

**AZ KATLI KONUTLARDA PASİF EV KRİTERLERİNİN BİNA ISIL
PERFORMANSINA ETKİLERİ**

Miray ÖMERCA AKYOL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2012

ANKARA

Miray ÖMERCA AKYOL tarafından hazırlanan “AZ KATLI KONUTLARDA PASİF EV KRİTERLERİNİN BİNA ISIL PERFORMANSINA ETKİLERİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gülser ÜNLÜ ÇELEBİ

Mimarlık Anabilim Dalı/ Gazi Üniversitesi

Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

Mimarlık Anabilim Dalı/ Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Mimarlık Anabilim Dalı/ Karabük Üniversitesi

Tez Savunma Tarih: 31/12/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Miray ÖMERCA AKYOL

**AZ KATLI KONUTLARDA PASİF EV KRİTERLERİNİN BİNA ISIL
PERFORMANSINA ETKİLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Miray ÖMERCA AKYOL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2012**

ÖZET

Ülkelerin gelişmişlikleri ile paralellik gösteren enerji kullanımı ve sera gazı salınımlarındaki artış, yenilenebilir kaynakların kullanımı ve enerji tüketiminde hassas politikaları beraberinde getirmiştir. Bu politikaları uygulama aşamasında, binaların tükettiği yıllık enerji ya da karbon salınımı miktarlarının belirlenmesi için enerji performans analizlerinin yapılması gerekmiştir. Ülkelerin bina stoklarında önemli yeri olan konut yapılarının enerji performansını tarifleyen standartlar geliştirilmiştir.

Pasif Ev Standartları, mimari tasarımda enerji korunumuna, güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmaya dayalı ve enerji etkin tasarım yaklaşımları öne çıkmıştır. Pasif tasarım kriterleri ve standartları artan bir değerde önem kazanmıştır.

Bu noktada yapının mimari özellikleri ve mimarın amacına yönelik beklentileri, tasarım yaklaşımları ve kararlarını oluşturabilmesi ve bunu yaparken sezgisellikten çok bilimsel verilere (çevresel veriler, bina formu, organizasyon ve yönlenme, pasif güneş mimarlığı sistem analizleri ve iklim bölgesine dayalı tasarım modelleri) dayandırabilmesi önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, az katlı konut tipolojisinde, pasif ev standardı tasarım kriterlerinin bina enerji performansına etkisi irdelenmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelenerek, standartlar, tanımlar ve tasarım kılavuzları ile oluşturulmuş çalışma uzayı belirlenmiştir. Sıcak nemli iklim bölgesinde, Antalya özelinde, Desing Builder v3 simülasyon programı kullanılarak; pasif ev tasarım parametreleri, yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, pencere boyutları, bölgesel gölgeleme elemanı kullanımının bina enerji performansına etkisi analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda, mimari tasarımın karar aşamasında, pasif tasarım parametrelerinin performans üzerindeki etkisi ve hangi parametrelerin performans üzerinde öncelikli rol oynadığının saptanması hedeflenmektedir.

Sonuçlara göre; Antalya İli için; lineer ve geniş cephesini güneye açan plan tipolojisinin uygun yönelme ve form olduğu yorumu yapılabilmektedir. Bina enerji performansı üzerinde yapı elemanlarının etkisi tespit edilmiş ve yapı elemanı ölçeğinde alınabilecek önlemler değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu	:802.1.100
Anahtar Sözcükler	:Pasif ev standardı, az katlı konut binaları, bina enerji performansı, yönelme, form
Sayfa Adedi	:124
Tez Yöneticisi	:Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

**EFFECTS OF PASSIVE HOUSE CRITERIA ON THE BUILDING ENERGY
PERFORMANCE FOR LOW RISE RESIDENTIAL BUILDINGS**

(M.Sc. Thesis)

Miray ÖMERCA AKYOL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

December 2012

ABSTRACT

The increase of energy consumption and greenhouse gases which are collateral to development of country necessitate using renewable energy sources and detailed policies for energy saving. The energy performance analyzing required to determine class of building performance.

Building energy performance standards have been developed based on the specialized structure. The approach of architectural design came to the fore based on energy conservation, energy efficient and to take advantage of passive solar energy. Passive design criteria and standards gained prominence at an increasing value.

At this point, architects have to use a scientific way (system analysis and design models based on climate zone, environmental data, building form etc.) instead of intuition while setting the architectural features of the building and the architect's expectations for the purpose, design approaches and decisions.

In this study, low-rise residential buildings, passive design criteria (systems and parameters) were examined by using Design Builder v3 simulation program. Hot and humid climate zone, the case of Antalya, passive design parameters, optical and thermo physical properties of the building envelope, window sizes, the use of local shading devices have been analyzed with in the building energy performance perspective.

The aim of this paper is analyzing the impact of passive design parameters on building energy performance and identify the most effective one.

According to the results, the case of Antalya, a linear plan typology with a large South façade is the appropriate orientation and form. Isolation are the shell of the building, a solution on the scale of building element, unless there is proper orientations were considered as an alternative solution.

Science Code	: 802.1.100
Key Words	: Passive house Standard, low rise residential buildings, building energy performance, orientation, form
Page Number	: 124
Adviser	: İdil AYÇAM, Phd.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkıları ile beni yönlendiren “Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Öğretim Görevlisi”, Dr. İdil AYÇAM’a teşekkürü borç bilirim. Bu süreçte paylaşımları için “Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Öğretim Görevlisi”, Dr. Çiğdem YÜCEL’e teşekkür ederim. Analiz çalışmalarımda gerekli olan iklim verilerini sunan METEOTEST Meteororm firmasına teşekkür ederim. Ayrıca çalışmada kullandığım Design Builder simülasyon programının tedarikinde ve her türlü teknik destekte yardımcı olan Altensis İnşaat Enerji Sanayi Tic. Lim. Sti’ne ve yetkilisi Sn. Serdar EMİN’e teşekkür ederim. Tez ve öncesinde eğitim dönemi boyunca verdiği burs desteği için TÜBİTAK’a teşekkür ederim. Çalışmalarım süresince bana sınırsız destek ve anlayış sunan aileme, mimar Esma YAZICI’ ya ve beni cesaretlendiren eşime minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE TANIMLAR.....	8
2.1. Enerji Bilincine Yönelik Tasarımın Dünya’da Enerji Anlayışı İçindeki Yeri.....	8
2.2. Türkiye’de Konut Yapılarında Enerji Bilincine Yönelik Tasarım Yaklaşımlarını İçeren Çalışmalar.....	12
2.3. Enerji Performansına Göre Yapı Tanımları.....	18
2.4. “Pasif Ev” Yapı Standardı.....	21
2.4.1. Pasif ev standardına göre tasarım parametreleri.....	22
2.5. Yapı Kabuğunun Optik Ve Termofiziksel Özellikleri.....	26
2.6. Pasif Güneş Mimarisi Tasarım Stratejileri.....	28
3. MATERYAL VE METOT.....	33
3.1. Amaç- Kapsam ve Hedefler.....	33
3.2. Antalya ve İklim.....	36
3.3. BAZ Model Tanımı.....	39

	Sayfa
3.4. DESIGN BUILDER V3 Programı ve Parametrelerin Tanımlanması.....	40
4. ANALİZ SONUÇLARI.....	53
4.1. Yıllık Enerji Tüketimi- Form ve Yönlenme İlişkisi.....	53
4.2. Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamasının Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi.....	77
4.3. Çatı Malzemesi Seçiminin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi.....	83
4.4. Saydamlık Oranının Değiştirilmesinin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi.....	85
4.5. Pencere Malzemesi Değişiminin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi.....	87
4.6. Bölgesel Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi.....	90
5. SONUÇLAR VE YORUMLAR.....	94
KAYNAKLAR.....	102
EKLER.....	109
EK-1. Çalışma şablonları.....	110
EK-2. Sistem çalışma programı şablonları.....	111
EK-3.BAZ-1 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1 Dış duvar).....	113
EK-4.BAZ-1 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1 İç duvar).....	114
EK-5.BAZ-1 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1 Teras çatı).....	115
EK-6. BAZ-1 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1 Toprak temaslı zemin döşemesi).....	116

Sayfa

EK-7. BAZ-1 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 1 pencere sistemleri).....	117
EK-8. BAZ-2 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 2 Dış duvar).....	118
EK-9. BAZ -2 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 2 İç duvar).....	119
EK-10.BAZ -2 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 2 Teras çatı).....	120
EK-11.BAZ -2 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 2 Toprak temaslı zemin döşemesi).....	121
EK-12.BAZ -2 Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri	
(BAZ 2 pencere sistemleri).....	122
EK-13. Parametrelerin yıllık enerji tüketimi üzerine etkileri.....	123
ÖZGEÇMİŞ.....	124

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. “Pasif Ev” Standardı sınır değerleri.....	24
Çizelge 2. 1. I. Bölge için yapı elemanları sınır U değerleri.....	26
Çizelge 3 .1. Antalya İli aylara göre yıllık yağış miktarı.....	39
Çizelge 3.2. BAZ 1-BAZ 2 koşullarında yapı elemanları malzeme seçimleri.....	47
Çizelge 3.3. BAZ 1-BAZ 2 koşullarında yapı elemanları U değerleri.....	48
Çizelge 4.1. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi.....	54
Çizelge 4.2. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	56
Çizelge 4.3. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	57
Çizelge 4.4. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi.....	58
Çizelge 4.5. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	59
Çizelge 4.6. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	61
Çizelge 4.7. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi.....	62
Çizelge 4.8. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	63
Çizelge 4.9. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	64

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.10. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi.....	66
Çizelge 4.11. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	68
Çizelge 4.12. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	69
Çizelge 4.13. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi.....	70
Çizelge 4.14. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	72
Çizelge 4.15. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi.....	73
Çizelge 4.16. Plan tipolojilerine bağlı toplam soğutma talebinin değişimi.....	74
Çizelge 4.17. Plan tipolojilerine bağlı toplam ısıtma talebinin değişimi.....	75
Çizelge 4.18. Dikdörtgen plan tipolojisinde çatı yüzeyi yüzey emilim katsayısı değişimi-enerji tüketimi ilişkisi.....	84
Çizelge 4.19. Dikdörtgen plan tipolojisinde açıklık oranı-enerji tüketimi ilişkisi.....	87
Çizelge 4.20. Dikdörtgen plan tipolojisinde pencere malzemesi alternatifleri.....	88
Çizelge 4.21. Dikdörtgen plan tipolojisinde pencere malzemesi-enerji tüketimi ilişkisi.....	89
Çizelge 4.22. Dikdörtgen plan tipolojisinde gölgeleme elemanı kullanımı-enerji tüketimi ilişkisi.....	93

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye nihai enerji tüketiminde yıllık ortalama artış oranı(1998-2008).....	3
Şekil 1.2. Tezin akış şeması.....	7
Şekil 2.1. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden faydalanma süreci.....	9
Şekil 2.2. Enerji tüketimlerine göre "Ev" sınıflandırması.....	20
Şekil 3.1. Analizlerin akış şeması.....	35
Şekil 3.2. Kare formdan türetilen yapı tipolojileri.....	40
Şekil 3.3. Yönlenme alternatifleri.....	40
Şekil 4.1. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi (kWh/ay).....	55
Şekil 4.2. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi (kWh/ay).....	59
Şekil 4.3. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi.....	63
Şekil 4.4. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi.....	66
Şekil 4.5. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi.....	71
Şekil 4.6. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi.....	77
Şekil 4.7. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi.....	78
Şekil 4.8. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi.....	78
Şekil 4.9. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi.....	79

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi.....	79
Şekil 4.11. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi.....	80
Şekil 4.12. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi.....	80
Şekil 4.13. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi.....	81
Şekil 4.14. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi.....	81
Şekil 4.15. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi.....	82

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2. 1. Pasif Evin havalandırma şeması.....	23
Resim 3. 1 Antalya İli aylara göre sıcaklık dağılımı.....	36
Resim 3. 2. Antalya İli aylara göre rüzgar esiş hızı.....	37
Resim 3 .3. Antalya İli aylara göre rüzgar yönü.....	37
Resim 3.4. Antalya İli aylara göre zemin sıcaklığı.....	38
Resim 3.5. DB’ da “yer” tanımlanması.....	42
Resim 3.6. DB arayüzü.....	42
Resim 3.7. DB Programı’nda “hiyerarşik ağaç”.....	43
Resim 3.8. DB Programı’nda “activity”.....	44
Resim 3.9. DB Programı’nda yapı elemanları malzeme atanması.....	46
Resim 3.10.DB Programı’nda yapı elemanı açıklıkların tanımlanması.....	48
Resim 3.11.DB Programı’nda iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin tanımlanması.....	50
Resim 4.1. Güney penceresi/güney duvarı değişim oranları.....	86
Resim 4.2. Gölgeleme elemanı – düşey ve yatay gölgeleme elemanları.....	90
Resim 4. 3. Gölgeleme elemanı kesiti- panjur.....	92

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
D_x	Serinlik indeksi
SHGC	Güneş ısı kazanç katsayısı
SC	Gölgeleme katsayısı
T_{vis}	Camın güneş ışınımının görülebilir kısmının geçirgenlik değeri U toplam ısı transfer katsayısı (W/m^2K)
Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
Çedbik	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
CEPHEUS	Cost Efficient Passive Houses As European Standards
CFD	Computational fluid dynamics
D.B.	DesignBuilder 2.4.1.009 Programı
DOE	Department of Energy , ABD
EİE	T.C. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü
EPDK	T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPBD	2002/91 EC Energy Performance of Building Directive
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
OECD	Organisation For Economic Co-operation and Development
SHC	Solar Heating and Cooling Programme
TS825	TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı

Kısaltmalar**Açıklamalar****UNDP**

Birleşmiş Milletler Mukim Temsilcisi ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı

UEA

Uluslararası Enerji Ajansı

ZEB

Zero-Energy Building

1.GİRİŞ

Günümüz ve gelecek kuşaklar için ekosistemi korumak *kararlılığıyla*, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli, insan kaynaklı etkiyi kontrol edilebilir düzeyde durdurmayı *başarmak* amacı ile dünya ülkeleri, 1994'te BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve Kyoto Protokolü'ne imza atmıştır [1]. Yasal düzenlemeler ve ortak yürütülen programların sonuç ürünlerini içeren, devlet, akademisyenler, tasarımcılar, uygulamacılar, kullanıcılar ve sivil toplum örgütlerinin dahil olduğu bir enerji politikası döngüsü oluşmuştur. Bu döngüde enerji bilincine dayalı tasarım kaygısı ile yapılan çalışmalar artmıştır. AB'nin 2002/91 EC sayılı direktifi kapsamında binaların enerji performansının belirlenmesi, bina performansına göre özelleşmiş standartların oluşması ve binaların inşa, satış ya da kira aşamalarında sertifika sahibi olması 2002 tarihi ile zorunlu hale gelmiştir [2]. Kyoto Protokolü sonrasında işleyen süreçte AB ülkeleri, karbon salınımlarını 1990 yılı ve öncesindeki miktarlara çekmeye çalışmaktadır. Birlik içinde ortak olarak yürütülen programlar ile enerji etkin bina tanımları oluşturulmuştur. Thullner, Avrupa Standartları'nda düşük enerjili binaları incelediği çalışmasında, yürütülen ortak programlardan CEPHEUS, PEP ve EUROGATE'i açıklamıştır [3].

- CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) programı 1998-2001 yılları arasında, "pasif ev " konseptinin ne kadar verimli olduğunun tespit etmek *amacı* ile 14 evi test eden, AB destekli bir araştırma projesidir.
- PEP (Promotion of European Passive Houses) programı, 2005-2008 yılları arasında European Commission Energy & Transport DG desteği ile yürütülmüş bir programdır. CEPHEUS'un devamı olarak "pasif ev " konseptini geliştirmeyi ve tüm Avrupa'da değişik dillerde internet sayfaları, konferanslar ve çalıştaylar ile yaygınlaştırmayı *amaçlamıştır*.

- EUROGATE ise diğer programlardan farklı olarak, “pasif ev” konseptini yerleşim ölçeğinde ele almıştır. Norman Foster’ın projesi ile 2009 başlanan programın 2016’da tamamlanması hedeflenmiştir [3].

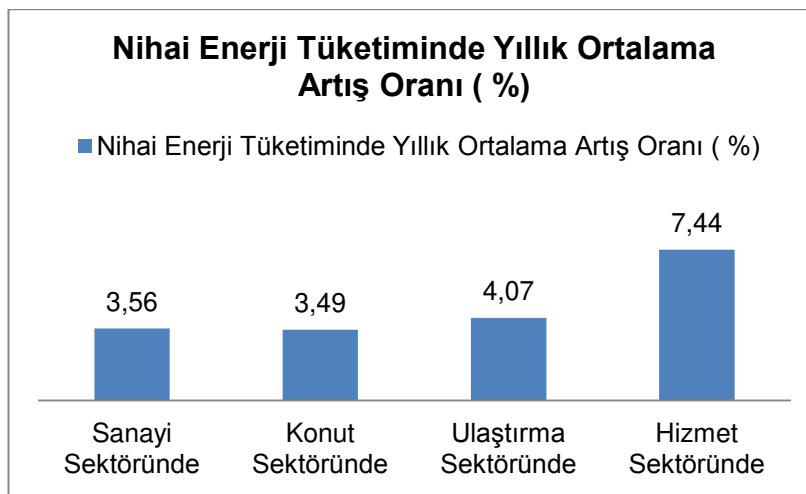
Bahsedilen ortak programların bir sonraki adımları, düşük enerjili yapı tanımlarını, enerji korunumu ve enerjinin etkin kullanımları içeren kılavuzlara dönüşmesidir. Yayınlanan bu kılavuzlar ülkelerin kendi standartlarını oluşturmasını sağlamıştır. Almanya RAL Low-energy house, RAL Passive house, Passive house, Passive house suitable component, İngiltere Passive House, İsveç Low-energy “Minienergi”, Passive house, Zero-energy house gibi çoğaltılabilecek bina enerji performansına dayalı olarak yapı standartları geliştirmiştir [3].

Harputlugil, EPBD’ye göre özellikle ısıtma, aydınlatma ve diğer ekipmanlarda konut ve üçüncül sektörün, birliğin içinde enerji tüketiminin %40’ını oluşturduğu vurgulamıştır [4]. Konut yapılarının tespit edilmiş enerji tüketimindeki payına karşılık, AB ortak programlarından CEPHEUS sonuçlarında pasif evlerin geleneksel konutlara göre %50 daha az birincil enerji açığına sahip olduğu görülmüştür [5].

Kyoto Protokolü’ne imza atan Türkiye uluslararası platformda, Bin Yıl Kalkınma Hedefleri, Birleşmiş Milletler Mukim Temsilcisi ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, 2010-2020 Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi gibi BM bünyesinde geliştirme ve takip programlarına, anlaşmalara taraf olmuştur. Ortak yürütülen programlar sonucu oluşturulan raporlar ile Türkiye’nin sürdürülebilirlik, enerji ve teknoloji konularında durumunun ve potansiyelin tespiti yapılmıştır [6-8].

Yerel ölçekte, T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü eski adı ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi aracılığıyla, kamu, özel sektör ve sivil toplum örgütlerinin katılımıyla belirlenmiş sonuç odaklı bir politika seti,“ ENERJİ VERİMLİLİĞİ STRATEJİ BELGESİ 2012-2023”

yayınlanmıştır. Strateji Belgesi özetle; Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğunun (bir birim Gayri Safi Yurt İçi Hasıla yaratabilmek için tüketilen enerji miktarı), 1998-2008 arasındaki dönemde, %0,24 azaldığını belirtmiştir ve 2007 sonrasında bu oranın daha da arttığını vurgulamıştır. Başka bir deyişle 1998-2008 arası 10 yıllık süreçte ülkemizin tükettiği enerji miktarı, üretimde ve gelişmişlikte karşılığını bulamamıştır. 1998-2008 döneminde, Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimindeki yıllık ortalama artış oranı %3,81'dir. [9,10]



Şekil 1.1. Türkiye nihai enerji tüketiminde yıllık ortalama artış oranı (1998-2008)

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi raporuna göre; enerji talebinin ülkemiz kaynaklarından karşılanabilme oranı giderek azalmış ve enerjide “dışa” bağımlılığımız %73’e ulaşmıştır [11]. Dünya ülkelerinin sürdürülebilir enerji politikaları ve enerjinin dış politikalarına yansımaları göz önünde bulundurulduğunda, öncelikle %73 oranındaki dışa bağımlılığın getirdiği risklerden sakınmak gerekmektedir. Bununla beraber enerji politikası ulusal stratejileri içinde enerjide arz güvenliğinin sağlanması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile etkin mücadele kriterlerinin belirlenmesi ve uygulamaya koyulması ve çevrenin korunması yer almalıdır. Şekil 1.1 ‘de özetlenmiş olan nihai enerji tüketimi artış oranına göre, üretimden kaynaklanmayan enerji tüketimi artışının konutlar ve ulaşımdan kaynaklandığı çıkarımını yapmak doğaldır. O halde; ulusal enerji politikasının

gerçekleşmesi için alınabilecek mikro önlemlerden birisi konutlarda enerji tasarrufuna gitmek ve fosil kaynaklı enerji ihtiyacını azaltmaktır.

Binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacı ile 2008 yılında “Enerji Performans Yönetmeliği” uygulamaya koyulmuştur [12]. Bu yönetmelik yeni ve mevcut binalarda enerji kimlik belgesi uygulamasını beraberinde getirmiştir. Bina enerji performansını tespit etmek ve bina envanteri oluşturmak amacı ile ulusal olarak kullanılan bir simülasyon programı (BEP-TR) yazılmıştır. Yine 2008 yılında, binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesi için “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” yenilenmiştir [13]. Ancak yapılara yıllık net enerji ihtiyacına göre enerji kimlik belgesi düzenleyen, bunu yaparken de dinamik analiz yapan BEPTR-HY, analizlerini EN 13790 Avrupa Standart’ına dayandırmakta, gerekli yerlerde ise ASHREA’ den faydalanmaktadır. Bu alanda Türkiye’ nin geliştirmiş olduğu yeterli bir standart bulunmamaktadır.

Ayrıca Türkiye enerji etkinliği yaklaşımını, yeni projelendirilmiş bir yapı ya da inşası tamamlanmış yapı stoğunun enerji performansının tespiti olarak yönetmektedir. Bu noktada, tasarımcı, üretici ya da mal sahibine tasarı ortaya koyarken bina enerji performansı için hedefler koyması ve uygulamasında yöntem veya sınır değerleri belirlemesinde yardımcı olacak özelleşmiş yapı standardı eksikliği ortaya çıkmıştır.

Binaların enerji performansları, tasarımın ilk aşamasında enerji etkin pasif tasarım kriterlerinin dikkate alınması, yapı kabuğunu oluşturan opak ve şeffaf bileşenlerin doğru seçilmesi ve detaylandırılması ile önemli oranda arttırılabilir.

MÖ 470-399 yıllarında Sokrates, edilgen sistemler ile güneşten yararlanma ve korunma bilincinde olduğunu Sokrates Evi’nde göstermiştir [14].

Devamında 1970'lerden günümüze Watson, Blacomb, Mazria gibi bir çok araştırmacı güneşten pasif olarak yararlanabilen sistemler ve yapılar tanımlamıştır. Ortak yaklaşımları ise, pasif güneş mimarlığının kış güneşinden en yüksek seviyede faydalanmayı sağlayan, yaz güneşinden korunarak doğal serinletme sağlayan kabuk ve bina geometrisi kompozisyonu olduğudur [15]. Sev, ülkemiz için sınırsız bir enerji kaynağı olan güneşten, kullanıcının sağlık ve konforunun sağlanmasının yanı sıra ısıtma-soğutma, havalandırma ve aydınlatmada enerji tasarrufu sağlamak amacı ile yararlanılabileceğini vurgulamıştır. Tasarım aşamasında faydalanılabilecek stratejileri, güneşe göre yönlenme ve yerleşme, gerekli hallerde termal kütlenin depo olarak kullanılması, şeffaf yüzeylerin boyutlandırılması ve malzeme seçimleri, opak yüzeylerin ısı kayıp ve kazançlarının kontrolü ve doğal havalandırma olarak sıralamıştır [16].

Yukarıda bahsedilen güneş enerjisini yapıda kullanılması yaklaşımlarının karşılığında, ülkemizde uygulama aşamasında, PV panel kullanımı ya da yalıtım uygulamaları, pasif ev için yeterli sistemler olarak görülmekte ve yapının mimari özellikleri neticesinde sahip olduğu, enerji etkinliği potansiyeli göz ardı edilmektedir. Binanın formu, yönlenme, yerleşim yeri gibi fazladan inşa maliyeti oluşturmeyen mimari nitelikleri etkin olarak kullanılmamaktadır. Bu durum ve Türkiye’de bina enerji performansına dayanarak belirlenmiş, özel bir yapı tanımı ve standardının eksikliğinin tespiti *gerekeçleri* ile tezde, erken tasarım kararlarının sağlıklı verilebilmesi için “pasif ev” standardına ait tasarım parametrelerinin bina enerji performansına etkisini belirlemek *amaçlanmıştır*.

Çalışmanın *yöntemi*, “pasif ev “ parametrelerinin Design Builder programı ile simüle edilerek ısıtma ve soğutma dönemlerini içeren analizler yapılması ve sonuçların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi biçiminde belirlenmiştir. Türkiye derece gün bölgelerine göre 1. Bölge’de Antalya İli özelinde yürütülen analiz sonuçları tablolar, grafikler ve şekiller yardımı ile sunulmuştur. İdeal form ve yönlenme önerileri, kabuğun termofiziksel ve optik

özellikleri değiştirilerek test edilmiş ve bina enerji performansı, tüketilen enerji miktarı ile değerlendirilmiştir.

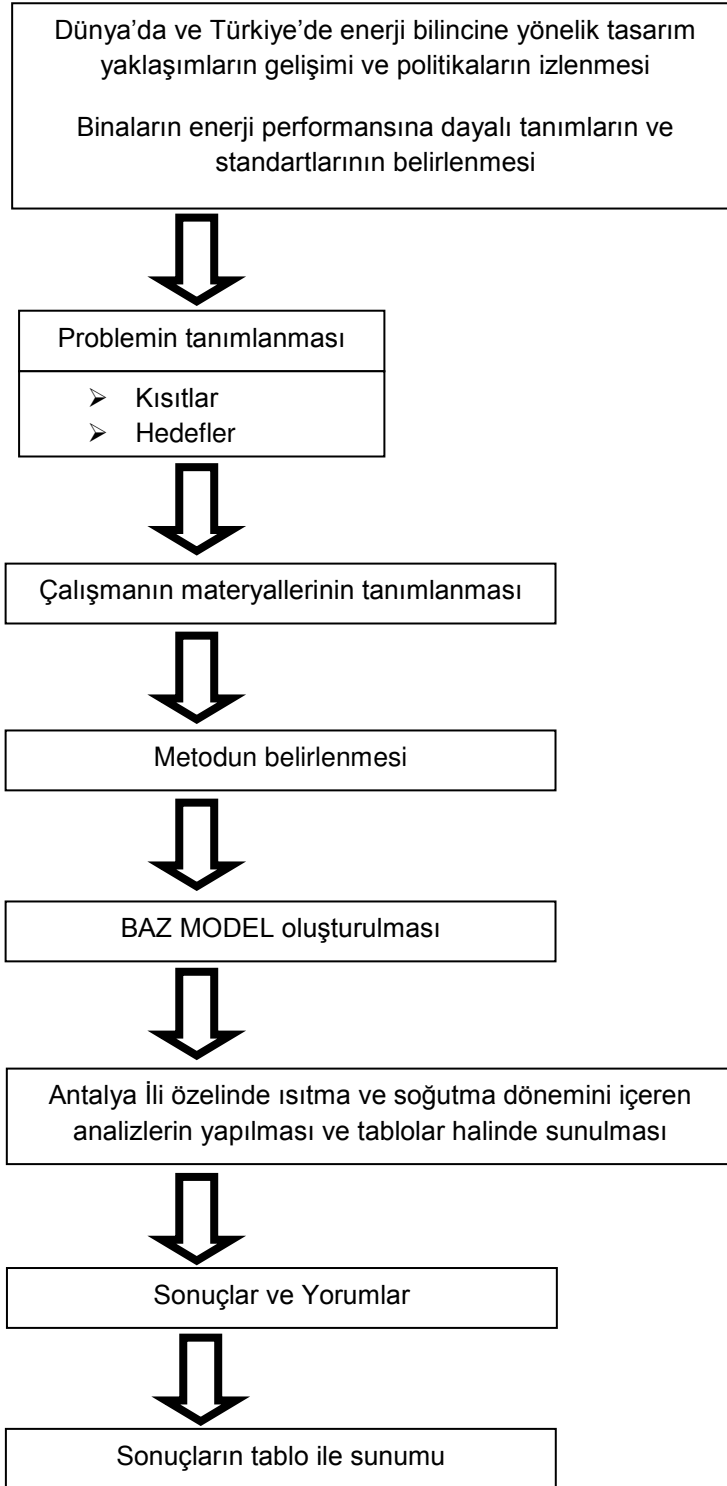
Tezin 2. Bölümünde, alan taraması yapılarak, tanımlar, stratejiler, politikalar ve gelişmelerin var olduğu birikim alanı tanımlanmıştır. Ülkelerin politikaları ile desteklediği, yapılarda enerji verimliliğini ve daha az karbon salınımını sağlamak amacı ile belirlenen standartlar, yapı tanımları anlatılmıştır. Bunların kesişim noktasında bulunan pasif tasarım, güneş mimarlığı, pasif tasarım stratejileri ve sistemleri üzerinde durulmuştur.

3. Bölümde, çalışmanın omurgası oluşturulmuş, materyal ve metot tanımlanmıştır. Bir tasarım eylemine konu olan senaryo açıklanmıştır. Senaryo dahilinde, yapının ait olduğu yere dair mikroklimatik özellikleri göz önüne alınarak plan tipolojisi ve yönlenme üzerine yoğunlaşmıştır. Bu halde, çalışmanın kısıtları belirlenmiştir.

4. Bölümde, DesignBuilder programı kullanılarak, alternatif plan tipolojilerinin farklı yönlenmelerde, ısıtma ve soğutma dönemleri boyunca enerji tüketimleri analizleri yapılmıştır.

5. Bölümde, analizlerden elde edilen verilerle oluşturulan sonuçlar tartışılmış, tasarıma anahtar olabilecek plan tipolojisi, yönlenme, kabuk özellikleri belirtilmiştir.

Tezin rahat okunabilmesi için akış şeması Şekil 1.2.'de ifade edilmiştir.



Şekil 1.2. Tezin akış şeması

2. KURAMSAL TEMELLER VE TANIMLAR

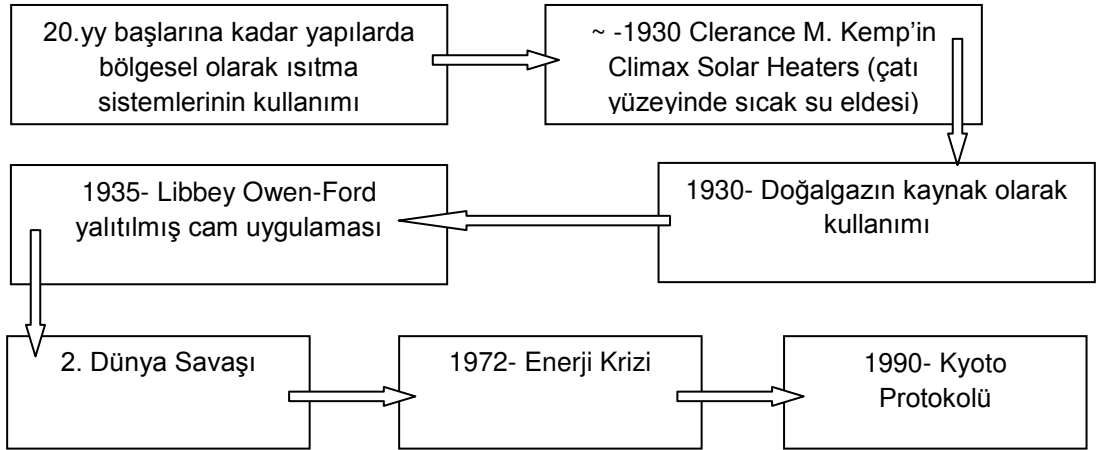
Bu bölümde, yayımlanan tezler, kitaplar ve e-kitaplar, ulusal ve uluslar arası sempozyum bildirileri, AB bünyesinde ve ülkelerin kendi bakanlıklarınca açıklanan tasarruf hedefleri, durum tespiti yapılan raporlar, ülkeler arası yürütülen ortak programların raporları incelenerek çalışma alanı tanımlanmıştır.

