülmüş bu literatür çalışmanın sonucu olarak, Gine'deki yerel malzeme ve yerel işçilik ile oradaki iklim koşullarına dayalı halk için düşük maliyetli enerji etkin ve konforlu yapı tasarlanabileceği söylenebilir. Bu tasarım, literatürde gösterilmiş enerji etkin konut ilkelerine ve düşük maliyetli konut tasarımda özetlenmiş hususlarına dayalı olarak gerçekleştirilebilecektir.

Çizelge 2.4'te, yukarıda incelenen düşük maliyetli konut tasarım örneklerine bakılarak tropikal iklime dayalı enerji etkin ve düşük maliyetli konutların temel özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 2.4. Tropikal iklime dayalı enerji etkin ve düşük maliyetli konutların özellikleri

Örnekler	Enerji Etkin Özellikleri	Ek Özellikleri
Maputo'da kompakt konut 	• İç mekân konforunu iyileştirmek için yeşil çatı kullanımı • Enerji tüketimi azaltmak için yerel malzeme (sıkıştırılmış toprak) ve aynı renkteki boya kullanımı	• Arazinin optimum kullanımı • Kat sayısı artırılabilir
Nijerya'da pasif ev prototipi 	• Yenilenebilir güneş enerjisi kullanımı • Yağmur suyu toplama • Yenilenebilir yerel malzeme kullanım • Yapım yöntemi olarak yerel işçilik • Serin çatı ve Doğal havalandırma • Geniş çatı çıkıntısı ile yapının gölgelendirilmesi	• Pişirme için biyo-gaz üretimi
Meksika'da bambu ev 	• Yakın çevrede bulunan sürdürülebilir bambu ve geri dönüşümlü taş malzemelerin kullanımı • Yerel işçilik • Doğal havalandırma ve yağmur suyu toplam sistemlerin entegrasyonu • Gri suların kullanımı	• Hızlı inşaat süresi
Meksika'da Nakasone Evi 	• Arsada bulunan geri dönüşümlü volkanik taşlar ve sürdürülebilir ahşap malzelerin kullanımı • Yerel işçilik • Doğal havalandırma ve aydınlatma sağlanmıştır	• Arazinin optimum kullanımı
Endonezya'daki Genişletilebilir ev 	• Yenilenebilir güneş enerjisi kullanımı • Yağmur suyu toplama	• Arazinin optimum kullanımı • Kat sayısı artırılabilir
Tanzanya'da Magoda Projesi 	• Yerel işçilik • Yakın çevrede bulunan sürdürülebilir ahşap, bambu ve tuğla malzemelerin kullanımı • Doğal havalandırma ve aydınlatma	• Yenilikçi tasarım (Asya ve Afrika mimari özellikleri) • Sivrisineklerden korunma sağlayacak gölgelik file kullanımı
Vietnam'daki LT Evi 	• Yerel işçilik • Doğal havalandırma ve aydınlatma • Yerel malzeme kullanımı	• Maliyeti düşürmek için mobilyaların tasarıma entegre edilmesi (özel yapımı)
Nijer'de Niamey 2000 	• Kavurucu sıcaklıklarına karşı koruma sağlamak için sıkıştırılmış toprak duvar ve pasif soğutma tekniklerin kullanılması • Yerel işçilik • Doğal havalandırma	• Tarihi şehir merkezlerin yerleşim yapısından ilham alınması • Arazinin optimum kullanımı
Endonezya'da Surabaya Pansiyon 	• Yerel işçilik • Doğal havalandırma ve aydınlatma • Yerel malzeme kullanımı • Geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı	• Arazinin optimum kullanımı

Çizelge 2.6’da ise söz konusu seçilen konutların arazi kullanımı, güneşten korunma, doğal havalandırma, sürdürülebilir yapı malzemesi, yerel işçilik, yenilebilir enerji kullanımı, yağmur suyu toplama ve doğal aydınlatma özelliklerinin bulunması durumu ortaya konulmuştur. Görüldüğü üzere tropikal bölgelerde “düşük maliyetli enerji etkin konut inşa etmek” mümkündür ancak “Nijerya’daki pasif ev prototipi” dışında bu beklentilerin tümüne yaklaşan konut bulunmamaktadır. Bu sebeple yapılan tez çalışmasında, sıralanan tüm enerji etkinlik kriterlerine uygun bir projenin Gine için tasarlanarak benzeşim analizlerinin yapılması hedeflenmiştir.



3. MATERİYAL VE METOD

Çalışmanın bu aşamasında, Gine'deki iklim koşullarına uygun, yöre halkının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı konusunda izlenen yol ve kullanılan araçlar açıklanmıştır. Bölgedeki kadim bilgilerin değerlendirilmesi ile düşük gelir grupları için iklimsel konfora sahip konut nasıl tasarlanabileceği sorusunun cevabını aramak ve çalışmanın hipotezi test etmek amacıyla seçilen materyal ve metot detaylandırılmıştır. Materyal bölümünde vaka çalışması olarak tasarlanan prototip binanın tanımlanması, binanın modellenmesi ve enerji tüketiminin hesaplanması için kullanılan simülasyon yazılımı ve seçilen tasarım alanın hava durumu verileri açıklanmıştır. Metodoloji bölümünde, araştırma amacına ulaşmak için adım adım yapılacak prosedürler anlatılmıştır.

3.1. Araştırmanın Materyali

Prototip konut tasarımı ve simülasyon yazılımının tanımlanması, tasarım alanı ve tasarım alanın bulunduğu şehrin iklimsel verileri aşağıdaki metinlerde ayrı ayrı ve detaylı olarak açıklanmaktadır.

3.1.1. Prototip konut tasarımı

Konakri kenti tropikal bir iklime sahiptir ve nüfusu hızla artmaktadır. İklimsel koşulların ihmal edilmesi, yüksek hava sıcaklığı, yoğun güneş radyasyonu, yüksek nem gibi çevresel etkenlerin yanı sıra sürdürülebilir olmayan yapı malzemelerinin kullanımı ve yetersiz pasif havalandırma kullanımı nedenleriyle yapılarda aşırı ısınma problemi görülmektedir. Buna ek olarak, nüfusun çoğu, ne bu faktörleri dikkate alan deneyimli mimar ve tasarımcılara danışacak olanaklara ve ne de konforlu ve uygun maliyetli evi gerçekleştirmek için gerekli ekonomik güce sahiptirler.

Bu tez çalışmasında bölgedeki konut sorununa bir alternatif olarak ve iç ortamdaki termal konforu sağlayacak, düşük maliyetli, enerji etkin ve çevre dostu sürdürülebilir prototip bir öneri geliştirilmiştir. Tasarımda, evsel sıcak su üretimi ve gerektiğinde aydınlatma ve şarj için elektrik sağlayacak fotovoltaik paneller kullanılmıştır. Binaya doğal havalandırma ve aydınlatma sağlayacak şekilde pencereler yerleştirilmiştir. Pencereler, yeterli düzeyde

konfor ve mahremiyet sağlayacak şekilde düşülmüştür. Çok yağışlı bir bölgede olan yapıya, su tasarrufu sağlamak için yağmur suyu toplama sistemleri entegre edilmiştir.

3.1.2. Simülasyon yazılım aracı

Günümüzde kullanılan pek çok enerji simülasyonu yazılım araçları bulunmaktadır. Genel olarak herhangi bir yazılım aracındaki simülasyon süreci üç aşamada gerçekleşmektedir (Sousa, 2012):

Bina tasarımı

Bu adımda, koordinatları yazılım aracına ekleyerek veya AutoCAD, Google Sketch Up ve Revit gibi programlardan dosya yükleyerek gerçekleştirilebilir. Yapının oluşumunda, yapının boyutlarının ve geometrisinin yanı sıra yapı bileşenlerinde kullanılan malzemelerin belirlenmesi önemlidir.

Bina simülasyonu

Model hazır olduktan sonra, yazılım aracını çalıştırmak için binanın simülasyonunda dikkate alınması gereken değişkenler oluşturulmalıdır. Herhangi bir binanın termal performansı işlevine göre farklılık gösterdiğinden, belirtilmesi gereken birkaç parametre vardır: Bina tipi (ev, ofis, vb.), insan faaliyetleri, mevcut ekipmanlar (aydınlatma, soğutma, klima sistemleri, fırınlar, vb.) ve günlük programları.

Sonuçların analizi

Yazılım aracı çalıştırıldıktan sonra, değişken setinde herhangi bir hata veya ciddi uyumsuzluk olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Yapılan karşılaştırmalı enerji simülasyon analiz araştırmalarda, Revit ve Autodesk Insight tasarımcıların, mühendislerin ve mimarların binanın kavramsal aşamasında çeşitli seçmeli yapı alternatifleri almasına yardımcı olan en uygun araçlar olduğu iddia edilmektedir (Mahiwal, Bhoi ve Bhatt, 2021).

Autodesk Revit

Revit, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yazılımıdır. İçerdiği kuvvetli araçlar ile bina ve altyapıyı planlamaya, üst yapı tasarımından, inşa süreçlerine ve bunların yönetimine kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. “Revit ortak çalışma için çoklu disiplini destekleyen bir yapıya sahiptir. Revit yazılımının kullanımıyla” (URL-36):

- “Yapı bileşenleri modellenabilir, sistemleri analiz edebilir ve tasarımlar yinelenabilir. Revit modellerinden hızlı bir şekilde belge oluşturulabilir”,
- “Tüm proje paydaşları, merkezi olarak paylaşılan modellere erişebilir. Bu özellik sayesinde daha iyi bir iş birlikteliği sağlanabilir ve dijital model çakışmaları ve iş tekrarları azaltılabilir”,
- “3D görseller oluşturmak için BIM modelini kullanarak proje sahiplerine ve ekip üyelerine tasarım fikirleri daha etkili bir şekilde iletilebilir”.

Revit, yöneticilerin inşaat yaşam döngüsü boyunca enerji ve çevresel performansı idare etmek için operasyonlar ve kaynakların kullanımı hakkında bilgi edinmelerini sağlayan Autodesk Insight 360 uygulamasıyla entegrasyonu da destekler (URL-37).

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 esas olarak Autodesk yazılımının kullanıcıları ve/veya üyeleri içindir; ayrıca 3 yıl süreyle öğrenciler için araştırma amaçlı ücretsiz kullanıma açılmaktadır.

Insight, mimarlara ve mühendislere, gelişmiş simülasyon motorları ve Revit'e entegre edilmiş bina performans analizi verileriyle daha enerji verimli binalar tasarlama için güç verir (URL-38). Autodesk Insight:

- “Çevresel performans için güçlü bir kılavuz olarak görülmektedir”.
- “Bina yaşam döngüsü boyunca enerji ve çevresel performansı geliştirmek için hızlı sonuçlar sunmaktadır”.

- “Temel performans göstergelerini, ölçütleri, faktörleri, aralıkları ve özellikleri gerçek zamanlı neden-sonuç geri bildirimi ile görselleştirmekte ve etkileşimde bulunarak kullanıcıyı daha iyi sonuçlara yönlendirmektedir”.
- “Bina enerjisi, ısıtma, soğutma, günışığı aydınlatma ve güneş radyasyonu simülasyonu için güvenilir endüstri lideri simülasyon motorları, milyonlarca olası sonuçların bir kerede temsil edilmesi için yenilikçi paralel bulut bilgi işlem teknikleriyle çalışmaktadır”.
- “Modelleme ortamında doğrudan güçlü otomatik analitik model oluşturmak ve performans bilgisi kullanarak tasarım oluşturmak için FormIt Pro ve Revit ile modelleme yapabilmesine olanak sağlamaktadır”.
- “Analizleri diğer paydaşlarla birlikte organize edip paylaşmayı, erken tasarım evrelerinden, fizibilite ve işleme kadar geniş bir çerçevede daha iyi sonuçlar elde etmek için erişimi kolaylaştırmaktadır”.
- “DOE 2.2. ve EnergyPlus ile uyumlu çalışmakta ve dinamik termal enerji simülasyonu ile bina ve sistem etkileşimlerini desteklemektedir”.
- “EnergyPlus ile birlikte çalışarak ısı dengesi yöntemi, toplam bina ısıtma ve soğutma yükü hesaplamalarını analiz etmektedir”.
- “Gün ışığı özerkliği ve yıllık güneş ışığına maruz kalma gibi temel gün ışığı ölçümlerini simüle edebilmekte, hesaplamakta ve görselleştirmektedir”.

Autodesk ürünü olan Insight 360, diğer araçlara göre Revit ile daha yüksek uyumluluğa sahiptir. Enerji analizini yürütmek için çok fazla ayrıntı gerektirmediğinden, erken tasarım aşamasında veya tasarım öncesi mimarlar ve tasarımcılar tarafından kullanılabilecek bir araçtır. Müşteri ile bina kütlesi, zarf, cam, oryantasyon ile ilgili kararlar alınırken faydalıdır. Yaklaşık 15 dakika sürecek olan analizi çalıştırdıktan sonra, aracın bulut arayüzündeki kayan çubukları kullanarak herhangi bir değişikliğin sonucunu (enerji yükleri veya maliyet) anında görmek mümkündür.

Enerji simülasyon süreci tasarım alanın verilerine bağlıdır. Bu nedenle, alanın yerini ve iklimini anlamak önemlidir.

3.1.3. Tasarım alanı

Tasarım alanı olarak Atlantik Okyanusu'na kıyısı olan, Gine'nin başkenti ve en büyük şehri Konakri seçilmiştir. Konakri ülkenin en kalabalık şehridir. Tüm ülkedeki kentsel nüfusunun %50'sini barındırmakta ve yılda %6,1 oranında büyümeye devam etmektedir. (Rapport National III, 2016). 450 kilometrekarelik bir kıyı kenti olan Konakri'nin nüfusu, ülkenin toplam nüfusunun yaklaşık %18,5'ini kapsamaktadır.