2.1. Enerji Bilincine Yönelik Tasarımın Dünya’da Enerji Anlayışı İçindeki Yeri

M.Ö. 470-339 yıllarında yaşayan Sokrates güneye bakan evlerde kış güneşinden ısıtmada faydalanabileceğini belirtmiştir. Güney cephesinin yüksek, kuzey cephesinin alçak tutulduğu bir yapı formunun; kış güneşini yapının içine alarak ısınmada, yaz güneşinin çatının üzerinden geçmesi ile aşırı ısınmanın engellenmesinde ve kuzey cephesinden rüzgarlar ile ısı kayıplarının azaltılmasında etkili olacağını vurgulamıştır. Aristo ise (M.Ö. 382-322) yine kuzey cephesinin soğuk kış rüzgarlarına karşı korunaklı yapılmasını önermiştir. Milattan sonara 1000’lerde İbni Sina ve Brunı gibi doğru bilginleri yerleşim yeri için su ve ulaşım yolları ile beraber havası temiz olan yerlerin tercih edilmesinin doğru olduğunu belirtmiştir [17].

Hasting ve ark. yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden faydalanma sürecini özetlemiştir. Başlangıç noktasını çatı yüzeyinden güneş enerjisi kullanılarak sıcak su elde edebilen sistemlere dayandırmıştır. 1930’da doğalgazın enerji kaynağı olarak kullanılabilir hale gelmesi, güneş enerjisi kullanımını baltaladığını vurgulamıştır. 1935’te yalıtılmış camın geliştirilmesi, ısı kütlesi etkisini kullanan projeler oluşturulmasını sağlamıştır. Güney duvarının ısı kütlesi olarak değerlendirildiği Duckan Evi’nde gün içinde 8.30-18.30 saatleri arasında ısıtma enerjisi ihtiyacının azaldığı ölçümler ile tespit edilmiştir. Hasting ve ark. göre 2. Dünya Savaşı’nın savaş koşulları ve fosil kaynakların kolay, ucuz ulaşılabilen kaynaklar haline gelmesi güneş enerjisini ikinci kez baltalamıştır. Ancak, 1970’lerdeki enerji krizinin yeniden

güneş enerjisinin kaynak olarak kullanımını hareketlendirdiğini, Vagn Karsgaard 1974'te tasarladığı Nul-Energihus'u aktif güneş sistemlerini ve iyi yalıtılmış yapı kabuğunu kullanan tekil örneklerin oluştuğunu belirtmiştir. 1990'lara gelindiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda kullanımı fikri Avrupa öncülüğünde çalışmalar ile ele alındığından bahsetmiştir [18].



Şekil 2.1. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden faydalanma süreci [18]

1973/74 petrol enerjisi krizi akabinde petrol talebindeki aksaklıklara kolektif bir yanıt oluşturmak ve koordine olmak için özerk bir kuruluş The International Energy Agency (IEA) kurulmuştur. 28 üyesi bulunan bu kuruluş, enerji korunumu, ekonomik gelişim, çevresel farkındalık, doğal yaşamın korunması konuları üzerinde odaklanmıştır. IEA, yıllık olarak üye olan ülkelerin ortak olarak yürüttüğü programlar sonuçları ile beraber her ülkenin enerji etkinliği hedeflerini ve uygulama sonuçlarını içeren raporlar yayınlanmaktadır [19]. Ülkelerin kaynaklardan yoksun olma senaryosu ile enerji etkin tasarım ya da pasif tasarım yaklaşımlarında tanımlar oluşturulmuştur:

Mazria, pasif sistemlerin, doğal yollar (ışınım, taşınım ve iletim) ile ısı enerjisi akışını sağlayan sistemler olarak tanımlamıştır. Temel olarak yapını taşıyıcı sistemini ve bazı yapı elemanlarını pasif sistemlerin kendisi olduğunu vurgulamıştır [20].

Jager 1981’de bir tasarım methodunu “pasif” olarak adlandırmıştır çünkü; binanın içine güneş enerjisinin transferi ve dağıtımı doğal yollarla (ışınım, taşınım ve iletim) ile başılır. Bunun için, pasif tasarım aktif sistemleri, elektrik ve mekanikten destek almaktan kaçınır. Zydeveld’e göre pasif tasarımda, neyi bedava elde edildiği ve neyi saklandığı önemlidir [15]. Yannas 1994’te, pasif solar bina tasarımının, ısınma ihtiyacı için güneş ışımasını en iyi yolla kullanmayı gerektiren tasarım yaklaşımı olduğunu söylemiştir [21].

1990’lara gelindiğinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü ile enerji eldesinde tercih edilen kaynaklar ve çevreye etkileri üzerinde amaçlar yeniden düzenlenmiştir. IEA üye ülkelerinin ya da BM üye ülkelerinin yürüttüğü ortak programların raporları değerlendirmeye alınarak enerji bilincine dayalı tasarım kılavuzları oluşturulmuştur.

IEA TASK8: Pasif ve Hibrit Solar Düşük Enerjili Binalar: Binalarda Enerji Tasarım Prensipleri, 1988’de ABD Enerji Departmanı (The US Department of Energy) tarafından oluşturulmuş bir kılavuzdur. Bu kılavuzda, binalarda enerji süreci basit prensiplerle açıklanmıştır. Isıtma stratejileri, güneş enerjisini toplamak, ısıyı depolamak, ısının yapı içinde dağılımını sağlamak ve ısı korunumu olarak dört başlıkta toplanmıştır. Soğutma stratejilerini ise, güneş kontrolü, aşırı ısınmadan korunma, iç kazançların kontrol edilebilmesi ve doğal havalandırma olarak belirlenmiştir [22] [46].

1989-1994 yılları arasında Norveç’in yürüttüğü TASK 13 -Advanced Solar Low Energy Buildings’de, temel olarak aktif ya da pasif güneş sistemlerinin konutlarda kullanımına odaklanılmıştır. [45]

CEPHEUS, 1998’de 5 Avrupa ülkesi ve 14 pasif ev uygulaması ile başlatılan bir araştırma projesidir. 2001 yılında tamamlanan bu proje, mekan ısıtma enerjisi ihtiyacı, birincil ve son enerji kullanımı, kullanıcı memnuniyeti gibi

ölçüm kısıtları ile sonuçlarını değerlendirmiştir. Ayrıca örnek projelerde, havalandırma sisteminin elektrik tüketimini, iç ortam hava kalitesini, karbon salınımını, ısı performansını da test etmiştir [3]. Bu programdan alınan sonuçlar, dünya üzerinde “pasif ev “ standardının oluşturulmasında yardımcı olmuştur. CEPHEUS çalışmalarına ilerleyen dönemlerde eklenen çalışmalar ile proje örnekleri 200’den fazla sayıya ulaşmıştır. İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Avusturya, İsviçre, Polonya ve İngiltere kendi iklim koşullarına göre belirlediği sınır değerlerle pasif ev standardını oluşturmuştur.

2002’de 2002/91/EC Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) uygulamaya konulmuştur. EPBD, Kyoto Protokolü hedeflerine uygun olarak, hükümetleri karbon salınımı ve enerji etkinliği konularında politika üretmeye zorlayan bir direktiftir. Ayrıca binalarda enerji performansına göre sertifika düzenlenmesini ilk defa gündeme getirmiş olması sebebi ile de önemlidir, Taban alanı 500 m² olan konut yapılarında ve 1000 m²’den fazla taban alanına sahip tüm kamusal yapılarda enerji performans sertifikasının hazırlanmasını istemiştir [23]. Bu direktifin önemini arttıran ikinci durum, 2008’de direktifin revizyonu ile beraber, ülkelerin 2020 yılı için hedeflerini değiştirmesidir. Yıl boyunca tükettiği birincil enerji miktarını, yenilenebilir kaynaklardan ürettiği enerji ile karşılayabilen yapılar, sıfır enerjili ya da sıfır karbon salımlı üretmek hedeflenmiştir [24].

2006 ‘da, PEP (Promotion of European Passive Houses), Intelligent Energy Europe Programme tarafından desteklenen bir programdır. “Pasif Ev” standardı üzerinde yoğunlaşarak farklı bölge ve iklimlerde pratik çözümlerinin belirlenmesi, pasif ev konseptinin Avrupa’da sağlayacağı enerji tasarrufu potansiyelinin dokümantasyonunun yapılması hedeflenmiştir. Ayrıca EPDB’nin ulusal ve uluslar arası ölçekte önerdiği sertifikasyon sistemi tablolarının hazırlanmasına çalışılmıştır [24-25].

SEI (Sustainable Energy Ireland) ile İrlanda, BM tarafından desteklenen Retrofitted Passive Homes programı 2009 raporu ile mevcut İrlanda yapıları

üzerinde teorik olarak pasif tasarım parametrelerini test etmiştir. Yakın gelecek odaklı yürütülen bu çalışmada bir buçuk milyon konut yapısı bulunan İrlanda için mevcut yapıların pasif güneş sistemleri ile yeniden ele alınmasının sağlayacağı enerji tasarrufu potansiyeli üzerinde durulmuştur [26].

Wang'a göre, ulusal gaz salınımı değerinin %47'sinden binaların sorumlu olduğunu kaydeden Birleşik Krallık, Building a Greener Future: Toward a Zero Carbon Development (Aralık 2006)'a göre 2016 yılına kadar bütün yeni evlerin sıfır karbon evler olmasını hedeflemiştir. Galler ise bu hedefi 2011 yılına kadar tüm yeni yapılan evlerin sıfır karbon olması şeklinde değiştirmiştir [47]. Finlandiya 2015'e kadar, Norveç 2017'ye kadar pasif ev standartlarında yapı üretmeyi; 2020'ye kadar Fransa yeni yapılarının enerji-pozitif, Almanya yapılarının fosil yakıtlardan bağımsız olmasını, Macaristan karbon salınımı sıfır olan yapılar üretmeyi, İrlanda sıfır karbon salınımı 2013 yılına kadar sağlamayı hedeflemektedir [24]. Ayrıca yapı stoğunun enerji performansına, sürdürülebilirliğine, iklim ve çevre ile uyumluluğuna göre sertifikasyon sistemleri oluşturulmuştur. Birleşik Krallık BREAM'in bir versiyonu olan Ecohomes'u, Almanya PassivHaus'u, Kanada R2000'i, Amerika ise LEED'i geliştirmiştir [48]. Hedefler, standartlar ve sertifikasyon sistemleri çerçevesinde bina enerji performansına dayalı yapı tanımları ve enerji tanımları oluşturulmuştur.

2.2. Türkiye'de Konut Yapılarında Enerji Bilincine Yönelik Tasarım Yaklaşımlarını İçeren Çalışmalar

90'lı yıllarda dünya üzerinde yaşanan gelişmeler daha önce özetlenmiştir. Bu gelişmeler ülkemizde de güneş enerjisinin binalarda kullanılma potansiyeli, yöntemi ve uygulanabilirliği ile ilgili çalışmaları beraberinde getirmiştir. Türkiye'de konut binalarında pasif ve enerji etkin tasarım parametreleri özelinde yapılan akademik çalışmalardan teze yönelik incelenenler aşağıda özetlenmiştir. Çalışmaların gruplamaları yapılırken, araştırmaların güneş

enerjisinden pasif ve aktif olarak yararlanma yöntemlerine dair yerleşim alanı ölçeği, yapı ve yapı kabuğu ölçeklerinde geliştirilmiş olması gözetilmiştir.

Özgen, çalışmasında güneş enerjisi ile ısıtma sistemi terminolojisi, ısıtma prensiplerini ve aktif sistemler ya da karma sistemler ile uygulama örneklerini incelemiştir. Çalışmasının farklı yaklaşımı ise, bu uygulamaların neden Türkiye'ye yansımadığını, uygulanabilmesi için yapılması gereken değişikliklerinin tespiti olmuştur [27].

Elagöz, enerji korunumlu yapıların yönlendirilmesi ve biçimlendirilmesi için en az sıcak dönem ve en sıcak dönem iklim koşullarını içeren bir metod geliştirmiştir. İki aşamalı bu metodun ilk aşamasında, yer, biçim ve yön değişikliklerinin birbiri üzerindeki etkileri güneşlenme yüzdelerine dayanarak belirlenmiştir. İkinci aşamada, bu bileşenlere güneş ışınımının düşey yüzeylerdeki ısı etkileri, saatlik güneşlenme yüzdelerine bağlı enerji kazanımları eklemiştir. Uygulamalar ile bu metodu test ederek geçerliliğini kanıtlamıştır [28].

İnancı, enerji etkin tasarım ve güneş mimarlığını tanımladığı çalışmasında, Türkiye'nin beş farklı şehri için yapı elemanlarının ısı performans açısından iyileştirme yöntemlerini incelemiştir. Konut yapılarında optimum bina en/boy oranını ve güney penceresi boyutlarını tartışmıştır. Güney duvarı boyunca oluşturulan pencereler, toplam enerji tüketimini düşürdüğü ve yalıtım yapılarak da önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabileceğini göstermiştir [15].

Demirbilek, doktora tezinde, bina dış duvarları kütlesi ve dış tasarım sıcaklığı arasında bir ilişki kurmayı amaçlamıştır. Isı akısına maruz kalan bina kabuğu kütlesinin, iç mekan ısı konforunun sağlanmasında ve ısıtma sisteminin boyutlandırılmasında önemli bir etkiye sahip olduğunu açıklamıştır. Değişik iklim şartları altındaki duvar tiplerinin iç yüzey sıcaklıklarını ve sıcaklık akışını "Response Factor" tekniği üzerine kurulmuş bir bilgisayar programı ile

hesaplamıştır. Geliştirdiği yöntem ile iklim bölgesine göre ve cephe yönüne göre uygun yapı kabuğu kalınlığının oluşturulmasını sağlamıştır [29].

Sarıtabak, pencere sistemlerinin gece yalıtımı ve gölgeleme ihtiyacına yönelik olarak çalışmasını SUNCODE yazılımı ile yürütmüştür. Dünyada hali hazırda bulunan iç, dış ve cam arası gölgeleme ve gece yalıtımı aygıtlarının özellikleri tanımlanmış, eksik noktaları saptamıştır. İkisi gece yalıtımı, biri gölgeleme ve diğeri her iki amaca hizmet veren dört ayrı yeni tasarım önermiştir [30].

Kırbeyi ise yapı elemanı ölçeğinde yürüttüğü çalışmasında Ankara özelinde, güney açıklıklarının termal özelliklerini belirlerken trombe duvarının da tasarım gereklerini incelemiştir. Aşırı ısınmaya karşı havalandırılabilen Trombe duvarı ile bina enerji performansını arttırılabileceğini göstermiştir [31].

Volkan, enerji etkin yapı tasarımında çözüm önerilerini, sıcak iklim bölgesi özelinde ve yapı elemanı ölçeğinde incelemiştir. Isıtma ve soğutma enerjisi açığını düşük tutabilmek için kabuk elemanlarının pasif sistem öğeleri olarak optimal performansa sahip olmasını sağlamayı amaçlamıştır. Kabuk elemanının yönlendiriliş durumu ve optik ve termofiziksel özellikleri bu amaç ile inceleyerek uygun “Değerler kombinezonları”nı belirlemiştir. KKTC iklim verilerine göre uygun değerleri içeren tablolar oluşturmuştur [32].

Yapı elemanı ölçeğinden yapı ve yerleşim alanı ölçeğine geçildiğinde, enerji tasarrufu sağlayabilmek için yapı ve yerleşim alanının pasif sistemler olarak tasarlanması gerekmektedir. İklim bölgelerinin farklılık gösteren koşullarına cevap verebilen tasarım parametrelerini ve uygun değerleri belirlemede farklı yöntemler geliştirilmiştir. Ak ve Kocaaslan, yaptıkları çalışmalarda bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, yönlendiriliş, bina biçimi, yer ve bina yüksekliklerine bağlı olarak bina aralıklarını tasarım parametreleri olarak belirlemiş ve parametrelerin kombinasyonlarını içeren yöntemleri kullanarak

bina enerji performansının iyileştirilebileceğini göstermiştir [33,34]. Kadiroğlu, Türkiye'nin dört farklı makro iklim bölgesi çerçevesinde enerji etkin yapı tasarlamaya yönelik kriterleri inceleyip, morfolojik bir tablo oluşturmuştur [35].

2000'li yıllara gelindiğinde ise, sürdürülebilirlik, enerji etkin yapı tanımları, bina enerji performansına dayalı yapı standartları ve yapı malzemesinde sürdürülebilirlik gibi kavramlar öne çıkmıştır. Zeytun, sürdürülebilir tasarım ilkelerinin uygulanmasının çevreye ve insana verilen zararları azaltacağı kabulü ile bina malzemelerinin enerji ve sağlık performansına göre seçimi üzerinde durmuştur. Doğal kaynak tüketimini en aza indirmek için geri dönüştürülebilir, tekrar kullanılabilir malzemeleri ve iç ortam hava kalitesine etkilerini, malzeme tabanlı hava kirleticiler ve gaz toksinlerinin varlığını tespit ettiği bir literatür çalışması yürütmüştür. Sonuç ürün olarak; malzemelerin farklı kombinasyonlarının avantaj ve dezavantajlarının sunulduğu sertifikasyon tabloları hazırlamıştır [36].

Sürmeli, mevcut binalarda enerji kullanımının azaltılabilmesi için alınabilecek önlemleri incelediği çalışmasında ODTÜ Merkez Mühendislik binasında uygulanan yenileme müdahalelerinin ısı yükü azaltmadaki etkilerini Energy-10 programı ile simüle etmiştir. Ofis binalarının ısı performansında belirleyici faktörün ısı yalıtımının duvar dış yüzeyinde yerleştirilmesi olduğunu belirtmiştir. Bu uygulamanın, bina sıcaklığını daha uzun süre ve yüksek değerlerde korumayı mümkün kıldığını ispatlamıştır. Ayrıca, cephelerde yönlere göre alınan önlemlerin yıllık ısıtma enerjisini %50 oranında azalttığı sonucuna varmıştır [37].

Gür, yapı elemanı ölçeğinde yürüttüğü doktora çalışmasında, kullanıcıların farklı gereksinimlerine ve dış etmenlerin dinamik karakterine uyum sağlayabilen değişken yapı kabuklarına yönelik bir destek sistemi geliştirilmiştir. Hedef kitlesini yapı kabuğunu tasarlayan mimarlar ve mühendisler olarak belirlediği bu çalışmasının sonucunda, farklı başlıklarda

değişkenlik/ esneklik seçenekleri/çözümleri içeren ve 0-4 arasında puanlamanın yapılabileceği tablolar oluşturmuştur [38].

Çeviker, çevre kirlenmesi konusunda sorumlu gördüğü mimarlara destek olabilmek amacı ile binalarda güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmalarını ve ısı kayıplarını yapısal önlemler ile engellemesini önermiştir. Bunun için; tez çalışmasında konutlarda güneş enerjisinin pasif olarak uygulanış biçimlerini ve birbirine göre farklılıklarını belirtmiştir [39].

Örnekler ile desteklediği çalışmasında güncel bir bilgi kaynağı yaratmıştır.

Bozdoğan, yapı ölçeğindeki çalışmalarını sağlıklı bir çevre yaşamının sürdürülebilirliği açısından ele almıştır. Ekolojik yapıların tasarım kriterleri ve uygulamaları ile Türkiye'ye uygunluğunu içeren çalışmasında, ülkemizin coğrafi konumu gereğince yeterli yenilenebilir kaynakları sahip olduğu, bölgelere göre farklı stratejiler ile ekolojik yapı yapmanın uygun olduğu sonucuna varmıştır [40].

Özdemir, çalışmasında Türkiye'nin iklim karakterine göre ayırdığı 5 farklı iklim tipolojisi için pasif tasarım parametrelerini ilişkin alan araştırmasının ardından, önerilerini tablolastırmış ve internet üzerinden ulaşılabilen bir kılavuz yaratmayı hedeflemiştir. Binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanabilmesi için ele aldığı tasarım ilkelerini, kullanıcıya ilişkin parametreler, iklime ilişkin ve binaya ilişkin parametreleri inceleyerek oluşturmuştur. Sunduğu tablolardan iklim tipolojilerine göre seçilen ilkelerle ön proje aşamasında alternatiflerin belirlenmesini ve amaca yönelik en az enerji tüketimini sunan alternatif ile uygulama projesinin oluşturulmasını önermiştir [41].

Özmehmet, 2007 yılında, "Sürdürülebilir mimarlık bağlamında Akdeniz iklim tipi için bir bina modeli önerisi" başlıklı doktora tez çalışmasında, Türkiye'de, bina uygulamalarının değerlendirilmesi için ölçme sistemlerinin eksikliğini vurgulamıştır. Bu duruma sebep olarak sürdürülebilir bina modellemesinin

bulunmamasını görmüştür. Mimari form üretici olarak mimara bir kılavuz sunmak amacındaki çalışmasını ekolojik, biyoklimatik ve sağlıklı bina alt modellerine dayandırmıştır. Önerdiği sürdürülebilir bina modelini, İzmir İli 75. Yıl İlköğretim Okulu örneğinde test etmiş ve grafikler ile sürdürülebilir bir model olduğunu somutlaştırmıştır [42].

Harputlugil, erken tasarım evresinde karar vermede hassasiyet analizine dayalı bir yöntem geliştirmiştir. Hassasiyet analizi tasarım parametrelerinin bina performansı üzerindeki etkisinin ve hangi parametrenin daha etkin rol oynadığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Böylelikle farklı iklim bölgeleri için tasarım kılavuzları oluşturmuştur [43].

Yerli ve yabancı çalışmalar, yapı elemanından yerleşim yeri ölçeğine değişen ölçeklerde enerji tasarrufunda mimar ve uygulamacılara yol gösterebilecek basılı veya web kaynaklı çeşitli tasarım kılavuzlarına (IEA TASK 8, Özdemir'in ya da Soysal'ın çalışmalarında sunmuş olduğu iklim tipolojilerine göre tasarım kılavuzları gibi) dönüşmüştür. Ancak, Türkiye'nin yapı stoğunun enerji performansının belirlenmesi ve özelleşmiş yapı standardı ihtiyacı çözülememiştir. Bilgiç, sahip olduğumuz TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, başlığı ile belirlenmiş olan kuralların, enerji etkin yapı konseptine uygun olmadığı gibi özendirici ve teşvik edici de olmadığını vurgulamıştır [44]. Çünkü; yapı formu, yönelişi, yerleşim alanının özellikleri, tüketilen enerji türlerini ve kaynaklarını, yapı malzemesi seçimini üretiminden yapı ömrüne ve dönüşümüne kadar farklı pek çok başlık ile ele alınan enerji etkin ve sürdürülebilir yapı tasarımı içerisinde yalnızca yapı kabuğunun ısı özellikleri, dolayısı ile yapı iklimlendirme sisteminin boyutlandırılması ve karbon salınımının belirlenmesine yönelik olarak oluşturulmuştur.

Kılavuzlara dönüşen çalışmalara karşılık, bina enerji performansına göre oluşturulmuş tanımların ve standartların eksikliğinin tespiti, bu tanımların tezin temel kavramları niteliğinde sunulması gerekliliğini doğurmuştur. Bölüm

2.3'te enerji performansına göre "ev" tanımları, Bölüm 2.4.'te Pasif Ev Standardı, Bölüm 2.4.1 'de pasif ev standardının parametreleri incelenecektir.

2.3. Enerji Performansına Göre Yapı Tanımları

Standartlar ve sertifikasyon sistemlerinde yapıların verimliliğini hesaplamak için farklı sıralamalar ve puanlamalar kullanılmıştır. Farklı enerji performanslarına karşılık gelen yapı tanımlarının anlaşılabilmesi için standartlarda enerji türleri tanımlanmıştır.

Tullner'e göre, Wirth S. ülkelerin ulusal standartlarında binaların enerji tüketimine göre yapıların sınıflandırmasını aşağıdaki gibi özetlemiştir: [3]

Düşük enerjili ev (Low-Energy House), genellikle her ülke için farklı tanımlanmış ulusal standartlardaki sınır değerler çerçevesinde, yaygın yapı stoğuna göre daha düşük ısıtma ihtiyacına sahip yapılardır. Bina kabuğunda yüksek verimle yalıtım yapılması, ısı kazanımlı havalandırma sisteminin kullanılması ve iklimin uygun olduğu bölgelerde pasif solar kazanımlar için güneyde cam cephelerin ve pencerelerin kullanılması düşük enerjili evleri farklı kılacaktır.

Ultra Ev (Ultra House), düşük enerjili evlerle aynı özellikleri taşımaktadır. Ancak bunlara ek olarak; yapı malzemeleri ve bileşenlerinde daha iyi termal özellikler (düşük U değeri gibi) sağlamak üzerine yoğunlaşmıştır.

Pasif Ev (Passive House), Pasif ev konseptini, havalandırma sistemi haricinde ısıtma için başka bir sisteme ihtiyaç duymayan yapılar olarak tanımlar. Havalandırma sistemi, taze havayı dışarıdan alıp ısı değiştiricisinde yapıdan gelen kirli havanın ısısı ile ısıtarak iç mekâna aktarabilir.

Sıfır Enerjili Ev (Zero Energy House), enerji ihtiyacı bakımında kendi kendine yeten evlerdir. Güneş enerjisini ve fotovoltaik sistemleri kullanarak enerji üreten ve depolayabilen yapılardır.

Schnieders, “pasif ev”in pasif güneş kazanımları ile ilişkili olarak çeşitli teknolojiler, tasarımlar ve malzemelerin kesişiminde bir yapı standardını tanımladığını belirtmiştir. Pasif ev, geleneksel ısıtma sistemlerine ihtiyaç duymadan yaz ve kış koşullarında konforlu iç ortam oluşturabilen yapılar olduğunu, bunu yaparken de 1 m² alan için ısıtma yükünün 10W olduğunu söylemiştir. Pasif ev yaklaşımının bileşenleri, temelde 3 bileşen (yüksek seviyede yalıtım, ısı geri dönüşümü ve pasif güneş kazanımları) ve devamında elektrik enerjisini etkin kullanımı ve enerji açığını dönüştürülebilen kaynaklar ile tedariki olduğunu açıklamıştır [49].

Feist, Wirth’in düşük enerjili ev tanımına yakın olarak, *pasif ev* tasarımının ana fikrini, ısıtma sistemini çok basit çözebilmek için yapı kabuğunun termal performansını geliştirmek olduğunu belirtmiştir. Termal performansı geliştirmenin yöntemini ise duvar ve pencerelerin yüzey sıcaklıklarını iç ortam sıcaklığına yakın tutmak ve mekanın tümünde ısıtma ihtiyacını azaltmak olarak özetlemiştir [50].

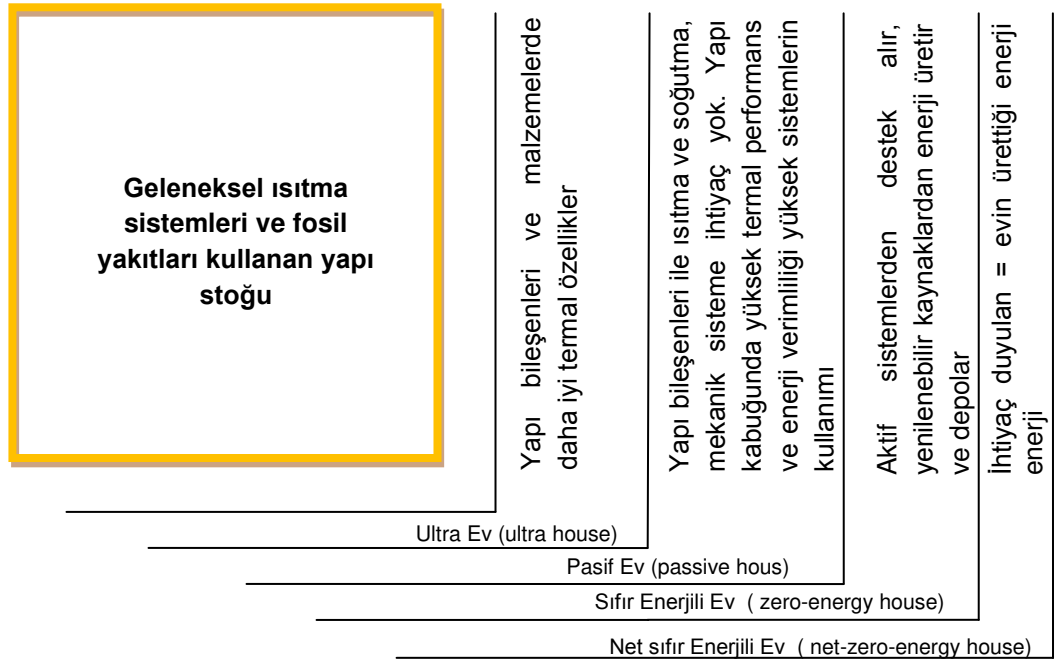
Wang, bir yapının yenilenebilir kaynaklardan enerji eldesinin mümkün olmadığı durumlarda, şebekeden elektrik enerjisi çekerek destek sağladığını ve yenilenebilir kaynaklar kullanılır hale geldiğinde şebekeye elektrik aktarımı şeklinde tersinir bir iletişim kullanıldığını söylemiştir. Binadan şebekeye iki yönlü güç akışının sonucu, net pozitif ya da sıfır enerji tüketimidir. Wang’a göre, sıfır enerjili evlerin teması, sadece pasif tasarım yöntemleri ile enerji tüketimini azaltmak değil, aynı zamanda aktif yöntemlerle ve yenilenebilir teknolojilerle (güneş pilleri, rüzgâr trübünleri...) enerji ihtiyacını dengeleyecek tasarım yapmaktır [51].

ABD Enerji Departmanı (DOE) Bina Teknolojileri Programı’na göre; *sıfır enerjili yapı (ZEB)*, enerji ihtiyacını geri dönüşümlü teknolojileri kullanarak dengeleyen böylece enerji ihtiyacını büyük ölçüde düşüren konut ya da kamu yapısıdır. Binadan şebekeye net pozitif güç akışının sonucu *Net Enerjili Binalar (Net Energy Building)* ya da *Net Sıfır Enerjili Binalar* oluşmuştur.

Thullner ise genellikle yapının sakinleri ve sistemleri tarafından tüketilen enerjinin, bina tarafından yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilene eş olması durumu olarak tanımlar [3].

Marszal ve ark. göre, net sıfır enerji tüketen yapı, yıllık birincil enerji tüketimini geri dönüşümlü kaynaklar kullanarak enerji üretimi sağlayan yüksek seviyede enerji etkinliğine sahip yapıdır [52]. Laustsen net sıfır enerjili yapıları, tüm yılı doğal olarak geçiren yani şebekeden aldığı elektrik enerjisini yine sisteme iade edebilen yapılar olarak tanımlamıştır [51].

Yapılarda enerji tüketimine yönelik olarak yapılan tüm bu sınıflandırmaları Şekil 2.2'deki gibi özetlemek mümkündür.



Şekil 2.1. Enerji tüketimlerine göre "Ev" sınıflandırması

Düşük enerjili ev, ultra ev ve pasif ev konseptinde ortak ve temel yaklaşım enerji korunumunu sağlamaktır. Pasif ev standardında enerji korunumu ile beraber ısıtma ve soğutma enerjisi açığını en az indirme çabası gündeme gelmiştir. Geleneksel yapı anlayışının negatif yöndeki enerji gelişimini pozitif çevirip, artı enerji üreten yapı sınıflarına geçişte bir adım oluşturmaktadır. Sıfır enerjili ev ya da net sıfır enerjili ev, enerji üretebilen sistemlerle

donatılırken, öncelikle ihtiyaç duyduğu enerji miktarını minimize edecek bir yaklaşım geliştirmektedir.

Bu çalışmada, yapının mimari nitelikleri sayesinde sahip olduğu enerji etkinliği potansiyelinin değerlendirilebileceği pasif ev standardı çalışma kısıtı olarak belirlenmiştir. Yapının yenilenebilir kaynaklardan enerji eldesi sağlayan pasif ve aktif güneş mimarlığı sistemleri çalışma çerçevesine dahil edilmemiştir.

2.4. “Pasif Ev” Yapı Standardı

“*Pasif ev*” tanımının yönetmelik ve standartlardaki sınır değerleri; iç mekanın ısıtma enerjisi ihtiyacını için 10 W/m^2 ve ısıtma, sıcak su ve elektrikli ev araçları için harcanan toplam birincil enerji miktarının 120 kWh/m^2 olarak belirlenmiştir [49]. Georges, uygulama örneklerinde yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde 15 kWh/m^2 'lik optimum bir değere ulaşıldığını belirtmiştir [76]. Bununla beraber, pasif evin sızdırmazlık değerinin (50 Pa basınçta) en fazla 0.6 h^{-1} olması gerekmektedir.

Bir yapıyı yukarıda bahsedilen sınır değerlerin içerisinde tutacak ve pasif ev olmasını sağlayacak yöntemler şöyle özetlenebilir:

1. Pasif evin temel fikri, ısı kayıplarını en aza indirmektedir. Dolayısı ile yapı kabuğunun *yüksek ısıl performans*a sahip olması beklenir.
2. *Güneş enerjisinden* aydınlatma ve ısıtmada en yüksek düzeyde yararlanılmalıdır.
3. İç kava kalitesinin kontrol altında tutarak ısı kazanımı sağlayan ve havalandırma yapan sistemler *verimliği yüksek sistemler* olarak *seçilmelidir*.
4. Binanın final enerjisi üzerinde doğrudan etkili olan, sıcak su sağlayan sistemler ile diğer elektrikli ev aletleri ve aydınlatma için seçilen ekipmanların enerji tüketimi düşük olmalıdır [50].

Yapının pasif ev standartlarını sağlayabilmesi için gerekli olan 1 ve 2. maddeler, direkt olarak mimar tarafından tasarım aşamasında kontrol edilebilir. 3. Madde daha çok mühendislik alt yapısına sahip çalışmalar ile şekillendirilebilir. 4. Maddede ise kullanıcıya doğrudan bağımlıdır. Dolayısı ile bu çalışmada, 1 ve 2. Pasif ev tasarım şartları üzerinde yoğunlaşmıştır.

2.4.1. Pasif ev standardına göre tasarım parametreleri

Ülkelerin standartlarına ve ortak yürütülen projeler neticesinde yukarıdaki gibi bir sıralamaya ulaşmak mümkündür. Bu maddeleri detaylandırmak sureti ile bir tasarım kılavuzu yaratılabilir.

1.Yüksek ısı performansına sahip yapı kabuğu

Temel olarak, ısı direnci yüksek olan malzemeler ile oluşturulmuş dolayısı ile ısı iletim katsayısı düşük olan, hava sızıntılarının ve ısı köprülerinin engellendiği bir kabuk tasarımı beklenir. Pasif ev standardında yapı kabuğu ısı kütlesi olarak kullanılabilir. Bununla beraber, beklenen ısı iletim kat sayısı, U değeri 0.09 W/m²K ile 0.15 W/m²K arasında değişmektedir.

Bir saatte, 50 Pa basınç altında iç ve dış ortam arasındaki hava değişim oranı en fazla 0,6 h⁻¹ olmalıdır. Genel uygulamalarında Avusturya bu değeri 1 h⁻¹, ulusal standartlarında 1-3 h⁻¹ olan Belçika uygulamada 7.8 h⁻¹, Almanya 1.5-3 h⁻¹, İngiltere 4 h⁻¹ gibi değişen oranlarda hava değişimi sağlayabilmiştir. Projeler detaylandırılırken ve imalatla ısı köprülerinin oluşmamasına dikkat edilmelidir. Birbiri ile birleşen iki yapı malzemesi arasında izin verilen doğrusal ısı iletim katsayısı 0,01 Wm/K'den azdır [52-54].

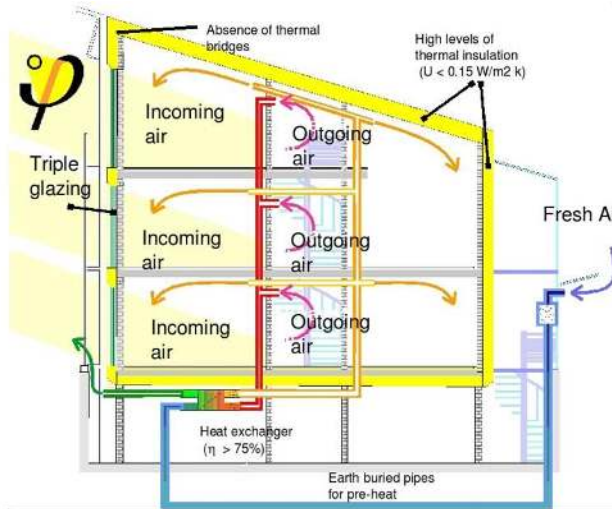
2. Güneş enerjisinden aydınlatma ve ısıtmada en yüksek seviyede yararlanma

Kabaca pencereler ve yönlenme olarak özetlenebilecek bu başlık altında pencereler, net güneş enerjisi kazanımı sağlayan, aydınlatmada ve

havalandırmada faydalanan sistemler olarak incelenmelidir. Pasif evin pencereleri, termofiziksel ve optik özellikleri ile beraber pasif güneş mimarlığı tasarım kriterlerinden yönelme ile beraber değerlendirilmiştir. Orta Avrupa ülkeleri için pencerede önerilen toplam ısı transfer katsayısı $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Ayrıca pencere çerçevesinde ısı transfer katsayısı yine $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Camdan beklenen toplam güneş ışıınımı geçirim katsayısı (g değeri) ise %50-60 oranındadır [49]. Genel uygulamalarında Almanya g-değerinde %58, U değerinde ise $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$; İngiltere %50'den fazla g değeri, $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lik ısı transfer katsayısı oluşturmuştur [54].

3. Verimliliği yüksek ısı geri kazanımı sağlayan havalandırma sistemleri

İç ortam hava kalitesini sağlamak için ele kontrol edilen pencerelerin kullanımı ısı kayıpları oluşturacaktır. Ayrıca iç ortamdan dışa, dıştan içe hava sızıntılarını önleyemeyeceği gibi hareket halindeki havayı iklimlendiremeyecektir. Bunun yerine atık havadan ısı geri kazanımı sağlayan mekanik sistemler (heat recovery) tercih edilmelidir. Resim 3.2'de ısı geri kazanımı sunan mekanik bir havalandırma sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir. Bu sistemleri için beklenen verimlilik %75'dir, tipik hava değişim oranı ise $0.25\text{-}0.4 \text{ h}^{-1}$ aralığında olmalıdır [50].



Resim 2.1. Pasif Evin havalandırma şeması [3]

Uygulama aşamasında pek çok ülke hala elle kontrol edilen havalandırma sistemi kullanmaktadır. Ancak Hollanda %95 oranında, Almanya %75'ten daha fazla, Norveç %75, Danimarka %65 oranında ısı geri kazanım sistemleri kullanımına uygundur. İngiltere istisna olarak, genelinde doğal havalandırma için mekanik sistemlerden destek almaktadır ancak ısı geri kazanımı sağlayan sistemler kullanmamaktadır [54].

4.Enerji etkin elektrikli aletler, aydınlatma ve su ısıtma sistemleri seçimi

Avrupa Komisyonu'nun raporuna göre; konutlarda final enerji açığının %25'i günlük kullanılan elektrikli ev aletlerinden kaynaklanmaktadır. Ülkelerin genel uygulamalarında yaygınlaşmış enerji sınıfları oluşmasa da pasif ev uygulamalarında bu giderlerin %50 oranında azaldığı görülmüştür [54].

Çizelge 2.1. "Pasif Ev" Standardı sınır değerleri [54]

"PASİF EV " standardında tavsiye edilen ve uygulamadaki en iyi bileşen nitelikleri	
özellikler	tavsiye edilen değerler
Yüksek ısı performansına sahip yapı kabuğu	
Yapı kabuğu opak bileşen	
yalıtımı U (W/m ² K)	<0.15
Isıl köprü oluşturmeyen sistem	
doğrusal ısı iletim katsayısı (W/mK)	<0.01
Yapı kabuğu saydam bileşeni	
cam bileşen- düşük U (W/m ² K) katsayısı, yüksek g-değeri	
toplam ısı transfer katsayısı-U (W/m ² K)	<0.8
toplam güneş geçirir katsayısı-g (%)	%50
pencere-bütün pencere sistemi-ısı köprü yok, yalıtılmış çerçeve	
toplam ısı transfer katsayısı-U (W/m ² K)	<0.8
toplam güneş geçirir katsayısı-g (%)	%75
Hava sızıntıları	
hava sızıntısı ile ısı kayıpları (W/K)	<5 W/K
hava sızıntı oranı (%)	<%3
Isı geri kazanımı sağlayan havalandırma sistemleri	
verimlilik (%)	>%75
Enerji etkin elektrikli ev gereçleri, sıcak su ve aydınlatma ekipmanları seçimi	
Elektrikli ev gereçlerinin A sınıfı verimliliği	%60
Elektrik enerjisi için tüketilen birincil enerji limiti	< 55 kWh/m ²

Pasif ev standardına dair belirlenmiş olan sınır değerler yukarıda açıklanmıştır. Bu bilgileri ışığında Pasif Ev'in özellikleri Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

1970'ten bu yana binaların enerji açığını azaltmaya yönelik "pasif ev" uygulamalarından alınan sonuçlar raporlaştırılarak paylaşılmıştır. CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) pasif evlerin kullanıcı, enerji tüketimi ve konfor odaklı yapılan testler ve birikimlere göre, alışlagelmiş konut uygulamalarına göre, pasif ev %15-20 kadar daha az ısıtma enerjisine ihtiyaç duymaktadır ancak %10 oranında ekstra maliyet yaratmaktadır. Elektrikli ev aletlerini de içeren toplam birinci enerji tüketimine ise pasif evler geleneksel konutlardan %50 daha az enerji açığına sahiptir [49].

CEPHEUS gibi, İngiltere özelinde Avrupa Komisyonunu altında Akıllı Enerji Avrupa Programı dahilinde pasif evler oluşturulmuştur. Düşük enerjili yapı gelişiminde, binaların enerji açığını azaltmak için; güneş enerjisi aktif ve pasif olarak faydalanıldı, yapı kabuğundan ısı kayıpları azaltıldı, var olan yapı bileşenleri geliştirildi, yenilenebilir kaynakları kullanan enerji sistemleri eklendi. Ancak, iki problem üzerinde özellikle durulmuştur. Birincisi, hava sızdırmazlığı sağlayan yapı kabuğunun pencere ya da ek havalandırma sistemi yoksa iç hava kalitesinde düşüş yaratmasıdır. İkincisi ise enerji açığını azaltmak için yapılan çalışmaların ek maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bu maliyet yakıt tasarrufu ile dengelenememiştir.

CEPHEUS projelerinde, maliyet uygunluğunu yakalayabilmek için bina bileşenleri, pencereler ve otomatik havalandırma sistemleri arasında bir denge kurulmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur. Beklenen sanayide ve hammaddede üretim maliyetinde düşüş olmasıydı. Wing pasif evin, artık bir adım ötesinde ve sıfır enerjili ev halini aldığını ve endüstrinin de bu duruma uyum sağladığını belirtmiştir [53].

duyduğu ısıtma ve soğutma yükleri ihtiyacına göre ve güneş ışıınımi miktarının yere, aylara, saatlere ve yönler'e göre değişimine göre belirlenmelidir.

Pencere sistemlerinin performansı ise gerçekleşen hava sızıntıları ve ısı transferi yolu ile kayıp veya kazançlar ayrıca pencerelerden giren direkt güneş ışıınımi miktarına bağlıdır. Pencere sistemi şeffaf ve opak bileşenlerin toplamı kadar etkilidir. Ayçam ve ark.'nın pencere sistemini saydam bileşenlerinin ısıl performansın belirlenmesinde kullandığı göstergeler, ısı korunum düzeyi, güneş kontrol düzeyi, güneşten ısı kazancı düzeyi, güneş kontrolü yaparken günışığı yeterliliği düzeyidir. Genel olarak soğutma yükünün yüksek olduğu yapılarda, pencerelerden ısı transferi yolu ile istenmeyen ısı kazanımlarının önüne geçilebilmesi için düşük U (ısı transfer katsayısı) değeri sağlanmasını önermiştir. Pencere yüzeyine gelen güneş ışıınımiına karşın önlem almak birincil hedef olduğunu ve güneş ışıınımin iç ortam sıcaklığının yükselmesini önlenebilmesi için güneş ısı kazanım miktarı düşük tutmak gerektiğini vurgulamıştır düzeyidir [56].

Pencerelerde U değeri: Camın orta noktasından gerçekleşen ısı transferini ifade eden, camın kenarlarında nispeten çok olarak gerçekleşen ısı transferini ifade eden U değeri ve sistemin tamamının ısı transfer katsayısı (U değeri) olmak üzere 3 adettir. Pencere sisteminin ortalama ısı geçirim katsayısı (W/m^2K), birim alandaki iletim, taşınım ve ışıma yolu ile gerçekleşen ısı transfer miktarını belirler. U değeri düştükçe ısı korunumu artar düzeyidir [56].

Güneş ısı kazanım katsayısı ($SHGC$, F): Pencere sistemini bütününde, cam tarafından iç ortama geçirilen ısı enerjisi ile cam ve çerçeve tarafından soğurulduktan sonra iç ortama aktarılan ısı enerjisi miktarı toplamıdır. Isıtma ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda $SHGC$ (solar heat gain co-efficient) değerinin de yüksek pencere sistemi oluşturulmalıdır. Güneş ısı kazanım katsayısı ($SHGC$) düşük olan cam sistemi tercih edildiğinde gölgeleme değeri

yüksek, içeriye alınan gün ışığı miktarı ve güneş ısı kazanımı az olacaktır [56].

Gölgeleme katsayısı (SC- shading coefficient): Güneş ışınımının pencere yüzeyine dik geldiği durumda, güneş ısı kazanım katsayısına oranının 3mm'lik düz cam ile karşılaştırılması olan katsayıdır. SC değeri 1 ile 0 arasında bir değer alır ve 1'e yaklaştıkça güneşten ısı kazanımı artar, 0'a yaklaştıkça ısı kazanımı azalır [57].

Serinlik indeksi (cooling index, D_x): Şeffaf yüzey ışık geçirimi, görülebilir alan ışınım geçirgenliği(T_{vis}) ile gölgeleme katsayısının birbirine oranıdır. Ayçam, serinlik indeksi için sınır değer 1 olduğunu belirtmiştir. ($D_x = T_{vis}/SC \geq 1$) [58].

2.6. Pasif Güneş Mimarisi Tasarım Stratejileri

Bu başlıkta, pasif güneş mimarisi tasarım stratejileri, özelleştirilerek Türkiye sıcak nemli iklim bölgesi için tasarım kılavuzları üzerinden incelenmiştir.

Ülkemizde akademik olarak yürütülen çalışmalar, erken tasarım evresinde mimarların yapılardan doğru beklentileri oluşturması ve doğru kararları almasına yönelik kılavuzlar oluşturmaya hedeflenmiştir. Mimaride bilgisayar desteğinin gelişmesi ile beraber tasarımın ilk aşaması ve geliştirme aşamasında daha fazla geri dönülebilir deneme yapılması karar aşamasındaki stratejilerin belirlenmesini kolaylaştırmıştır. Bu sebeple çalışmaların çoğunda bilgisayar destekli simülasyon programları kullanılmıştır.

Özmehmet, geliştirdiği Akdeniz iklim tipi için sürdürülebilir bina modeline ait tasarım kontrol listesinde yönlenme ile ilgili kriterlerini ve idealizasyonunu özetlemiştir. Pasif güneş enerjisinden kışın yüksek kazanç yazın korunma sağlanması için güneyden 30° sapma yapılmasını, güneşten aktif olarak yararlanma için ideal güneye açılan cepheler ve güneye yönlenmiş çatı eğimi kullanılmasını, günışığından yararlanmak için güneyden 15° sapılmasını önermiştir. Hakim rüzgar yönüne göre ele alınacak yönlenmelerde önerileri

ise tek oda derinliğinde doğal serinletme ve havalandırma için, hakim rüzgar yönünden 60^0 'den az, oda derinliğinin artması halinde ise hakim rüzgar yönünden $25-40^0$ 'den az sapma yapılmasıdır [42].

Yılmaz, nemli ve ılıman iklimlerde, uzun süren kış sezonunda kabukta büyük bir termal kütle yaratmanın gerekli olmadığı vurgulanmıştır. Bu iklimdeki geleneksel konutların, kış aylarında daha fazla direkt güneş ışımasını yapı içerisine alabilmek için güney cephesindeki pencereleri geniş tuttuklarını belirtmiştir. Soğuk kış rüzgarlarından kuzey cephesini korumak için ağaçlar ya da diğer binalar kullanılmıştır. Ancak komşu yapıların güneyden gelen direkt ışımasını kesmemesi için, yerleşim planının iyi oluşturulması gerekliliği üzerinde durmuştur [59].

Özdemir, Antalya İli'ni de kapsayan sıcak-nemli iklim bölgesi için, oluşturduğu kılavuz tabloda, form için geniş cephesi rüzgara açık, zeminden yükseltilmiş, ince uzun dikdörtgen bir yapı önermiştir. Yönlenme için ise güneyden doğuya doğru 19^0 , batıya doğru 30^0 'lik sapmanın geçerli yerleşimi sunacağını belirtmiştir. Ayrıca, opak bileşenler için, yutuculuğu az, yansıtıcılığı yüksek malzeme seçimi; havalandırmaya yardımcı olabilmesi için, eğimli ve yükseltilmiş çatı; pencerede ise iç ve dış ortam arasında havalandırmaya izin veren, parlama ve direkt güneş ışımasına karşı gölgelenmiş geniş açıklıklar önermiştir [41].

Soysal, güneş ışıma şiddeti, bölgesel rüzgar hızı, kalite ve sürekliliği gibi özellikler yönleri göre değişiklik gösterdiğinden optimum yönlenmenin güney ile yaptığı açı belirlenirken hakim rüzgar yönleri ile değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Hafif konstrüksiyonlu, yutuculuğu az, yansıtıcılığı yüksek yapı kabuğu gerekir [60].

Su, pasif tasarım öğelerinin konutlarda enerji tüketimi üzerindeki etkisini tartıştığı çalışmada, güney yarıkürede 200 konut örneğinin kış koşullarında tükettiği ekstra enerji miktarını ele almıştır. Analiz sonuçlarının gelecekte ısıtma mevsimi enerji tüketimini azaltmak üzere pasif tasarım

kriterlerinin oluşturulmasında kullanılmasını amaçlamıştır. Farklı iklim tipolojileri ve yerleşmeler için genel geçer pasif tasarım kılavuzları oluşturulamayacağını, tasarım öğelerinin yerel, baskın iklimsel ve konut tasarımı, taşıyıcı sistem, malzeme seçimine bağlı ısı problemlere çözüm oluşturabilecek nitelikte olması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca enerji etkinliği için başarılı pasif konut tasarımı örneğinin, mimari özellikleri, inşaa özellikleri, malzeme özellikleri ile bir bütün olması gerektiği, tasarım öğelerinden birinin göz ardı edilmesinin başarısız sonuç doğuracağını belirtmiştir [61].

Attia, mimari pratikte sıfır enerjili yapılar için tasarımın erken döneminde entegre enerji simülasyonu yapan destek araçlarının eksikliğini vurgulamıştır. Son on yılda simülasyon programlarını gelişmesine rağmen sıcak iklim bölgelerinde konfor koşullarının test edilebileceği kullanıma hazır bir uygulamanın eksikliği tespit edilmiştir. Ayrıca mevcut araçların çoğunlukla “tasarlanmış yapının” performansına yönelik sonuçlar verdiği, tasarım bilgilendirme sorunu açıkta bıraktığı belirtmiştir. Mısır özelinde konut yapılarında, tasarımcılara erken dönem tasarım alternatiflerinin değerlendirilebileceği hassasiyet analizine dayalı bir model geliştirmiştir. Çalışmasının sonucunda ise sonuçların geçerliliği örnek bir dosya ile test edilmiştir [62].

Tzikopoulos, Yunanistan, Akdeniz ve Avrupa’yı kapsayan bir çalışma ile 77 yapıda, uygulanan bio-klimatik önlemlerin karbon salınımı ve enerji tüketimi üzerindeki etkilerini tartışmıştır. Çevresel faktörlerde yapının ait olduğu enlem, yükseklik, dış ortam sıcaklığı, derece-gün bölgesi, güneşli gün sayısı, bina özellikleri, alan, hacim; pasif güneş sistemleri arasından da güneş enerjili su ısıtıcılarını, gölgeleme, doğal havalandırma, seralar, ısı depolayabilen duvarları incelemesine dahil etmiştir. Sonuçlarında, Akdeniz İklimi’nde, lineer ve yalın bina formunun enerji etkin olduğu ve pasif tasarım sistemlerinin çoğunu gibi ısı depolayabilen sistemlerin-duvarların enerji etkin olmadığını vurgulamıştır. Sonuçları ile mimarlar, mühendisler ve politikacılar için bir model oluşturmuştur [63].

Ralegaonkar, pasif güneş mimarlığı çerçevesinde enerji etkin akıllı binalar oluşturmada kullanılabilecek prensipleri ve sistemleri (yer, iklim verileri, yönlenme, bina şekli, pencereler) çalışmıştır [64].

Mlakara ve ark., Slovenya'da, ayırık nizam pasif ev örneğinde, sıcak yaz aylarında iç ortam sıcaklığının yükselmesine sebep olan etkenleri analiz ve simülasyonlarla incelemiştir. Gün boyu gölgeleme elemanlarının kullanılması ve açık pencerelerle gece serinliğinin yapı içerisine alınması gibi basit önlemlerin iç sıcaklıkları konfor koşulları dahilinde tuttuğunu belirlemiştir [65].

Karagözlü, çalışmasında konutlarda enerji giderlerinin düşürülmesinde etkili olan faktörleri incelemiş ve İstanbul özelinde bir toplu konut alanında uygulama yapmıştır. Konutların mevcut durumuna karşılık önerdiği alternatiflerin enerji tüketimindeki etkisini maliyet analizleri ile beraber incelemiştir ve tasarımcının ilk tasarım kararlarının yapı ömrüncü tükettiği enerjiyi azaltmakta önemli olduğunu vurgulamıştır. Enerji giderlerinde etkili olan tasarım parametrelerini ısıtma ve iklimlendirme enerjisinde etkili olan ve aydınlatma enerjisini azaltmada etkili olan tasarım parametreleri olarak gruplandırmıştır. Binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın yöneliş durumu, binanın formu, bina kabuğunu optik ve termofiziksel özelliklerini ısıtma ve iklimlendirme enerjisini düşürmeye yönelik tasarım parametreleri olarak ele almıştır [66].

Bina enerji performansını, ısı kayıp ve kazançlarının yapı kabuğu ile kontrolü etkiler. Yapının dış hava koşullarına direkt maruz kalan kabuk yüzey alanını yapının eni-boyu ve genişliği yani biçimi belirler. Yüzeyden ısı transfer miktarını ise kabuk yüzey alanının iklimlendirilen hacme oranı ile doğru orantılıdır. Isıtma ve/veya soğutma ihtiyacının baskın olduğu iklimlerde, kompakt yapı formu oluşturulması tercih edilmelidir. Ancak, kompaktlık yapı performansına kazanç sağlayabilecek çevresel etkenlerden (güneş, rüzgar) yararlanma imkanını da düşürmektedir. Özmehmet, Kareden dikdörtgen ve mafsallı formlara geçmenin, aynı hacim sunan kareden daha uzun plan şemasına geçişin, ısı aktarımını arttırdığını vurgulamıştır. Ayrıca, parçalı plan

tipolojisinin yüzey alanının artmasına rağmen, havalandırma ihtiyacını yüksek olduğu Akdeniz iklimi için, uygun olduğunu belirtmiştir [42].

Yapı formunun ısı performansına etkisi değerlendirilirken plan düzlemindeki tipolojisine bağlı boyutları ile beraber yüksekliği de değerlendirilmelidir. Çok katlı yapılarda, çatı alanı ile dış duvar alanı oranı az katlı yapılara göre nispeten daha düşüktür. Bu durum çatı yüzeyinden gerçekleşen ısı transferinin yapının toplam performansına etkisi azaltacaktır. Az katlı yapılarda çatının termal özellikleri yapı performansını belirlenmesinde önemli bir kriter haline gelmektedir. Ancak yapı yüksekliğinin artması maruz kaldığı rüzgar sebebi ile hava sızıntıları ve ısı kaybını da artıracaktır.

Zaki, tropikal iklim koşullarında pasif soğutmanın ön planda olduğu çalışmada, binanın güneş ve hakim rüzgar faktörlerine göre bir yönelme önermiştir. Ekvatorda, kuzey ve güney yönlerinde doğu-batı yönlerine göre yaklaşık yarısı miktarında güneş ışıınımı kazanımı olduğunu belirtmiştir. Yapı formunda, doğal havalandırmaya imkan veren ve kuzeye geniş cephe açan doğu-batı cephelerini dar tutan dikdörtgen bir yapı oluşturmuştur [67]. Gong, duvar kalınlığı, çatı yalıtım malzemesi kalınlığı, yönler göre pencerelerin yerleşimi, pencere alanının duvar alanına oranı, pencere tipi, yatay gölgeleme elemanı derinliğinin güneş odası (kış bahçesi) derinliğine oranı olarak belirlediği pasif tasarım parametreleri ile Çin için pasif tasarım kılavuzu oluşturmuştur [68].

Yerli ve yabancı tüm kılavuzlar özetlendiğinde Antalya ili iklim özelliklerine sahip bir bölgede, aşırı ısınmadan kaçınmak için yapının doğu batı doğrultusunda uzanıp geniş cephesini güneye açması gerektiği ortaya çıkmıştır. Yapı formunda kompaktlık için dikdörtgenin kareden daha verimli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca rüzgarın serinletici etkisinden faydalanabilmek için geniş cephelerin hakim rüzgar yönüne açılması önerilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Amaç- Kapsam ve Hedefler

Alan araştırması ile Türkiye’de bina enerji performansına göre özelleşmiş yapı standardının eksikliği, binayı yaratma ve üretme sürecinde yapının mekansal özellikleri neticesinde sahip olduğu niteliklerinin enerji tasarrufu potansiyelinin göz ardı edildiği tespit edilmiştir. Daha önce vurgulanmış olan bu gerekçeler ile tez *kapsamında*, mimari tasarım sürecinin erken evrelerinde, bina enerji performansına dayalı olarak tasarım kararlarının alınmasına, binadan beklenen performansın belirlenmesine yardımcı olmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın çerçevesini, pasif ev standardı, az katlı konut yapıları ve örnek çalışma alanı olarak Antalya İli’nin seçimi belirlemiştir.

Binaların enerji performanslarına göre oluşturulan tanımlar Bölüm 2’de tanımlanmıştır. Alışılacık kaynakları kullanarak enerji ihtiyacını karşılayan yapı stokundan, yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi yapabilen ve ürettiği enerjiyi şehir şebekesine aktarabilen yapılara geçişte, “Pasif ev” ara basamaktır. Aktif sistemlerden destek almaksızın, mimari nitelikleri sayesinde tükettiği enerji miktarını en aza indirebilmesi sebebi ile “pasif ev standardı” çalışma *kısıtı* olarak seçilmiştir.

“Pasif ev standardı”, deneysel olarak yürütülen CEPHEUS programı raporlarına göre geliştirilmiştir. Almanya, Norveç, Danimarka, Finlandiya, Avusturya, İsviçre, Polonya ve İngiltere bu raporları temel alan pasif ev standardını paylaşmıştır. Program kapsamında oluşturulan proje örnekleri, çoğunlukla az katlı konutlar olarak oluşturulmuştur. Standart kapsamında ise yapı yüksekliği ile ilgili bir sınırlama bulunmamaktadır [77]. Türkiye İmar Yönetmeliği’nde yüksek katlı bina, 10 kat veya daha yüksek katlı bina olarak tanımlanmıştır [78]. Güneş ışınlamından pasif olarak yararlanmada, yapının kendi üzerine attığı gölge önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, gölgenin

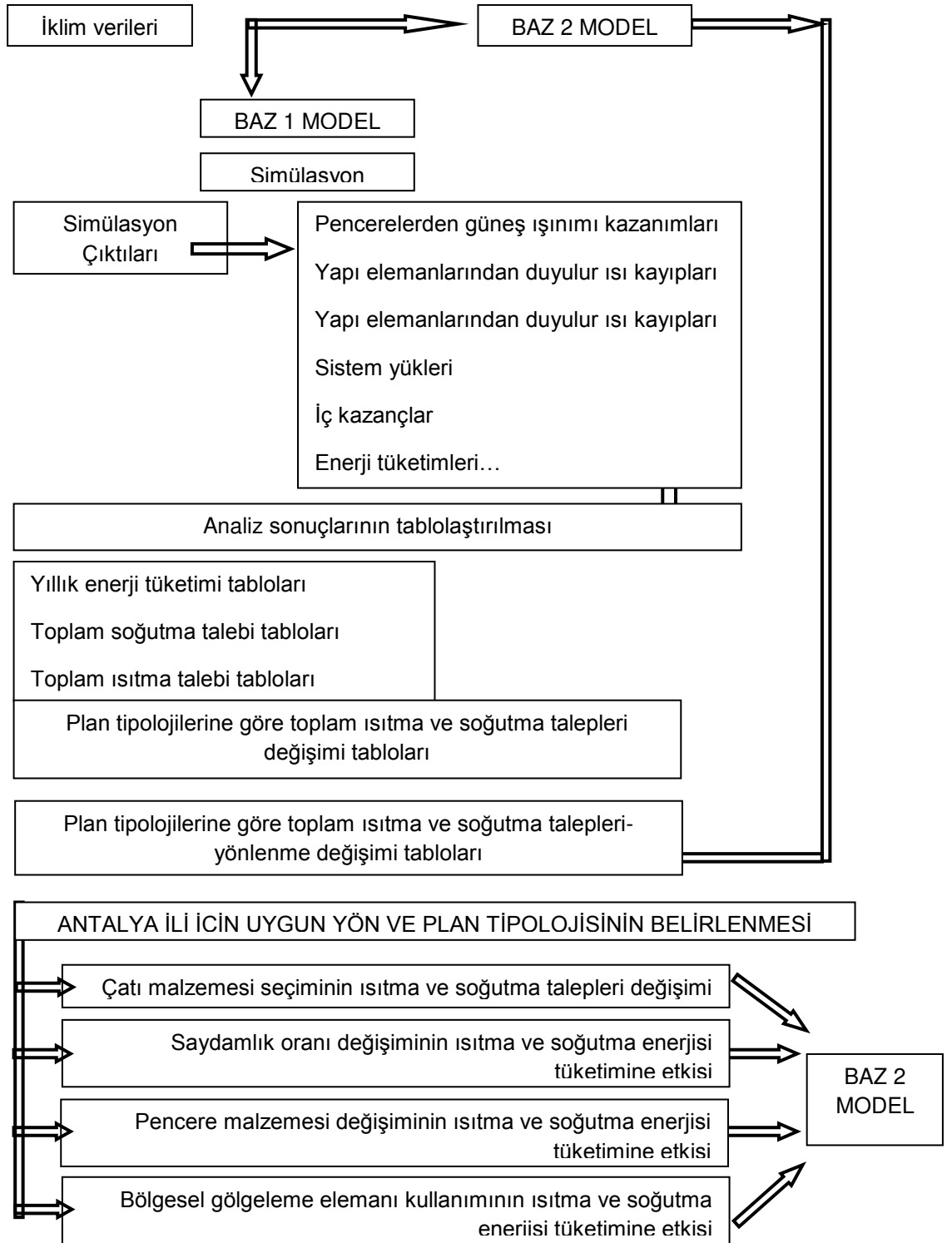
sadece plan tipolojisi değişiminden kaynaklı etkisini inceleyebilmek için analizlerde tek katlı yapılar kullanılmıştır. Binaların yıllık enerji tüketimlerinin belirlenmesinde ısıtma talepleri kadar soğutma enerjisi tüketimi de etkili olmaktadır. Bu sebeple soğutma taleplerinin yoğun olduğu Antalya İli *kısıtlar* arasındadır.

Türkiye nihai enerji tüketim oranları 2010 yılı rakamlarına göre %35 oranında konut ve hizmet sektöründe gerçekleşmiştir [79]. Bu oran gözetilerek çalışmanın çerçevesinde yapı fonksiyonu konut olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın ana hedefi, pasif ev standardı parametrelerinin bina enerji performansı üzerindeki etkilerini sayısal olarak tespit etmektir. Alt hedefler yapı ve yapı elemanı ölçeğinde gruplandırılmıştır:

- Yapı ölçeğinde yapının formu ve yönlenmenin bina enerji performansına etkisini hesaplamaktır.
- Bina enerji performansını daha iyiye ulaştırmak için yapı elemanı ölçeğinde alınabilecek önlemleri değerlendirmektir.
- Bina kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri, pencere-duvar oranları, bölgesel gölgeleme elemanı kullanımlarının bina performansını nasıl değiştirdiğini incelemektir.

Bu bölümde çalışma kısıtları ve yöntemi detaylı olarak açıklanacaktır. şekil 3.1’de analizlerin akış şeması özetlenmiştir.

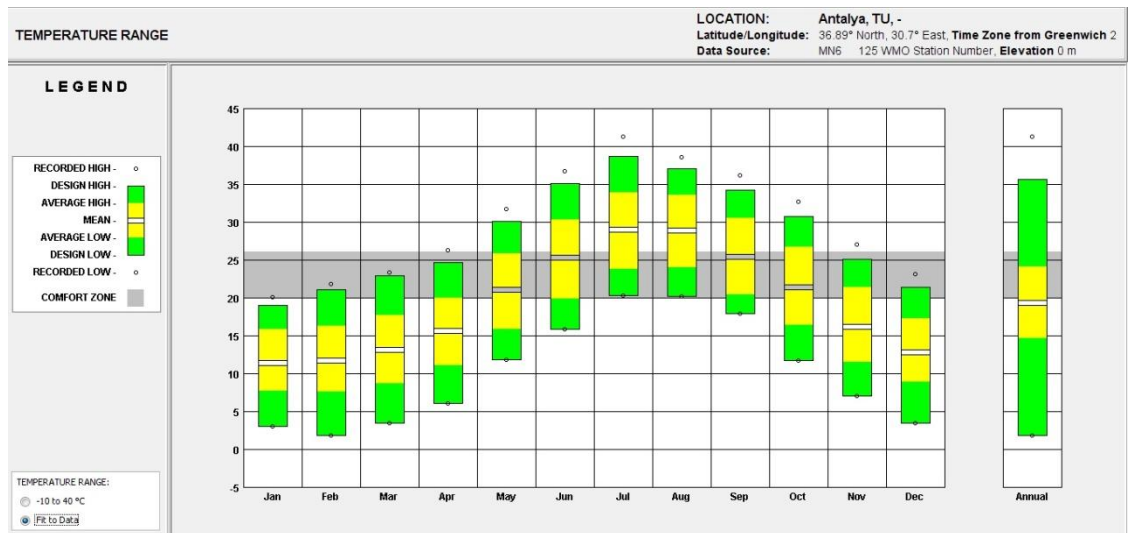


Şekil 3. 1. Analizlerin akış şeması

3.2. Antalya ve İklim

Antalya, 36,70° enlem, 30,73° boylamda yer alır. Antalya'nın yer aldığı iklim bölgesi ve karakteristik özellikleri, uzmanların kullandığı methodlara göre farklı olarak sınıflandırılmıştır. Farklı metodlarla oluşturulmuş iklim haritalarında; Antalya ili Trewartha iklim tipine göre kışları serin, yazları sıcak; Aydeniz ve Erinç iklim tipilerine göre nemli; De Martonne iklim tipine göre yarı nemli; Thornthwaite iklim tipine göre nemli, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde çok güçlü olan ve deniz etkisine yakın iklim olarak nitelendirilmiştir [69].