Tasarım alanı, Matoto Belediyesi, Lansanaya Baraj Mahallesi'nde olup 9°39'48.4"K 13°31'22.5"B koordinatlarında bulunan 20x27m lik ve mangrov kenarındaki bir arsa seçilmiştir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Tasarım alanı (URL-39)

3.1.4 Konakri şehrinin iklimsel verileri

Konakri şehri, tropikal iklime sahip ve deniz seviyesinden 16 metre yüksektedir. İklim, aylarca süren şiddetli yağışlarla karakterizedir. Belirgin olmayan, kısa ve kurak mevsime de sahiptir. Köppen ve Geiger'e göre bu iklim Am olarak sınıflandırılır. Konakri'nin yıllık

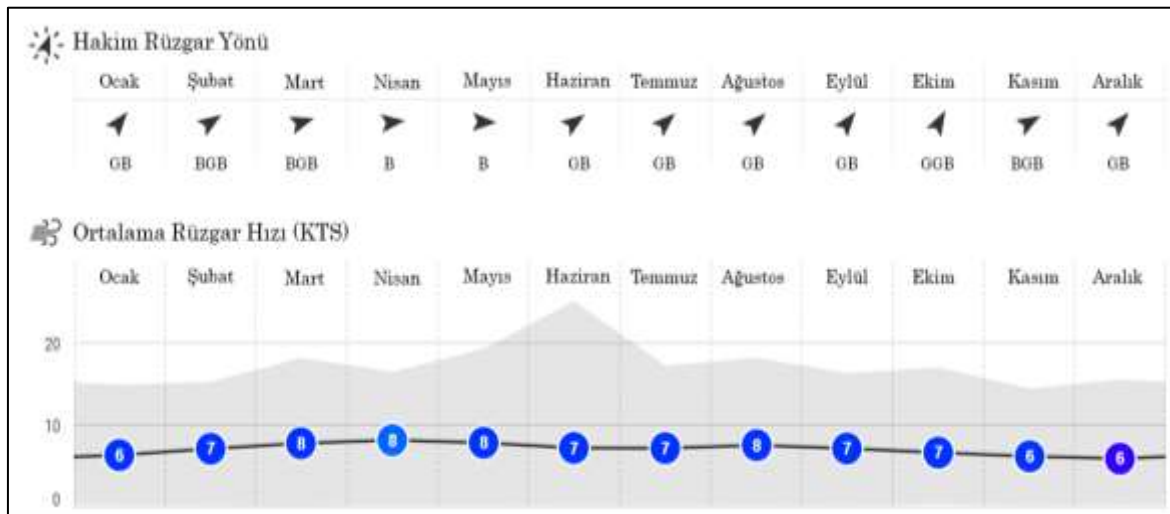
ortalama sıcaklığı 26,3 ° C'dir. Yıl yağış ortalaması ise 295mm olarak belirtilmiştir. 1 mm yağışla Şubat yılın en kurak ayıdır. Ağustos ise 856 mm ortalama ile en çok yağışın görüldüğü ay olarak kaydedilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Konakri iklimsel çizelgesi (URL-40)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortakalama sıcaklık (°C)	26.5	26.2	26.1	26.3	26.8	26.4	25.7	25.4	25.8	26.5	27.2	27.2
Minimum sıcaklık (°C)	25.6	25.5	25.6	25.8	26.2	25.5	24.9	24.7	24.9	25.4	26.1	26.3
Maksimum sıcaklık (°C)	27.2	26.8	26.7	26.8	27.4	27.3	26.5	26.1	26.7	27.5	28	27.9
Yağış (mm)	3	1	1	5	96	377	759	856	519	237	87	17
Nem (%)	76%	78%	80%	80%	82%	84%	85%	86%	85%	83%	81%	77%
Yağmurlu gün	1	0	0	1	10	20	22	22	21	20	14	3

En kurak ve en yağışlı aylar arasında yağış miktarı 855 mm'dir. Yıl boyunca en düşük ve en yüksek sıcaklık arasında 1,8 ° C'lik bir fark vardır.

Windfinder tarafından Konakri hava istasyonundan yapılan gerçek gözlemlere dayanan rüzgâr istatistiklerine göre hâkim rüzgâr yönü güneybatıdır (Şekil 3.2).

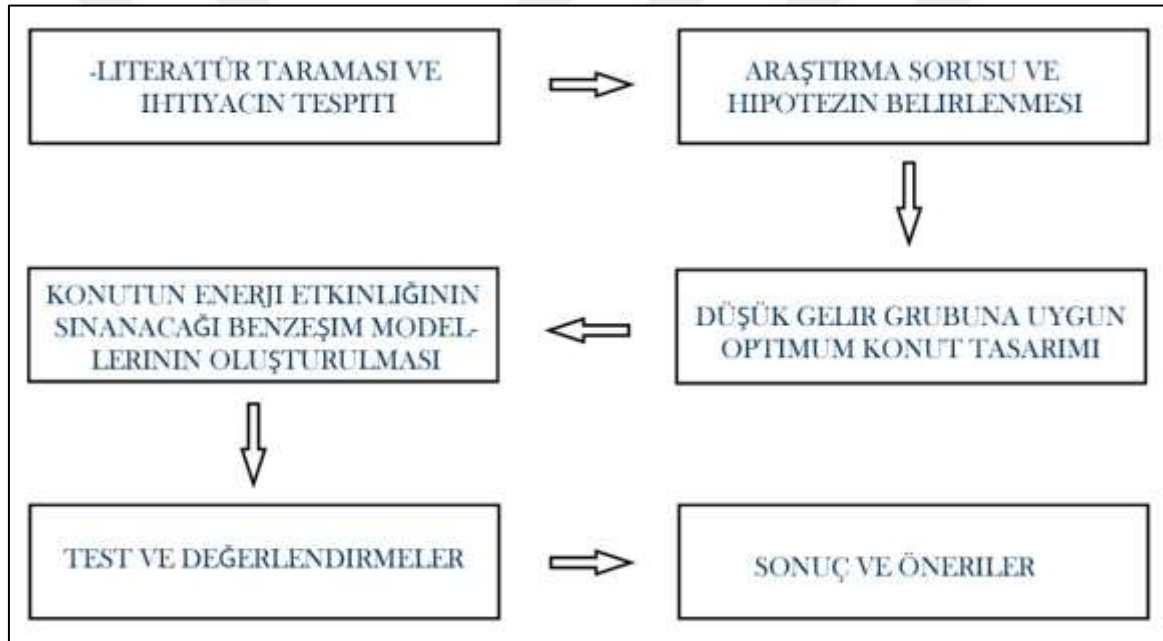


Şekil 3.2. Konakri için rüzgar hızı ve yönü ile ilgili aylık istatistikler (URL-41)

3.2 Araştırma Metodolojisi

Araştırmanın ilk aşamasında, konunun amacını, önemini, yapılan çalışmalardan farkını ortaya koyabilmek ve konunun temel kavramlarını ve değerlendirme parametrelerini anlamak için bir alan yazın çalışması yürütülmüştür. Aynı zamanda bölgenin yerel mimari değerlerinin tespiti ve bölge halkının ihtiyaçlarının belirlenmesi yapılmıştır. Bu aşamanın sonucunda ise, araştırma sorusunu yanıtlamak ve hipotezi test etmek için önerilecek tasarım uygulanmasında takip edilmesi gereken yol haritası belirlenmiştir.

Araştırma yöntemi, aşağıdaki Şekil 3.3'te sunulmuş ve diagramsal olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.3. Araştırma yöntemi

Araştırmanın sonraki aşamasında, düşük gelir grubuna uygun bir konut tasarımına yoğunlaşmıştır. Bu aşamada, literatür taramasında elde edilen veriler göz önünde bulundurularak, Gine halkının yaşam kültürüne uygun mekânsal özelliklere sahip, söz konusu tropikal iklim için konfor koşullarını sağlayan, enerji etkin ve düşük gelir gruplarının konut gereksinimi karşılamada çözüm öneren bir tasarım yapılmıştır.

Araştırmanın son aşamasında ise, önerilen konutun enerji etkinliğinin sinanacağı benzeşim modelleri oluşturulmuştur. Bu aşamada, bina enerji etkinliği değerlendirmesinde

uluslararası kabul edilmiş bir enerji simülasyonu yazılım aracı olarak kabul gören “Insight 360” kullanımıyla önerilen tasarımın enerji etkinliği test edilmiştir.



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

4.1. Düşük Gelir Grubuna Uygun Optimum Konut Tasarımı

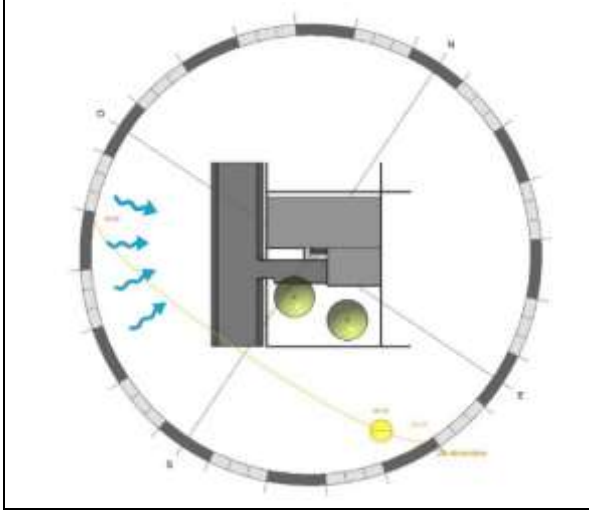
Bu bölümde, Gine'de giderek artan konut sıkıntısına çözüm bulmak için literatürde gösterilmiş enerji etkin konut ilkelerine ve düşük maliyetli konut tasarımı özetlenmiş hususlarına dayalı olarak bir konut prototipi tasarlanmıştır. Projenin enerji etkinliği de bilgisayarlı benzetim yöntemi ile test edilerek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Tasarım yaklaşımı ve yerleşim

Gine halkının yaşam kültürüne uygun mekânsal özelliklere sahip konut prototipi için 540 m² bir arazi seçilmiştir. Binanın arsadaki yerleşimi, literatürde vurgulanmış tropikal iklimindeki konut yerleşim prensiplerine, arazide bulunan doğal varlıklarına (bitki örtüsü, topografya, denize yakınlık, vb.), komşuluk ilişkisine, güneş ve rüzgâr yönlerine göre optimal yapılmıştır (Şekil 4.2). Arsa alanının mahalledeki konumu Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

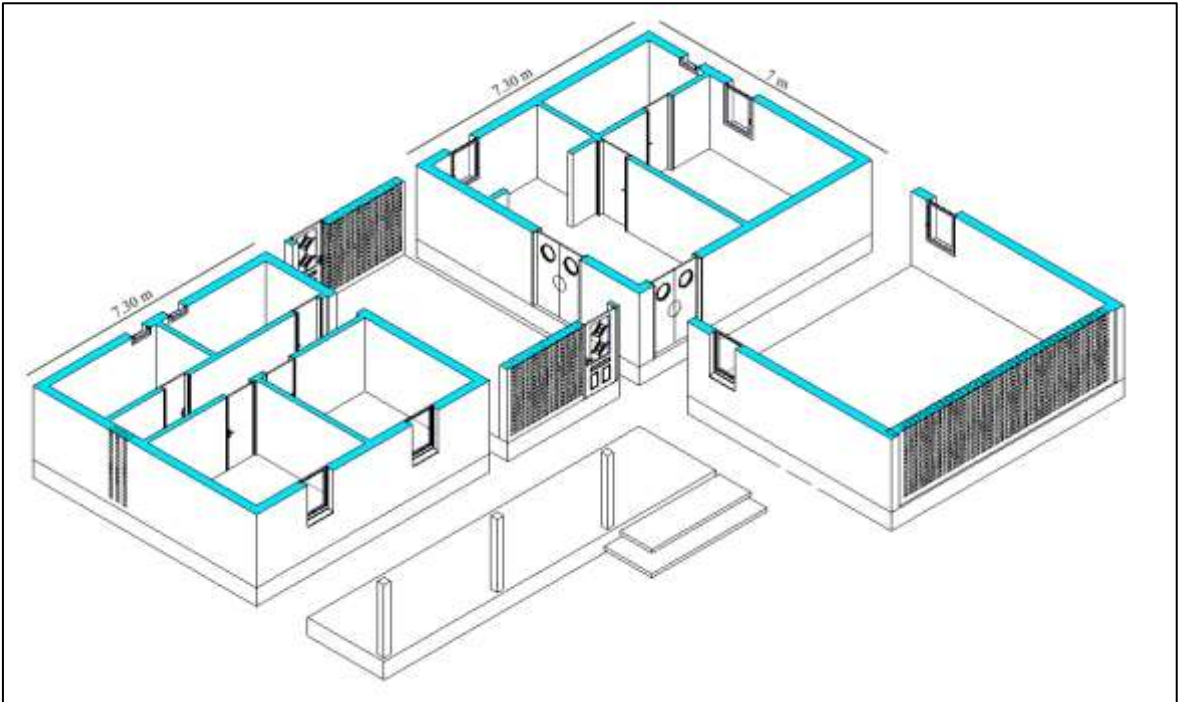


Şekil 4.1. Arsa alanının mahalledeki konumu (URL-42).



Şekil 4.2. Bina konumlandırması (Yazar tarafından).

Tasarım sırasında, yerel işçilik uygulanması ve yerel malzeme kullanımına özen gösterilerek, gerekli durumlarda büyüyecek özelliğe sahip bir tasarım yaklaşımı benimsenmiştir (Şekil 4.3). Kullanıcı ihtiyacı ve maliyetine göre veya aile birimin genişlemesine bağlı olarak, konut genişletilebilir. Tasarımın genişletilebilir olması, kentsel yayılmaya ve büyüyen altyapı açığına karşı bir çözüm önerisi sunmakta ve projenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Konutun tasarımında, tropikal iklimsel koşullar göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 4.3. Prototipin modüler genişletilmesi

Çizelge 4.1. Prototip binanın detayları

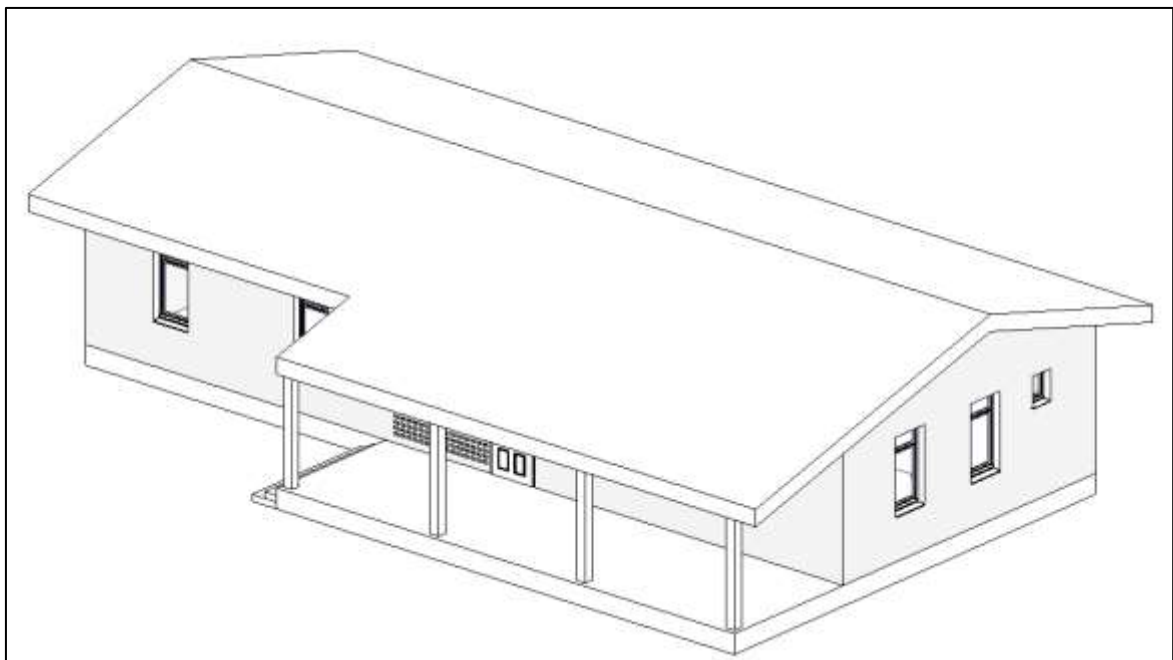
Prototip konut detayları	Tanımlama
Arsa alanı	540 m ²
İnşaat alanı	292.56 m ²
Kat sayısı	2
Kat yüksekliği	3 m
Zemin kat alanı	167,96 m ²
Birinci kat alanı	124,60 m ²
Duvar malzemesi	Sıkıştırılmış toprak
Taşıyıcı sistem	Betonarme
Soğutma sistemi	Doğal havalandırma

Bu çalışmada tasarım, kullanıcı yaşam kültürüne ve ihtiyacına uygun ve konforlu olacak şekilde iki aşamalı olarak tasarlanmıştır.