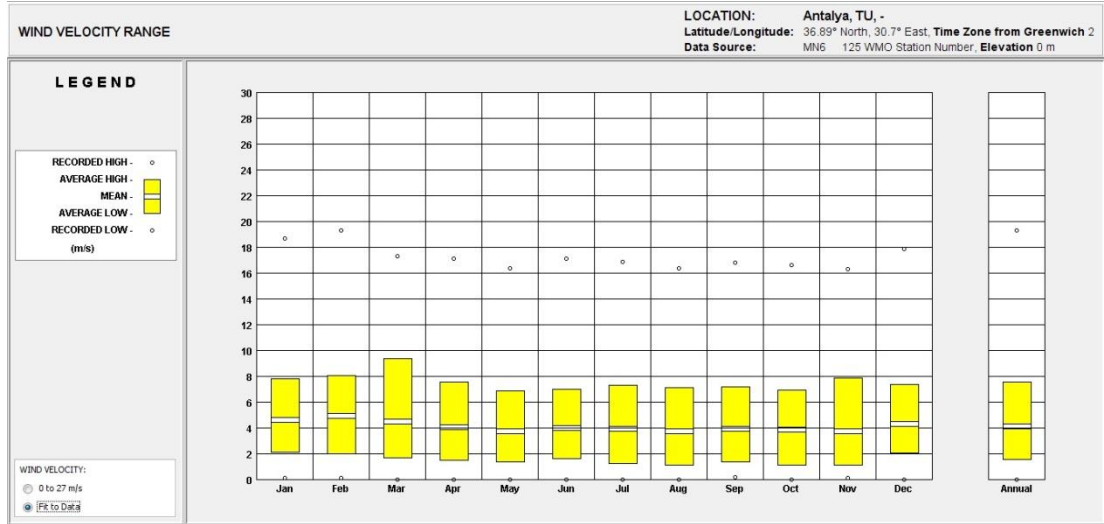
Ilıman iklim bölgesi içerisinde Antalya özelinde iklim verilerinin özetlenebilmesi için; saatlik iklim verilerini grafik olarak sunan Climate Consultant 5 programı kullanılmıştır. Program içerisinde konfor koşulları, normal kış elbiseleri giymiş insanlar için; %50 bağıl nem, 20-23,3°C sıcaklıkta; yaz aylarında hafif yazlık giysiler giymiş insanlar için kış sıcaklıklarına göre 2,8°C daha sıcak bir konfor aralığı tanımlanmıştır.



Resim 3.1. Antalya ili aylara göre sıcaklık dağılımı

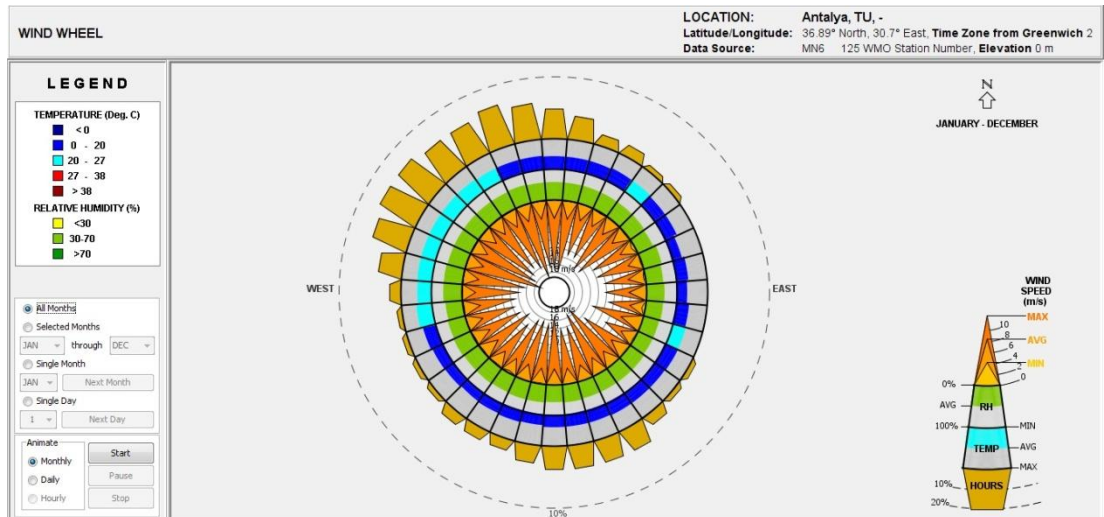
Aylara göre; ortalama sıcaklık değerleri Resim 3.1'de verilmiştir. Mayıs, haziran ve eylül, ekim aylarında ortalama sıcaklık konfor koşulları içerisinde kalmıştır. Ancak, ocak, şubat, mart, nisan, kasım ve aralıkta ortalama sıcaklık konfor koşullarının altında seyretmiş, ısıtma ihtiyacı doğmuştur. Temmuz ve

ağustos aylarında ise mutlak soğutma ihtiyacı vardır. Bunun yanında, bahar aylarında ortalama sıcaklık aralığının en yüksek ve en düşük dereceleri, konfor koşullarına göre soğutma ihtiyacı görülebilir.



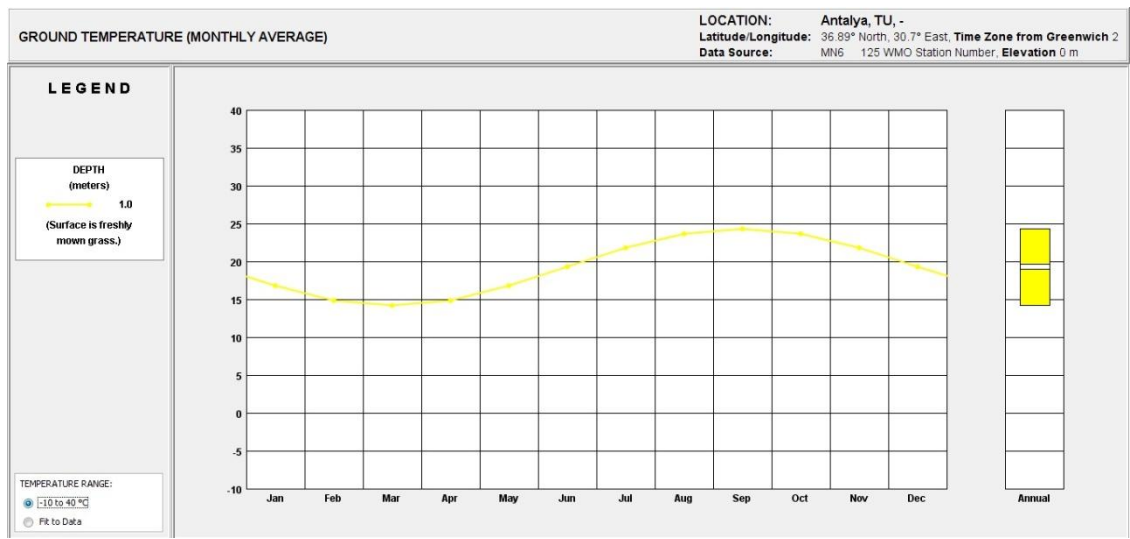
Resim 3.2. Antalya İli aylara göre rüzgar esiş hızı

Yılın içerisinde, ortalama rüzgar hızı 4 m/s olmuştur. En yüksek ölçülen rüzgar hızı, şubat ayında 19 m/s'e yükselmiştir. Tüm yıl boyunca, kuzey ve batı yönlerinden esen rüzgar, sıcaklığı nispeten yüksek (20-27 °C), %30-70 aralığında nem taşımaktadır.



Resim 3.3. Antalya İli aylara göre rüzgar yönü

Yıl içerisinde ölçülmüş kar derinliği yoktur. Resim 3.4'te yüzeyi ot kaplı toprak zeminin 1 m derinliğinde ölçülen toprak sıcaklığı yıllık ortalama 19°C'dir. Ocak ve şubat aylarında ortalama kuru termometre sıcaklığı 11°C iken toprak sıcaklığı sırası ile 16°C ve 15°C'dir. Mart ayında dış ortam sıcaklığı 13°C toprak sıcaklığı 15°C, temmuz ayında dış ortam sıcaklığı 29°C toprak sıcaklığı 22°C, aralık ayında dış ortam sıcaklığı 12°C toprak sıcaklığı 19°C olarak ölçülmüştür.



Resim 3.4. Antalya İli aylara göre zemin sıcaklığı

Çizelge 3.1'de Antalya İli aylara göre, metrekareye düşen yıllık yağış miktarı verilmiştir.

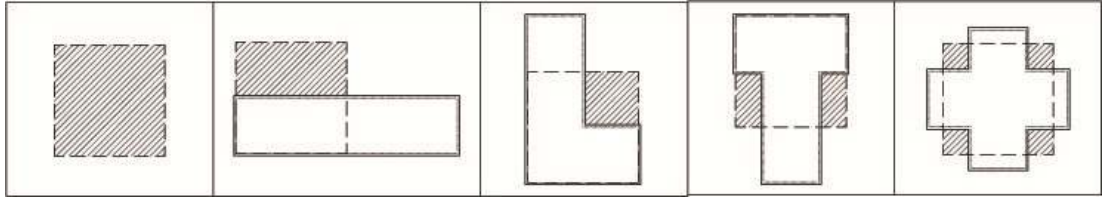
Çizelge 3.1. Antalya İli aylara göre yıllık yağış miktarı [70]

Antalya İli aylara göre düşen yağış miktarı (1970-2011 yılları ortalaması)	
Aylar	kg/m ²
Ocak	209,1
Şubat	157,9
Mart	94,5
Nisan	55,2
Mayıs	29,3
Haziran	7,1
Temmuz	3,3
Ağustos	1,6
Eylül	11
Ekim	74,8
Kasım	156,4
Aralık	242,7

3.3. BAZ Model Tanımı

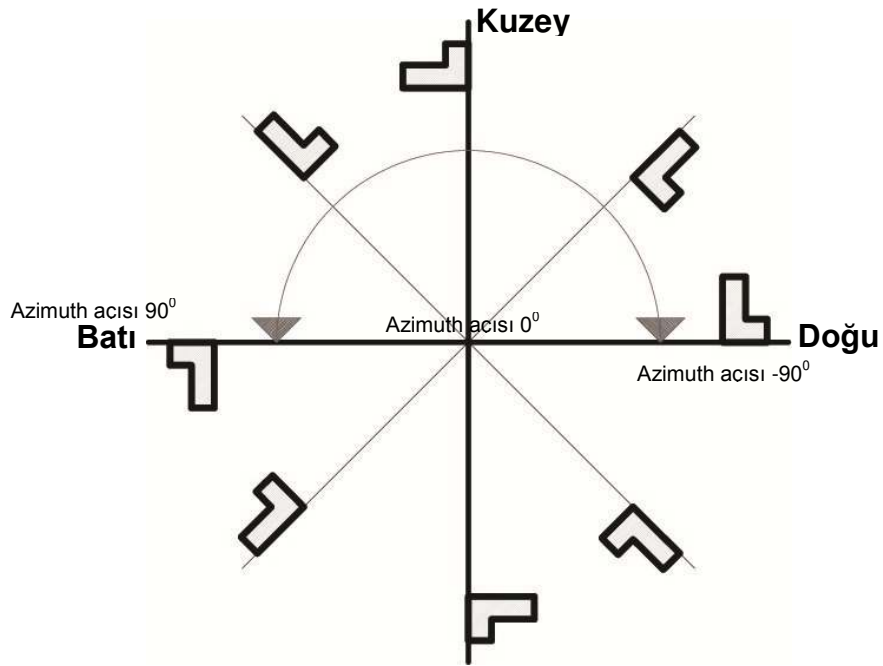
Tezde, 3 temel değişken ve birbirine göre durumları analiz edilmiştir. İlki zemin yüzeyinin koordinat sisteminde 45°'lik açılarla yönlenme değişimi, ikincisi plan tipolojilerinin değişimi, üçüncüsü ise yapı kabuğuna yalıtım katmanının eklenmesidir. Devamında ise yapının enerji performansını arttırmaya yönelik öneriler test edilmiştir. Çalışma boyunca, yapı kabuğunda yalıtım katmanı bulunmayan uygulamalar BAZ 1, yalıtım katmanı bulunan uygulamalar ise BAZ 2 olarak adlandırılmıştır.

Aynı konfor koşullarını sağlamak üzere, aynı hacme sahip örnekler arasında yapı formunun ısı kayıp ve kazançları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 3.2 'de şematize edildiği gibi, dikdörtgen, L, T ve + plan tipolojileri, 100 m² taban alanlı, kenar uzunlukları 10,5 m olan kare tabanlı tipolojisinden türetilmiştir. Kare formunun toplam çevre uzunluğu 42 m, diğer dört tipolojini çevre uzunluğu ise 52 m'dir. Çevre ölçülerinin değişimi ve aynı çevre uzunluğuna sahip, kendi üzerine gölge atan plan tipolojilerinin güneş kaynaklı ısı kazanımlarının yapı üzerindeki etkisinin tartışılmıştır.



Şekil 3.2. Kare formdan türetilen yapı tipolojileri

Yaz ve kış aylarında, güneşten elde edilen kazanımların miktarlarının yapı üzerindeki etkisinin incelenebilmesi için plan tipolojileri Şekil 3.3 'teki gibi Azimuth açısı 45° 'nin katları olacak şekilde döndürülmüştür.



Şekil 3.3. Yönlenme alternatifleri

3.4. DESIGN BUILDER V3 Programı ve Parametrelerin Tanımlanması

Design Builder v3, genel olarak yapıların enerji sarfiyatını hesaplar. Program tasarım aşamasında bir test aracı olarak kullanılabileceği gibi İngiltere, Fransa, İrlanda ve Portekiz yapı standartlarını ve sertifikasyon raporlarını hazırlamakta da kullanılır.

Programda, tasarlanan yapının geometrik formu, kabuk özellikleri, ısı bölgeleri, uygulanması planlanan pasif tasarım önerileri tanımlanabilir. Yapı elemanları, malzeme seçimi, aktif ve pasif tasarım kriterlerinin test edilmesini ve tasarım aşamasında hızlı bir geri besleme sağlar. Yapının ait olduğu bölgenin iklim verileri temel alınarak, cephe seçeneklerini, aşırı ısınma ve görsel problemlere göre değerlendirilebilir, doğal yollarla havalandırılan yapıların termal simülasyonu, doğal aydınlatma kullanımı ile elektrik tasarrufunu raporu, doğal güneş ışığı yayılımı tahmini, çevre verileri ve gölgelenmenin görselleştirilmesi elde edilebilir. Isıtma ve soğutma ekipmanlarının boyutu hesaplanabilir. HVAC ve uygun sıcaklıktaki hava dağılımını ve bir odanın içindeki hava hızı dağılımını içeren doğal havalandırma sistemleri CFD kullanarak tasarımı detaylandırılabilir.

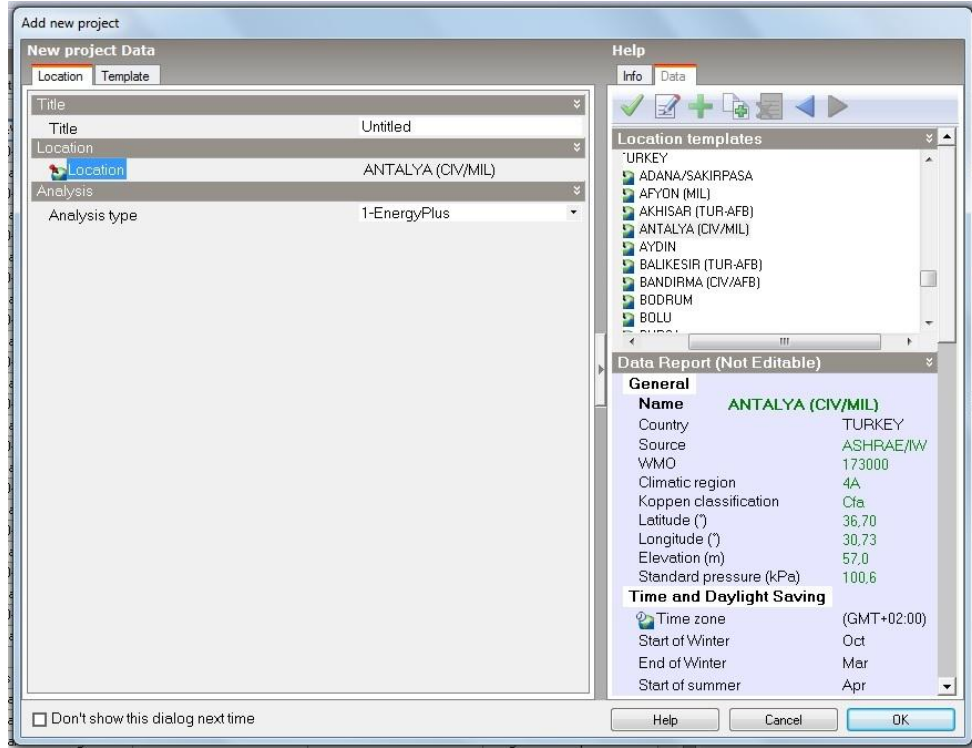
Bu hesapları yaparken de EnergyPlus simülasyonlarını ve ASHRAE 90.1 enerji modellerini kullanır.

Design Builder, kolay kullanılan arayüzü, iklim verileri ve malzeme kütüphanesinin genişliği ayrıca istenilen bileşenlerin kolaylıkla oluşturulabilmesi sebepleri ile seçilmiştir. Çalışma sürecinde, analizlerde üç boyutlu görselleştirme sayesinde algılama, çözüm önerisi geliştirme ve simülasyonları gerektiğinde hızlandırma kolaylığı sağlamıştır. Yapı modelinin Design Builder içerisinde oluşturulmasında, diğer çizim programları ile veri aktarmada uyumluluk sunmuştur. Sonuçları yapı, yapı elemanı, çevresel veriler, karbon salınımı, enerji tüketimleri gibi çeşitlendirebilmekte, raporlarını tablolar, grafikler ve resimler ile destekleyebilmektedir.

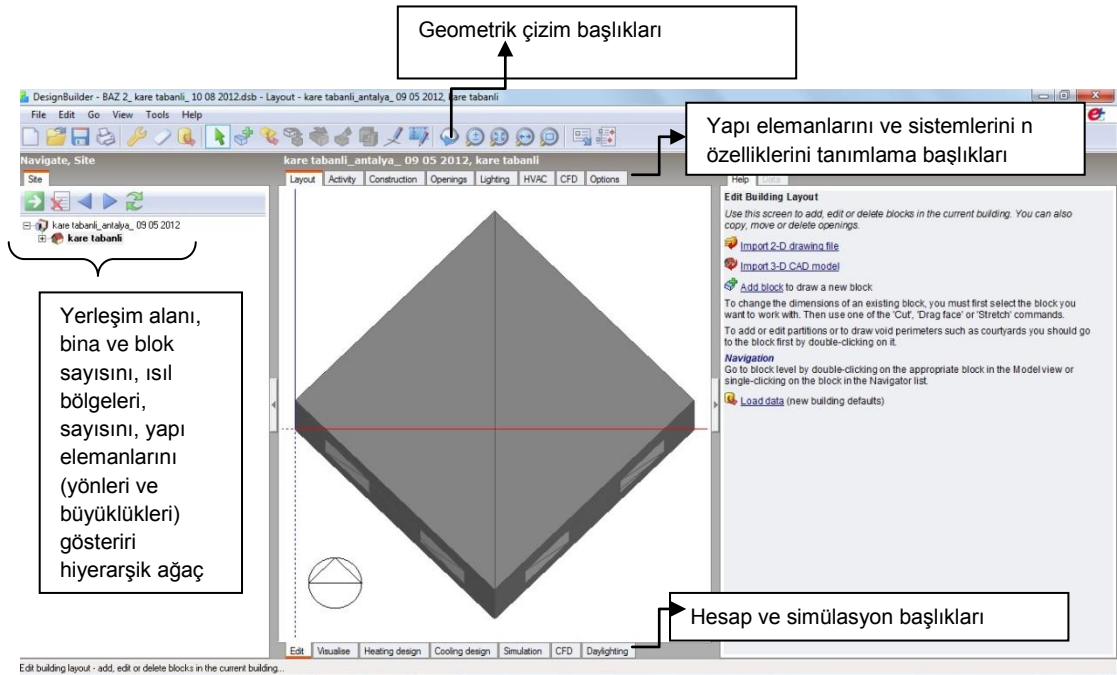
Bu çalışmaya konu olan ve programda test edilmesi istenilen yapılar oluşturulurken, “yeni bir proje” yaratılmış ve ilk olarak yerleşim alanına ait bilgiler tanımlanmıştır.

www.meteonorm.com ‘dan elde edilen ve Antalya’nın iklim verilerini içeren, “.epw” ve “.stat” uzantılı dosyalar, programda tanımlanmıştır. TS 825’e göre I. İklim Bölgesi’nde yer alan, Antalya’ nın seçimi ile beraber, enlem ve boylam

bilgileri, rakım, yaz ve kış mevsimlerinin başlangıçları ve bitişleri ve iklim verileri otomatik olarak oluşturulur. [71]

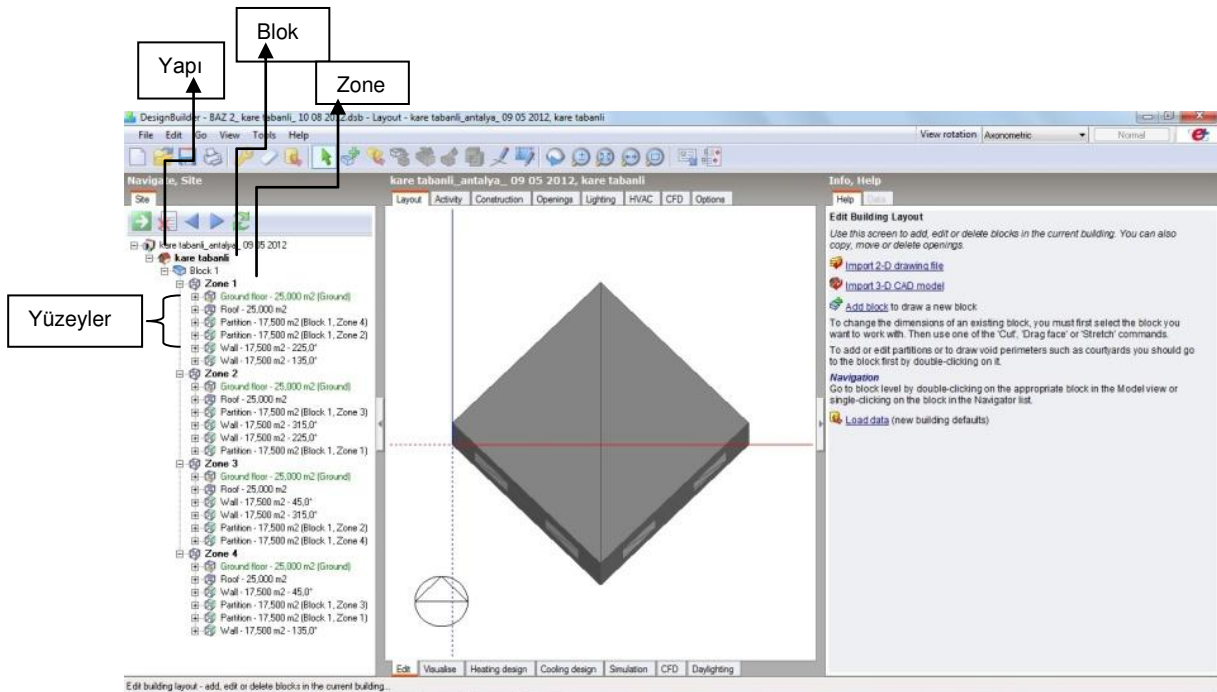


Resim 3.5. DB' da "yer" tanımlanması



Resim 3.6. DB arayüzü

İklim verileri ve yapının ait olduğu yer tanımlandıktan sonra yapı geometrisi oluşturulmuştur. “layout” başlığının altında, “add a new building” komutu ile yeni bir yapı tanımlanmıştır. Çizim araçları kullanılarak yapının basitleştirilmiş bir formu çizilmiştir. Form içerisinde, “zone” lar (aynı termal şartlar altındaki bölgeler) tanımlanmıştır. Programın çalışma prensibinde bir “hiyerarşik ağaç” bulunmaktadır. Yapı elemanları, aynı termal özelliklerdeki bölgeler, daha üstte “blok” ve en üstte ise tek bir blok ya da çoklu bloklardan oluşan “bina”, hiyerarşik ağacı teşkil eder.

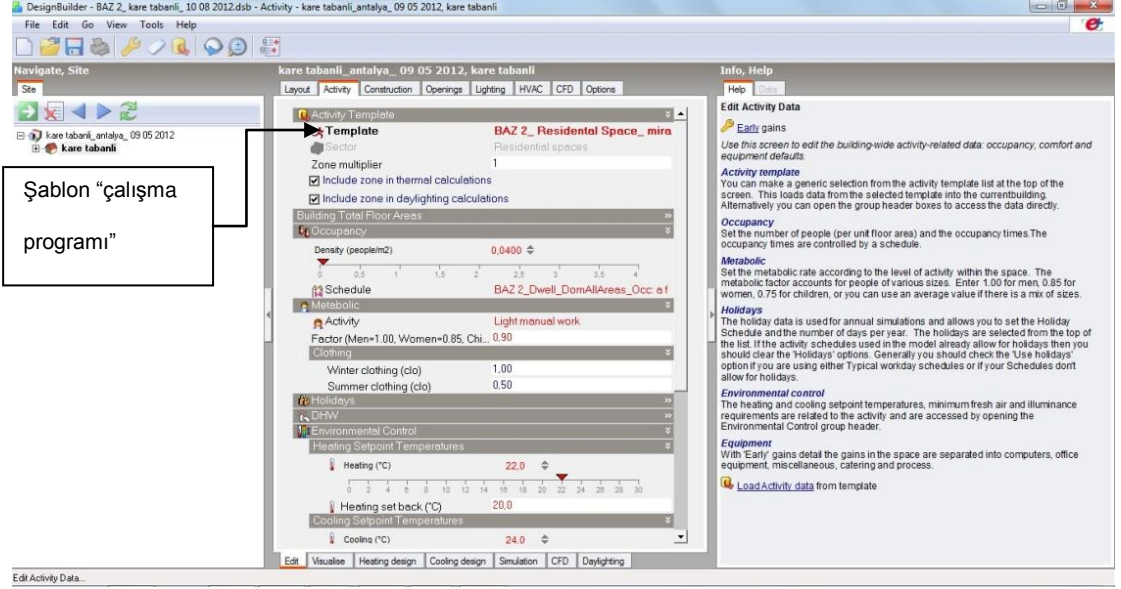


Resim 3.7. DB Programı'nda “hiyerarşik ağaç”

Ortalamalarla elde edilen iklim verileri ve öneri ya da kesinleşmiş yapı geometrisin tanımlanmasından sonra tasarıma konu olan senaryo dahilinde, kullanıcılar ve kullanıcılardan kaynaklı değişkenler “activity” başlığı altında tanımlanmıştır (Resim 3.8).

“Activity” başlığı altında yapının termal özelliklerini etkileyecek olan faktörler sorgulanır. Aktivite şablonu, yapının fonksiyonuna göre kullanıcıların yapı kullanım sıklığı, kullanıcılarının metabolik aktiviteleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinden beklenen konfor sıcaklıkları, sıcak su kullanımı, yapı

fonksiyonuna göre iç ortam sıcaklığına etkiyecek elemanların kullanımı (ocak, aydınlatma, bilgisayar...) tariflenmelidir.



Resim 3.8.DB Programı'nda “activity”

Aktivite şablonunda, genel olarak tatiller, yapının fonksiyonlarına göre kullanıcı detayları (yoğunluğu (kişi/m²), metabolik faktörleri, çalışma profilleri ve bunu tanımlayan çalışma şablonu (Bkz:BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ: a familiy with 4 people), bilgisayar, ofis ekipmanı, kazan dairesi, şömine, ocak v.s. ısı kaynaklarının açık olup olmadığı ve açık ise çalışma şablonları, sıcak su sistemi, ısıtma ve soğutma sistemi, aydınlatma sistemi için “ideal sıcaklık” ve “sistemin çalışacağı en yüksek ve en düşük sıcaklıklar” ve çalışma şablonu tanımlanmıştır. Aktivite şablonunda tüm bu veriler bir kez tanımlanması, “activity” başlığı için yeterli olacaktır. Ancak kısmi değişiklikler yapmak ya da ayrı ayrı tanımlamalar “activity” penceresindeki başlıklar altında da tanımlanabilir.

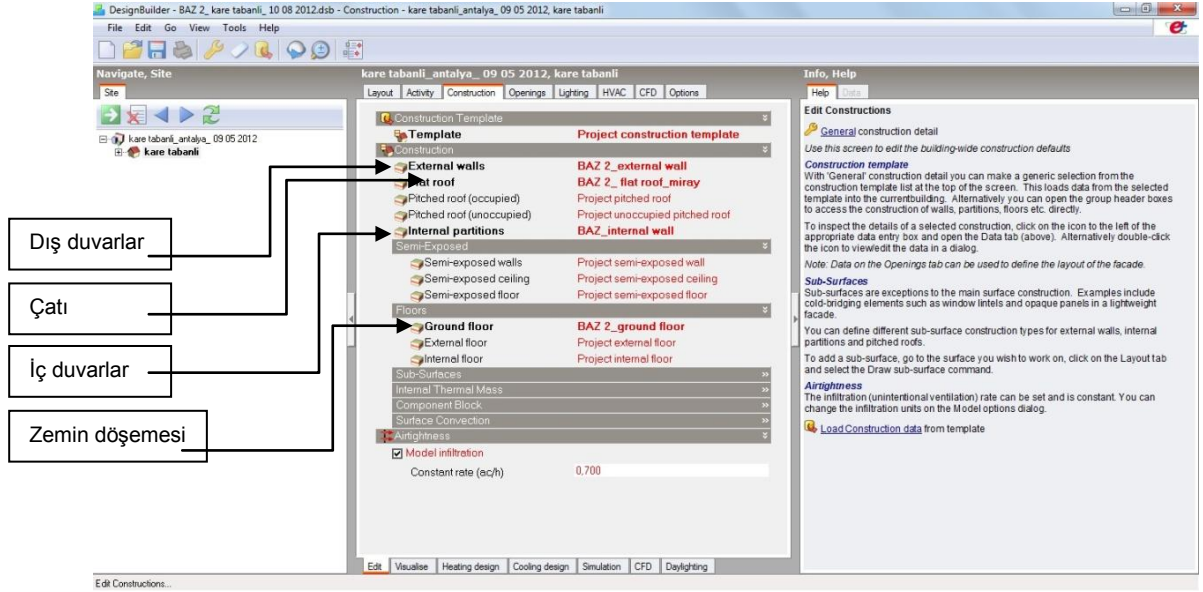
Aktivite bilgilerinde, senaryo gereği, iskan edilen, standart zonlu (yaşayanın varlığı ve ısıtıldığı veya soğutulduğu kabul edilen ısıl bölge) seçilmiştir. 4 kişilik bir ailenin yaşadığı 100 m² taban alanlı konutta kişi yoğunluğu 0,04 ve şablon çalışma programı “BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ: a familiy with 4 people” olarak tanımlanmıştır. Kullanıcıların basit, elle yapılan işler yaptığı,

ayrıca farklı yaş ve cinsiyete (1 kadın, 1 erkek ve 2 çocuk) göre tanımlanmış olan metabolik oranların ortalaması, metabolik faktör (ısı üretimi = metabolizma hızı), 0,9'a eşit kabul edilmiştir. Yine bu ailenin günlük sıcak su kullanımı $1,66 \text{ lt/m}^2\text{-gün}$ olarak kabul edilmiştir.

Çevresel bilgiler alt başlığında, ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri için "ideal sıcaklık" ve sistemin çalışmasını sağlayan en alt veya üst sıcaklıklar (koşullar) tariflenmiştir. Isıtma sistemi için "ideal sıcaklık" 22°C , ısıtma sisteminin devreye girme sıcaklığı 20°C ; soğutma sistemi için "ideal sıcaklık" 24°C , soğutma sisteminin devreye girme sıcaklığı 26°C verilmiştir. Program içerisinde, doğal havalandırmanın çalışabilmesi için; iç ortam sıcaklığının soğutma sistemi ideal sıcaklığının üzerine çıkması gerekmektedir. Ayrıca doğal havalandırma çalışma şablonunun da havalandırmaya izin vermesi gerekmektedir. Ventler ya da pencereler kullanılarak mekanik havalandırma yapılabilmesi için; iç ortam sıcaklığının soğutma sistemi ideal sıcaklığının ya da dış ortam sıcaklığının üzerine çıkması ve çalışma şablonunun açık olması gerekmektedir. Dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı azalırsa ya da dış ortam sıcaklığı çok artarsa havalandırma kapatılır. Bu örnekte doğal havalandırma iç ortam sıcaklığı 24°C 'den büyük olursa ve sadece dış ortam sıcaklığı 24°C 'den daha düşükse çalışmak üzere programlanmıştır.

Bu konut örneğinde, aydınlatmada hedef aydınlık, günlük işlerin, yeme içmenin yapılabildiği 200 lux kabul edilmiştir [72].

Bir sonraki aşama, yapının inşası (construction) başka bir deyişle; Resim 3.9'da görüldüğü gibi, yapı elemanlarına malzeme seçimi olmuştur.



Resim 3.9. DB Programı'nda yapı elemanları malzeme atanması

İç ve dış duvarlar, açıklıklar, döşemeler, çatı örtüsü v.b. yapı elemanlarına malzeme atayarak, termal ve optik özellikleri tanımlanmış olur. Malzeme kütüphanesi kullanılarak ya da yeni bir malzeme oluşturularak yapı elemanının katmanları tanımlanabilir. Yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısı, kalınlığı gibi özellikleri belirlenmiştir.

Tez kurgusu içerisinde sorgulanan yapı kabuğunun BAZ 1 ve BAZ 2 koşulları için malzeme seçimi şöyle özetlenebilir:

Çizelge 3.2. BAZ 1-BAZ 2 koşullarında yapı elemanları malzeme seçimleri

BAZ 1- yapı elemanları malzeme seçimleri

dış duvar	3 cm alçı dış sıva, 19 cm tuğla duvar, 3cm alçı iç sıva
iç duvar	3 cm alçı dış sıva, 8,5 cm tuğla duvar, 3cm alçı iç sıva
teras çatı	1 cm çakıl, 3 cm koruma betonu, 2 kat su yalıtımı, 3 cm düzeltme betonu, 15 cm betonarme döşeme, 3 cm iç sıva
döşeme	2 kat su yalıtımı, 5 cm koruma betonu, 15 cm betonarme döşeme, 5 cm şap, 3cm ahşap kaplama
pencere	6 mm cam, boyanmış yalıtımsız ahşap çerçeve parapet yüksekliği 80 cm, pencere yüksekliği 150 cm

BAZ 2- yapı elemanları malzeme seçimleri

dış duvar	3 cm alçı dış sıva, 4cm XPS, 19 cm tuğla duvar, 3cm alçı iç sıva
iç duvar	3 cm alçı dış sıva, 8,5 cm tuğla duvar, 3cm alçı iç sıva
teras çatı	1 cm çakıl, 3 cm koruma betonu, 4 cm XPS, 2 kat su yalıtımı, 3 cm düzeltme betonu, 15 cm betonarme döşeme, 3 cm iç sıva
döşeme	5 cm koruma betonu, 2 kat su yalıtımı, 5 cm XPS, 15 cm betonarme döşeme, 5 cm şap, 3cm ahşap kaplama
pencere	cam-hava –cam (3 mm+13 mm+3 mm) parapet yüksekliği 80 cm, pencere yüksekliği 150 cm

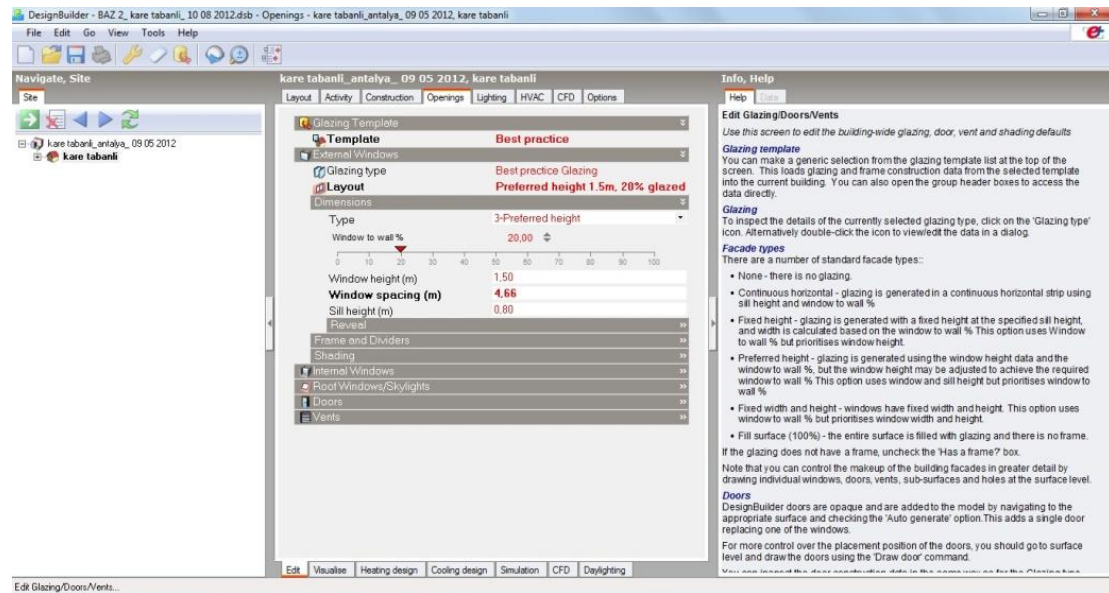
Yapı elemanlarının malzeme seçimlerine göre; hesaplamalarda kullanılan toplam ısı iletim katsayıları Çizelge 3.3'te ifade edilmiştir.

Çizelge 3.3. BAZ 1-BAZ 2 koşullarında yapı elemanları U değerleri

Yapı Elemanı	BAZ 1		BAZ 2	
	Malzeme Kalınlığı (cm)	Toplam Geçirme Katsayısı (U)	Malzeme Kalınlığı (cm)	Toplam Geçirme Katsayısı (U)
Dış Duvar	25	1,22	29	0,501
İç Duvar	14,5	1,69	14,5	1,69
Zemin Döşemesi	30,6	1,406	35,6	0,458
Teras Çatı	26,6	2,264	30,6	0,618
Pencere	0,6	6,121	1,9	1,978

EK 3-11 Yapı Malzemeleri'nde yapı malzemelerinin katmanları ve termal özellikleri daha detaylı olarak belirtilmiştir.

Yüzeyler üzerindeki açıklıkların (kapı, iç pencere, dış pencere, menfezler, çatı penceresi), saydam yüzeylerinin, kasa ve kanatlarının malzeme özellikleri, çalışma şablonu "openings" başlığı altında tanımlanmalıdır.

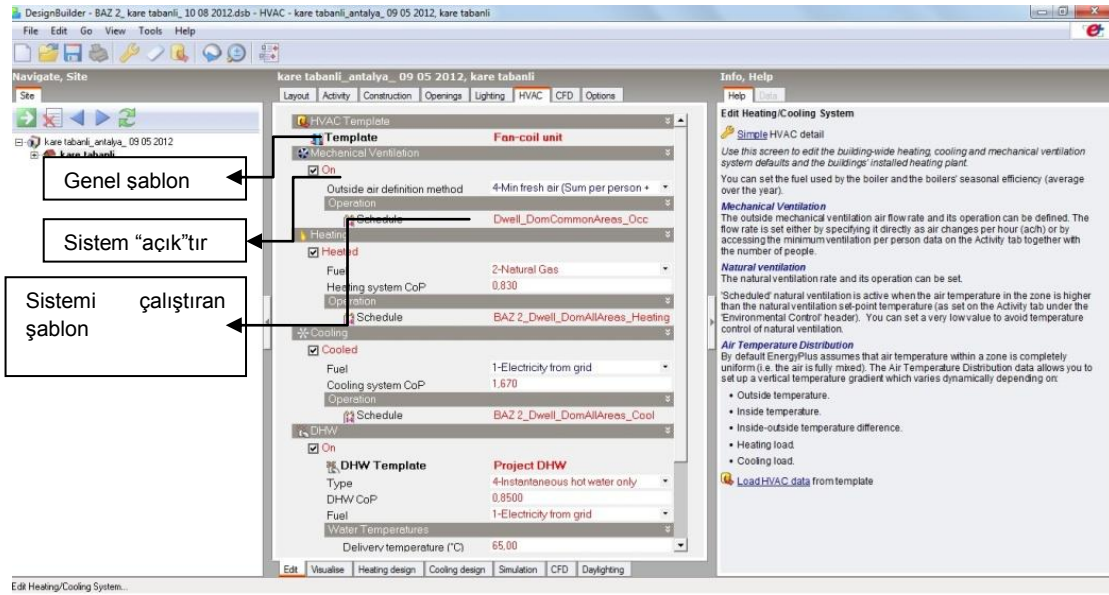


Resim 3.10. DB Programı'nda yapı elemanı açıklıkların tanımlanması

Konut yapısı içerisinde, günlük işlerin yanında yazma, okuma, ders çalışma gibi aktivitelerin yapıldığı da göz önünde bulundurularak; Kazanasmaz'ın 8 m ile 14 m arasında büyüklükte derinliğe sahip bir odada, dış cephede duvar alanının %20'si kadar pencere alanı oranı, ön koşul olarak kabul edilmiştir [73]. Test edilen 5 örnekte pencere açıklığının duvar alanına oranı %20 olarak belirlenmiştir.

Programın hesap yapabilmesi için tasarlanan yapının elemanları çalışma programları tanımlanmıştır. "Schedule" yani çalışma programı şablonları, kullanıldığı başlığın altında, fonksiyonuna göre yapının kaç kullanıcı tarafından günün hangi saatlerinde kullanıldığı, ısıtma veya soğutma sisteminin yılın hangi günleri, günün hangi saatleri arasında çalıştığı gibi soruların programa tanımlanması amacını güder. Şablon yaratmak için; fonksiyonun kullanım döneminin ve saatlerinin, tatil günlerinin, kullanıcı yoğunluğunun yazılabileceği kompakt şablon kullanılmıştır. Çalışma programları şablonları, EK 1- Çalışma Şablonları'nda sunulmuştur.

Yapının fonksiyonu, kullanıcıları, yapı elemanlarından beklenen termal ve optik özellikler ile ilgili kabuller yukarıda anlatılmıştır. Buradan sonra sözü edilen kabullerin aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemi (HVAC, Lighting) tanımlanması gerekmektedir. HVAC ve Ligting başlığında öncelikli soru bu sistemlerin açık olup olmamasıdır. İkinci adımda ise bu sistemlerin çalışmasını sağlayan şablon seçilmiş ve yakıt kaynağı ile kullanılacak olan sistemler tanımlanmıştır.



Resim 3.11. DB Programı'nda iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin tanımlanması

Program ısıtma sistemi hesaplarını yaparken, sistem elemanlarının özelliklerini en soğuk kış tasarım koşullarına göre hesaplar. Bu hesabı, ASHRAE VE CIBSE'nin önerdiği sabit koşullara göre yapar ve dinamik termal simülasyon motorunu-ENERGY PLUS kullanılır.

DESIGN BUILDER, ısıtma sistemi tasarımında, uzun yılların ortalaması olarak bulunan en düşük kuru termometre dış ortam sıcaklığına (steady-state) ve rüzgar hızı ve yönüne göre sistem değerlerini ayarlar. Güneş ışınımından kazanımları hesaba katmaz. İç kazançları hesaba katmaz. Aynı ısı konfor koşullarındaki bölgeler, ısıtma için tanımlanan "ideal sıcaklık" a ulaşana kadar ısıtılır. Farklı sıcaklıklardaki bölgeler arasında ısı geçişleri hesaplanır. Pencerelelerden, duvarlardan, toprak temaslı zemin ve çatıdan, hava sızıntılarından, doğal havalandırmadan kaynaklı ısı kayıplarını ayrıca yan mekanlara komşu olan ısıtılan bölgelerdeki ısı kayıplarını hesaplanır.

Soğutma sistemi tasarımı hesaplarında, sistem elemanı özelliklerini yıllık ortalamalarda en sıcak yaz tasarım koşullarına göre hesaplar. Periyodik olan, sabit koşullardaki minimum ve maksimum sıcaklık ortalamalarına göre hesap yapar. Güneşin gökyüzündeki yüksekliğinin 3 saatlik ölçümleri ve maksimum

sıcaklık ölçümleri ile oluşturulmuş sinüsel eğirlerle, soğutma için gerekli en yüksek ve en düşük sıcaklıkları (gün boyunca en yüksek dış ortam sıcaklığı, gece boyunca en düşük dış ortam sıcaklığı) hesaplar. Rüzgarı hesaba katmaz. Pencereleden güneş kaynaklı ısı kazanımlarını ve programlanmış doğal havalandırmayı hesaplar. İnsanlardan, aydınlatmadan ve araç-gereçlerden iç ısı kazanımını hesaplar. Farklı sıcaklıklardaki bölgeler arasında ısı geçişleri hesaplanır. Kuzey yarım kürede temmuz ayını, güney yarım kürede ise şubat ayının ortalamalarını hesaplarında kullanır.

Simülasyon komutu, saatlik iklim verileri dosyasından, iklim verileri elde edilir. Yıllık, aylık, saatlik sonuçlar alınabilir. Farklı sıcaklıklardaki ısı bölgeler arasında taşınım ve iletim ile ısı transferini hesaplar. Pencereleden gerçekleşen güneş kazanımlarını hesaplara katar. HVAC sisteminin boyutlandırılması hesaplarını yapar. Simülasyon komutunun alt başlıklarında, yere ait iklim verileri, karbon salınımı, enerji tüketimi (kaynaklara göre), iklimlendirme sistemi özellikleri, havalandırma, iç kazançlar, yapı elemanlarından ısı kazanç ve kayıpları elde edilebilir. Ancak hiyerarşik ağacın hangi basamağında sorgulama yapıldığına dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada, 5 farklı plan tipolojisinin yıllık enerji tüketimleri üzerinde yönelmenin etkisi tartışılması hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak, DESIGN BUILDER programı ile analizler yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarında, yapı çeperinden gerçekleşen ısı transferleri, güneş ışıınımı kazanımları, ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri aylık veriler üzerinden incelenmiştir.

Pencere sisteminden (saydam yüzeyler, taşıyıcı ve bölücü opak yüzeyler), toplam ısı akışları, teras çatı, duvar ve toprak temaslı zemin döşemesinin yüzeyinden, sıcak ortamdan daha düşük sıcaklıktaki ortama doğru ısı akışları, duyulur ısı kayıp ve kazançları olarak tariflenmiştir. Pencereleden güneş kaynaklı kazanımları, analizlerin ilk adımında, malzeme seçimleri değişmediği için, yalnız yönelme ile değişim gösteren, ısı kazançları olarak değerlendirilmiştir. Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmaya yönelik analizlerin

yapıldığı ikinci aşamada ise malzeme değişimleri ile saydam bileşenin güneş ısı kazanç katsayısı ile beraber değerlendirilmiştir.

Isıtma enerjisi tüketim miktarı, bölgesel ısıtıcılar ile konfor sıcaklığına ulaşmak ve sabit tutmak için harcanan enerji miktarı olarak hesaplanmıştır. Soğutma enerjisi tüketim miktarı ise yaz aylarında yapıyı konfor sıcaklığında ve nemliliğinde tutabilmek için harcanan enerji miktarı olarak hesaplanmıştır. Enerji tüketimi hesaplarında, iç kazançlar (aydınlatma, kullanıcı kaynaklı ısı kazançları), hava sızıntıları, kısa dalga güneş ışınımının yapı içerisine girişi ile elde edilen kazançlar da sonuçlara eklenmiştir.

4. ANALİZ SONUÇLARI

4.1. Yıllık Enerji Tüketimi- Form ve Yönlenme İlişkisi

Bu bölümde, soğutma döneminde, plan tipolojileri ve yönlenmede değişimlerin toplam duyulur ısı kazanımlarına, güneş kaynaklı ısı kazanımlarına ve soğutma taleplerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Isıtma dönemi için belirlenen amaç ise plan tipolojileri ve yönlenme değişimlerinin toplam duyulur ısı kayıplarına, güneş kaynaklı kazanımlarına ve ısıtma taleplerine etkilerinin sorgulanmasıdır. Kare, dikdörtgen, $+$, L ve T plan tipolojisindeki yapı formları için yönlenmeye bağlı olarak ısıtma ve soğutma talebi ihtiyaçları DESIGN BUILDER programı kullanılarak hesaplanmış ve analiz sonuçları tablolar halinde sunulmuştur.

Kare formu, dairesel formlardan sonra, birim hacmi sağlayan en kompakt (dış yüzey alanı en az) form olması sebebiyle çalışmada baz yapı plan tipolojisi olarak ele alınmıştır. Baz kare formu ile 100 m^2 taban alanlı, 3,50 m yükseklikte, çevresi 42 m olan bir hacim tanımlanmıştır. İkinci adım da ise, aynı taban alanı ve hacmi sunan ancak yapı formunun etkisinin incelenebileceği alternatif 4 plan tipolojisi daha oluşturulmuştur. Belirlenen diğer 4 alternatif 100 m^2 'lik kareden türetilmiş olup, toplam çevre uzunlukları kendi aralarında eşit tutulmuştur (50 m). Çevre uzunluklarındaki artış, ısı transferi gerçekleştirecek yapı kabuk yüzeylerinde de artışı beraberinde getirecektir. Üçüncü adımda, aynı taban alanlı, farklı çevre uzunluklu alternatiflerde, ısı kazançları ve kayıplarının, yönlenmeyle değişim gösteren güneş kaynaklı ısı kazanımlarının ve yapının kendi üzerine attığı gölgeler sonucunda ısı kazanımlarındaki azalmanın etkisi incelenmiştir.

Analiz sonuçlarının belirtildiği çizelgelerde, yapının toplam soğutma talebi, kabuk yüzeylerinden (pencere, duvar ve teras çatı) olan duyulur ısı kazanımları ile pencerelerden güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplamından toprak temaslı zemin döşemesinden olan ısı kayıplarının çıkarılması ile hesaplanmıştır. Toplam ısıtma talebi ise kabuk yüzeylerinden (pencere, duvar ve teras çatı) olan duyulur ısı kayıpları ile pencerelerden güneş

kaynaklı ısı kazanımlarının toplamı ile elde edilmiştir. Formların yıllık enerji tüketimlerinin gösterildiği çizelgelerde ise; taleplerden farklı olarak ısıtma ve soğutma dönemlerinde gerçekleşen yıllık enerji tüketimleri ifade edilmiştir. Bu enerji tüketimlerinin içerisinde, yapı elemanlarını etkileri ile beraber, iç kazançlar, hava sızıntıları gibi etkenler de hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda, özellikleri 3.2. bölümünde belirtilen BAZ 1 koşulları kabul edilmiştir. BAZ 2 koşullarında formun ve yönlenmenin enerji tüketimlerine etkisi ise Bölüm 4.2 'de incelenmiştir.

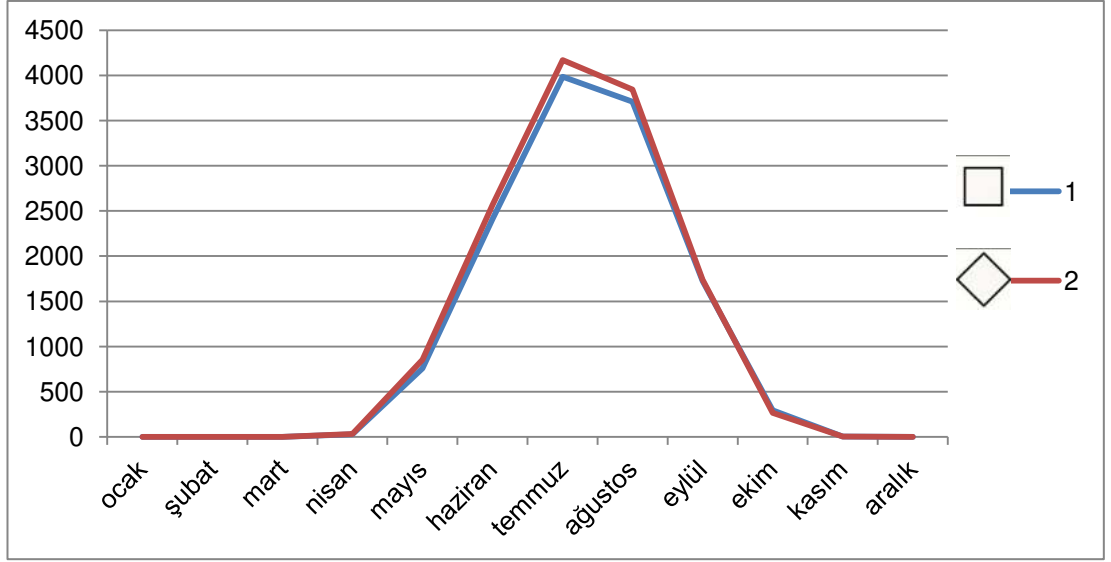
Yaz aylarında istenmeyen ısı kazanımı, sıcak dış ortamdan etkilenen yüzeylerden olan ısı transferi ile güneşten kazanılan ışıyım enerjisinin toplamını ifade etmektedir. Kabuk yüzeylerinden olan duyulur ısı transferini kabuğun toplam ısı transfer katsayısı, yüzey alanı ve iç ortam-dış ortam arasındaki sıcaklık farkı etkiler. Dış ortam ile yapı iç koşulları arasında çeper olan yapı kabuğunun yüzey alanını düşük tutmak yani kompakt bir yapı formu önerisi yapının ısı kazanımlarını azaltacaktır.

Güneş ışıyımı (direkt ışıyım, yayılı ışıyım ve yansıyan ışıyım) sebebiyle ısı kazanımları ise güneşin gökyüzündeki yüksekliğine, ışıyım yoğunluğuna, güneş ışıyımının temas ettiği yüzeyin normali ile yaptığı açığa, güneş ışıyımının dünyaya geliş açısına ve atmosferin bulutluluk, toz, nemlilik gibi özelliklerine bağlıdır.

Çizelge 4.1. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi

BAZ 1 KABUK KOŞULLARINDA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNİN YÖNLENME İLE DEĞİŞİMİ (kWh)				
plan tipolojisi	yönlenme	soğutma enerjisi	ısıtma enerjisi	toplam enerji tüketimleri
KARE		12913,87	16166,77	29080,64
		13475,92	16304,23	29780,15

Çizelge 4.1’de kare plan tipolojisi için; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve toplam enerji tüketimlerinin yönlenme ile değişimi verilmiştir. Aynı taban alanı ve kabuk özelliklerine sahip iki yapı arasında, yönlenme değişimi, yıllık 700 kWh’lik enerji tüketimini artırmıştır. Tamamen güneye açılan cepheyi, güneybatı veya güneydoğuya çevirmek, kare form tipolojisinde %2 daha fazla enerji tüketmiştir. Güney ile 45⁰’lık açı yapan yönlenmede soğutma enerjisi tüketimi, 562 kWh; ısıtma enerjisi tüketimi 138 kWh artmıştır. Çizelgeye göre; yıllık toplam enerji tüketimini artıran etken soğutma talebindeki artış olmuştur.



Şekil 4.1. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi (kWh/ay)

BAZ 1 koşullarında, kare plan tipolojisine sahip yapının yönlenme değişimi ile soğutma enerjisi tüketimindeki değişim aylara göre Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Temmuz ayında en yüksek değerlerine ulaşan soğutma enerjisi tüketimi, 1 nolu yönlenmede 3900 kWh; 2 nolu yönlenmede 4100 kWh’e çıkmıştır. Soğutma enerjisi tüketimleri arasındaki farkın sebebi; soğutma döneminde, pencerelerden gerçekleşen güneş kaynaklı ısı kazanımlarının değişmesidir.

Çizelge 4.2. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

SOĞUTMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM SOĞUTMA TALEBİ (kWh)							
	İstenmeyen ısı kazançları					Isı kayıpları	Soğutma talebi
	Duyulur ısı kazançları			solar kazanımlar	toplam	toprak temaslı zemin döşemesi	
	pencere	duvarlar	çatı				
	341,44	1819,3	4500	8513,10	15174	-7411,6	7762,08
	386,79	1890,4	4459	9047,05	15783	-7484,94	8298,49

Çizelge 4.2’de BAZ 1 kabuk koşullarındaki kare plan tipolojisinde yapıların soğutma taleplerinin yapı elemanları üzerindeki dağılımı verilmiştir. Bu çalışma için tanımlanmış, BAZ 1 koşullarında yani kabuğunda yalıtım katmanı bulunmayan, kare plan tipolojisi ile oluşturulmuş yapıda, yapı elemanlarının duyulur ısı kazanımları yönlenme ile soğutma dönemi boyunca 76 kWh’ lik bir değişim göstermiştir. Isı transferi yüzey alanlarının ve kabuk malzemesinin aynı olması sebebiyle, pencere, duvar ve çatıdan gerçekleşen toplam duyulur ısı kazançları yönlenme ile değişimi çok düşüktür. Azimuth açısı 0^0 olduğu yönlenmede camlı yüzeylerden gerçekleşen güneş kaynaklı ısı kazanımları, azimuth açısı 45^0 olan yönlenmeye göre 534 kWh daha azdır. Ana yönlere (doğu-batı-kuzey-güney) cephe açan ilk durumdan ara yönlere cephe açan ikinci duruma geçildiğinde yaklaşık olarak %4 oranında daha fazla ısı kazanımı olmuştur ve soğutma talepleri arasında soğutma dönemi boyunca 536kWh’lik fark yaratmıştır.

Kare plan tipolojisi için; toplam soğutma talebinin ortalama %56’sı güneş kaynaklı ısı kazanımlarından, %44’ü ise istenmeyen duyulur ısı kazanımlarından oluşmaktadır. Pencere, duvar ve çatıdan toplam 6660,5

kWh ısı kazanımı olmaktadır. Duyulur ısı kazanımlarının, %5'i pencerelerden, %27'si duvarlardan, %68'i ise teras çatıdan gerçekleşmiştir. Toprak temaslı zemin döşemesinden ise 7411 kWh'lik ısı kayıpları soğutma talebini azaltıcı etki yapmıştır.

Çizelge 4.3. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

ISITMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM ISITMA TALEBİ (kWh)							
	cam	duvarlar	zemin	çatı	toplam duyulur ısı kayıpları	solar kazanım	ısıtma talebi
	3811,42	4578,36	6947,87	7921,42	23259,08	7912,97	15346,10
	3824,29	4601,02	6917,28	7899,97	23242,56	7725,33	15517,23

Çizelge 4.2'ye göre; kare plan tipolojisinde, ısıtma dönemini oluşturan ocak, şubat, mart, nisan ve ekim, kasım, aralık ayları boyunca, yapının güneye göre konumunun değişmesi, ısıtma enerjisi tüketimini 138 kWh değiştirmiştir. Kare form için; oluşan ısıtma talebinin, yapı elemanları üzerinde dağılımı Çizelge 4.3'te verilmiştir. Isı yalıtımı uygulanmamış kare planlı yapıda, ısı transferi yüzey alanlarının ve kabuk malzemesinin aynı olması sebebiyle, toplam duyulur ısı kayıpları yönlenmeden bağımsızdır ve ortalama değeri 23250 kWh olarak hesaplanmıştır.

Güneş kaynaklı ısı kazanımları, azimuth açısı 0° olduğu yönlenmede, yapının güney ile 45° açı yaptığı duruma göre yaklaşık 200 kWh daha fazladır ve ısıtma talebini %34 oranında azaltmıştır. Azimuth açısı 45° olan yönlenmede ise duyulur ısı kayıpları üzerine güneşten olan ısı kazanımları ile ısıtma talebini %33 oranında azaltmıştır. Dolayısı ile; kuzey, güney, doğu ve batıya aynı yüzey alanı sunan yapıda, kış aylarındaki toplam ısıtma talebi, güney ile 45° açı yapan yönlenmeye göre 171 kWh azalma göstermiştir.

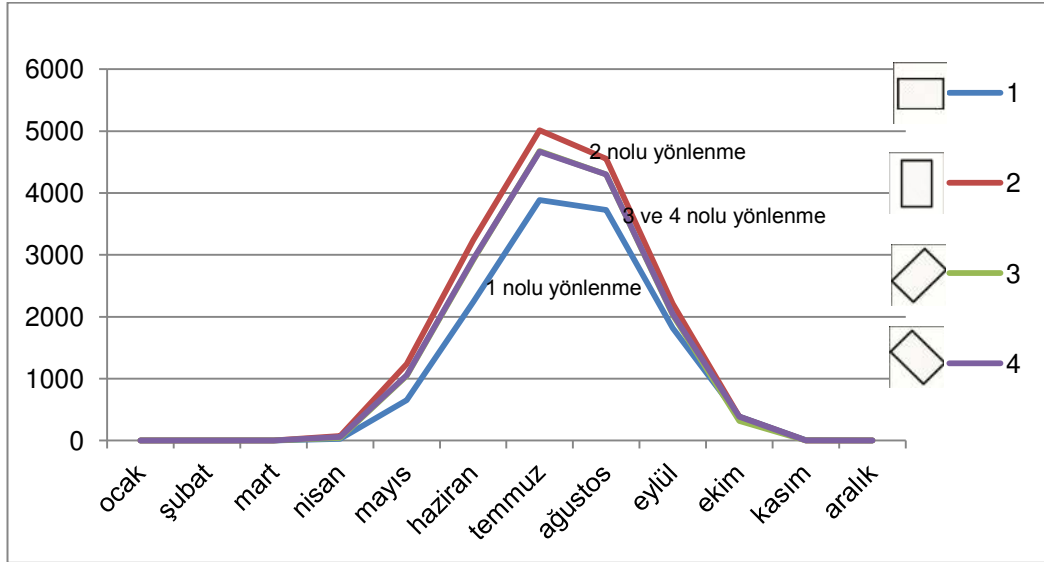
Çizelge 4.4. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi

BAZ 1 KABUK KOŞULLARINDA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNİN YÖNLENME İLE DEĞİŞİMİ (kWh)				
plan tipolojisi	yönlenme	soğutma enerjisi	ısıtma enerjisi	toplam enerji tüketimleri
DİKDÖRTGEN		12737,48	16378,25	29115,73
		16719,55	16693,20	33412,76
		15343,19	16716,62	32059,82
		15449,93	16652,10	32102,04

Çizelge 4.4'te dikdörtgen plan tipolojisi için; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve toplam enerji tüketimlerinin yönlenme ile değişimi verilmiştir. Aynı taban alanı, plan tipolojisi ve kabuk özelliklerine sahip dört yapı arasında, yönlenme değişimi, yıllık 4297 kWh'lik enerji tüketimini artırmıştır. Güneye geniş cephe sunan yapıyı batıya yönlendirmek, dikdörtgen form tipolojisinde %15 daha fazla enerji tüketmiştir. Doğu-batı doğrultusunda yerleşen yapı ile kuzey-güney doğrultusunda yerleşen yapı arasında, soğutma enerjisi tüketimleri 3987 kWh; ısıtma enerjisi tüketimleri 338 kWh'lik artış göstermiştir. Güney ile 45° ve katları açısı yapan yönlenmelerde ise soğutma enerjisi tüketimi, 2600 kWh; ısıtma enerjisi tüketimi 338 kWh artmıştır. Yıllık toplam enerji tüketimini artıran etken soğutma talebindeki artış olmuştur.

Şekil 4.2 'de dikdörtgen plan tipolojisinin BAZ 1 koşullarında yıllık soğutma enerjisi tüketiminin yönlenmeye değişimi gösterilmiştir. Temmuz ayında en yüksek değerlerine ulaşan soğutma enerjisi tüketimi, en az 1 nolu yönlenmede, 3887 kWh; en fazla 2 nolu yönlenmede, 5015 kWh hesaplanmıştır. Soğutma enerjisi tüketimi arasındaki farkın sebebi; soğutma

döneminde, yapı elemanlarından istenmeyen ısı kazanımlarına güneş ışınımının etkisidir.