İlk durumda, 5-6 kişilik bir aile için 116 metrekarelik bir alanda tek katlı olarak 3 oda, 1 salon, 2 tuvalet, 1 depo, 1 mutfak ve yemek salonu tasarlanmıştır. Geleneksel evlerde olduğu gibi girişte manzaraya bakan 1 veranda düşünülmüştür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Birinci aşamanın zemin kat planı



Şekil 4.5. Birinci aşamanın şematik üç boyut modeli

İkinci durumda, konut büyütülmüş ve ilk katın teras çatı üzerinde bir kat daha eklenerek binanın kapasitesi 12-14 kişiye çıkarılmıştır. Zemin katta çok kapasiteli bir salon ve verandası eklenmiştir. Eski salonu konutu merkez noktasına dönüştürülmüş, geniş sirkülasyon, üst kata bağlayan merdiven ve yemek salonu tasarlanmıştır (Şekil 4.6). Üst katta, kullanıcıların kullanım ihtiyaçlarına göre değişebilecek 4 ekstra oda yerleştirilmiştir (Şekil 4.7).

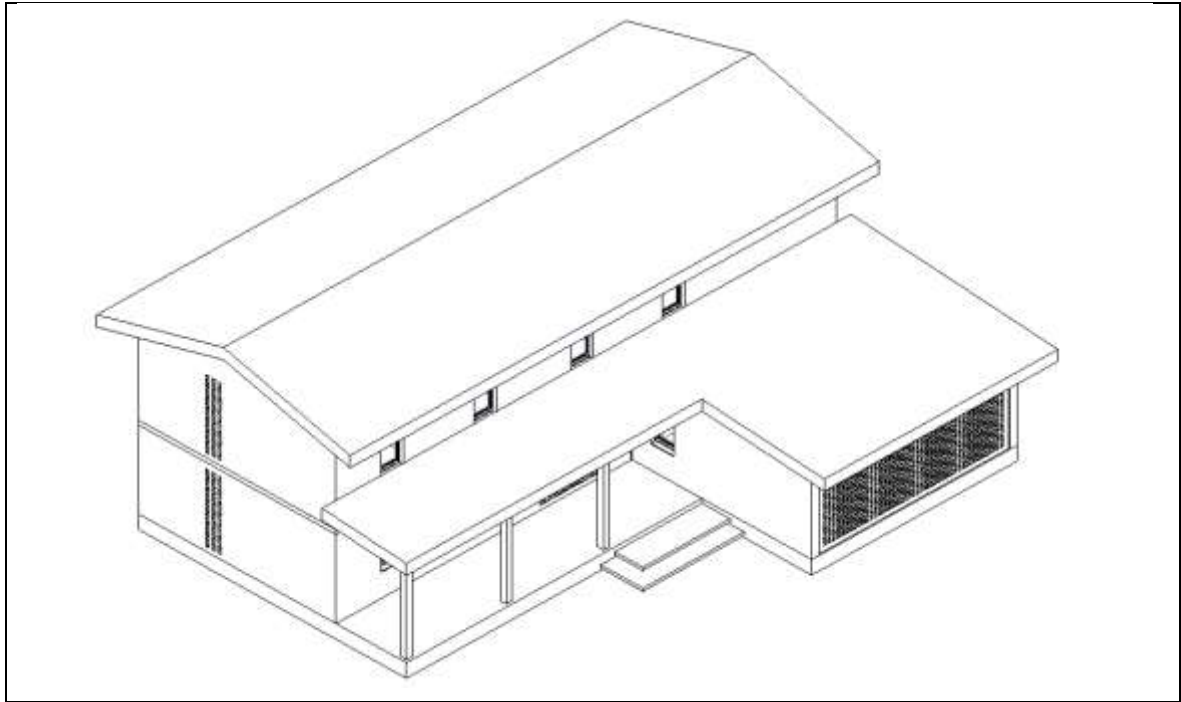


Şekil 4.6. İkinci aşamanın zemin kat planı

İki kattan oluşan 276 m²'lik öneride 7 oda, 2 salon, 4 tuvalet, 2 depo, 1 yemek salonu ve geniş bir veranda tasarlanmıştır (Çizelge 4.2). Bu geniş balkon, tasarımda çok önemli bir rol oynamaktadır. Kullanıcılara binanın etrafındaki manzaraya bakış sağlayarak aynı anda gelenekselde olduğu gibi açık alanda pişirme mekânı olarak da kullanılabilir.

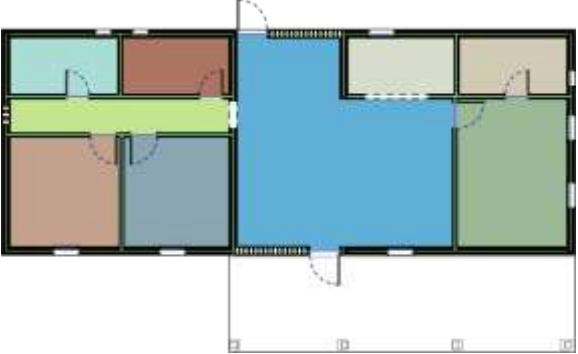


Şekil 4.7. İkinci aşamanın üst kat planı



Şekil 4.8. İkinci aşamanın şematik üç boyut modeli

Çizelge 4.2. Birinci ve ikinci aşamada mekanlar ve büyüklükleri

İlk Aşama	Mekân		Alan(m ²)	
		Oda 1	11,56	
		Oda 2	11,05	
		Salon	39,60	
		Ebeveyn o.	15,64	
		Mutfak	5,78	
		Tuvalet 2	5,86	
		Tuvalet 1	5,86	
		Depo	5,78	
		Koridor	7,14	
İkinci Aşama	Zemin kat	Oda 1	11,56	
		Oda 2	11,05	
		Salon 1	20,80	
		Ebeveyn o.	15,64	
		Mutfak	5,78	
		Yemek o.	14,95	
		Salon 2	41,48	
		Koridor	7,14	
		Tuvalet 1	5,86	
		Tuvalet 2	5,86	
	Birinci kat	Depo	5,78	
		Oda 3	11,56	
		Oda 4	11,05	
		Oda 5	10,56	
		Oda 6	15,64	
		Salon	31,61	
		Tuval 3	5,86	
		Tuvalet 4	5,86	
		Depo	5,78	
		Koridor	7,14	

Bu tasarım, kullanıcı ihtiyacı ve imkânlarına bağlı olarak istendiğinde ilk aşamadaki haliyle ya da gerek duyulduğunda da genişletilerek ikinci aşamaki gibi inşaa edilebilir.

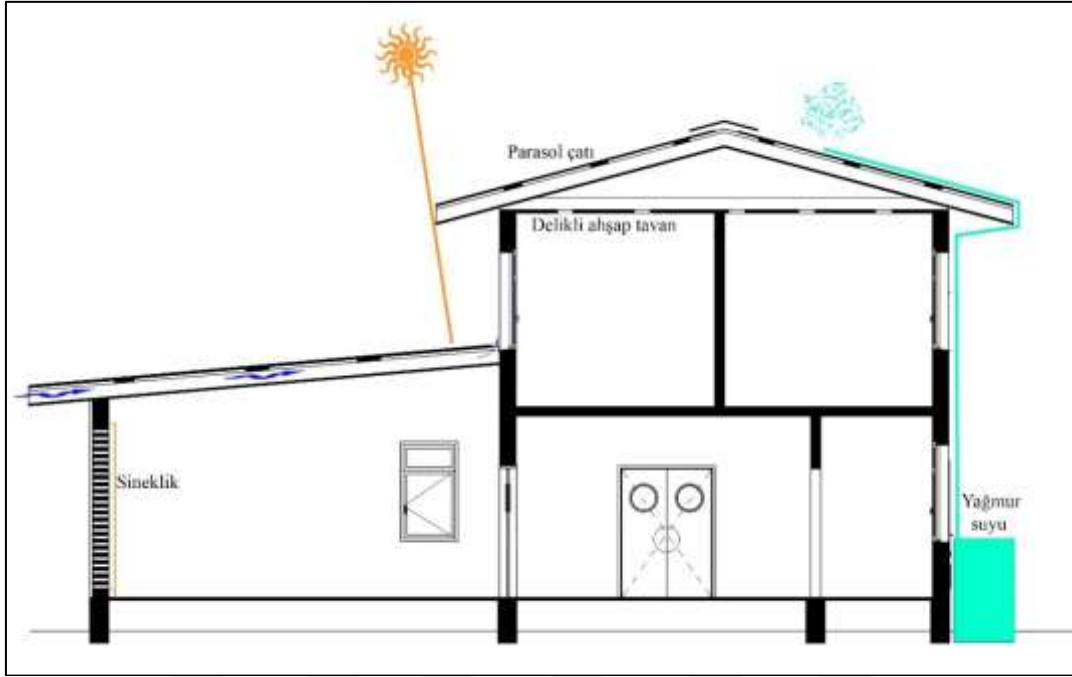
Amaç, arsanın verimli kullanımı dışında, geniş veya genişleyecek düşük grubu bir aile için konforlu, kullanışlı, ekonomik ve çok amaçlı bir konut alternatifi sunmaktır.

4.1.2. Malzeme ve yapım

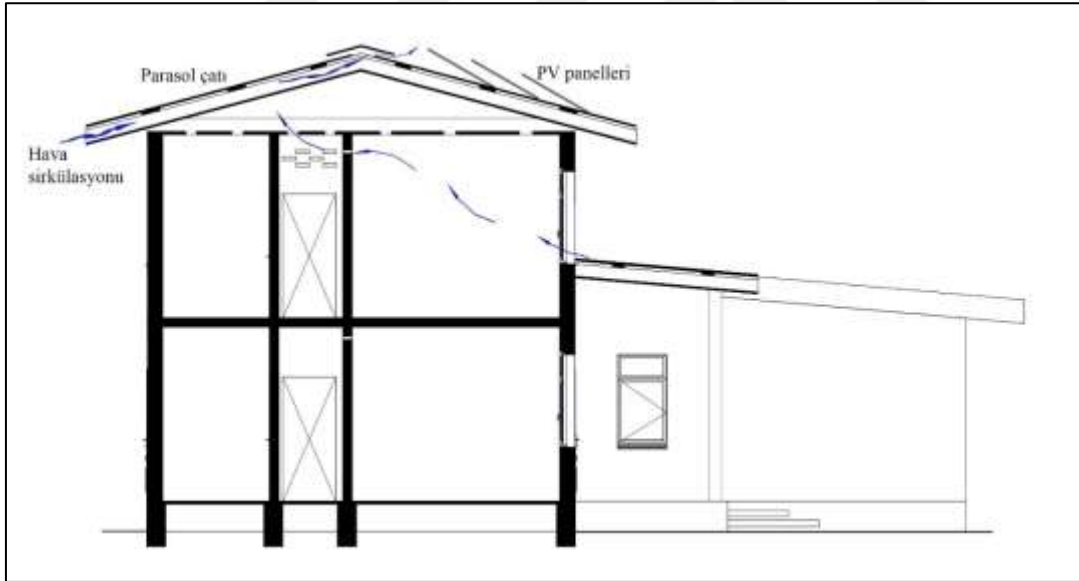
Tasarım, modüler betonarme temel ile strüktürü ve toprak esaslı yapı kabuğu olarak düşünülmüştür. Beton ile strüktürün dayanıklılığı sağlanırken büyütülebilmesi de kolaylaştırılmıştır. Sürdürülebilir bir malzeme olarak sıkıştırılmış toprak blokları (*compressed earth block*), sahip oldukları kalınlıkla yapı kabuğunun enerji verimliliği de sağlamaktadır. Toprak esaslı duvarın sudan korunması ve yapıya suyun girmesini engellemek için, yapı zeminden 50cm yükseltilmiştir.

Yapıda doğal havalandırma ve kontrollü doğal aydınlatmayı sağlamak amacıyla cephedeki bazı dış duvar ve iç duvarlarda açık kalacak boşluklar tasarlanmıştır. Cephedeki bu tip boşluklara haşeratı ve engellemek için sineklik sistemleri takılmıştır.

Bölgenin iklimsel koşullarına göre yalıtılmamış çift kabuklu ve eğimli çatı tercih edilmiştir. Çatının çift kabuklu olması sayesinde havalandırılmış bir çatı elde edilmiştir. Çatı örtüsü olarak ülke genelinde en çok kullanılmakta olan alüminyum levhalardaki isi kazanımı direk iç mekâna geçmeyecektir (Şekil 4.9). Çok yağışlı olan bu bölgede, çatının eğimi, kullanıcılara yağmur suyu toplayabilme imkân verilmektedir. Eğimli çatının güneşe bakan yüzeyinde fotovoltaik paneller yerleştirebilmektedir (Şekil 4.10). Bu paneller ile sıcak su üretilebilir ve elektrik elde edilebilir.



Şekil 4.9. Şematik kesit 1



Şekil 4.10. Şematik kesit 2

4.1.3. İnşaat maliyet tahmini

Aşağıdaki çizelgede gösterildiği gibi, prototipin inşaat maliyet tahmini yapılmış ve toplam inşaat maliyetin 646 958 475 GNF (66 100,52 USD) olduğunu gösterilmiştir. Prototipin beş modülden oluşturulduğu için, böylelikle ev sahibi 51.1m² lik bir modülden inşaatına başlamak istediğinde yani 1 yatak odası, 1 oturma odası, 1 yemek odası ve 1 tuvaleti

olacak şekilde, toplam inşaat maliyeti $646\,958\,475 / 5 = 129\,391\,695$ GNF (13 220,10 USD) olacağını tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.3. Prototipin maliyet tahmini

Sıra No	Tanımı	Birim	Miktar	Birim fiyatı (GNF)	Toplam GNF (Gine frangı)
I	Kazı İşleri • Yalıtılmış temeller için çukur kazıları • Hendek kazıları • Döşeme altında dolgu	m ³ m ³ m ³	53,95 44,58 117,04	150 000 150 000 110 000	8 092 500 6 687 000 12 874 000
II	Betonarme Temel Dubleks konut için geliştirilmiş	m ²	171,30	3 56 950	61 152 674
III	Üst yapı Beton ve Betonarme • Betonarme kolon 350 kg/m ³ (Kalıp ve donatı dahil) • Betonarme Kiriş 350 kg/m ³ (Kalıp ve donatı dahil) • Betonarme lento 350 kg/m ³ (Kalıp ve donatı dahil) • Döşeme (kalıp ve donatı dahil) • Merdiven (betonarme 350 kg/m ³)	m ³ m ³ m ³ m ³ m ³	4.80 5.68 0.86 98,46 1,21	2 500 000 2 500 000 2 500 000 400 000 2 500 000	12 000 000 14 200 000 2 150 000 39 384 000 3 025 000
IV	Duvar Sıkıştırılmış toprak blok 0,25	m ²	611.20	160.000	97 792 000
V	Çatı • Metal çatı • Ahşap çerçeve • Kontrplak ahşap	m ² m ² m ²	268.02 268.02 105.19	170.000 90.000 200.000	45 563 400 24 121 800 21 038 000
VI	Kapı-Pencere Camlı Pencere 0,80x1,50 0,50x0,60 Kapı • Metal kapı 0.93x2.10 • Ahşap kapı 0,83x2,04 0,73x2,04 1,43x2,04		14 6 2 7 6 2	1 200 000 800 000 2 144 000 1 612 000 1 200 000 2 140 000	16 800 000 4 800 000 4 288 000 11 284 000 7 200 000 4 280 000
VII	Sıhhi Tesisat • Genel		1	40 000 000	40 000 000
VIII	Elektrik Tesisat • Genel		1	60 000 000	60 000 000
IX	PV • Pv 250 watt	ad	10	1 159 200	11 592 000
X	Boya • İç boya		298.20	30.000	8 946 000
XI	Sineklik	m ²	65.7	5 000	328 500
	Toplam				517 599 274
	İşgücü %15				77 639 891
	+/- %10				51 759 927
	TOPLAM İNŞAAT MALİYETİ			646 958 475 GNF	

Prototipin düşük maliyet bir konut olabileceğini kanıtladıktan sonra Gine'nin tropikal iklimindeki enerji verimliliğini kontrol etmek üzere aşağıdaki bölümlerde, farklı analizler yapılmıştır.

4.2. Yapının Enerji Simülasyonu

Bu bölümde, prototip konutun enerji analizleri incelenmektedir. Tüm simülasyonlar Autodesk Revit ve Autodesk Insight enerji modelleme ve analiz yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizden elde edilen sonuçlar, sonraki bölümlerde değerlendirilmek ve tartışılmaktadır.

4.2.1. Simülasyon verilerin tanımlanması

Autodesk Revit kullanılarak binanın 3 boyut modeli oluşturulup ilk enerji analizi yapılır ve Autodesk Insight üzerinde daha detaylı ilerlemiş enerji simülasyon analizleri edilir.

Genel olarak Autodesk yazılımların simülasyonunda yer alan adımlar şunlardır:

- Önerilen prototip bina hakkında gerekli tüm bilgiler toplandıktan sonra binanın çizimi yapılır.
- Autodesk Revit yazılımı kullanılarak, yapılmış çizim bazında binanın 3 boyutlu modeli oluşturulur.
- Duvar malzemesi, çatı, pencere, HVAC sistemi, priz yükü vb bilgilerden gerekli değişiklikler yapılır.
- İnternet Haritalama Hizmetini kullanarak, incelenen binanın yerini ve coğrafi durumu yazılımda belirlenir.
- Analiz panelinde enerji ayarı ve gelişmiş enerji ayarı yapılır.
- Revit yazılımındaki analiz paneli kullanılarak otomatik olarak bir bina enerji modeli oluşturulur.
- Yapının optimizasyonu için bina enerji modeli oluşturulduktan sonra, yeni eklenti yeni bir pencerede, yani Insight Autodesk'te açılacaktır. Insight, uygulanan bir dizi farklı tasarım senaryosuna dayalı olarak potansiyel performans sonuçlarını gösterir.
- Son adımda, Autodesk Insight yazılımında sabitlenen girdilere dayanarak binanın enerji ihtiyacını ve maliyetini tahmin edilir.

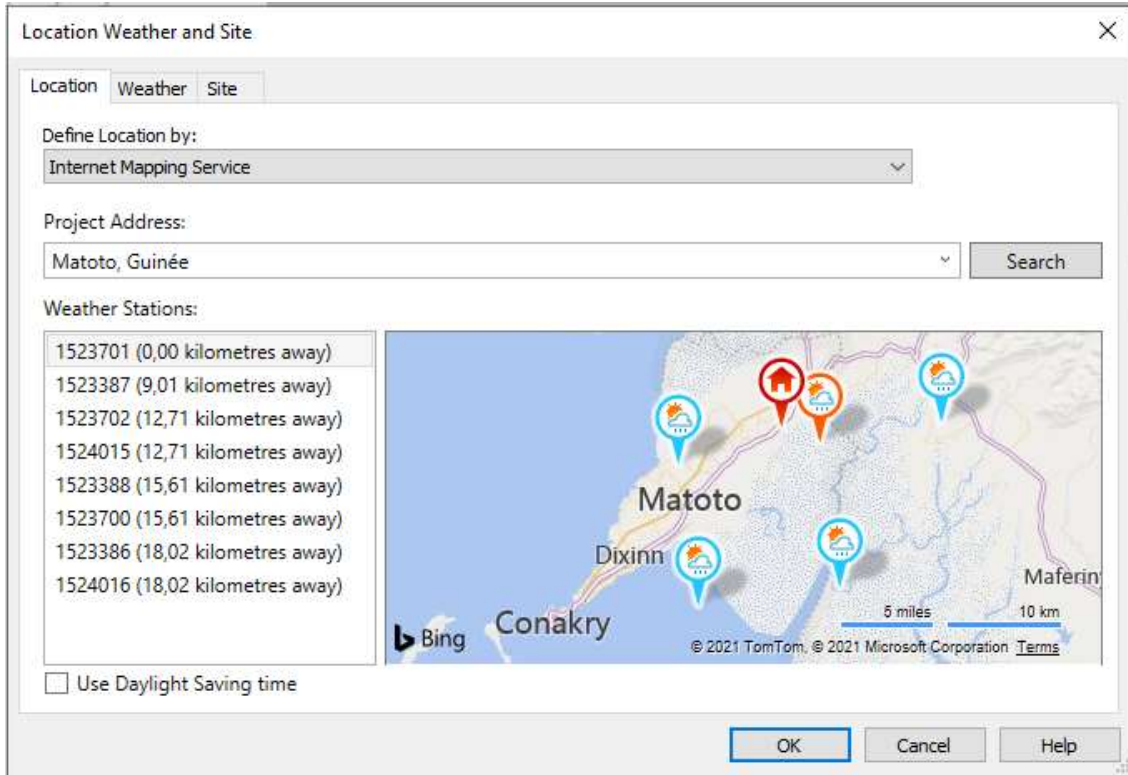
Çizelge 4.4. Modelin simülasyon parametreleri

Yapı kabuğu			
Pencere/Duvar oran	Toplam net boşluk alanı / Net dış duvar alanı x 100% =		
hesplaması	23.64	/ 304.77	x100 = 7.78%
Pencere/Duvar oranı (WWR)			
Parametre	Değer		
	Konum: Konakri/Matoto		
Enlem	9°39'48.4"K		
Boylam	13°31'22.5"B		
Yükseklik	16 m		
İklim tipi	Sıcak ve nemli		
	Model geometrisi		
Toplam yerleşim alanı	540 m ²		
Bileşen	Malzeme	Kalınlık (mm)	U değeri (W/m ² K)
Dış duvar	Sıkıştırılmış toprak blok	250	1.6720
Çatı	Alüminyum çatı	1	0.1092
	Kereste	50	
	Hava boşluğu	200	
	Kontrplak ahşap	30	
	Kereste	100	
Zemin		100	-
Cam	Çift camlı-enerji kaplaması	12	2.5538
Döşeme	Beton	150	-
HVAC sistemi			
Sistem tipi	-		
Doğal havalandırma	Var		

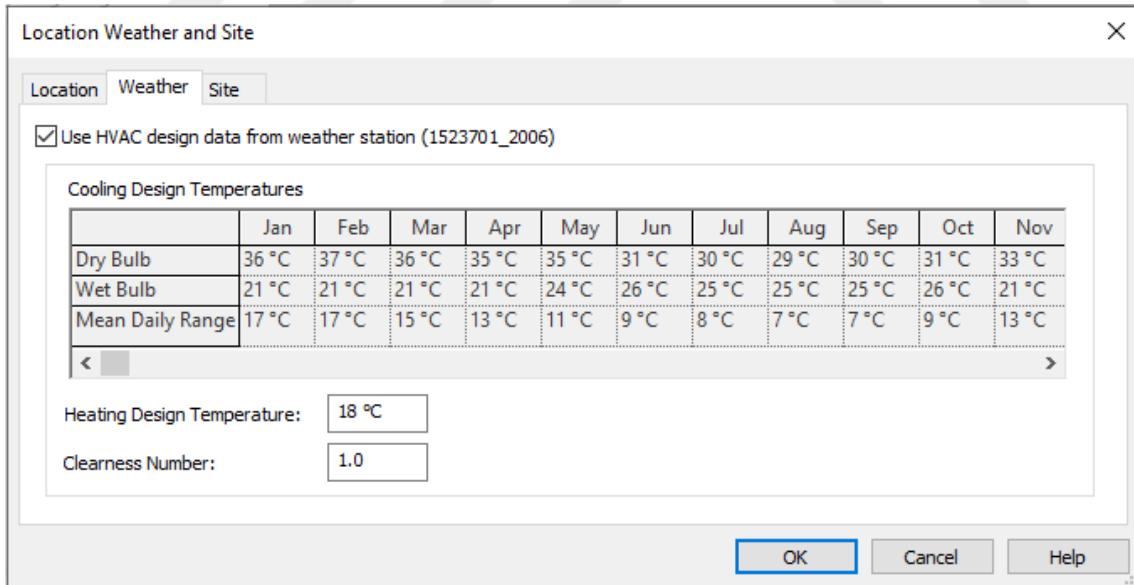
Konum ve hava durumun Revit'te belirlenmesi

Üst bölümlerde yapılmış tasarım alanın konumu ile ilgili araştırmaların yardımıyla, Revit üzerinde internet haritalama hizmetini veya varsayılan şehir listesini kullanarak konum ayarındaki Proje konumu ayrıntılarını güncellenir.

Proje Konumu, analiz sürecine yardımcı olan proje alanının en yakın meteoroloji istasyonunu ve hava durumu ayrıntılarını belirlemede yardımcı olacaktır.



Şekil 4.11. Revit'te proje ve meteoroloji istasyonunun yerlerin belirlenmesi.



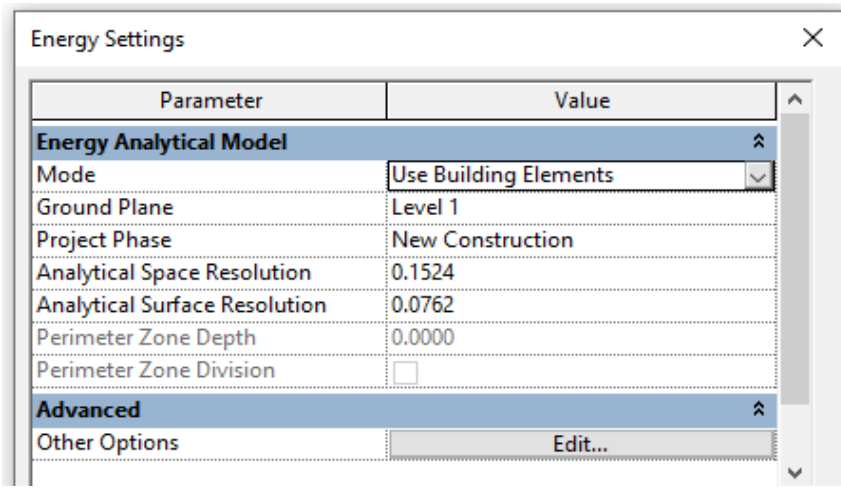
Şekil 4.12. Revit'te yıllık hava durumunun belirlenmesi.

Enerji ayarı ve gelişmiş enerji ayarı

Enerji simülasyonunu gerçekleştirmek için enerji modelinin duvarlar, kapılar, çatılar, pencereler ve zeminler için Revit tarafından verilen bilgileri kullandığını belirtmektir.

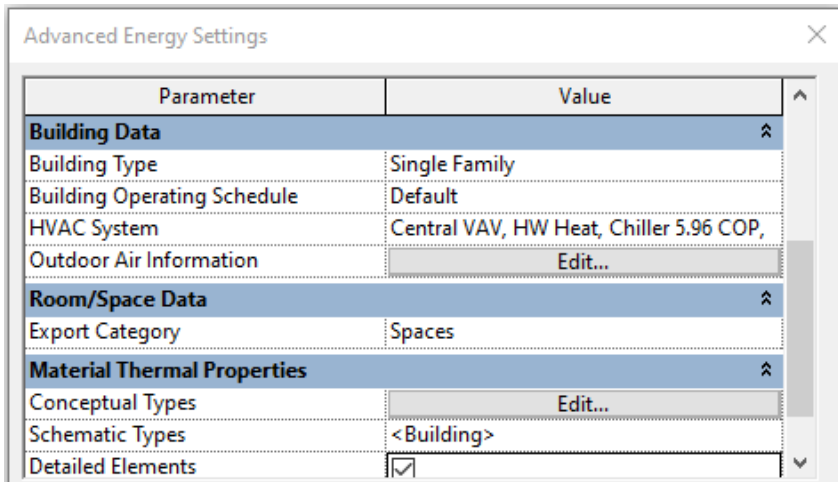
Mevcut enerji ayarları, enerji modeli oluşturma'nın yürütülmesini kontrol etmek için kullanılır. Malzeme özellikleri ve termal boşluk özellikleri gibi model oluşturmada belirtilen ekstra bilgilerin kullanımını uygulamak için kullanılır. İlk enerji optimizasyonu sırasında Enerji ayarlarına ihtiyacımız yok. Model oluşturma için enerji ayarında bazı değerler varsayımlandırır.

Revit analiz panelinde bulunan enerji ayarı ve ileri enerji ayarı seçeneğindeki, bina tipi, program bölümünde bina tipinin kullanımı, projenin devam eden bir proje mi yoksa sadece akademik amaçlı bir çalışma mı ve diğer ayrıntılar belirlenir.



Şekil 4.13. Revit'te enerji ayarı

İlk enerji analizinden sonra, yapının enerji tüketimini etkileyen faktörleri belirtmek için kullanılan gelişmiş enerji ayarına geçilir.



Şekil 4.14. Revit'te gelişmiş enerji ayarı

Her malzeme için ısı direnç ve ısı transfer katsayısı değeri yazılım üzerinde mevcuttur ve binanın yapımında kullanılan malzeme tipine göre seçilir.

Yapı malzemelerinin ısı özellikleri dikkate alınacaksa, Revit'te bulunan malzeme ısı özellikleri seçeneği kullanılabilir. Bireysel yapı elemanlarının kavramsal türleri gibi seçenekler, gelişmiş enerji ayarlarında “kavramsal tipler” seçeneğinde değiştirilebilir. Değerlerden bazıları yazılımdaki varsayılan ayarlardır.

Kavramsal tipler seçeneğinde, bireysel yapı elemanları seçilip değiştirilebilir (Şekil 4.15). Ama bu simülasyon esnasındaki değerler ayarlardaki varsayılan ayarlardır.