Şekil 4.2. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi (kWh/ay)

Çizelge 4.5. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

SOĞUTMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM SOĞUTMA TALEBİ (kWh)							
	İstenmeyen ısı kazançları					Isı kayıpları	Soğutma talebi
	Duyulur ısı kazançları			solar kazançları	toplam	toprak temaslı zemin döşemesi	
	pencere	duvarlar	çatı				
	169,58	1826,99	4328,34	8873,59	15198,49	-7517,31	7681,18
	292,46	2241,38	4022,49	12790,16	19346,48	-8056,02	11290,46
	273,86	2105,66	4107,56	11522,67	18009,75	-7891,80	10117,94
	277,85	2115,86	4127,23	11499,85	18020,79	-7875,52	10145,26

Çizelge 4.5 'te dikdörtgen plan tipolojisindeki yapının soğutma talebinin yapı elemanlarına dağılımı-yönlenme ilişkisi verilmiştir. Yapı elemanlarının toplam duyulur ısı kazanımları yönlenmelere göre en çok 232 kWh' lik bir değişim göstermiştir.

Soğutma talebi içerisinde, çatılardan gerçekleşen ısı kazanımları ve pencerelerden giren güneş kaynaklı ısı kazanımları en büyük payı oluşturmaktadır. Toprak temaslı zemin döşemesinden ise ortalama 7800 kWh'lik ısı kayıpları soğutma talebini azaltıcı etki yapmıştır ve toplam ısı kazanımlarının %44'ü kadardır. Teras çatıdan ve zemin döşemesinden gerçekleşen ısı transferi, yüzey alanları değişmediği için kare planlı yapı ile yakın değerleri almıştır. Duyulur ısı kazanımlarının, %4'ü pencerelerden, %32'si duvarlardan, %64 'ü ise teras çatıdan gerçekleşmiştir. Pencerelerden, doğu-batı doğrultusunda yerleşmiş yapıya göre; kuzey-güney doğrultusunda 3900 kWh, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda 2650 kWh, kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda 2626 kWh daha fazla güneş kaynaklı ısı kazanımları olmuştur. Bu ısı kazanımlarının toplam ısı kazanımlarına oranı, doğu-batı doğrultusunda uzanan yapıda %68 iken; kuzey-güney doğrultusunda uzanan yapıda ise %66, kuzeydoğu-güneybatı ve güneydoğu-kuzeybatı doğrultusundaki yapılarda ise bu oran %64'tür.

Yalıtımsız dikdörtgen planlı formda tüm istenmeyen ısı kazanımları ve zemin döşemesinden ısı kayıplarının toplamı ile teşkil edilen, soğutma talebini yönlenmede belirlenmiş 4 alternatif içerisinde en düşük doğu-batı doğrultusunda uzanan 1 nolu alternatif vermiştir. Kuzey-güney doğrultusunda uzanan 2 nolu alternatif, alternatif 1'e göre yıllık 3609 kWh daha fazla soğutma talebine sahiptir ve soğutma talebi %46 oranında artmıştır. 3. ve 4. alternatiflerin soğutma talepleri birbirine yakın olup, 1. alternatife göre %32 oranında daha fazladır.

Çizelge 4.6. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

ISITMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM ISITMA TALEBİ (kWh)							
	cam	duvarlar	zemin	çatı	Toplam duyulur ısı kayıpları	solar kazanım	ısıtma talebi
	4751,89	5695,94	7076,08	7941,41	25465,32	10264,99	15200,33
	4763,70	5731,38	7014,42	7900,02	25409,51	9871,56	15537,95
	4770,35	5745,76	6998,49	7890,27	25404,87	9761,09	15643,77
	4768,34	5728,44	7013,28	7894,38	25404,44	9897,95	15506,49

Çizelge 4.4' e göre; dikdörtgen plan tipolojisinde, ısıtma dönemini boyunca, yapının güneşe göre konumunun değişmesi, ısıtma enerjisini 338 kWh değiştirmiştir. Dikdörtgen form için; oluşan ısıtma talebinin, yapı elemanları üzerinde dağılımı Çizelge 4.6'da verilmiştir. Dikdörtgen formlu yapıda, aynı taban alanı ve iç hacim için; kare planlı yapıya göre pencere ve duvar yüzey alanlarının artmasından dolayı duyulur ısı kayıpları 2150 kWh artmıştır. Yüzey alanlarının aynı olması sebebiyle, zemin ve çatıdan olan duyulur ısı kayıpları değişmemiştir.

Bununla beraber; dikdörtgen plan tipolojisi için; duyulur ısı kayıplarının %19'unu pencerelerden, %22'sini duvarlardan, %28'ini toprak temaslı zeminden, %31'ini teras çatıdan duyulur ısı kayıpları oluşturmuştur. Yönlenme değişimi ile ısıtma taleplerinde farkı meydana getiren öge pencerelerden gerçekleşen, güneş kaynaklı ısı kazanımlarıdır. Güneşten olan ısı kazanımları, %38 ile %42 oranında ısıtma talebini azaltmıştır. En yüksek güneş kaynaklı ısı kazanımı, doğu-batı doğrultusunda yerleşmiş ve geniş cephesini güneşe açmış formda; en düşük kazanım ise kuzeybatı ve

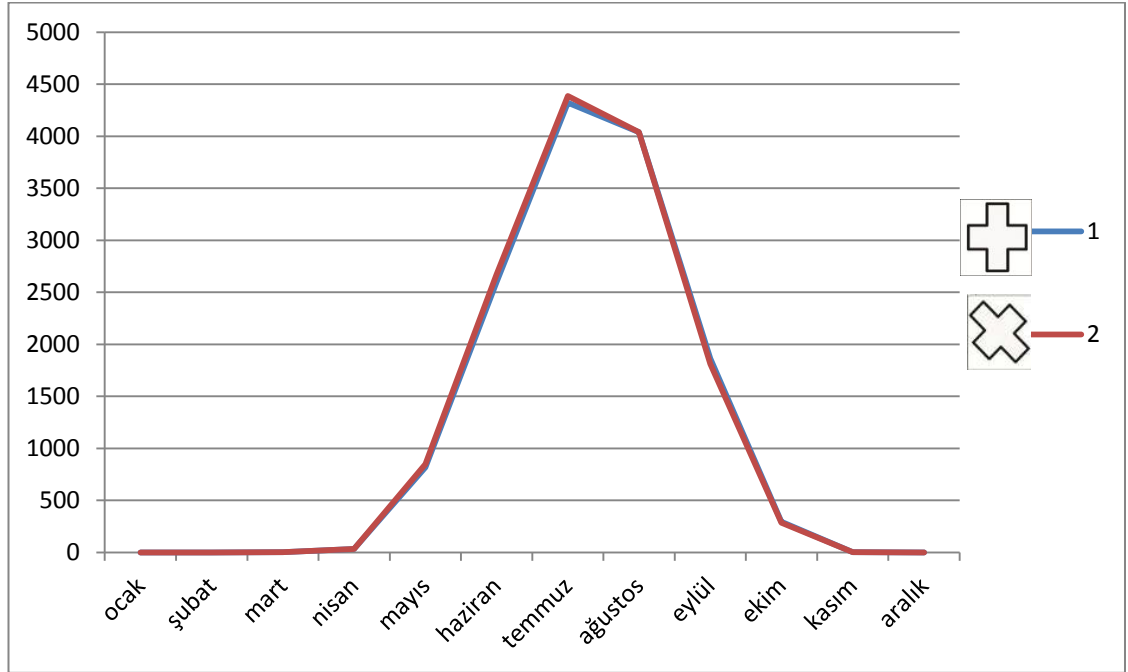
güney doğuya cephe açan formda görülmüştür. Aralarında ısıtma dönemi boyunca 443 kWh'lik bir fark oluşmuştur.

Çizelge 4.7. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi

BAZ 1 KABUK KOŞULLARINDA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNİN YÖNLENME İLE DEĞİŞİMİ (kWh)				
plan tipolojisi	yönlenme	soğutma enerjisi	ısıtma enerjisi	toplam enerji tüketimleri
+		13958,66	18031,64	31990,30
		14067,5	18019,64	32087,19

Çizelge 4.7'de yapı kabuğunda yalıtım katmanı bulunmayan + plan tipolojisi için; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve toplam enerji tüketimlerinin yönlenme ile değişimi verilmiştir. Aynı taban alanı ve kabuk özelliklerine sahip iki yapı arasında, yönlenme değişimi, yıllık 97 kWh'lik enerji tüketimini artırmıştır. Tamamen güneşe açılan geniş cepheyi, güneybatı veya güneydoğuya çevirmek, + form tipolojisinde yaklaşık %0,3 daha fazla enerji tüketmiştir. Güney ile 45⁰'lik açı yapan yönlenmede soğutma enerjisi tüketimi, 109 kWh artmış; ısıtma enerjisi tüketimi 12 kWh azalmıştır. Yıllık toplam enerji tüketimini artıran etken soğutma talebindeki artış olmuştur.

Şekil 4.3'te + plan tipolojisinin BAZ 1 koşullarında yıllık soğutma enerjisi tüketiminin yönlenmeye değişimi gösterilmiştir. Temmuz ayında en yüksek değerlerine ulaşan soğutma enerjisi tüketimi, 1 nolu yönlenmede, 4320 kWh; 2 nolu yönlenmede, 4386 kWh'e çıkmıştır.



Şekil 4.3. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi

Çizelge 4.8. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

SOĞUTMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZI- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM SOĞUTMA TALEBİ (kWh)							
	İstenmeyen ısı kazançları					Isı kayıpları	Soğutma talebi
	Duyulur ısı kazançları			solar kazanımlar	toplam	toprak temaslı zemin döşemesi	
	pencere	duvarlar	çatı				
	406,35	2115,78	4268,52	9599,15	16389,79	-7385,79	9004,00
	424,27	2157,38	4263,5	9660,77	16505,92	-7394,98	9110,94

Çizelge 4.8 'de + plan tipolojisindeki yapının soğutma talebinin yapı elemanlarında dağılımı - yönlenme ilişkisi verilmiştir. Pencereden, duvardan ve teras çatıdan gerçekleşen duyulur ısı kazanımları ile zemin döşemesinden

gerçekleşen ısı kaybı, yüzey alanları ve yüzey malzemesi değişmediği için dikdörtgen planlı yapı ile yaklaşık değerdedir. Duyulur ısı kazanımlarının, %7'si pencerelerden, %31'i duvarlardan, %62 'si ise teras çatıdan gerçekleşmiştir; toplam duyulur ısı kazanımlarının %45'ini toprak temaslı zemin döşemesinden kaybetmiştir. + planlı yapının iki yönlenme arasında duyulur ısı kazanımları farkı, azimuth açısının 45^0 olduğu durumda, soğutma dönemi boyunca toplam 116 kWh daha fazladır. Bu farkın sebebi, yapı kabuğuna düşen ve kabuk tarafından emilen güneş ışınımı miktarının değişmesi ve yapı kollarının birbiri üzerine attığı gölgelerdir.

Pencerelerden güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplam soğutma talebine oranı, yönlenmeden bağımsız olarak %58'dir. Güneyle 0^0 açı (azimuth açısı $=0^0$) yapan yönlenme ile güneyle 45^0 açı (azimuth açısı $=45^0$) yapan yönlenme arasında 61 kWh'lik güneş kaynaklı ısı kazanım farkı oluşmuştur.

Çizelge 4.9. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

ISITMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM ISITMA TALEBİ (kWh)							
	cam	duvarlar	zemin	çatı	Toplam duyulur ısı kayıpları	solar kazanım	ısıtma talebi
	4400,94	5788,16	6739,57	7641,05	24569,72	8403,96	16165,75
	4402,98	5800,45	6735,02	7634,03	24572,48	8407,81	16164,67

Çizelge 4.9'da, + plan tipolojisindeki yapının ısıtma talebinin yapı elemanlarında dağılımı - yönlenme ilişkisi verilmiştir. + formlu, ısı yalıtımı uygulanmamış yapıda, dış kabuk yüzey alanının dikdörtgen formlu yapı ile aynı olması sebebiyle duyulur ısı kayıpları yaklaşık 24600 kWh olarak hesaplanmıştır.

Yapı kabuğu katmanları arasında yalıtım uygulaması bulunmayan + plan tipolojisinde sahip yapıda, duyulur ısı kayıplarının yapı elemanlarına dağılım

oranı; pencerelerden %18, duvarlardan %24, toprak temaslı zemin döşemesinden %27, teras çatıdan %31'dir.

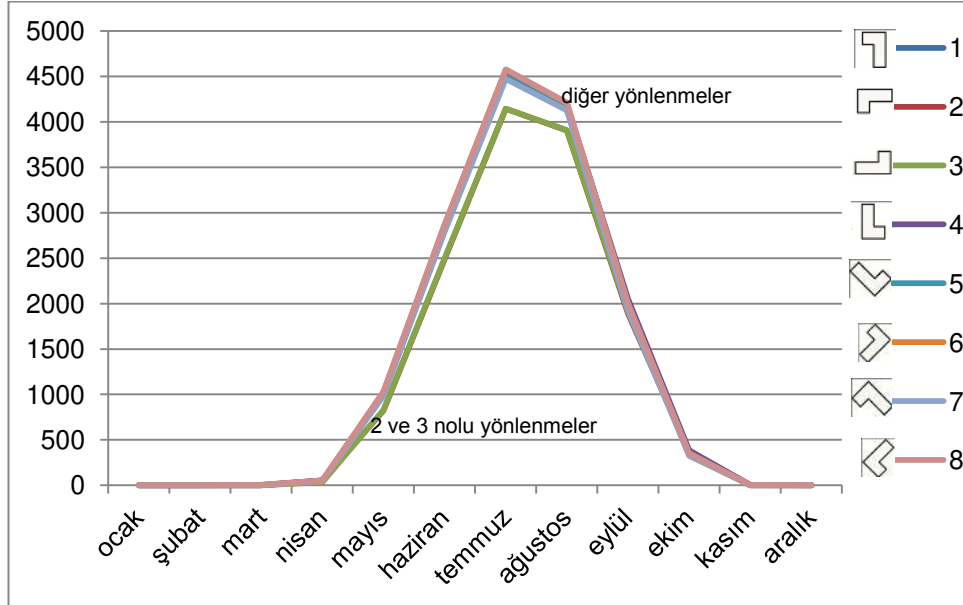
+ formunda, güneş kaynaklı ısı kazanımları, ısıtma talebini yaklaşık %34 düşürmüştür. Ancak, güneyle 0° aç (azimuth açısı $=0^\circ$) yapan yönlenme ile güneyle 45° aç (azimuth açısı $=45^\circ$) yapan yönlenme arasında 4 kWh'lik güneş kaynaklı ısı kazanım farkı oluşmuştur. Dolayısı ile yönlenme ile değişim ısıtma taleplerinde yalnızca 1 kWh'lik değişim yaratmıştır.

Yapı formunun, ısıtma ve soğutma sistemi üzerindeki etkilerin en bariz şekilde okunabildiği form + plan tipolojisine sahip form olmuştur. Yapı kollarının birbirini büyük oranda gölgelemesi, yaz ve kış döneminden yapının güneş kaynaklı ısı kazanımlarını engellemiştir. Bunun sonucunda, yıllık ısıtma enerjisi tüketimi diğer tipolojilerden yüksek, yıllık soğutma enerjisi tüketimi diğer tipolojilerden düşük hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10'da L plan tipolojisi için; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve toplam enerji tüketimlerinin yönlenme ile değişimi verilmiştir. Aynı taban alanı ve kabuk özelliklerine sahip sekiz yapı arasında, yönlenme değişimi, yıllık 1552 kWh'lik enerji tüketimini değiştirmiştir. Güneye geniş cephe sunan yapıyı güneydoğuya yönlendirmek, L form tipolojisinde %5 daha fazla enerji tüketmiştir. Soğutma enerjisi tüketimin yönlenmede değişim ile en yüksek fark 1427 kWh; ısıtma enerjisi tüketiminde en yüksek fark 187 kWh' dir. Toplam enerji tüketimini artıran etken soğutma talebindeki artış olmuştur.

Çizelge 4.10. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi

BAZ 1 KABUK KOŞULLARINDA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNİN YÖNLENME İLE DEĞİŞİMİ (kWh)				
plan tipolojisi	yönlenme	soğutma enerjisi	ısıtma enerjisi	toplam enerji tüketimleri
L		14999,04	16359,90	31358,94
		13676,06	16230,76	29906,81
		13690,95	16304,90	29995,85
		15035,69	16274,57	31310,26
		14795,44	16413,87	31209,30
		15041,25	16417,05	31458,30
		14670,84	16401,24	31072,08
		15103,45	16375,35	31478,80



Şekil 4.4. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi

Şekil 4.4'te L plan tipolojisinin BAZ 1 koşullarında yıllık soğutma enerjisi tüketiminin yönlenmeyle değişimi gösterilmiştir. Temmuz ayında en yüksek değerlerine ulaşan soğutma enerjisi tüketimi, 2 ve 3 nolu yönlenmede, en düşük değeri 4141 kWh; diğer yönlenmelerde, en yüksek değeri 4573 kWh'e ulaşmıştır. Soğutma enerjisi tüketimi arasındaki farkın sebebi; soğutma döneminde, yapı elemanlarından istenmeyen ısı kazanımlarına güneş ışınımının etkisidir.

Çizelge 4.11. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

SOĞUTMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZI- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM SOĞUTMA TALEBİ (kWh)							
	İstenmeyen ısı kazançları					Isı kayıpları	Soğutma talebi
	Duyulur ısı kazançları			solar kazanımlar	toplam	toprak temaslı zemin döşemesi	
	pencere	duvarlar	çatı				
	293,84	2108,10	4054,63	11091,78	17548,35	-7645,18	9903,17
	250,04	1963,20	4170,18	9755,26	16138,67	-7454,97	8683,70
	250,22	1964,53	4166,46	9777,64	16158,84	-7459,53	8699,32
	291,78	2101,28	4048,37	11109,96	17551,38	-7651,90	9899,48
	300,61	2062,07	4080,92	10799,39	17242,99	-7604,49	9638,50
	319,03	2128,89	4043,88	11144,21	17636,01	-7658,08	9977,93
	311,29	2058,55	4077,89	10882,86	17330,58	-7612,90	9717,68
	319,05	2128,12	4049,69	11154,19	17651,06	-7655,25	9995,81

Çizelge 4.11'de L plan tipolojisindeki yapının soğutma talebi- yönlenme ilişkisi verilmiştir. L plan tipolojisine sahip ısı yalıtımı uygulanmamış yapıda, dış kabuk yüzey alanının dikdörtgen formlu yapı ile aynı olması sebebiyle ortalama duyulur ısı kazanımları değerleri ve oranları aynıdır. Yönlenmeler arasında duyulur ısı kazanımları, 2. ve 3. alternatiflerde diğer alternatif yönlenmelere göre, yıllık 113 kWh daha azdır. Bu farkın sebebi, güneye açılan cephe yüzey alanının fazla olması ve yapı kollarının birbiri üzerine attığı gölgelerdir. Pencereleden güneş kaynaklı ısı kazanımları yönlenmeye bağlı değişim göstermektedir. Güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplam soğutma talebine oranı, güney cepheli yönlenmelerde (2. ve 3. alternatifte) %60 iken; diğer yönlenmelerde %63'e çıkmıştır.

Kuzeybatı-güneydoğuya büyük cephe sunan alternatiflerde (5 ve 8. alternatiflerde) en yüksek soğutma talebi (9995 kWh), kuzey ve güneye büyük cephe sunan alternatiflerde ise en düşük soğutma talebi (8683 kWh) gerçekleşmiştir. En yüksek ısı kazanımı olan 8. alternatif ile en düşük ısı kazanımı olan 2. alternatif arasında soğutma dönemi boyunca 1513 kWh'lik fark oluşmuştur. Güneş kaynaklı ısı kazanımlarının artması iki alternatif arasında soğutma talebini, %15 oranında artırmıştır. Kuzey-güney cepheli yönlenmeye (2. ve 3. alternatiflere) göre, güneybatı-kuzeydoğu (5 ve 7. alternatifler) %11 ve doğu-batı (1 ve 4. Alternatifler) cepheli yönlenmelerde soğutma talebi %14 oranında artış göstermiştir.

Çizelge 4.12. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

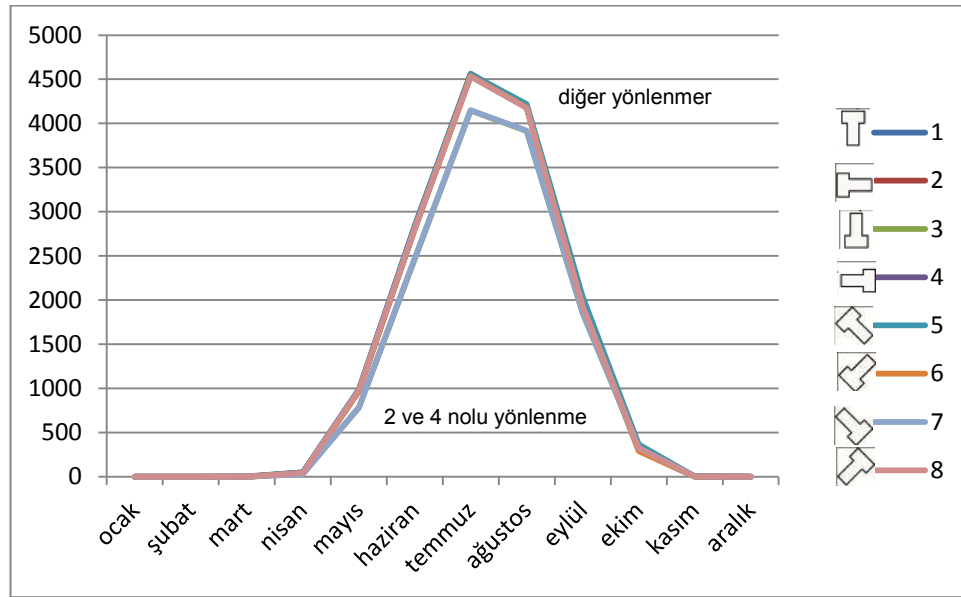
ISITMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM ISITMA TALEBİ (kWh)							
	cam	duvarlar	zemin	çatı	Toplam duyulur ısı kayıpları	solar kazanım	ısıtma talebi
	4654,38	5708,68	6833,27	7699,28	24895,60	9470,98	15424,63
	4648,89	5712,79	6853,76	7705,84	24921,27	9655,27	15266,00
	4652,91	5713,51	6872,02	7735,95	24974,39	9630,57	15343,82
	4653,25	5743,40	6871,92	7729,15	24997,71	9684,64	15313,07
	4658,50	5726,76	6806,31	7672,46	24864,04	9363,17	15500,87
	4662,55	5734,88	6830,89	7704,39	24932,71	9405,61	15527,10
	4666,20	5737,05	6831,98	7700,97	24936,20	9428,26	15507,94
	4660,82	5748,22	6832,91	7695,91	24937,85	9495,54	15442,32

Çizelge 4.12’de, L plan tipolojisine ait ısıtma talepleri verilmiştir. L formulu ısı yalıtımı uygulanmamış yapıda, duyulur ısı kayıpları yaklaşık 24900 kWh civarındadır. Güneye bakan yüzey alanı fazla olan (15 m) 2. ve 3. yönlenmelerde güneş kaynaklı ısı kazanımları diğer yönlenmelere göre daha yüksektir. Dolayısı ile toplam ısıtma enerjisi talepleri, en yüksek olan yönlenme 6. alternatife göre 261 kWh kadar düşüktür. L formunda, güneş kaynaklı ısı kazanımları, ısıtma talebini ortalama %38 düşürmüştür.

Çizelge 4.13. *T* plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda enerji tüketimleri-yönlenme ilişkisi

BAZ 1 KABUK KOŞULLARINDA YILLIK ENERJİ TÜKETİMİNİN YÖNLENME İLE DEĞİŞİMİ (kWh)				
plan tipolojisi	yönlenme	soğutma enerjisi	ısıtma enerjisi	toplam enerji tüketimleri
T		14932,76	16934,94	31867,70
		13527,88	16724,97	30252,86
		15042,36	16698,60	31740,96
		13534,42	16733,55	30267,97
		14832,15	16856,50	31688,65
		14862,31	16816,20	31678,51
		14744,26	16967,58	31711,84
		14788,60	16948,78	31737,38

Çizelge 4.13'te *T* plan tipolojisi için; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve toplam enerji tüketimlerinin yönlenme ile değişimi verilmiştir. Aynı taban alanı ve kabuk özelliklerine sahip sekiz yapı arasında, yönlenme değişimi, yıllık 1615 kWh'lik enerji tüketimini değiştirmiştir. Güneye geniş cephe sunan yapıyı batıya yönlendirmek, *T* form tipolojisinde %5 daha fazla enerji tüketmiştir. Soğutma enerjisi tüketimin yönlenmede değişim ile en yüksek fark 1514 kWh; ısıtma enerjisi tüketiminde en yüksek fark 269 kWh' dir. Toplam enerji tüketimini artıran etken soğutma talebindeki artış olmuştur.



Şekil 4.5. *T* plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebi-yönlenme ilişkisi

Şekil 4.5'te *T* plan tipolojisinin BAZ 1 koşullarında yıllık soğutma enerjisi tüketiminin yönlenmeyle değişimi gösterilmiştir. Temmuz ayında en yüksek değerlerine ulaşan soğutma enerjisi tüketimi, 2 ve 4 nolu yönlenmelerde, en az 4147 kWh; diğer yönlenmelerde, en fazla 4562 kWh'e çıkmıştır. Soğutma enerjisi tüketimi arasındaki farkın sebebi; soğutma döneminde, yapı elemanlarından istenmeyen ısı kazanımlarına güneş ışınlamalarının etkisidir.

Çizelge 4.14'te *T* plan tipolojisindeki yapının soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı- yönlenme ilişkisi verilmiştir. *T* plan tipolojisine sahip ısı yalıtımı uygulanmamış yapıda, dış kabuk yüzey alanının dikdörtgen ve *L* formlu yapı ile aynı olması sebebiyle duyulur ısı kazanımları değerleri ve oranları aynıdır. Yönlenmeler arasında duyulur ısı kazanımları, 2. ve 4. alternatiflerde diğer alternatif yönlenmelere göre, 114 kWh daha azdır. Bu farkın sebebi, yapı kabuğuna düşen ve kabuk tarafından emilen güneş ışınlamı miktarının değişmesi ve yapı kollarının birbiri üzerine attığı gölgelerdir. Pencereleden güneş kaynaklı ısı kazanımları yönlenmeye bağlı değişim göstermektedir. Güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplam soğutma

talebine oranı, güney cepheli yönlenmede %60 iken, diğer yönlenmelerde %62'ye çıkmıştır.

Çizelge 4.14. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda soğutma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

SOĞUTMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZI- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM SOĞUTMA TALEBİ (kWh)							
	İstenmeyen ısı kazançları					Isı kayıpları	Soğutma talebi
	Duyulur ısı kazançları			solar kazanımlar	toplam	toprak temaslı zemin döşemesi	
	pencere	duvarlar	çatı				
	289,61	2110,32	4164,94	10979,41	17544,28	-7825,14	9719,14
	245,61	1958,30	4269,85	9605,97	16079,73	-7638,27	8441,47
	296,75	2100,32	4153,62	11072,39	17623,07	-7840,71	9782,36
	246,62	1957,97	4269,46	9615,57	16089,62	-7639,35	8450,26
	312,89	2082,32	4165,15	10900,93	17461,28	-7818,40	9642,89
	315,74	2082,85	4168,43	10907,22	17474,23	-7816,51	9657,72
	307,37	2082,36	4165,07	10848,85	17403,64	-7814,65	9588,99
	308,69	2090,61	4177,43	10828,85	17405,58	-7803,94	9601,64

Doğu ve batıya büyük cephe sunan alternatiflerde en yüksek soğutma talebi (9782 kWh), kuzey ve güneye büyük cephe sunan alternatiflerde ise en düşük soğutma talebi (8441 kWh) gerçekleşmiştir. Bunun sebebi, batı ve doğuya bakan dik yüzeylere düşen güneş ışınlamı miktarının yaz aylarında yüksek olması ve kuzey yönünde gölgelenmelerin fazla olmasıdır. En yüksek ısı kazanımı olan batı cepheli alternatif ile en düşük ısı kazanımı olan güney

cepheli alternatif arasında soğutma döneminde soğutma talepleri arasında 1341 kWh'lik fark oluşmuştur. Güneş kaynaklı ısı kazanımlarının artması iki alternatif arasında soğutma talebini, %16 oranında artırmıştır. Güney cepheli yönlenmeye göre, güneydoğu ve güney batı cepheli yönlenmelerde soğutma talebi %14 oranında artış olmuştur.

Çizelge 4.15. *T* plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 koşulunda ısıtma talebinin yapı elemanları üzerinde dağılımı-yönlenme ilişkisi

ISITMA DÖNEMİNDE YÖNELİMLERE GÖRE BAZ1- YALITIMSIZ KABUK UYGULAMASI TOPLAM ISITMA TALEBİ (kWh)							
	cam	duvarlar	zemin	çatı	duyulur ısı kayıpları	solar kazanım	ısıtma talebi
	4595,01	5737,36	6934,32	7834,01	25100,71	9230,66	15870,05
	4584,89	5752,53	6984,71	7869,60	25191,74	9540,43	15651,31
	4578,94	5792,55	7011,58	7892,97	25276,04	9688,78	15587,26
	4584,01	5749,95	6981,07	7866,53	25181,57	9523,57	15658,00
	4594,51	5788,68	6962,78	7856,17	25202,14	9395,66	15806,48
	4593,82	5782,47	6967,92	7858,01	25202,23	9439,07	15763,15
	4599,27	5763,61	6922,79	7826,41	25112,09	9156,93	15955,16
	4598,62	5757,93	6929,73	7828,77	25115,04	9217,91	15897,13

Çizelge 4.15'te, *T* plan tipolojisine ait ısıtma talepleri verilmiştir. Isı yalıtımı uygulanmamış yapıda, duyulur ısı kayıpları yaklaşık 25200 kWh civarındadır. Güneye bakan yüzey alanı fazla olan (15 m) 2. ve 4. yönlenmelerde güneş

kaynaklı ısı kazanımları diğer yönlenmelere göre daha yüksektir. Bu alternatiflerde toplam ısıtma enerjisi talepleri güneş kaynaklı kazanımlar sebebiyle 368 kWh kadar düşmüştür. *T* formunda, güneş kaynaklı ısı kazanımları, ısıtma talebini yaklaşık %37 düşürmüştür.

Çizelge 4.16. Plan tipolojilerine bağlı toplam soğutma talebinin değişimi

Toplam soğutma talebi		
FORM	En düşük (kWh/yıl)	En yüksek (kWh/yıl)
Kare	7762	8298
Dikdörtgen	7681	11290
+	9004	9111
L	8684	9996
T	8441	9782

Çizelge 4.16 'da tüm plan tipolojilerinin yönlenmeye bağlı olarak soğutma taleplerindeki değişimlerin, en düşük ve en yüksek değerleri verilmiştir. 100 m² taban alanı en küçük (kompakt) kabuk yüzey alanında sunan kare plan tipolojisinde yapı formu seçimi, güneş ışınlımlarından ve dış ortam koşullarından etkilendiği alan daha az olduğundan soğutma taleplerini düşürmüştür. Azimuth açısı 0° yöneliminde olan kare formunda soğutma talebi 7762 kWh/yıl'dır. Doğu-batı doğrultusunda uzanan dikdörtgenli planlı yapının soğutma talebi (7681 kWh/yıl), güneş kaynaklı ısı kazanımlarının diğer plan tipolojilerine göre düşük olması sonucunda kare plan tipolojisindeki yapının soğutma talebine yaklaşmıştır. Güney-kuzey doğrultusundaki dikdörtgen planlı yapıda ise güneş kaynaklı kazanımlar en yüksek değeri aldığından soğutma talebi de yüksek çıkmıştır (11290 kWh/yıl). + plan tipolojisinde yapının kendi üzerine attığı gölge oranının fazla olması, yönlenme ile soğutma taleplerinde değişimin en az miktarda olmasına sebep olmuştur. L ve T plan tipolojilerinde yapılarda güneş kazanımlarının yönlenmeden etkilenmesi sonucunda soğutma talepleri de yönlenmeye bağlı olarak önemli oranda değişim göstermiştir.

Yönlenmenin, 5 formun kendi içlerindeki soğutma talebi üzerindeki etkisinde ayırt edici farkı yaratan başlık pencerelerden geçen güneş ışınlımlı kaynaklı ısı

kazanımlarıdır. Soğutma talebi içerisinde ısı transfer yolu ile en büyük ısı kazanımı payına sahip olan yapı elemanı ise teras çatıdır. Toprak ısısının, yaz döneminde dış hava sıcaklığından daha düşük olması sebebiyle, toprak temaslı (toprak ve iç ortam arasında ısı transferi yapan) zemin döşemesi soğutma sistemi tasarımında pozitif etki yaratmaktadır.

100 m² taban alanını sağlamak koşulu ile, karenin çevresi en küçük uzunlukta çıkacağından istenmeyen ısı kazanımları da en düşük olmuştur. Ayrıca + plan tipolojisinde bir tasarım yapmak, gölgelemenin etkisi ile, soğutma taleplerini yönelim değişiminden daha bağımsız kılmaktadır. Ancak diğer formlar herhangi bir tasarımda başlangıç için anahtar olarak kullanılmak istenirse, pencerelerden güneş ışınlamı girişi kontrol edilmelidir. Çünkü, güney ve batıdan güneş ışınlamına maruz kalan duvar ve pencere alanları değişiklik göstermektedir. Soğutma dönemi göz önüne alındığında, batı cephesindeki pencere miktarını azaltmak, yapının gölgeleme elemanları ya da formun uzantıları ile (*T,L*) kendi üzerine gölge atmasını sağlamak istenmeyen ısı kazanımlarını azaltacaktır. Ayrıca, yönlendenmeden bağımsız olarak, direkt güneş ışınlamalarına maruz kalan yapının üst örtüsü, çatı için de pasif sistemler ile (çatı havuzu, çatı havalandırması v.b.), yapı elemanının renginin değişmesi ve bina kabuğunun yalıtılması yoluyla önlem alınmalıdır. Soğutma döneminde, yalıtılmamış zemin döşemesi sistemin geneline olumlu etki etmesine rağmen, kullanıcılar için konforsuzluk yaratacağından önlem olarak değerlendirilemez.

Çizelge 4.17. Plan tipolojilerine bağlı toplam ısıtma talebinin değişimi

Toplam ısıtma talebi		
FORM	En düşük (kWh/yıl)	En yüksek (kWh/yıl)
Kare	15346	15517
Dikdörtgen	15200	15644
+	16165	16166
L	15266	15527
T	15587	15955

Çizelge 4.17 'de tüm plan tipolojilerinin yönlenmeye bağlı olarak ısıtma taleplerindeki değişimlerin, en düşük ve en yüksek değerleri verilmiştir.

Isı kaybeden yapı dış yüzey alanları birbirine eşit olan dikdörtgen, L , T plan tipolojilerinde güneş kazanımları benzer olduğundan ısıtma talepleri yakın değerlerde çıkmıştır (15700 kWh). Dikdörtgen plan tipolojisinde, güneye bakan cephe yüzey alanı en yüksek olan yönelimde güneş kazanımları da en yüksek değeri almaktadır (10265 kWh). Kare planlı yapı, en düşük yüzey alanına sahip olduğundan pencere, duvar, çatı ve zeminden duyulur ısı kayıpları da en düşük düzeyde çıkmıştır (23260 kWh). Yüzey alanı kareye göre daha yüksek olan dikdörtgen formda, ısı kayıpları %9 artmıştır (25465 kWh). Fakat yüzey alanı artışı aynı zamanda güneş kaynaklı ısı kazançlarını da artırmış ve doğu-batı uzantısındaki dikdörtgenin ısıtma talebini azaltarak kare formu yapının ısıtma taleplerine yaklaştırmıştır. Kare plan tipolojisinde güneş kazanımları ısıtma talebini %34 azaltırken, doğu-batı doğrultusundaki dikdörtgen plan tipolojisinde bu değer %40'a çıkmıştır. Güneş kaynaklı ısı kazanımları ısıtma talebini $+$ plan tipolojisinde %34, L ve T plan tipolojilerinde %28 seviyesinde azaltmıştır.

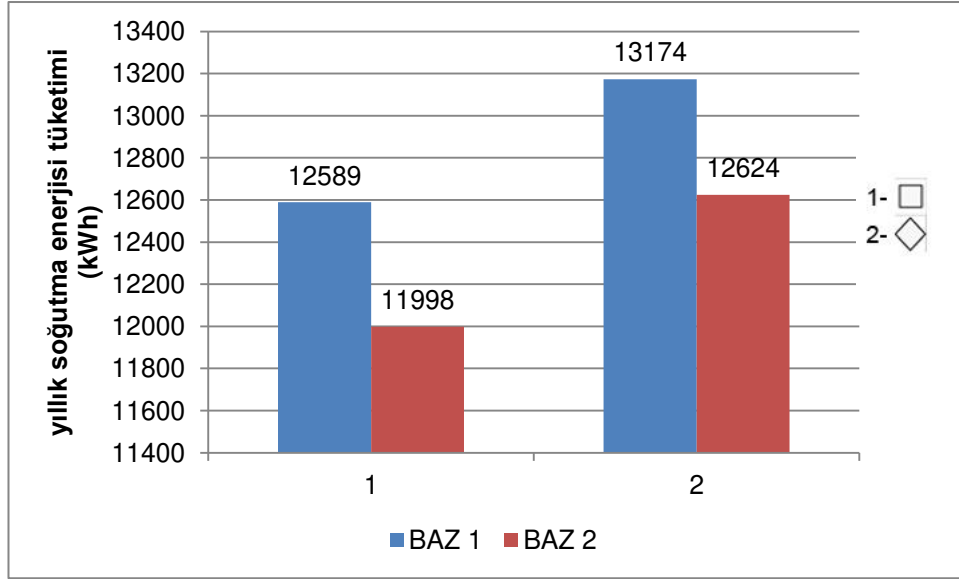
Kış aylarında bir yapının ısıtma talebinin belirlenmesinde, güney cephesi genişliği ve yönlenmede değişiklik, plan tipolojisinin değişiminden daha etkilidir. Bunun sebebi; yüzey alanını düşürerek duyulur ısı kayıplarını azaltmak kadar güney cephesini artırmak ve gölgelenmenin engellenmesi yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını düşürmüştür.

Tezde incelenen yalıtımsız yapılarda, ısı kayıplarının %18 'i pencerelerden, %23'ü duvarlardan, %28'i toprak temaslı zemin döşemesinden, %31'i ise teras çatıdan gerçekleşmektedir. En yüksek ısı kayıplarının çatıdan gerçekleşmesinin sebebi ise, çatı yüzeyinde rüzgarın etkisi ve yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısının yüksek olması olarak açıklanabilir.

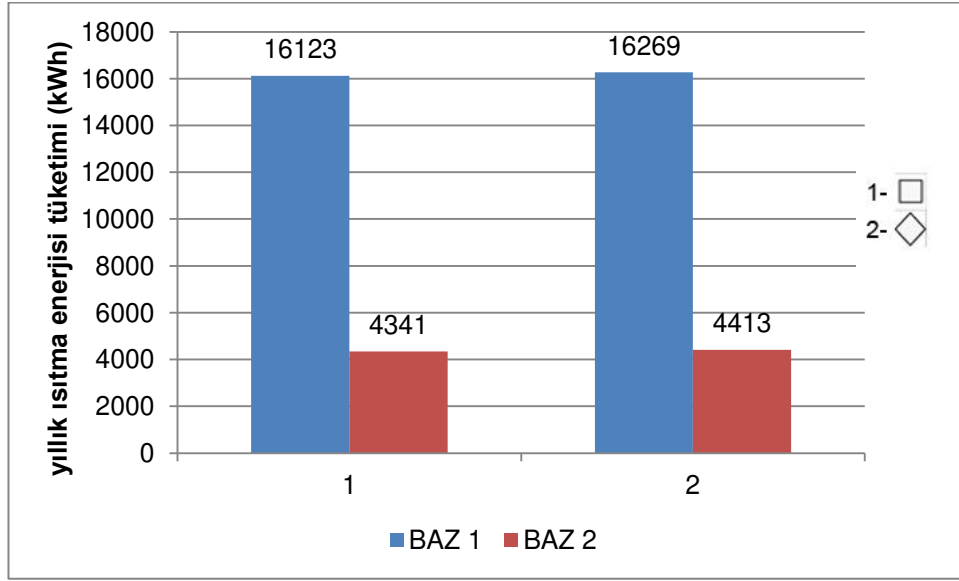
4.2. Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamasının Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi

Bu başlıkta, 5 farklı plan tipolojisinin yönlenme değişimlerine göre değişen ısıtma ve soğutma taleplerine, yapı kabuğuna yalıtım katmanı eklenmesi koşulunda taleplerindeki değişimler incelenmesi amaçlanmıştır.

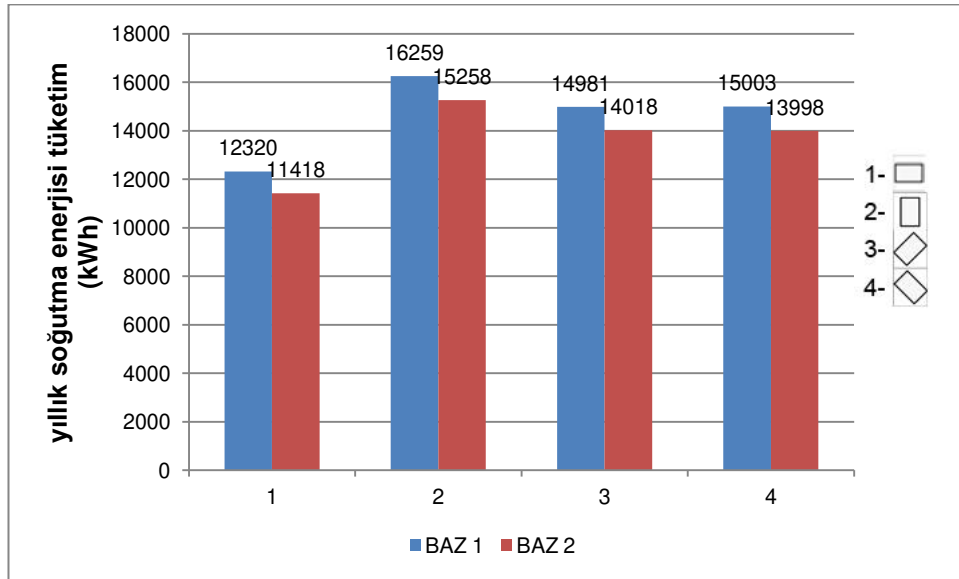
Bölüm 3.2’de tariflenmiş olan, BAZ 2 koşullarındaki yapı kabuğuna sahip plan tipolojilerinin, konfor koşullarını sağlayabilmesi beklenmiştir. Bunun için; soğutma ve ısıtma dönemleri boyunca, yapı elemanlarından gerçekleşen duyulur ısı kazanımları, kullanıcılardan, aydınlatmadan ya da donatılardan kaynaklanan iç ısı kazançları, yapı elemanlarından gerçekleşen ısı kayıpları dikkate alınarak, yaz ve kış dönemlerine ait yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.



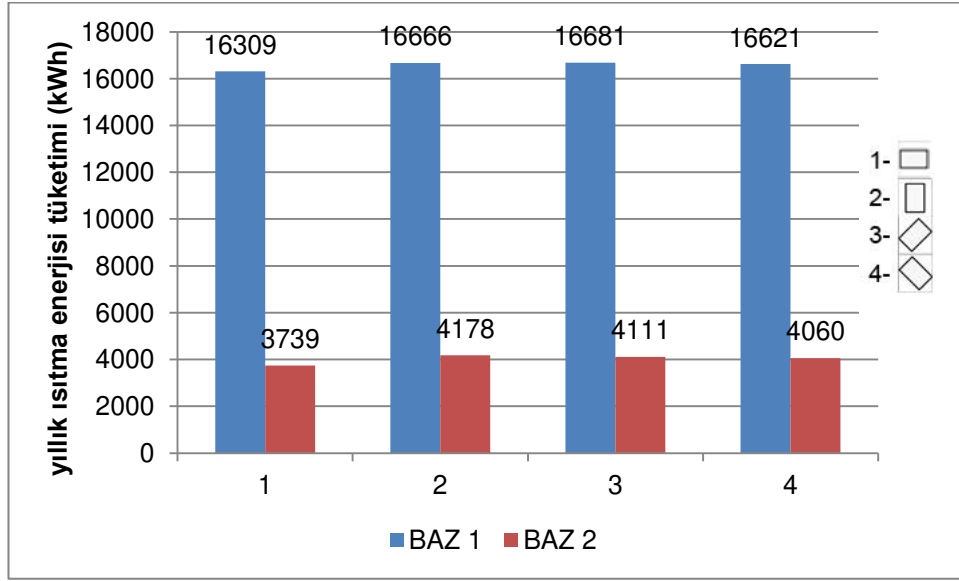
Şekil 4.6. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi



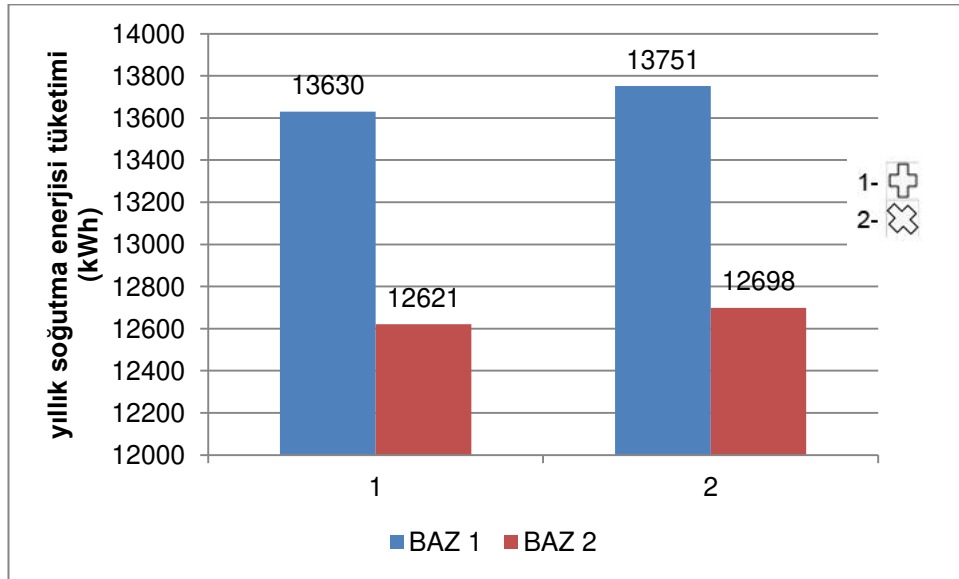
Şekil 4.7. Kare plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi



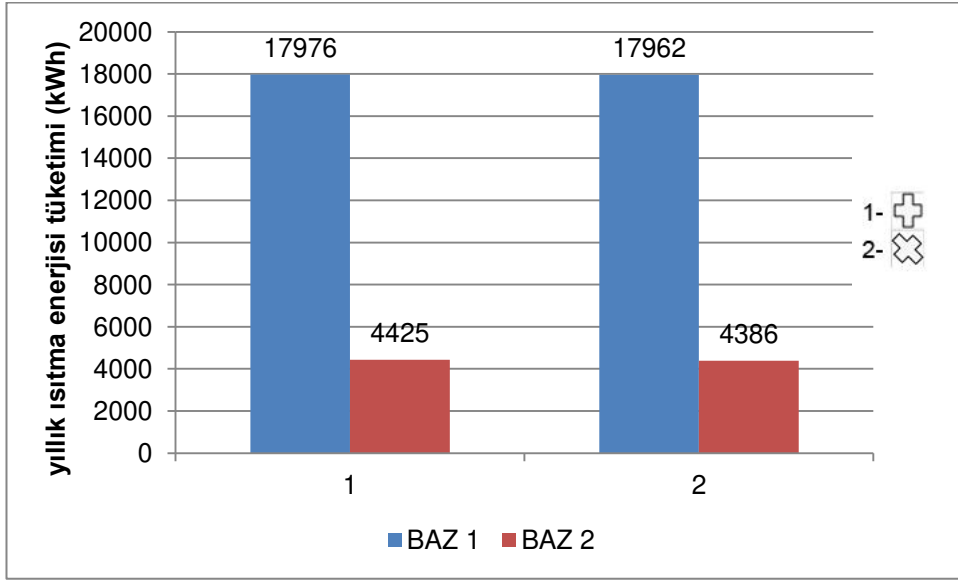
Şekil 4.8. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi



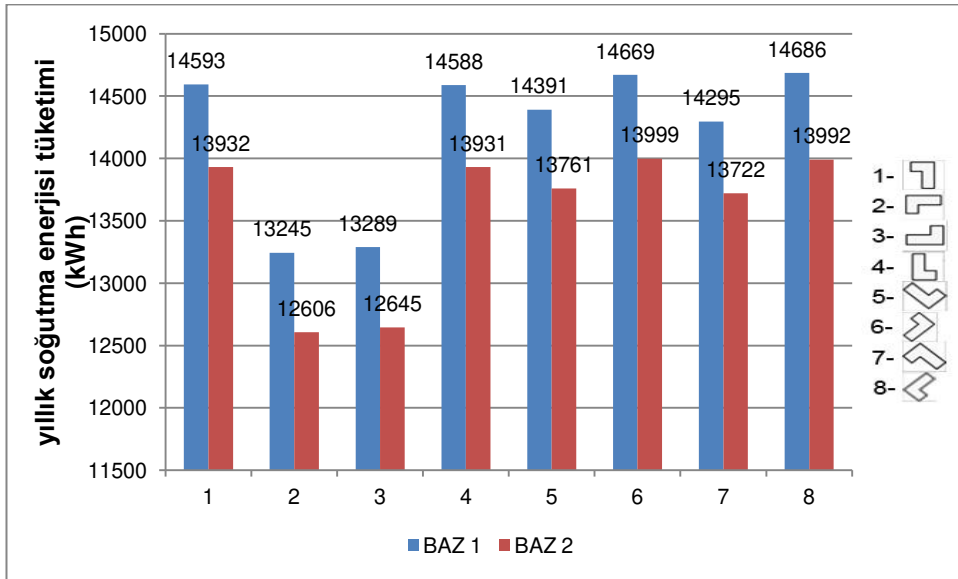
Şekil 4.9. Dikdörtgen plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi



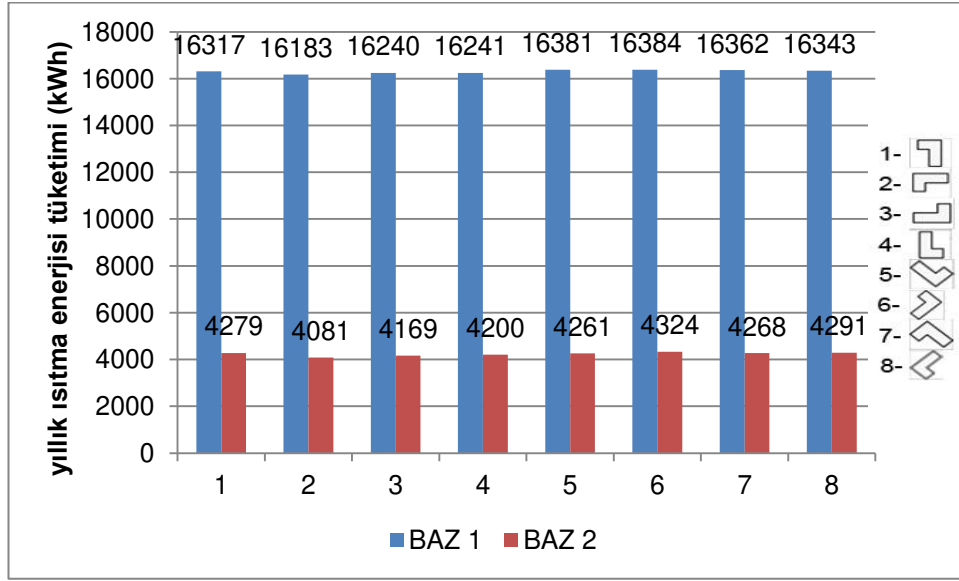
Şekil 4.10. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi



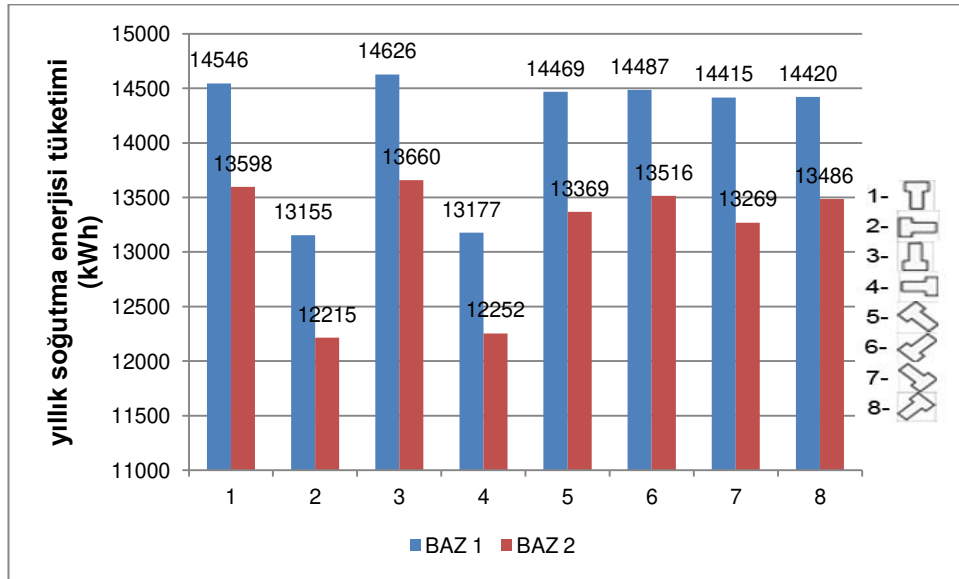
Şekil 4.11. + plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi



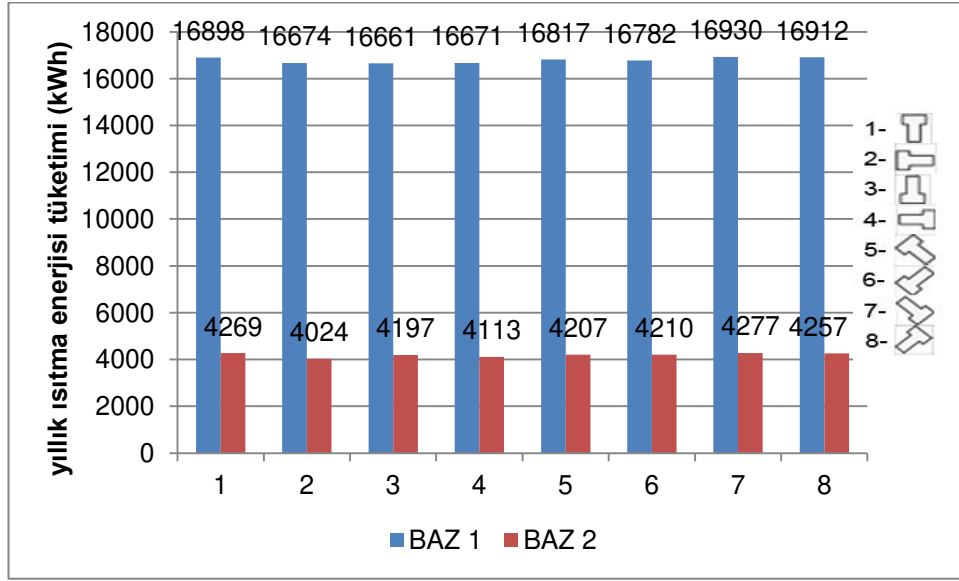
Şekil 4.12. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi



Şekil 4.13. L plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşullunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi



Şekil 4.14. T plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşullunda soğutma talebi-yönelim ilişkisi



Şekil 4.15. *T* plan tipolojisine sahip formda BAZ 1 ve BAZ 2 koşulunda ısıtma talebi-yönelim ilişkisi

Kare plan tipolojisinde yapıyı yalıtırmak, ısıtma ihtiyacı için harcanılan enerjiyi %73, soğutma enerjisi için harcadığı enerjiyi ise %5 düşürmüştür. Dikdörtgen plan tipolojisinde ise yalıtım yapmak, ısıtma ihtiyacı için harcanılan enerjiyi %77, soğutma enerjisi için harcanılan enerjiyi ise %8 düşürmüştür. + plan tipolojisinde ise BAZ 2 koşullarını sağlamak, ısıtma ihtiyacı için harcanılan enerjiyi %75, soğutma enerjisi için harcanılan enerjiyi ise %8 oranında azaltmıştır. *L* plan tipolojisinde, ısıtma ihtiyacı için harcanılan enerji %73, soğutma enerjisi için harcanılan enerji ise %5; *T* plan tipolojisinde, ısıtma ihtiyacı için harcanılan enerji %75, soğutma enerjisi için harcanılan enerji ise %7 oranında düşmüştür.

Yapı kabuğunda yalıtım katmanının bulunması, ısıtma döneminde tüketilen enerji miktarı $\frac{3}{4}$ 'ü oranında azalsa da soğutma enerjisi tüketiminde etkinliği %5 ile %8 arasında olmuştur. Soğutma döneminde yalıtımın yapmanın enerji tüketimini azaltmada etkinliğinin düşük olmasının sebebini anlamak için; yapı elemanlarında dönemsel olarak enerji hareketi incelenmelidir. Toprak temaslı zemin döşemesinden gerçekleşen ısı kayıplarının soğutma taleplerine olumlu yönde etki ettiği daha önce belirtilmiştir. Duvarda, pencerelerde ve çatıda ısı transfer katsayısı daha düşük katmanlar oluşturmak, bu yüzeylerden

gerçekleşen istenmeyen ısı kazanımlarını %38 azaltmıştır. Isı transfer katsayısı yüksek yapı malzemesi ile inşa edilmiş zemin döşemesinden kazanılan ısıнын %50'si kaybedilirken; u değeri düşük malzeme seçimi ile kayıplar kazanımların %20'sine gerilemiştir. Sonuç olarak ise yalıtımla oluşan soğutma talepleri ihtiyaç duyulan enerji miktarı ile paralellik göstermiş ve %5 ile %8 arasında azalmıştır.

Enerji tüketimleri yapı elemanları ölçeğinde incelendiğinde, ısıtma ve soğutma dönemi için ortak olarak, teras çatıların ve pencerelerin ele alınması zorunluluğu doğmuştur.

Bölüm 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 başlıkları ile verilen ve pencereler ile çatılarda parametre değişikliği yapılarak oluşturulan sorgulamalar, dış ortam ile temas eden yüzey alanı fazla olmasına rağmen düşük ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimi sunan doğu-batı doğrultulu dikdörtgen form üzerinden devam edecektir.

4.3. Çatı Malzemesi Seçiminin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi

BAZ 1 koşullarında, kare plan tipolojisi için, ısıtma döneminde teras çatıdan duyulur ısı kayıpları, tüm kayıpların %34'ünü; diğer formlarda ise %31'ini oluşturmuştur. Kare formda soğutma döneminde ise teras çatıdan duyulur ısı kazançları, tüm kazançların %28'ini; diğer formlarda ise %23-26'sını oluşturmuştur.

Yapı elemanlarından, çatıdan, gerçekleşen ısı transferi, yapı içerisi ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkına, yapı elemanının toplam ısı transfer katsayısına, yüzey emicilik katsayısına, yüzey alanına ve yüzeye ulaşan anlık güneş ışıınımı miktarı gibi değerlere bağlıdır. Kabukta yalıtım katmanı uygulanması ısıtma ve soğutma dönemlerinde yüzeyden ısı transferi miktarını azaltacaktır. Ayrıca yansıtıcılığı yüksek, emiciliği düşük yapı malzemeleri seçimi soğutma dönemlerinde çatı yüzeyinden ısı kazançlarını azaltacaktır.

BAZ 2 koşullarında, teras çatı yüzeyi, yalıtılmış ve çakıl ile örtülmüştür. Tariflenmiş bu katmanın toplam ısı transfer kat sayısı $0,618 \text{ W/m}^2\text{-K}$ 'dir. Yüzeye ulaşan güneş ışıını emilim katsayısı (solar emmissivity) 0,6'dır ve emdiği ışıının (thermal emissvity) %90'nını ısı enerjisi olarak yaymaktadır.

Toplam ısı transfer katsayısını sabit tutmak koşulu ile; BAZ 2 şartındaki doğu-batı doğrultusundaki dikdörtgen yapının, teras çatı yapı malzemesinin güneş ışıını emilim katsayısı 0,4 ve 0,3'e indirilmiştir ve emilen ışıının %90'nının ısı olarak yayıldığı kabul edilmiştir.

Çizelge 4.18. Dikdörtgen plan tipolojisinde çatı yüzeyi yüzey emilim katsayısı değişimi-enerji tüketimi ilişkisi

DİKDÖRTGEN PLAN TİPOLOJİSİNDE BAZ 2 KOŞULLARINDA DOĞU- BATI DOĞRULTUSUNDAKİ YAPI				
	soğutma ihtiyacı duyulan dönem		ısıtma ihtiyacı duyulan dönem	
	çatıdan gerçekleşen ısı kazançları	yıllık enerji tüketimi	çatıdan gerçekleşen ısı kayıpları	yıllık enerji tüketimi
BAZ 2 koşulları, yüzey emilim kat sayısı 0,6	1061	12741	2464	3741
yüzey emilim kat sayısı 0,4	544	12091	2773	3882
yüzey emilim kat sayısı 0,3	288	11772	2941	3964

Çizelge 4.18'de dikdörtgen plan tipolojisi için teras çatı yüzeyi emilim katsayısındaki değişikliklerin ısı kazanç ve kayıplarına, nihayetinde enerji tüketimlerine etkisi gösterilmiştir. Yaz aylarında, çatı yüzeyi emilim katsayısını %33 düşürmek, çatıdan gerçekleşen ısı kazanımlarını %49; emilim katsayısını %50 düşürmek çatıdan gerçekleşen ısı kazanımlarını %73 azaltmıştır.

Kış aylarında, çatı yüzeyi emilim katsayısını %33 düşürmek, çatıdan gerçekleşen ısı kayıplarını %13; emilim katsayısını %50 düşürmek çatıdan gerçekleşen ısı kayıplarını %19 artırmıştır. Emilim katsayısını düşürmek, yaz

aylarında tüketilen ısı enerjisi miktarını azaltmıştır, ancak kış aylarında enerji tüketimini artırmıştır. Toplam enerji tüketimleri karşılaştırıldığında, çatı yüzeyi emilim katsayısını %33 düşürmek enerji tüketimini %3; çatı yüzeyi emilim katsayısını %50 düşürmek enerji tüketimini %5 azaltmıştır.

BAZ 2 koşullarındaki dikdörtgen yapının çatı katmanlarındaki malzemelere ikinci kat ısı yalıtımı uygulanması durumunda yaz aylarında çatıdan gerçekleşen ısı kazanımları 1061 kWh'den 606 kWh'e düşmüştür. Bununla beraber, çatıdan gerçekleşen ısı kayıpları ise 2464 kWh'den 1439 kWh'e düşmüştür.

4.4 . Saydamlık Oranının Değiştirilmesinin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi

Yapı kabuğuna yalıtım katmanı eklemek, soğutma döneminde duvarlardan ve çatıdan gerçekleşen ısı kazanımlarını, toprak temaslı zemin döşemesinden gerçekleşen ısı kayıplarını 2/3 oranında azaltmıştır. Böylece pencerelerden gerçekleşen duyulur ısı kayıp ve kazançları ile güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplam ısı kazançlarındaki oranında artmıştır. BAZ 1 koşullarında pencerelerden gerçekleşen duyulur ısı kazanımı toplam ısı kazanımlarının %1'ini, güneş kaynaklı ısı kazanımları ise %58'ini; BAZ 2 koşullarında pencerelerden gerçekleşen duyulur ısı kazanımı toplam ısı kazanımlarının %8'ini, güneş kaynaklı ısı kazanımları ise %73'ünü oluşturmuştur.

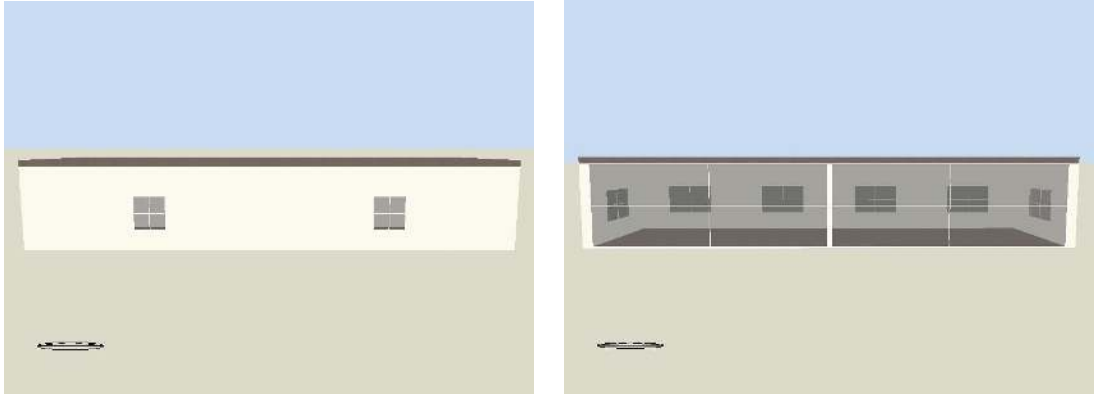
Isıtma döneminde, BAZ 1 koşullarında pencerelerden gerçekleşen duyulur ısı kayıpları toplam ısı kayıplarının %18'ini, güneş kaynaklı ısı kazanımları ise kayıpları %40'ını; BAZ 2 koşullarında pencerelerden gerçekleşen duyulur ısı kayıpları toplam ısı kayıplarının %20'ini, güneş kaynaklı ısı kazanımları ise %84'ünü oluşturmuştur.

Kuzey yarım kürede, güney cephelerini geniş tutmak ve saydam yüzeyleri güneye açmak, ısıtma ihtiyacını düşürecektir. Ayrıca Antalya için; yaz

döneminde doğu ve batı yerine güneye yönelmek göreceli olarak ısıtma yüklerini düşürecektir.