Conceptual Types	
Mass Model	Constructions
Mass Exterior Wall	Lightweight Construction – No Insulation
Mass Interior Wall	Lightweight Construction – No Insulation
Mass Exterior Wall - Underground	High Mass Construction – Typical Mild Climate Insulation
Mass Roof	Typical Insulation - Cool Roof
Mass Floor	Lightweight Construction – No Insulation
Mass Slab	High Mass Construction – No Insulation
Mass Glazing	Double Pane Clear – No Coating
Mass Skylight	Double Pane Clear – No Coating
Mass Shade	Basic Shade
Mass Opening	Air

Şekil 4.15. Malzeme termal özellikleri: kavramsal tipler

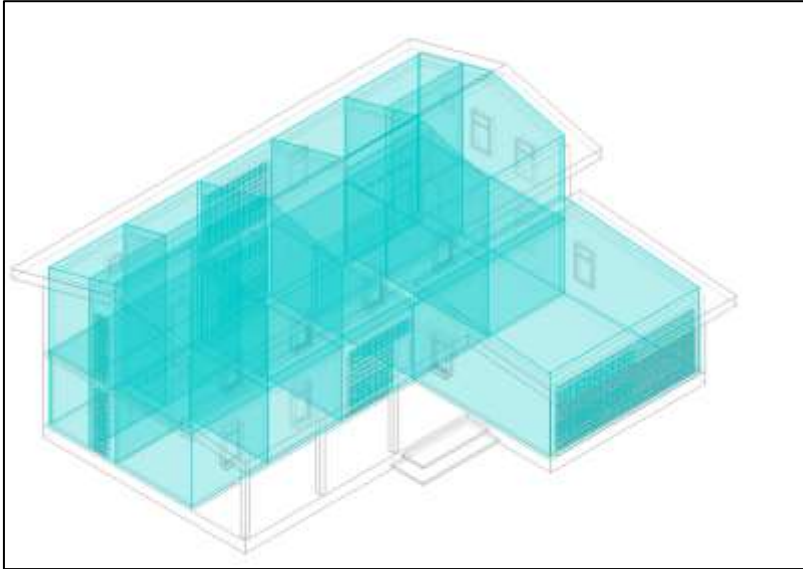
Analysis Properties		
By default, analysis properties are generated from information in Conceptual Types. Properties of Schematic Types are used when override is selected.		
Category	Override	Analytic Construction
Roofs	☐	Steel sheet with 12 in insulation ($U=0.1286 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Exterior Walls	☐	8 in lightweight CMU, R-11 batt insulation, gyp board ($U=0.383$)
Interior Walls	☐	Frame partition with 3/4 in gypsum board ($U=1.4733 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Ceilings	☐	8 in lightweight concrete ceiling ($U=1.3610 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Floors	☐	Passive floor, no insulation, tile or vinyl ($U=2.9582 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Slabs	☐	Un-insulated solid ($U=0.7059 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Doors	☐	Wooden ($U=2.1944 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$)
Exterior Windows	☐	Double glazing - domestic $SC=0.3$ ($U=2.8567 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $SHGC=$
Interior Windows	☐	Large single-glazed windows ($U=3.6898 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $SHGC=0.86$)
Skylights	☐	Large double-glazed windows (reflective coating) - industry (U

Şekil 4.16. Malzeme termal özellikleri: analitik tipler

Enerji ayarı ve gelişmiş enerji ayarı tamamlandıktan sonra, enerji modeli oluştur seçeneği ile otomatik olarak bir enerji analitik modeli oluşturulur. Bu özellik, Enerji analitik modelinin incelenebilmesini ve enerji simülasyonu yapılmadan önce doğrulanmasını sağlar. Hızlı ve başarılı bir enerji analizin ana özelliği, binanın enerji modelinin otomatik olarak oluşturulmasıdır. Bu özellik, yapı analizi için özel bir modele gereksinim olmadığını da göstermektedir.

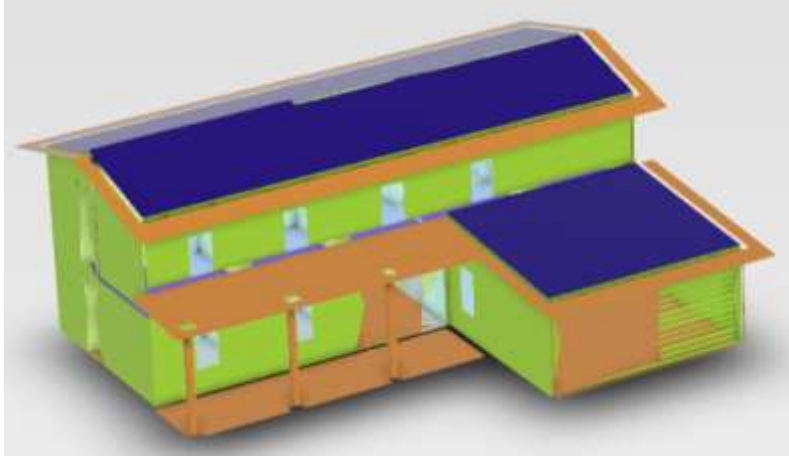
Enerji modelleri

Revit tarafından sağlanan konum, hava durumu verileri ve termal özellikler gibi girdilere dayalı olarak, enerji modeli Insight tarafından simüle edilmek üzere farklı bileşenler için temel renk kodları biçiminde oluşturulur. Şekil 4.17’te görüldüğü gibi Revit ile oluşturulan enerji modeli sunulmuştur.



Şekil 4.17. Revit ile oluşturulan enerji modeli.

Enerji analitik modeli oluşturulduktan sonra bina üzerinde enerji optimizasyonunu gerçekleştirilir. Bunun için enerji optimizasyon aracı kullanılır. Autodesk Insight eklentisi üzerinden enerji analiz sonuçlarına ulaşılabilir. Şekil 4.18’da görüldüğü gibi Insight ile oluşturulan enerji modeli sunulmuştur.



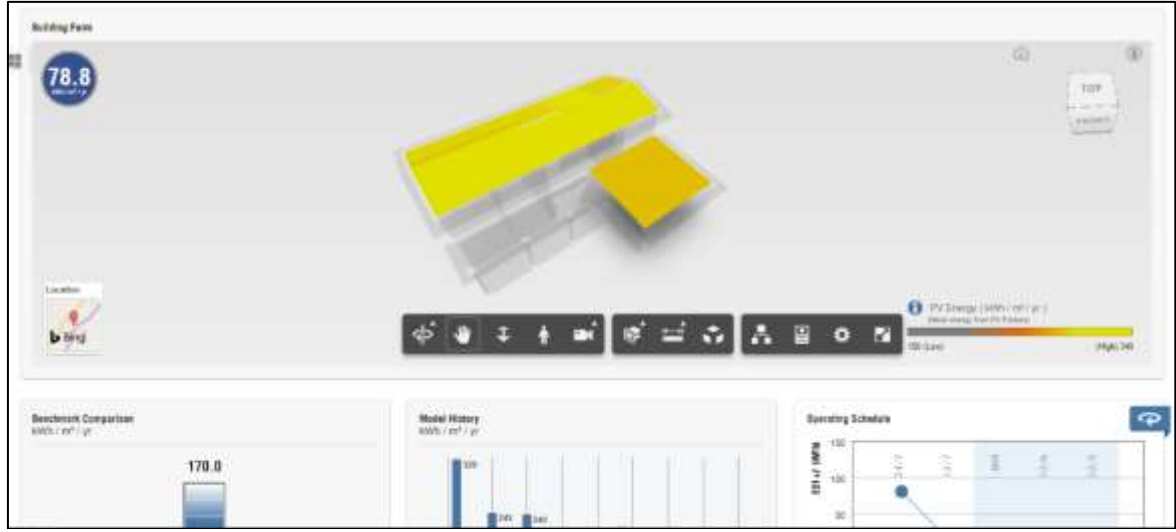
Şekil 4.18. Insight ile oluşturulan enerji modeli.

Enerji analiz sürecinden sonra Autodesk Insight'tan elde edilen sonuçlarla, grafiksel verilerle her bir eleman için mevcut enerji oranını ayrı ayrı kullanarak, Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) ve enerji maliyeti şeklinde sonuçları verir.

PV panel verimlik analizi

PV panel verimlik, PV panel yüzey alanına düşen ışınımın % yüzde olarak ne kadarının elektrik enerjisine dönüştürüleceği ile alakalıdır. Autodesk Insight ile yapılan PV enerji analizinde, prototip binanın bulunduğu bölge ve yönlendirmesine göre, uygulanan çatının eğimi ve formundan dolayı, PV panelleri kurulduğunda çok yüksek enerji potansiyeli elde edilebileceği analizler Şekil 4.19'de gösterilmiştir.

PV kullanımı elektrik üretimi için iyi bir alternatif olup binanın verimliliğinde çok katkısı olacağını düşünülmektedir. Böylece PV'den üretilen elektriğiyle, gece aydınlatma, sıcak suyu üretim ve televizyon için uygun enerji kaynağı olabilmektedir.



Şekil 4.19. PV enerji analizi

5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Projenin enerji ayarlarına dayalı olarak, binanın enerji tüketimini temsil eden ve Enerji Kullanım Yoğunluğu ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{yıl}$) ve enerji maliyeti ($\text{USD}/\text{m}^2/\text{yıl}$) olarak hesaplanan ASHRAE 90.1 ve ARCH 2030 standartlarına göre ölçüt (benchmark) karşılaştırması oluşturulmuştur. ARCH 2030 Karşılaştırma sonuçları ABD ve Kanada dışında mevcut değildir. Bu nedenle bu çalışmanın ölçüt karşılaştırmaları için yalnızca ASHRAE kullanılmıştır.

Binanın kullandığı yıllık toplam enerji, binanın toplam kat alanına bölünerek enerji kullanım yoğunluğu elde edilmektedir. Autodesk Insight tarafından oluşturulan analiz raporu, binanın enerji tüketimini kontrol etmek için bina yönelimi, işletme süresi (*operating schedule*), pencere-duvar oranı, pencere gölgeliği, duvar konstrüksiyonu, çatı konstrüksiyonu, priz yük verimliliği, aydınlatma verimliliği gibi farklı tasarım senaryolarına sahiptir. Oluşturulan rapor sadece binanın Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) hakkında bilgi vermekle kalmaz, aynı zamanda binanın metrekare başına yıllık enerji maliyetini de hesaplar.



Şekil 5.1. Tasarım senaryolarını değiştirmeden önce enerji maliyeti ve enerji kullanım yoğunluğunun temel değeri.

Tasarım senaryolarını değiştirmeden önce Enerji maliyeti ve Enerji Kullanım Yoğunluğunun temel değeri, Autodesk Insight yazılımı tarafından verilen binanın enerji

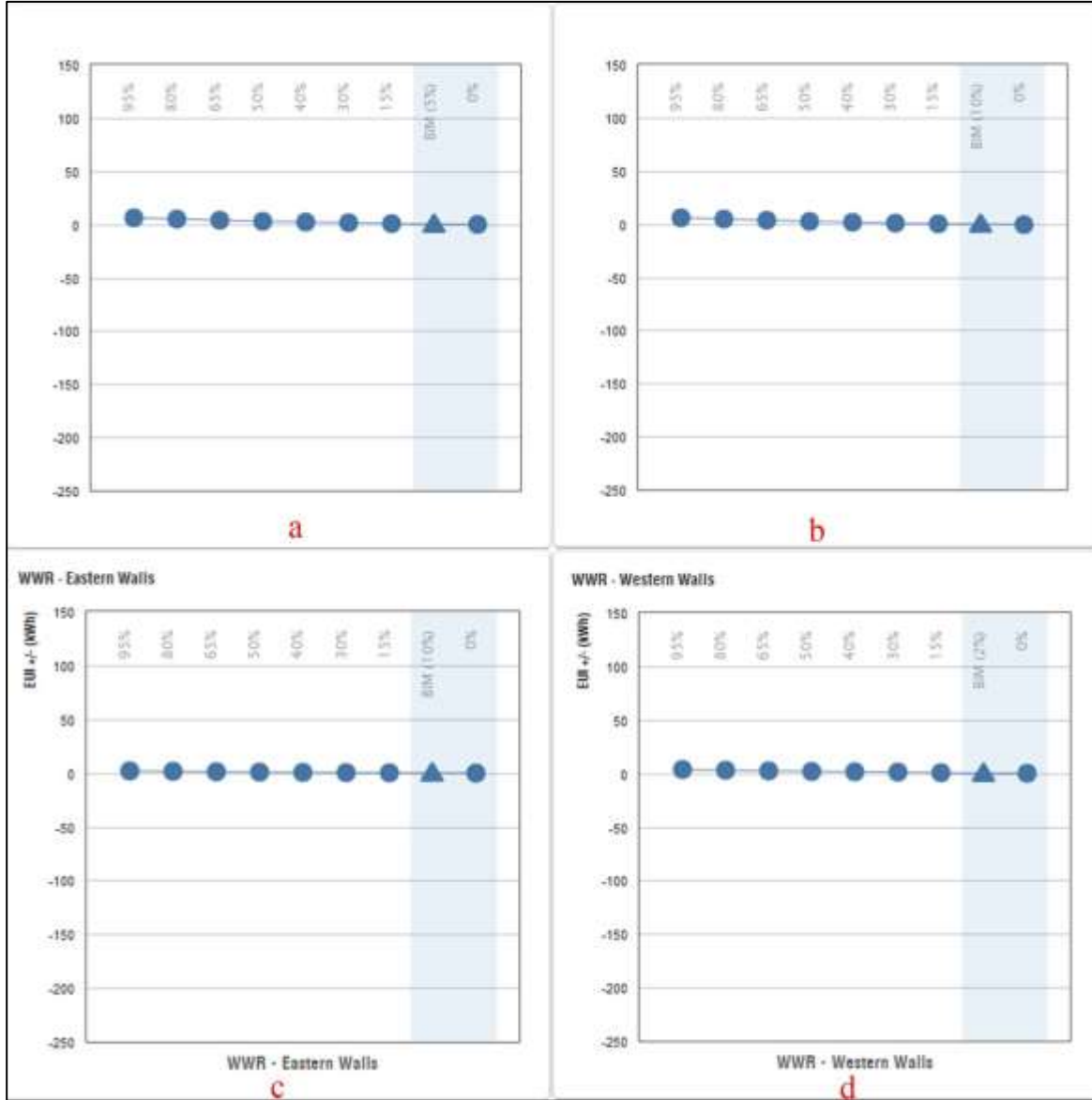
performansını etkileyen bölge şartları ve binanın geometrisi gibi faktörlerden oluşturulan enerji modelin temel değerlerdir.

Ancak Autodesk Insight'ten elde edilen sonuçlara göre, binanın enerji verimli olmadığı durumda, yani enerji maliyeti ve Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) ASHRAE 90.1 sınırın üstündedir. O zaman binanın enerji tüketimini ayarlamak için, pencere-duvar oranı, işletme süresi, bina yönelimi, HVAC sistemi, pencere gölgelikleri, duvar konstrüksiyonu, çatı konstrüksiyonu, aydınlatma verimliliği, pencere cam tipi, priz yükü verimliliği gibi çeşitli tasarım senaryolarında değişiklikler yaparak binanın enerji verimliliği sağlanabilir.

Pencere-duvar oranı

Pencere alanı veya pencere-duvar oranı, toplam binada bulunan camlı alanının dış duvar alanına oranı ile tahmin edilen alan yüzdesinin ölçüsüdür. Bu, farklı pencere özelliklerine bağlı olarak günışığı, ısıtma ve soğutma üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Ayrıca gün ışığını, havalandırmayı ve uygun manzarayı almak için doğal ortamla ilişkilendirilir ve böylece binadaki enerji performansını etkiler. Bina, doğal gün ışığının bina içine girmesine izin verecek ve geniş pencere alanından istenmeyen güneş kazanımını azaltacak ve böylece büyük miktarda elektrik aydınlatma kullanımının azaltılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Prototip vaka çalışmasında, daha uygun bir Enerji Kullanım Yoğunluğu EUI ve enerji maliyetine ulaşmak için pencere-duvar oranlarının enerji verimlik katkısı Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Doğu ve batıdaki pencere-duvar oranının enerji verimliliğe nerdeyse hiç katkısı olmadığını görülürken, kuzey ve güney duvarların pencere alanının yüzdesi azaldıkça binanın enerji verimliliği arttığını görülmektedir.

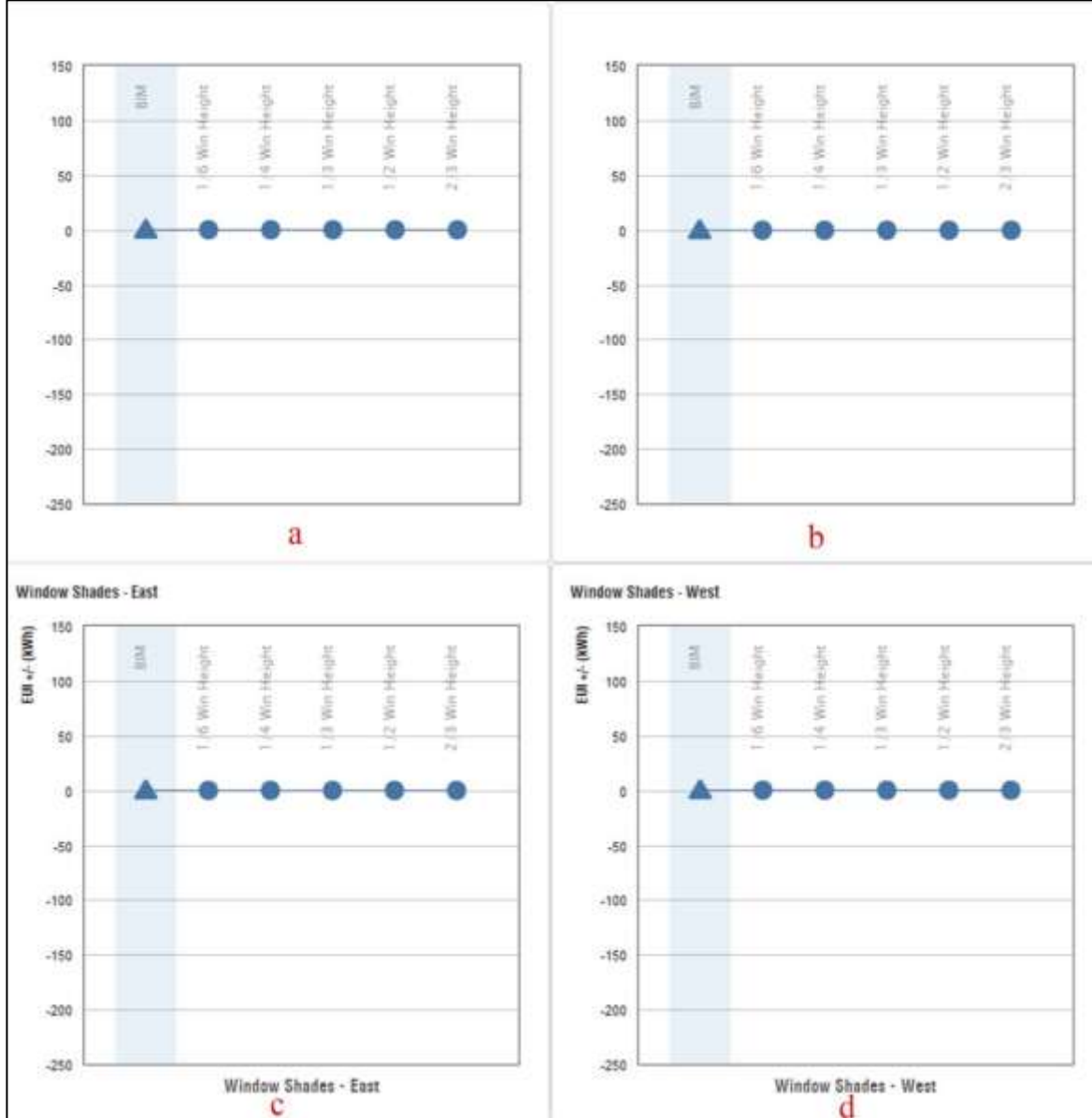


Şekil 5.2. Pencere-duvar oranları ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı)

Pencere gölgelikleri

Pencere gölgelikleri, pencerelerdeki yapının doğrudan ısınmasını azaltır ve doğrudan soğutma yükünün azaltılmasına ek olarak çeşitli faydalar sunar ve böylece ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan enerji kullanımını azaltır. Etkisi pencere boyutlarına ve gün ışığına bağlıdır. Bu örnek prototip çalışmasında, tasarlanmış uzun çatı çıkıntıları ile pencerelere gölge sağlanmaktadır. Şekil 5.3'te gösterilen grafiklerde, kuzey, güney, doğu ve batı duvarlarındaki pencere yüksekliğinin ne oranda olsa bile, çatı saçakların gölge

oluşturduğu sürece, binanın enerji verimliliğe neredeyse hiç değişiklik olmayacağını söylemek mümkündür.

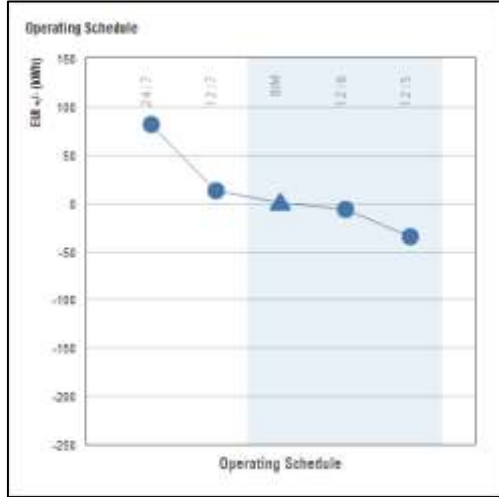


Şekil 5.3. Pencere gölgelikleri ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı)

İşletme süresi

İşletme süresi (*operating schedule*), enerji analizi sırasında kullanılan bina kullanıcıların tipik kullanım saatleri hakkında bilgi sağlar. Program büyük ölçüde yapı tipine ve kullanım amacına bağlıdır. Örneğin hastane binaları gibi binaların işletme süresi haftada 24 saat ve 7 gün iken okul binalarının işletme süresi haftada yaklaşık 8-10 saat ve 5-6 gündür.

İncelenen prototipin işletme süresi Şekil 4.12’de gelişmiş enerji ayarında varsayılan olarak otomatik Revit programında tek aile konut için uygun işletme süresi belirlenmiş olup Şekil 5.4’te verimlilik grafiği gösterilmektedir.

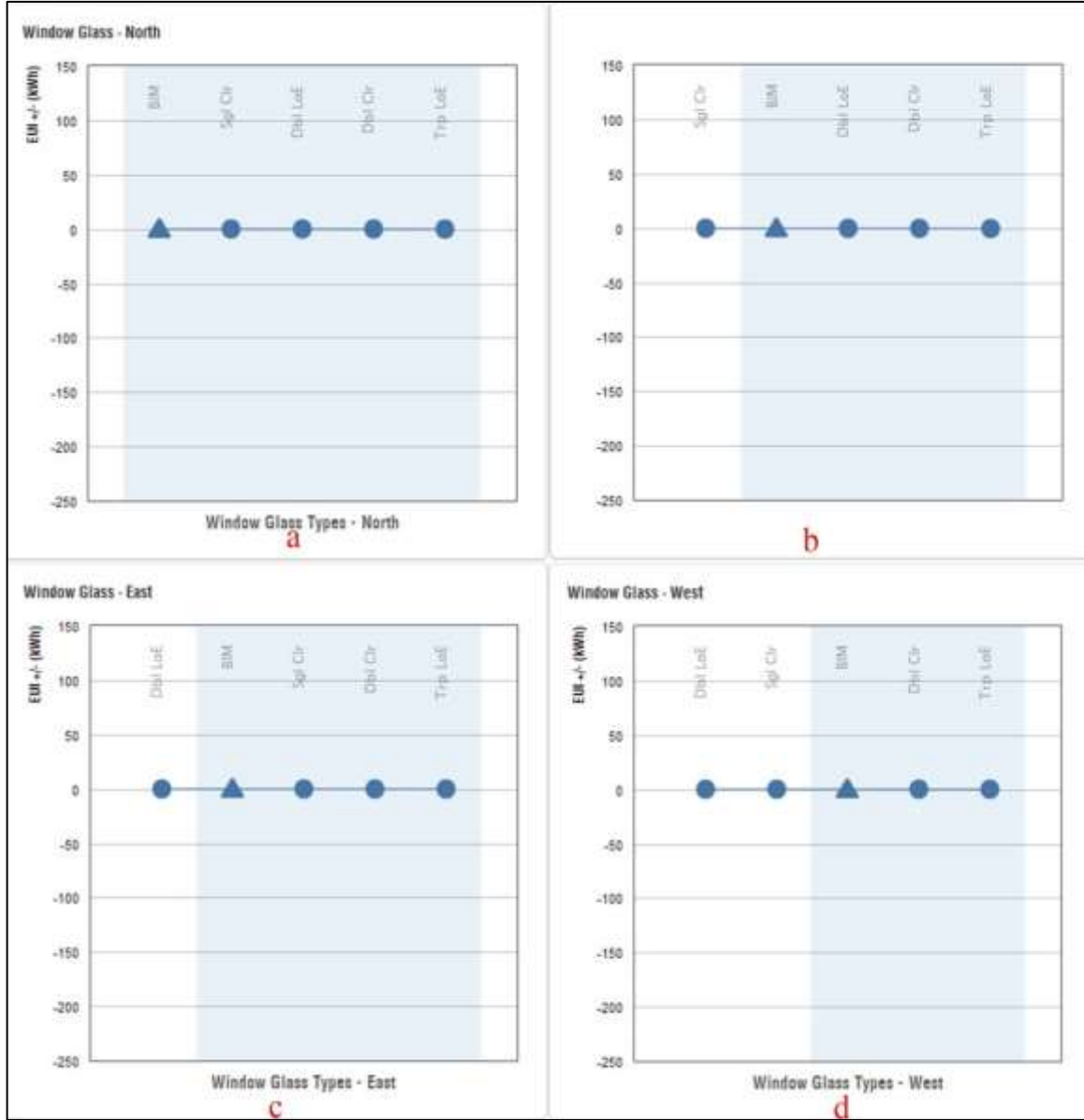


Şekil 5.4. İşletme süresi ile elde edilen verimlilik grafiği

Pencere cam tipi

Bir binada ısı kaybının büyük bir kısmı pencerelerden gerçekleşmekte ve pencerelerde çift veya üçlü cam kullanımı ile azaltılmaktadır. Doğal gün ışığının miktarını azaltmak ve yapı içerisinde doğrudan güneş ışığı nedeniyle kazanılan ısınmayı azaltmak için cam özelliği önemli bir rol oynamaktadır. Böylece elektrik ve soğutma maliyetlerini azaltır. Düşük güneş ısı kazanç katsayısına sahip camlar, dış gölgelemelerde veya doğru yönlendirmenin uygun olmadığı durumlarda daha uygundur.

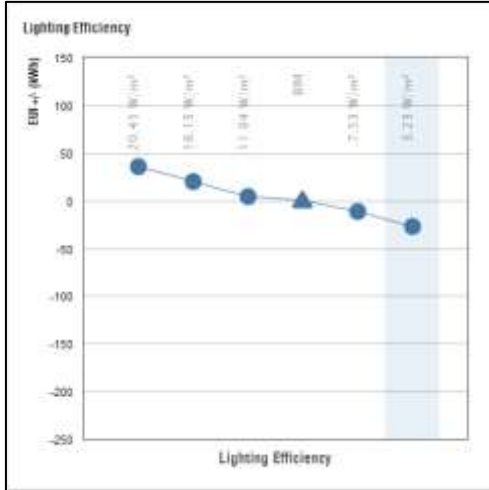
Bu tasarımda simülasyon için çift cam tipi seçilmiştir. Çift cam, aralarında sızdırmaz bir boşluk (yaklaşık 12 mm genişlik) bulunan iki cam bölmeden oluşur. Boşluk, camdan daha iyi yalıtım özelliklerine sahip hava veya atıl gazla doldurulur. Üçlü cam, pencere performansını daha da artırabilir. Yapılan tasarımda enerji kullanım yoğunluğuna göre bina pencere cam tipi Şekil 5.5’te gösterilmiştir. Grafiğe göre, tasarım özellikleri aynı olduğu sürece ne tür bir cam seçilirse seçilsin, cam tipi enerji verimliliğini etkilemeyecektir.



Şekil 5.5. Cam tipi ile elde edilen verimlilik grafikleri (a-Kuzey; b-Güney; c-Doğu; d-Batı)

Aydınlatma verimliliği

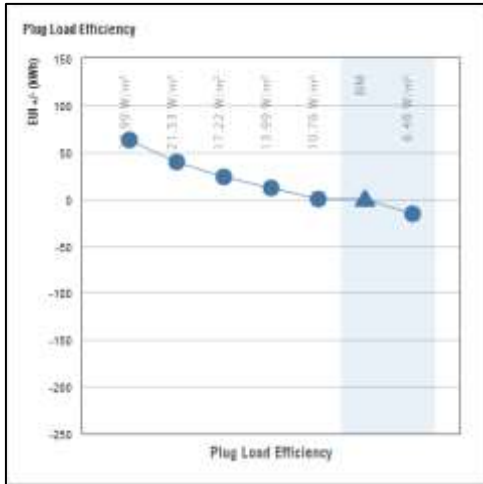
Aydınlatma, konut binalarında enerji kullanımının yaklaşık %11'ini ve ticari binalarda %18'ini oluşturmaktadır. Bu da binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinden sonra ikinci en büyük enerji miktarını kullandığı anlamına gelmektedir. Aydınlatma verimliliği, birim kat alanı başına ortalama iç ısı kazancı ve elektrikli aydınlatmanın güç tüketimi ifade eder. Aydınlatma sisteminin verimliliğini artırarak, önemli ölçüde enerji tasarrufu ve pik yükte azalma sağlanabilir. Bu nedenle, enerji verimli bir aydınlatma sistemi kullanmak gereklidir. Tasarımda aydınlatma ile elde edilen verimlilik grafiği Şekil 5.6'da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Aydınlatma ile elde edilen verimlilik grafiği

Priz yükü verimliliği

Bina içindeki bilgisayarlar ve diğer ekipmanlar gibi farklı cihazlardan kaynaklanan elektrik kullanımını ifade eder, ancak binanın aydınlatma ve HVAC sistemini içermez. Binanın tipine ve kullanımına bağlıdır. Prototip proje tasarımı için priz yükü ile elde edilen verimlilik grafiği Şekil 5.7’de sunulmaktadır.

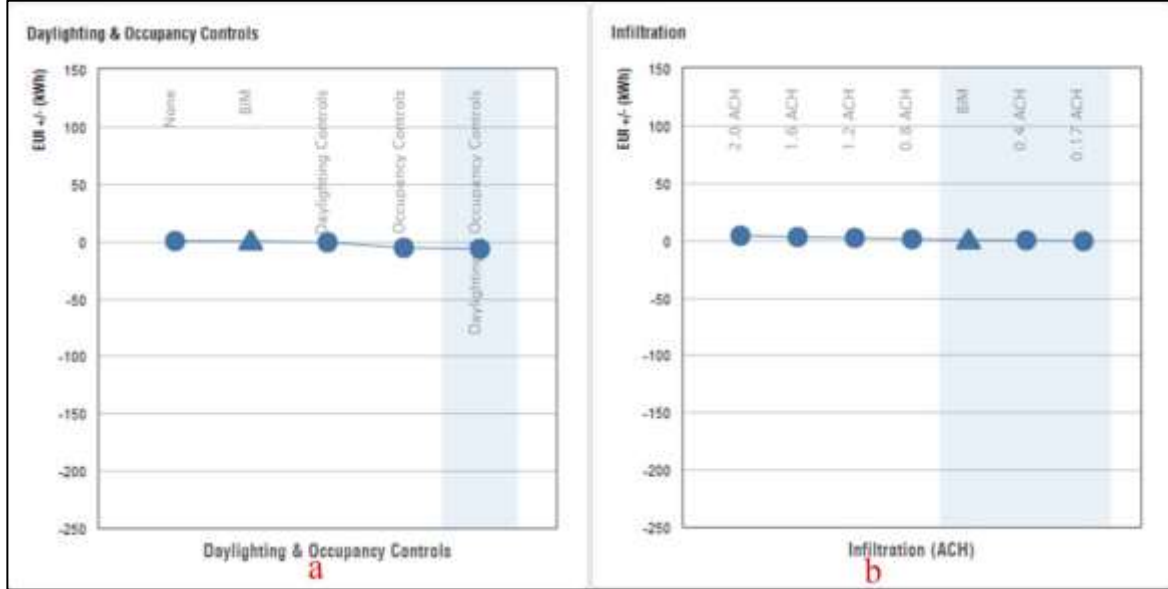


Şekil 5.7. Priz yükü ile elde edilen verimlilik grafiği

Güneşliği ve doluluk kontrolü- İnfiltrasyon oranı

Gün ışığını kısma ve doluluk sensör sistemleri için teknolojiye gelişmelerin kullanılmasıyla güneşliği ve doluluk kontrolünde verimlilik sağlanabilir. Projenin güneşliği ve doluluk kontrolü ile elde edilen verimlilik grafiği Şekil 5.8’de gösterilmektedir.

İnfiltrasyon oranı, genellikle bina kabuğundaki boşluklar nedeniyle şartlandırılmış alanların içine veya dışına havanın kasıtsız olarak sızmasıdır. Binadaki infiltrasyon oranı yükseldikçe enerji tasarrufu artırmaktadır. Prototip projedeki infiltrasyon oranı Şekil 5.8'deki grafikte sunulmaktadır.

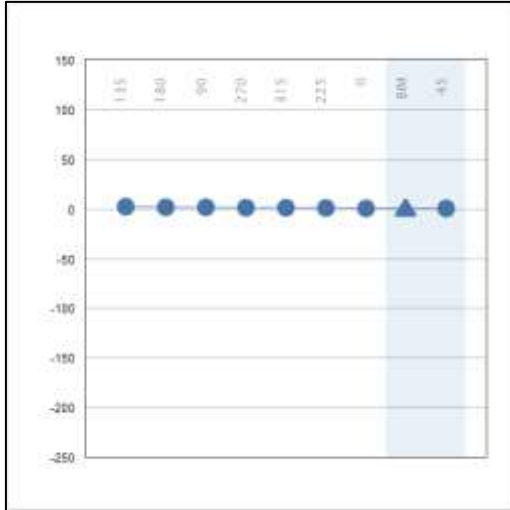


Şekil 5.8. a- Güneşliği ve doluluk kontrolü; b- İnfiltrasyon oranı ile elde edilen verimlilik grafikleri

Bina yönelimi

Bina oryantasyonu, binanın 0°'den saat yönünde dönüşünü temsil eder. Bu, binanın ısı kazancının azalması nedeniyle minimum radyasyon alınmasına yardımcı olur ve böylece genel soğutma veya havalandırma sistemlerin kullanımını azaltır. Böylece gün ışığı ve doğal havalandırma kullanımını artırarak enerji yüklerini en aza indirir. Binanın yönü, bölgenin iklim koşullarına göre yerden yere değişen güneş yoluna ve rüzgâr yönüne bağlıdır.

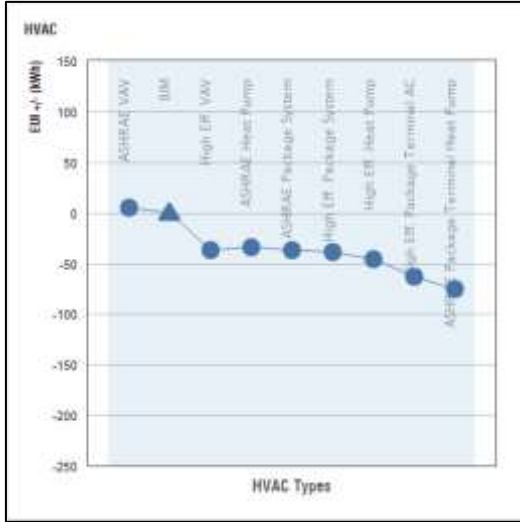
Bu çalışmada, literatürde vurgulanmış uygun bina oryantasyonuna göre prototip konut yerleştirilmiş ve yapılan simülasyonun sonuçlarına göre bina yönlendirme ile elde edilen verimlilik grafiği Şekil 5.9'da gösterilmektedir.



Şekil 5.9. Yönlendirme ile elde edilen verimlilik grafiği

Duvar ve çatı konstrüksiyonu

Duvar/çatı konstrüksiyonunun, yapısal duvar/çatı ısınmasına karşı performans gösterme yeteneğini temsil eder. Böylece yapının direkt ısı kazancından dolayı direnç sağlar. Vaka çalışmasındaki uygulanan çift kabuklu havalandırılmış çatı sistemin enerji verimlilikte çok etkisi olduğunu görülmektedir. Yüksek derecede yitilmiş bir çatıya benzemiş yapılan simülasyonun sonuçlarında, hatta Autodesk Insight tarafından sunulan malzemelere göre daha etkili olgunu söylemek mümkündür. Duvar konstrüksiyonun toprak esaslı ve kalın bir malzemeden yapıldığı için, yalıtılmamış olsa bile güneşin radyasyonlarından maruz kalmadığı surece enerji verimliliğinde sabit olup da çok fark yaratmadığını söylenebilmektedir. Duvar ve çatı konstrüksiyonu ile elde edilen verimlilik grafiği Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Autodesk Insight sonuçlarında HVAC sistemin grafiği.

Ölçüt (benchmark) karşılaştırması, enerji maliyeti ve Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) için ASHRAE 90.1'e göre minimum standartları temsil eder. Şekil 5.1'de gösterildiği gibi, enerji maliyetinin 12.07 USD/m²/yıl ve EUI'nin 119.1 kWh/m²/yıl olduğu belirtilebilir ve enerji analizi yapılmakta olan prototip konut binasında, limitte olan sırasıyla 7.24 USD/m²/yıl ve 78,8 kWh/m²/yıl olduğu görülmektedir. Bu nedenle, tasarlanan bina enerji verimlidir.



Şekil 5.12. Enerji maliyeti ve Enerji Kullanım Yoğunluğu açısından ölçüt karşılaştırması.

Literatürde berlenmiş tasarım kriterlerin ışığında, Gine'nin mevcut yapılaşma durumu ve yerel halkın ekonomik şartları göz önünde bulundurularak tasarlanmış düşük maliyetli bir konutun enerji etkin bina olabileceğini söylemek mümkündür.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tropikal iklim bölgesinde yer alan Gine’de nüfusun hızla gelişmesi ve artan barınma gereksinimi karşılamak için, düşük maliyetli ve enerji etkin özelliklerine sahip bir konut tasarımı gerçekleştirilmiştir. Düşük gelir gruplarının yaşadığı mevcut konutlar düzensiz kentleşme içerisinde “gecekondu” şeklinde üretilmiş “iklimsel koşullarının” dikkate alınmadığı konforsuz ve enerji etkinliğinden yoksun yapılardır.

Bu noktada Gine’de mimarlık sektörünün gelişmediğini de söylemek mümkündür. Öyle ki mimarlık okulların açılması bile 21. yüzyılın ilk çeyreğinde olmuştur. Bölgenin geleneksel yapılm kültürünü ve bölge halkının ihtiyaçlarını bilmeyen yabancı mimarlar ve inşaat mühendislerin yanı sıra deneyimsiz yeni mezun mimarlar tarafından gerçekleştirilen mimari projeler amacına ulaşamamaktadır.

Bu amaçla bölgedeki konut ihtiyacına cevap verecek enerji verimli ve düşük maliyetli bir tasarım sürecine girilmiş, çalışmanın ilk aşamasında Gine’nin yerel mimari kriterleri araştırılmış ve tropikal iklim bölgelerinde yapılmış düşük maliyetli iyi uygulama örnekleri seçilerek incelenmiştir. İnceleme sonucunda bölgedeki yeni tasarımlar için bir yol haritası belirlenmiştir. Belirlenen tasarım kriterlerin ışığında, Gine’nin mevcut yapılaşma durumu ve yerel halkın ekonomik şartları göz önünde bulundurularak çevre dostu sürdürülebilir bir prototip konut önerilmiştir.

Prototipin üç boyutu Revit’te modellenmiş ve inşaat maliyet tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak uygun ve düşük maliyetli 292m² alanı hedeflenmiş iki katlı bir konutun 51.1m² alanı yani 13 220,10 USD ile inşaatı başlatılabileceği görülmüştür. Sonradan prototip konutun enerji etikliğini analiz etmek için, Revit’te modellenmiş üç boyutlu konutun enerji parametreleri ayarlanarak Autodesk Insight’e aktarılmış ve simülasyon analizleri yürütülmüştür. Analiz sonucunda, prototip konutun tükettiği enerji kullanım yoğunluğu’nun 78,8 kWh/m²/yıl olduğu görülmüştür. Ölçüt karşılaştırmasında, ASHRAE 90.1 standartlarına göre benzetim analizi yürütülmüş prototipin enerji verimli bir bina olabilmesi için, enerji kullanım yoğunluğunun 119.1 kWh/m²/yıl değerini geçmemelidir. Ancak, prototipin enerji verimli bir bina olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuç olarak bu çalışmanın hipotezi doğrulanmıştır. Yerel malzeme kullanımı, yerel işçilik ve enerji etkin konut prensipleri uygulandığı sürede, Gine'deki iklim koşullarına uygun, yöre halkının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düşük maliyetli ve enerji etkin konut tasarımı yapılabilir.

Bu çalışma aşağıdaki araştırma sorularına da cevap vermiştir:

- Gine'de, iklim koşullarını göz önünde bulundurarak yerel malzeme ve yerel işçilik kullanımı ile düşük maliyetli bir konut inşaat edilebilir mi?

Yürütülmüş prototip binanın maliyet tahmininde ve literatür taramasının sonucunda, Gine'deki yerel malzeme ve yerel işçilik ile oradaki iklim koşullarına dayalı halk için düşük maliyetli ve konforlu yapı tasarlanabileceği görülmüştür.

- Gine'de gerçekleştirilmiş düşük maliyetli bir konut, enerji verimli bir bina standartlarını karşılayabilir mi?

Gine'nin tropikal iklim gölgesinde gerçekleştirilen düşük maliyetli bir konutun enerji verimli olabileceğini görülmüştür. Ancak, belirli tasarım kriterlerine dikkat etmek gerekmektedir. Aşağıdaki çizelgelerde, tasarımda uygulanmış kriterleri açıklanmıştır.

Çizelge 6.1. Enerji etkin ve düşük maliyetli prototip konutların özellikleri

Prototip	Enerji Etkin Özellikleri	Ek Özellikleri
1 katlı aile konutu 	• Yerel işçilik • Doğal havalandırma ve aydınlatma • Yağmur suyu toplam sistemlerin entegrasyonu	• Arazinin optimum kullanımı • Sivrisineklerden korunma sağlayacak gölgelik file kullanımı • Kat sayısı artırılabilir
2 katlı aile konutu 	• Enerji tüketimi azaltmak için yerel malzeme olarak sıkıştırılmış toprak blokları (STB) kullanılmış • Çift kabuklu havalandırılmış çatı • Çevresine göre optimal konumlandırılmış	• Arazinin optimum kullanımı • Sivrisineklerden korunma sağlayacak gölgelik file kullanımı

Çizelge 6.2. Genel değerlendirme çizelgesi

Prototip			Arazinin optimum kullanımı	Güneşten korunma	Doğal havalandırma	Sünderülebilir Yapı malzemesi	Yerel işçilik	Yağmur suyu toplama	Doğal aydınlatma
 1 katlı aile konutu	m ²	167,96	X	X	X	X	X	X	X
	Malzeme	STB							
 2 katlı aile konutu	m ²	124,60	X	X	X	X	X	X	X
	Malzeme	STB							

Çizelgelerde görüldüğü üzere Gine’de tasarlanmış düşük maliyetli ve enerji etkin prototip konut, sıralanan tüm enerji etkinlik kriterlerine uygun bulunmuştur.

Çalışmada yapılan enerji benzetim analizlerine göre, prototip konutun tasarımında uygulanan çift kabuklu havalandırılmış çatı sistemi kullanıldığı için Autodesk Insight içinde bulunan pencere gölgelikleri, pencere cam tipi, infiltrasyon oranı, bina oryantasyonu ve duvar konstrüksiyonu gibi çeşitli tasarım seçeneklerinde yapılmış değişikliklerin binanın enerji verimliliğinde kritik roller üstlenmediği görülmüştür.

Tasarımda kullanılan parasol çatı denilen yalıtılmamış ve havalandırılmış çift kabuklu çatı sisteminin uzun çıkıntısı, yapının duvarları ve pencerelerini doğru gelen güneş radyasyonları ve yağmurun etkilerinden korumaktadır. Çift kabuklu olması, çatının havalandırmasını sağlamakta ve böylelikle yüksek gündüz sıcaklıklarında işlev görebilmektedir. Ancak, çatının alt kısmı ve tavanın üst tarafı hem emisyonu hem de emmeyi en aza indirmek için yansıtıcı olmalı ve çatının eğim yönleri güneşe göre düzenlenmelidir;

Benzetim analizlerine göre doğu ve batıdaki pencere-duvar oranının enerji verimliliğe nerdeyse hiç katkısı olmadığını görülürken, kuzey ve güney duvarların pencere alanının yüzdesi azaldıkça binanın enerji verimliliği arttığını görülmüştür. Pencerelelerin güneş etkisinden korunduğu sürece ne türlü cam seçilirse seçilsin ister çift cam ister üçlü cam tipi, enerji verimliliğini etkilemeyecektir. Binanın işletme süresi (*operating schedule*) ne kadar az olursa o kadar enerji verimliliğinde önemli rol oynadığını söylemek mümkündür. Priz yükü ve aydınlatmanın enerji verimliliğinde çok önemli rol oynadığını görülmüş, bu sebeple prototip tasarımında enerji verimli bir aydınlatma sistemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın bazı sınırlıkları bulunmaktadır; çalışma Gine'nin kadim bilgileri ve iklimine göre özelleşmiş ve tropikal iklim bölgelerindeki tüm ülkelere özel olarak sınanmamıştır. Zira her toplumun kültürü, yaşam tarzı, sahip olduğu yerel olanaklar (malzeme, işçilik) farklıdır.

Ayrıca, yapılan tasarımın tek aile evi olarak Gine'nin her yerinde tekrarlanabileceği anlamına gelmemelidir zira her proje, kendi bölgesi, çevresi ve kullanıcıları ile ilişkili olmalıdır.

Gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalar için de bazı öneriler geliştirilmiştir. Örneğin;

- Bu çalışmada büyüeyebilen müstakil bir konut irdelenmiştir. Sonraki çalışmalarda apartman ya da toplu konut gibi başka konut veya bina tipleri araştırılabilir.
- Gine'nin geleneksel ve modern konut mimarisindeki havalandırma teknikleri araştırılarak karşılaştırılabilir.
- Bögedeki sürdürülebilir malzeme kullanımı ile Gine'de uygulanmış yenilikçi tasarımların değerlendirmesi yapılabilir.
- Yukarı Gine (*Haute Guinée*) gibi kuru tropikal iklim ve çok sıcak bölgelerde düşük gelir grubu için enerji etkin konut tasarımı gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahsan, T. (2009). *Passive Design Features for Energy-Efficient Residential Buildings in Tropical Climates: the context of Dhaka, Bangladesh*. Yüksek Lisans Tezi, Kungliga Tekniska Högskolan Üniversitesi Çevre ve Şehir Planlama Bölümü, Stockholm,90.
- Akande, O. K. (2010). Passive design strategies for residential buildings in a hot dry climate in Nigeria. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 128, 61-71.
- Akkaş, A. A. (2001). *Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin Performans Değerlendirmesi*, Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu ve Sergisi 5-7 Nisan 2001, İzmir, 75-84.
- Aslan, D. (2019). *Binalar aracılığıyla yağmur suyu toplama stratejilerine biyomimetik bir yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Aussel, A. (2018). Élaboration d'une typologie des habitats de Guinée adaptée aux études d'impact environnemental, *Sciences du Vivant [q-bio]*, dumas-01950965.
- Bromberek, Z. (2009). *Eco-Resorts: Planning and Design for the Tropics*. Burlington, MA 01803, USA: Architectural Press, 112-116.
- Devey Malu Malu, M. (2009). *La Guinée* (Nouv. éd. rev. et augmentée. ed.). Paris: Karthala, 30.
- DIEM. (2017). *Eco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments*. Manuel de Bonnes Pratiques Architecturales, Direction des Infrastructures, des Equipements et de la Maintenance, 14.
- Hassan, I. (2016). Rainwater Harvesting-an alternative water supply in the Future for Pakistan. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 8(6), 213-222.
- Humphrey, K. J. (2015). *Energy Efficient Building Design For Tropical Region A Case Study of Ten Room Guest House Building in South-South Nigeria*. Yüksek Lisans Tezi, Derby Üniversitesi.
- IFDD. (2015). *Guide du bâtiment durable en régions tropicales Tome 1 : Stratégies de conception des nouveaux bâtiments en régions tropicales*. Québec, Canada: Institut de la Francophonie pour le Développement Durable, 161-162.
- IFDD. (2016). *Guide du bâtiment durable en régions tropicales Tome 2 : Efficacité énergétique des bâtiments existants en régions tropicales*. Québec, Canada: Institut de la Francophonie pour le Développement Durable, 162.
- İnternet: Gine'nin fiziki haritası. URL-1: <https://www.224digitalmedia.com/?p=9454?pr=89877&lang=en#prettyPhotom>, Son Erişim Tarihi: 01.12.2020.
- İnternet: Köppen Geiger'e göre Gine'nin iklim bölgeleri. URL-2: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrogeology_of_Guinea#Climate, Son Erişim Tarihi: 01.12.2020.

İnternet: Yıllık ve aylık ortalama yağış ve sıcaklık. URL-3: http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrogeology_of_Guinea#Climate, Son Erişim Tarihi: 01.03.2021.

İnternet: Rapport d'étape sur les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique de la CEDEAO. URL-4: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional%20Reports/ECOWAS_FR.pdf, Son Erişim Tarihi: 20.09.2021.

İnternet: République de Guinée: Evaluation et Analyse des Gaps par rapport aux objectifs de SE4ALL (Sustainable Energie For All). URL-5: https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_RAGAs/Guinea_RAGA_FR_Released.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Projet d'Amelioration de l'Acces a l'Electricite en Guinee. URL-6: <http://documents.worldbank.org/curated/en/376171540541289986/pdf/Rapport-CGES-PAAEG-CEMED-VF-14-10-2018-1.pdf#page98>, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Energy profile of Guinea, United Nations Environment Programme. URL-7: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20508/Energy_profile_Guinea.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: République de Guinée Bilan Energétique National 2013. URL-8: <https://www.sieguinee-dne.org/component/jdownloads/send/2-bilan-energetique/4-bilan-energetique-national-2013.html?Itemid=0>, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Présentation sectorielle – Energie. URL-9: <https://www.invest.gov.gn/document/presentation-sectorielle-energie>, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Contribution Nationale Volontaire à la Mise en Oeuvre des ODD au Forum Politique de Haut Niveau. URL-10: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/19612Guinea_RNV_GUI_NEE_Version_restructure_4.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Guinea Electricity Access Scale Up Project (PCBASIC0119446). URL-11: <http://documents.worldbank.org/curated/en/869041550631657109/pdf/Guinea-Electricity-Access-Scale-Up-Project.pdf>, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Caracteristiques des habitations et cadre de vie des populations. URL-12: http://www.stat-guinee.org/images/Publications/INS/RGPH3/RGPH3_caracteristiques_des_habitations_et_cadre_de_vie_des_populations.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Caracteristiques des Menages. URL-13: http://www.stat-guinee.org/images/Publications/INS/RGPH3/RGPH3_caracteristiques_des_menages.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.09.2021.

İnternet: Gine'deki kulübe örnekleri. URL-14: <https://maison-monde.com/les-maisons-en-guinee/>, Son Erişim Tarihi: 28.11.2020.

- İnternet: Mutfak ve tuvaletin avluya ilişkisi. URL-15: <https://www.espoirdesecoliersguineens.fr/vie-en-guinee/>, Son Erişim Tarihi: 11.05.2021.
- İnternet: Douce-Cahute. URL-16: <https://maison-monde.com/les-maisons-en-guinee/>, Son Erişim Tarihi: 01.03.2021.
- İnternet: Geleneksel çatının bileşenleri. URL-17: <http://www.foutadecouverte.com/2017/05/case-traditionnelle-du-fouta-djalon.html>, Son Erişim Tarihi: 05.06.2021.
- İnternet: Dupleks villa örneği. URL-18: [https://www.airbnb.com/s/Ratoma--Guinea?refinement_paths\[\]=homes&property_type_id\[\]=2](https://www.airbnb.com/s/Ratoma--Guinea?refinement_paths[]=homes&property_type_id[]=2), Son Erişim Tarihi: 04.05.2020.
- İnternet: Passive Design: Designing the building and the spaces within it to benefit from natural light, ventilation and even temperatures. URL-19: <http://www.level.org.nz/passive-design/>, Son Erişim Tarihi: 04.08.2020.
- İnternet: Eco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments. Direction des Infrastructures, des Equipements et de la Maintenance. URL-20: https://www.enabel.be/sites/default/files/manuel_eco-construction_fr.pdf, Son Erişim Tarihi: 04.05.2020.
- İnternet: Le bâtiment en climat tropical. Un réseau au service de la conception durable. URL-21: <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/batiment-climat-tropical-010727-1.pdf>, Son Erişim Tarihi: 04.05.2020.
- İnternet: Doğal havalandırma yöntemleri. URL-22: <https://maclimatisation.pro/avantages-inconvenients-ventilation-naturelle/>, Son Erişim Tarihi: 07.09.2020.
- İnternet: Güneş enerjili su ısıtıcı. URL-23: <http://www.gunessistemleri.com/mobile/zorlanmis.php>, Son Erişim Tarihi: 09.08.2020.
- İnternet: Yağmur suyu toplama sistemi. URL-24: <http://www.rainharvest.co.za/2014/02/rainwater-collection-system-installation-tips/>, Son Erişim Tarihi: 19.11.2020.
- İnternet: Compact Housing in the Informal Settlements of Maputo / Casas Melhoradas. URL-25: https://www.archdaily.com/897735/compact-housing-in-the-informal-settlements-of-maputo-casas-melhoradas?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects, Son Erişim Tarihi: 19.05.2021.
- İnternet: Cartier Women's Initiative: Laureates 2015 Sub-Saharan Africa. URL-26: <https://www.cartierwomensinitiative.com/candidate/chinwe-ohajuruka>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.
- İnternet: Biyoklimatik tasarıma sahip pasif ev prototipi. URL-27: <https://www.cdshousing.com/projectm>, Son Erişim Tarihi: 12.11.2020.

İnternet: Low-cost bamboo home/Comunal Taller de Arquitectura. URL-28: <https://www.businessinsider.com.au/affordable-bamboo-home-mexico-2018-2>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.

İnternet: Bambu ev. URL-29: <https://www.dezeen.com/2018/01/16/bamboo-social-housing-rural-mexico-built-by-residents-one-week-comunal-taller-de-arquitectura/>, Son Erişim Tarihi: 12.11.2020.

İnternet: Nakasone House / Escobedo Soliz. URL-30: https://www.archdaily.com/936990/nakasone-house-escobedo-soliz?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects
2, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.

İnternet: Expandable House / Urban Rural Systems. URL-31: <https://www.archdaily.com/891811/expandable-house-urban-rural-systems>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.

İnternet: How Combining Traditional Asian and African Design Could Minimize Diseases in Rural Tanzania. URL-32: <https://www.archdaily.com/796540/how-combining-traditional-asian-and-african-design-could-minimize-diseases-in-rural-tanzania>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.

İnternet: LT House in Dong Nai Province, Vietnam by Tropical Space. URL-33: <https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2016/06/30/lt-house-in-dong-nai-province-vietnam-by-tropical-space/>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021.

İnternet: Niamey 2000 / united4design. URL-34: https://www.archdaily.com/875897/niamey-2000-united4design?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects
3, Son Erişim Tarihi: 07.08.2021.

İnternet: Bioclimatic and Biophilic Boarding House / Andyrhman Architect. URL-35: <https://www.archdaily.com/784043/bioclimatic-and-biophilic-boarding-house-andyrhman-architect>, Son Erişim Tarihi: 07.08.2021.

İnternet: Autodesk Reit 3D BIM Yazılımı. URL-36: <https://yazilim3d.com.tr/urunler/revit/>, Son Erişim Tarihi: 22.09.2021.

İnternet: Revit Software URL-37: <https://www.softwareadvice.com/construction/revit-profile/>, Son Erişim Tarihi: 22.09.2021.

İnternet: Insight building performance analysis software. URL-38: <https://www.autodesk.com/products/lighting-analysis-revit/overview>, Son Erişim Tarihi: 07.08.2021.

İnternet: Arsa alanın mahalledeki konumu. URL-39: <https://yandex.com.tr/harita/?ll=-5.219093%2C11.400480&mode=search&sll=-13.522896%2C9.663466&text=9.663466%2C-13.522896&z=5.93>, Son Erişim Tarihi: 01.07.2021.

İnternet: Konakri iklimsel çizelgesi. URL-40: <https://fr.climate-data.org/afrique/guinee/conakry/conakry-527/>, Son Erişim Tarihi: 06.06.2021.

- İnternet: Konarky için rüzgar hızı ve yönü ile ilgili aylık istatistikler. URL-41: https://fr.windfinder.com/windstatistics/conakry_gbessia_airport, Son Erişim Tarihi: 15.07.2021.
- Kumar, V., Dongre, A., ve Srinivas, G. (2017). *A Case Study: Affordable House*. Paper presented at the 33rd National Convention of Architectural Engineers and National seminar on "Architectural Engineering Aspect For sustainable Building Envelopes", Institution of Engineers, Khairatabad, Hyderabad.
- Magent, C. S., Korkmaz, S., Klotz, L. E., and Riley, D. R. (2009). A Design Process Evaluation Method for Sustainable Buildings. *Architectural Engineering and Design Management*, 5(1-2), 62-74.
- Mulé, M. (2011). *Ventilation Naturelle dans L'Habitat*. Yüksek Lisans Tezi, Lyon Mimarlık Okulu, Fransa, 79.
- Nelson, H. D. (1975). *Area Handbook for Guinea* (2 nd ed.): One of a series of handbooks prepared by Foreign Area Studies (FAS) of the American University, 35.
- Patnaikuni, I. (2012). *Sustainable Low Cost Housing Construction for a Better World*. Paper presented at the 5th SASTech International Conference, Khavaran Higher-education Institute, Mashhad, Iran.
- Şahin, N. İ. (2010). *Binalarda su korunumu*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Santos, C. K. C. d. (2016). *The Case of Villa Benfica: Retrofitting a Multifamily Building in a Hot and Humid Climate For Energy Efficiency*. Yüksek Lisans Tezi, Rochester Institute of Technology.
- Snell, A. (2011). *Affordable Housing for the Future*. Yüksek Lisans Tezi, University of Waterloo, Ontario.
- Sousa, J. (2012). *Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison*. In International Workshop on Information Technology for Energy Applications-IT4Energy, Lisbon.
- UN-Habitat. (2014). *Sustainable Building Design for Tropical Climates: Principles and Applications for Eastern Africa* (S. Ball Ed.). Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 59, 67, 81-90, 106-108, 196.
- Victor, O. E. (2013). Maximising Housing Quality for Comfortability via Harnessing Tropical Environmental Potentials. *African Journal of Scientific Research* Vol, 11(1), 11.
- Wahhaj, A., Muhammad, A., & Farajallah, A. (2019). Application of Building Performance Simulation to Design Energy-Efficient Homes: Case Study from Saudi Arabia. *Sustainability*, 11(21), 6048.
- Yılmaz, A. (2012). *Türkiye'de sektörel enerji tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları*, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Aydın.





GAZİ GELECEKTİR..