Soysal, camlı yüzey alanı için duvar alanı yerine bina alanına bağlı bir oran tanımlamıştır. *Camlı yüzey alanı*; İstenmeyen ısı kazancı veya kaybını önlemek için camlı yüzeylerin toplam alanı, bina alanının %10–15 ini geçmemesi gerektiğini belirtmiştir [60].

Bu bölümde BAZ 2 koşullarında, doğu- batı doğrultusunda uzanan dikdörtgen plan tipolojisi için, güney duvarındaki pencere alanının duvar alanına oranı %100 olması durumu ve pencere alanının bina alanının %10 olması durumları test edilmiştir. Pencere saydam ve opak bileşenlerin malzemelerinde değişiklik yapılmamıştır.



Resim 4.1. Güney penceresi/güney duvarı değişim oranları

Çizelge 4.19’da dikdörtgen plan tipolojisinde açıklık oranı-enerji tüketimi ilişkisi verilmiştir. Güney duvarında pencere alanını %100’e çıkarmak, BAZ 2 koşullarına göre, güneş kaynaklı ısı kazanımlarını yaklaşık üç buçuk kat artırmıştır. Bu artış yıllık soğutma enerjisini %66 artırmış; ısıtma enerjisini %60 azaltmıştır.

Yapı taban alanının %10’u kadar uygulanan pencere alanı ile BAZ 2 koşullarına göre, güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %72 azaltmıştır. Yıllık soğutma enerjisini BAZ 2 koşullarının %53’ üne düşürmüştür; ısıtma enerjisini 1,6 kat artırmıştır.

Çizelge 4.19. Dikdörtgen plan tipolojisi de açıklık oranı-enerji tüketimi ilişkisi

DİKDÖRTGEN PLAN TİPOLOJİSİNE SAHİP BAZ 2 KOŞULLARINDAKİ YAPIDA AÇIKLIK ORANI- ENERJİ TÜKETİMİ İLİŞKİSİ				
BAZ 2- DİKDÖRTGEN PLAN TİPOLOJİSİ 	açıklık oranı	pencerelerden giren güneş ışınımı kaynaklı ısı kazanımları (kWh)	yıllık soğutma enerjisi tüketimi(kWh)	yıllık ısıtma enerjisi tüketimi(kWh)
	tüm duvarlarda pencere alanının duvar alanına oranı=%20	14354	12741	3741
	kuzey, doğu ve batı duvarında pencere alanının duvar alanına oranı=%20 ve güney duvarında pencere alanının duvar alanına oranı=%100	47698	37934	1501
	Taban alanının %10'u oranında toplam pencere alanı (duvar alanının %6'sı oranında)	4097	6807	5905

Yıllık toplam enerji tüketimleri karşılaştırıldığında, güney duvarını tamamen cam ile inşa etmek, ısıtma ihtiyaçlarını düşürürken soğutma ihtiyaçlarındaki aşırı artış sebebiyle en kötü sonuçları vermiştir (39435 kWh). Yapı taban alanının %10 ile sınırlandırılmış pencere alanı ise en iyi sonucu vermiştir (12712 kWh).

Duvar alanın %20'si oranında pencere alanında, gündelik işlerin yapılabileceği aydınlık düzeyi belirleyici olduğundan Bölüm 4.4. ve Bölüm 4.5'te malzeme değişimi ve gölgeleme elemanları ile test edilecektir.

4.5. Pencere Malzemesi Değişiminin Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi

Saydam yapı elemanlarından, pencerelerden, elde edilmek istenilen enerji miktarı az ise yüzey malzemesinin yansıtıcılık özelliği ve emicilik katsayısı yüksek; elde edilmek istenilen enerji miktarı çok ise geçirgenlik katsayısı yüksek ve emicilik katsayısı düşük olmalıdır [74].

Antalya İli için yaz koşullarında pencerelerden güneşten kaynaklı ısı kazanımlarını azaltılması için iç ortama geçirilen ısı enerjisi ve cam tarafından emildikten sonra iç ortama verilen ısı enerjisi miktarını belirleyen güneş ısı kazanç katsayısının (SHGC-Solar Heat Gain Coefficient) düşük olması beklenir. Ayrıca, soğuk ortama doğru ısı transferini engelleyebilmek için ise pencerenin düşük ısı iletim katsayısı sunması istenir.

Bu başlıkta, pencere alanları ve diğer yapı elemanlarına ait özellikler BAZ 2 koşullarında sabit tutularak; saydam yüzeylerde ısı soğuran camlar kullanılarak, SHGC katsayısının düşürüldüğü ve iklimsel konfor sunan, ısı transfer katsayısını da SHGC ile beraber düşüren cam tipleri analiz edilmiştir. Pencerelerin opak bileşenlerinde ahşap kullanılmıştır. Pencere boşluklarında, hava yerine argon gazı kullanılmıştır.

Çizelge 4.20. Dikdörtgen plan tipolojisinde pencere malzemesi alternatifleri

malzemenin adı ve tarifi	optik özellikleri			termal özellikleri
	güneş ısı kazanç katsayısı (SGHC)	direkt güneş ışınlı geçirim katsayısı	gün ışığı geçirim katsayısı	ısı transfer katsayısı (W/m ² -K)
BAZ 2	0,691	0,624	0,744	1,986
climaGuard cam(6mm)+ Argon(13mm)+ düz cam(6mm)	0,281	0,200	0,520	2,474
mavi-yeşil cam(6mm)+ Argon(13mm)+ düz cam(6mm)	0,499	0,379	0,664	2,511
düz cam(6mm) + Argon(13mm)+ LowE cam(6mm)	0,599	0,468	0,745	1,818
düz cam(6mm) + Argon(13mm)+ LowE cam(6mm)+ Argon(13mm)+ LowE cam(6mm)	0,461	0,283	0,633	0,871

Çizelge 4.21. Dikdörtgen plan tipolojisi pencere malzemesi-enerji tüketimi ilişkisi

DİKDÖRTGEN PLAN TİPOLOJİSİNE SAHİP BAZ 2 KOŞULLARINDAKİ YAPIDA PENCERE MALZEMESİ- ENERJİ TÜKETİMİ İLİKİSİ				
Cam Tipi	Pencerelerden geçen güneş ışıınımı kazanımı (kWh)		Yıllık soğutma enerjisi tüketimi (kWh)	Yıllık ısıtma enerjisi tüketimi (kWh)
	soğutma dönemi	ısıtma dönemi		
BAZ 2	6571	7784	12741	3741
Çift cam-climaGuard	1994	2379	7774	6730
Çift cam-green	3607	4326	10423	5232
Çift cam-LowE	4629	5530	11572	4163
Üçlü cam-LowE	2513	3073	9664	4260

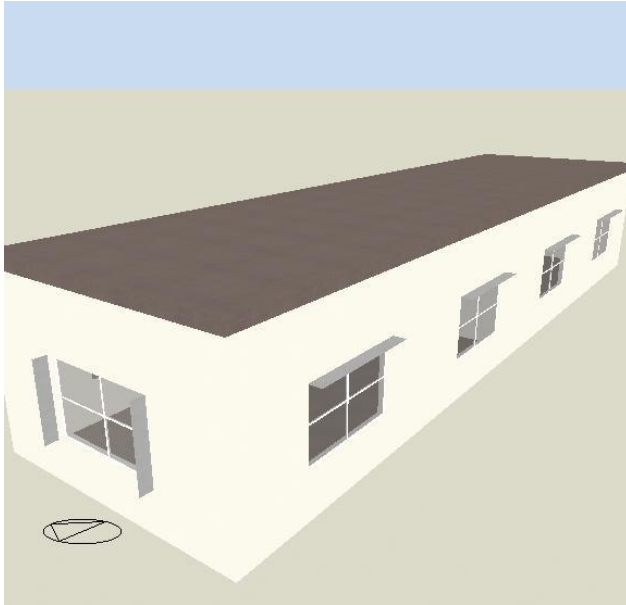
Çizelge 4.21’de dikdörtgen plan tipolojisi pencere malzemesi değişiminin, güneş kaynaklı ısı kazanımlarına, duyulur ısı kayıplarına ve enerji tüketimine etkisi belirtilmiştir. Yıllık toplam enerji tüketimleri karşılaştırıldığında en iyi performansı, katmanlarının ikisinde LowE cam ve en dış katmanında ise düz cam uygulaması bulunan pencere göstermiştir. BAZ 2 koşullarındaki cam malzemesinin gün ışığı geçirir katsayısını belirli bir seviyede tutmak koşuluyla, güneş ısı kazanım katsayısı ve direkt güneş ışıınımı geçirir katsayısını azaltmak, dışta mavi-yeşil renkli cam tipi, içte düz cam kullanıldığında güneş ışığı geçişi ile kazanımları %44 azaltmıştır. Dışta climaGuard cam tipi, içte düz cam kullanıldığında güneş ışıınımı geçişi ile kazanımları %70 azaltmıştır. ClimaGuard cam kaplaması uygulanması, pencere sisteminde ısı transfer katsayısını 2,474w/m²-K’e çıkarmıştır. Güneş ısı kazanım katsayısının azalması ve ısı transfer katsayısının artması, ısıtma enerjisi tüketimini %44 artırmıştır. Çift katmanlı, LowE uygulanmış pencere sisteminde, ısıtma enerjisi tüketiminde %10 artış, soğutma enerjisi tüketiminde %10 azalış hesaplanmıştır. LowE katmalı üçlü cam

uygulamalarında, ısı transfer kat sayısı ve SHGC beraber azalması soğutma ihtiyacını BAZ 2 koşullarına göre %24 azaltırken, ısıtma yüklerini %12 artırmıştır.

4.6. Bölgesel Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Enerjisi Tüketimine Etkisi

BAZ 2 koşullarında tariflenmiş yapı malzemesi ile oluşturulan, doğu- batı doğrultusunda yerleşmiş dikdörtgen formlu yapıda, kuzey pencereleri sabit kalmak şartı ile sadece güneye pencere açıldığında, soğutma ihtiyacının doğduğu mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayına toplam 4427 kWh; ısıtma ihtiyacının oluştuğu diğer ayların toplamında ise 6308 kWh'lik güneşten ısı kazanımları olmuştur. Aynı koşullarda güney yerine doğu ve batı cephelerinde açıklık oluşturulması halinde ise; soğutma döneminde 3827 kWh; ısıtma döneminde 2799 kWh'lik kazanımlar olmuştur.

Bu başlık altında, ısıtma ve soğutma dönemlerinde gerçekleşen güneş ışınlamı kazanımların bölgesel gölgeleme elemanları ile kontrolü analiz edilmiş; kullanılan eleman çeşitleri ve boyutları incelenmiştir.

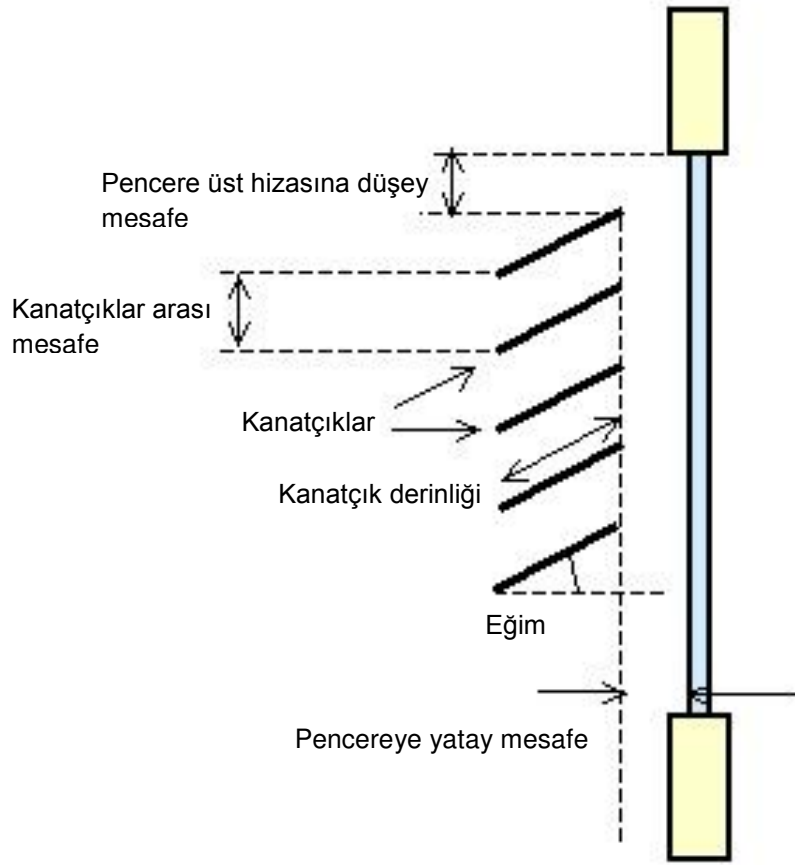


Resim 4. 2. Gölgeleme elemanı - düşey ve yatay gölgeleme elemanları

Kış aylarında dik bir yüzeye direkt güneş ışınımının yaz aylarına göre daha eğik gelmesi sebebi ile doğu ve batı duvarlarında düşey gölgeleme elemanları test edilmiştir. Bu elemanların pencere kenarlarından uzaklığı arttıkça etkinliği azalmaktadır, bu sebeple pencere bitişi ile aynı hizada tasarlanmıştır. 50 cm genişliğinde düşey gölgeleme elemanı, soğutma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %2, ısıtma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %6 oranında azaltmıştır. 150 cm genişliğinde düşey gölgeleme elemanı uygulandığında ise, soğutma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarında azalma oranı %6, ısıtma döneminde %13'e çıkmıştır. Düşey gölgeleme elemanın genişliğinin artması, ısıtma döneminde enerji tüketimini artırmıştır, soğutma döneminde enerji tüketimindeki azaltmıştır. Ancak yıllık toplam enerji tüketiminde de azalma seviyesi genişliğin 50 cm olması durumuna göre oldukça düşüktür.

Yaz aylarında, eğim açısı 90^0 bir yüzeye, direkt güneş ışınımının kış aylarına göre daha dik gelmesi sebebi ile güney duvarında yatay gölgeleme elemanları test edilmiştir. Bu elemanların pencere üst kenarlarından uzaklığı arttıkça etkinliği azalmaktadır, bu sebeple pencere bitişi ile aynı hizada tasarlanmıştır. 50 cm derinliğinde yatay gölgeleme elemanı, soğutma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %22, ısıtma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %18 oranında azaltmıştır. 150 cm derinliğinde yatay gölgeleme elemanı uygulandığında ise, soğutma döneminde güneş kaynaklı ısı kazanımlarında azalma oranı %30, ısıtma döneminde %41'e çıkmıştır. Yatay gölgeleme elemanın derinliğinin artması, soğutma döneminde enerji tüketimini azaltıcı etki yapsa da ısıtma döneminde enerji tüketimini %19 artırmıştır.

Resim 4.3.'te güney duvarına uygulanan yatay gölgeleme elemanı gösterilmiştir. Bu uygulamada, kanatçıkların sayısını, eğim açılarını artırmak, pencere yüzeyi ile aralarındaki mesafeyi azaltmak güneş kaynaklı ısı kazanımlarını azaltmıştır.



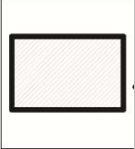
Resim 4.3. Gölgeleme elemanı kesiti- panjur

Pencere yüzeyine uzaklıkları 30 cm olmak koşulu ile 3 adet 15° eğimli, birbiri arasında 30 cm mesafe bulunan 20 cm genişliğinde kanatçıktan meydana gelen gölgeleme elemanı, güney pencerelerinden giren güneş ışınımını soğutma döneminde %16, ısıtma döneminde %26 azaltmıştır. Kanatçıkların eğimini 30° 'ye çıktığı durumda güney pencerelerinden giren güneş ışınımını soğutma döneminde %17, ısıtma döneminde %30 azaltmıştır. Kanatçıkların eğimini 60° 'ye çıktığı durumda güney pencerelerinden giren güneş ışınımını soğutma döneminde %18, ısıtma döneminde %33 azaltmıştır. Eğimi 60° olan kanatçıkların derinliğini 20 cm' den 30 cm' ye çıkarmak, güneş kaynaklı ısı kazanımları miktarını soğutma döneminde % 22, ısıtma döneminde %43 azaltmıştır. Kanatçık derinliğini 40 cm' ye çıkarmak sonuçları değiştirmemiştir. Ayrıca kanatçık sayısını artırmak güneş kaynaklı ısı kazanımlarını giderek artan değerlerde engellemiştir.

Soğutma ihtiyacının duyulduğu dönemde, güneş ışınımının yapı içerisine girmesini engellemede pencere yüzeyine paralel kanatçıklar kullanmak, pencere üzerinde tasarlanacak yatay gölgeleme elemanına göre daha etkilidir. Ancak ısıtma döneminde, yukarıda tartışılan 60° eğimli, 30 cm derinliğinde, 5 adet kanatçık güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %53 azaltmıştır; pencere üzerinde 50 cm derinliğinde yatay gölgeleme elemanı güneş kaynaklı ısı kazanımlarını %17 azaltmıştır.

BAZ 2 koşullarındaki dikdörtgen plan tipolojili yapıya, bölgesel gölgelemeyi sağlamak için doğu ve batı duvarlarına 50cm genişliğinde düşey gölgeleme elemanı ve güney duvarına 50 cm genişliğinde yatay gölgeleme elemanı eklenmiştir.

Çizelge 4.22. Dikdörtgen plan tipolojisinde gölgeleme elemanı kullanımı-enerji tüketimi ilişkisi

BAZ 2 KOŞULLARINDA DİKDÖRTGEN PLAN TİPOLOJİSİNDE GÖLGELEME ELEMANLARI ETKİSİ				
	gölgeleme elemanı kullanımı	soğutma enerjisi tüketimi	ısıtma enerjisi tüketimi	toplam enerji tüketimi
	yok	12741	3741	16483
	var	11091	4285	15377

Çizelge 4.22’de dikdörtgen plan tipolojisinde doğu-batı doğrultusunda yerleşmiş formda, doğu-batı ve güney duvarına gölgeleme elemanları eklendiği halde enerji tüketimleri ilişkisi gösterilmiştir. Gölgeleme elemanı kullanımı ile, soğutma döneminde 1650 kWh’lik daha az enerji tüketimi; ısıtma döneminde 544 kWh’lik daha çok enerji tüketimi hesaplanmıştır. Yıllık enerji tüketimlerine bakıldığında ise doğu ve batı cephelerinde düşey ve güney cephesinde yatay gölgeleme elemanı kullanmak; yaklaşık olarak %7’lik enerji tasarrufu sağlamıştır.

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu çalışmada, pasif tasarım ölçütlerinden form ve yönlenmenin, konfor şartlarında tutulan bir yapının ısıtma ve soğutma ihtiyaçları üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Yapı kabuğunda tüm opak ve saydam yüzeylerden gerçekleşen duyulur ve gizli ısı kayıp ile ısı kazanımları, saydam yüzeylerden giren güneş ışınımı miktarları ısıtma ve soğutma dönemlerinde, yalıtımsız ve baz yalıtımlı kabuk için Design Builder programı kullanarak hesaplanmıştır.

5 farklı plan tipolojisi ve bunların yönlenme alternatifleri üzerinde yapılan analizlerin sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Isıtma döneminde, aynı dış ortam koşullarında test edilen 5 farklı plan tipolojisinde, duyulur ısı kayıpları üzerinde yönlenmenin etkisi düşük fakat yapı formunda değişimin etkisinin yüksek olduğu görülmüştür. 100 m² taban alanı sunan kare, dikdörtgen, +, L ve T plan tipolojileri arasında, en az dış kabuk yüzey alanına sahip karenin duyulur ısı kayıpları da en az olmuştur.
2. Duyulur ısı kayıpları ve güneş kaynaklı ısı kazanımlarının toplamından oluşan ısıtma taleplerinde, yapı formu ile yönlenme beraber etkili olmuştur. Kış aylarında, güneye yönelmiş olan kare plan tipolojisinden dikdörtgen plan tipolojisine geçiş, yapının kabuk yüzey alanını artırdığından, duyulur ısı kayıplarını %9 artırmıştır. Bununla beraber, pencerelerden yapı içine giren güneş ışınımından ısı kazanımları sayesinde ısıtma talebi %41 düşmüştür. T ve L plan tipolojilerinde bu düşüş sırası ile %38 ve %39; + plan tipolojisinde ise %34 oranında olmuştur. Yapı formu, ısıtma talebini yapının kendi üzerine attığı gölge ve toplam güneş ışınımına maruz kalan dik açılı yapı elemanlarının alanları ile ilişkili olarak etkilemiştir.
3. Isıtma dönemi için; yapı formu ve yönlenmede alınan önlemlerle pasif olarak ısıtma talebini düşüren en iyi form kareden daha büyük dış

kabuk yüzeyine sahip olmasına rağmen doğu-batı doğrultusunda uzanan dikdörtgen plan tipolojisidir.

4. Soğutma döneminde, toplam soğutma ihtiyacının hem yönlenmeye hem de forma bağlı olduğu görülmüştür.

Soğutma ihtiyacı en düşük olan yapılar, kare plan tipolojisi (12913 kWh) ve doğu-batı doğrultusunda yerleşmiş olan dikdörtgen plan (12737 kWh) tipolojisine sahip yapılar olmuştur.

Toplam çevre uzunlukları aynı olan $+$, T , L ve dikdörtgen formlarda çatı, duvar ve pencerelerden gerçekleşen istenmeyen duyulur ısı kazançları toplamı da aynı olmuştur. Soğutma talepleri üzerinde fark yaratan, güneş kaynaklı ısı kazanımlarıdır. Soğutma talebini ortalama olarak, kare ve $+$ plan tipolojilerinde %57'sini pencerelerden giren güneş kaynaklı ısı kazanımları, %43'ünü ise duyulur ısı kazanımları oluşturmuştur. Dikdörtgen, L ve T plan tipolojilerinde %62'sini pencerelerden giren güneş kaynaklı ısı kazanımları, %38'ini ise duyulur ısı kazanımları oluşturmuştur.

Yapı formunun soğutma talebini etkileyen değişkenlerinden biri yapı kenar uzunlukları arasındaki ilişkidir. Kenar uzunlukları ile soğutma talebinin ilişkisini, yönler göre değişen güneş ışınım miktarları oluşturur. Yapının kenar uzunluklarının birbirine eşit olan $+$ plan tipolojisinde kendi içinde güneş kaynaklı ısı kazanımlarının yönlenme ile değişimi %1, kenar uzunlukları birbirinden farklı olan dikdörtgen plan tipolojisinde güneş kaynaklı ısı kazanımlarının yönlenmeyle değişimi kendi içinde %23 oranında olmuştur.

Yalıtılmamış toprak temaslı zemin döşemesinden ısı kayıpları, soğutma taleplerini %45 oranında azaltmıştır.

5. Geniş cephelerini güneye yönlendirmiş yapıların, ısıtma ve soğutma taleplerinin toplamı düşük olmuştur.

Isıtma ve soğutma dönemlerinde ortak olarak, güneye geniş cephe açmak ya da güneye açılan cephe yüzeylerini genişletmek; batı ve

doğuya açılan cepheleri dar tutmak yoluyla ihtiyaç duyulan cephe boyutlarını yakalamak ısıtma ve soğutma taleplerini düşürecektir.

6. Baz 2 halinde, yapı kabuğunda yalıtım yapılması duyulur ısı geçişlerini azalttığından dolayı ısıtma, soğutma ihtiyaçları düşmüştür.

Toplam duyulur ısıtma ihtiyacı ve duyulur soğutma ihtiyacı, temel olarak iç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, yüzey alanı, yapı kabuğunun kalınlığı ve termofiziksel özelliklerine (malzemenin ısı iletim katsayısı) bağlıdır. Güneş kaynaklı ısı kazançları ise yapı kabuğunda opak yüzeylerin yutma katsayısına, saydam yüzeylerin geçirgenlik katsayısına bağlıdır. Isıtma döneminde yalıtım yapılması halinde; yapı kabuğunun ısı direnci arttığı için; ısı kayıpları ortalama olarak %64 oranında azalmıştır.

Soğutma döneminde ise yapı kabuğunda yalıtım uygulanması, pencerelerden, duvarlardan ve çatıdan istenmeyen duyulur ısı kazanımlarını %60 azaltmıştır. Düşük ışıınım geçirim katsayısı bulunan cam seçimi, kare formda %20, kendi üzerine gölge atan + formda %24, L, T , dikdörtgen formlarında ise %27 oranında güneş kaynaklı ısı kazanımlarını düşürmüştür. Böylelikle soğutma talepleri ortalama olarak toplamda %39 azalmıştır.

Toprak temaslı zemin döşemesinden gerçekleşen ısı kayıpları, yalıtım uygulaması ile %72 azalmıştır.

Yapı kabuğuna yalıtım uygulanmasının toplam enerji ihtiyacını düşüreceği beklenen bir sonuçtur, bununla beraber yalıtım uygulanması yapı formundan ve yöneliminden kaynaklanan enerji açıklıklarının etkisini azaltmıştır.

Analiz sonuçları incelenerek, yapının konfor koşullarında tutulabilmesi için uygun form ve yönelim seçiminin çevresel ve ekonomik açıdan getirileri aşağıdaki örnekle özetlenebilir.

Tasarım için BAZ 1 koşullarında, güney ile 0^0 açısı yapan + planlı bir form yerine, güney ile 0^0 açısı yapan, doğu-batı doğrultusunda, dikdörtgen plan tipolojisinde bir formun seçilmesi yıllık soğutmada 1221,18 kWh; ısıtmada ise 1653,39 kWh'lik daha az enerji tüketimi sağlayacaktır.

Yönlenme ve form seçiminin, örnek yapının soğutma ve ısıtma enerji giderlerinde ne ölçüde tasarruf sağladığının hesaplanması konunun önemini daha iyi vurgulayacaktır.

Yapının soğutma talebi, soğutma tesir katsayısı 2 olan bir klima ünitesi ile sağlanırsa klima kompresörünün çektiği elektrik enerjideki ve elektrik faturasına yansıyan maliyetteki tasarruf;

$$Q_{komp} = 1221 \text{ kWh/yıl} / 2 = 610,5 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Tüketim Maliyeti} = 610,5 \text{ kWh/yıl} \times 0,235 \text{ TL/kWh} = 143,46 \text{ TL/yıl}$$

Fatura Maliyeti, tüketim maliyetine KDV, elektrik tüketim vergisi, iletim sistemleri kullanım vergisi, TRT payı ve enerji fonunu da eklediğimizde yılda 221 TL'ye ulaşmaktadır.

Yapının ısıtma talebi verimi %80 olan bir doğalgazlı ısıtma sistemi ile karşılanırsa kullanılan yakıttaki ve doğalgaz faturasına yansıyan maliyetteki tasarruf;

$$\begin{aligned} \text{Yakıt Tüketimi} &= 1653 \text{ kWh/yıl} / (8250 \text{ kcal/m}^3 \times 0,001163 \text{ kWh/kcal} \times 0,8) \\ &= 215,35 \text{ m}^3/\text{yıl} \end{aligned}$$

$$\text{Tüketim Maliyeti} = 215,35 \text{ m}^3 \times 0,624 \text{ TL/m}^3 = 134,38 \text{ TL/yıl}$$

Fatura Maliyeti, tüketim maliyetine %18 KDV eklendiğinde, yılda 160 TL tasarruf yapılabilmektedir.

Hesaplamalarda, Ekim-Aralık 2012 döneminde Antalya için; EPDK'ya göre alınan elektrik birim fiyatı 23,5 krş/kWh ve doğalgazın birim fiyatı 62,4 krş/m³ olarak kabul edilmiştir. Doğalgazın alt ısı değeri 8250 kcal/ m³'tür. Doğru form ve yönlenme seçimi ile enerji giderlerinde toplamda yıllık 278 TL'lik bir tasarruf elde edilebilecektir.

7. İstenmeyen ısı kazanımlarının ve ısı kayıplarının yapı elemanlarına dağılımı incelendiğinde, özellikle çatı ve pencerelerde önlem alınması gerekliliği görülmüştür.

Teras çatı katmanları arasında yalıtım katmanının yerleştirilmesi, kış aylarında ısı kayıplarını 7941 kWh'den 2464 kWh'e indirmiştir. BAZ 2 koşullarındaki yalıtım kalınlığını iki katına çıkarmak ile ısı kayıplarını 1439 kWh'e kadara düşürülebilmektedir. Yalıtım kalınlığının artırılmasının soğutma talebi üzerindeki etkisi incelendiğinde, BAZ 1 'den BAZ 2 koşullarına geçiş yaz aylarında istenmeyen ısı kazançlarını 2/3 oranında azaltmaktadır. Baz 2'deki yalıtım kalınlığını iki katına çıkarmak ise kabuktan gerçekleşen ısı kazanımlarını 1061 kWh'den 606 kWh'e düşürmüştür. Bu değerler göstermektedir ki, yalıtımı arttırdıkça istenmeyen ısı kayıp ve kazanımları da düşmektedir. Yapının ısıtma ve soğutma talebi de düşmektedir. Bununla beraber daha kalın bir yalıtım malzemesi kullanımı yalıtım maliyetlerini de arttıracığından, maliyet artış eğrisi ile ısı talebindeki azalmadan kaynaklı enerji maliyetlerinin düşme eğrisinin kesiştiği optimum noktada yalıtım yapılması gereklidir.

Soğutma dönemi için yüzey kaplama malzemesinin güneş ışınlamını yutma katsayısını yarı yarıya düşürmek, güneş kaynaklı ısı kazanımları ve dolayısıyla yapının yıllık soğutma enerjisi tüketimini % 8 düşürmüştür. Bu uygulama soğutma döneminde faydalı iken güneş kaynaklı ısı kazanımları ile ısıtma talebi azalan kış aylarında ise yapının ısıtma talebi % 6 artmıştır. Yüzey kaplama malzemesindeki değişimin yıllık toplam enerji tüketimleri üzerindeki etkisine bakıldığında soğutma dönemindeki kazanımları bu uygulamayı faydalı yapmaktadır.

8. Tezde, BAZ 2 koşullarında, doğu-batı doğrultusunda yerleşmiş, geniş cephesini güneşe açmış olan dikdörtgen plan tipolojisine sahip yapı için, pencere-duvar alanı oranları, güney penceresi-duvar alanı oranı, gölgeleme elemanları ve pencere malzemesi seçimi analiz edilmiştir.

BAZ 2 koşullarına göre, pencere yüzey alanı / duvar alanı oranını düşürmek, ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerini düşürmüştür. Güney penceresini büyütmek ise, ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürürken, soğutma ihtiyacını artırmıştır. Soğutma talebi duyulan zaman dilimini uzatan bu uygulama yıllık toplam enerji tüketimini, %60 artırmıştır. Bu uygulamanın faydalı bir uygulama olabilmesi için yaz aylarında güneş kaynaklı ısı kazanımları gölgelenme elemanlarının kullanımı ile engellenmelidir.

BAZ 2 koşullarına göre, güney duvarında sabit yatay gölgeleme elemanı, doğu ve batı duvarlarında düşey gölgeleme elemanı kullanımı, yıllık toplam enerji tüketimini %7 azaltmıştır. Güney cephesinde, tek bir yatay eleman yerine adedi ve eğimi değişen bölgesel gölgeleme elemanları tasarımı, soğutma için daha etkin sonuçlar vermiş, (5 adet 60° eğimli 30 cm derinliğinde kanatçık) 12741 kWh olan soğutma enerjisi tüketimini 8335 kWh'e düşürmüştür. Ancak, ısıtma enerjisi tüketiminde BAZ 2 koşullarına göre, 2492 kWh'lik artışı da beraberinde getirmiştir. Yıllık toplam enerji tüketimini %11 azaltmıştır. Gölgeleme elemanlarının yıllık enerji tüketimi üzerindeki etkisini arttırabilmek için sabit yerine çıkarılabilir gölgeleme elemanları kullanılmasının daha faydalı olacağını göstermektedir.

Pencerelerde, güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) düşük cam malzemesi kullanımı yaz ayları için soğutma yüklerini düşürmektedir. Isıtma talebinin duyulduğu döneme bakıldığında ise, SHGC özelliği düşük cam malzemesi seçimi yapı içine giren güneş ışınımı miktarını azalttığından ısıtma talebinde artışa neden olmaktadır. Bu sebepten toplam ısı transfer katsayısı yüksek olan bir cam malzemesi seçilmelidir.

9. Pasif ev standardı 1 m² alan için ısıtma enerjisi tüketimini yıllık 15 kWh olarak sınırlamıştır [76]. Doğu-batı doğrultusunda yerleşip geniş cephesini güneye açan dikdörtgen formun 1m²'si için harcanan yıllık ısıtma enerjisi tüketimi, BAZ 1 koşullarında 152 kWh/m² yıl iken; TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları'na göre yapı kabuğunda 4 cm'lik ısı

yalıtım katmanı uygulanması bu değeri 37,41 kWh/m² yıl'a kadar geriletmiştir.

Çalışmanın devamında analiz edilen parametreler, binanın yıllık soğutma enerjisi tüketimini azaltmaya yönelik araştırmalardır. Bu parametrelerin yıllık ısıtma enerjisi tüketimine etkileri aşağıdaki gibidir:

- Çatı ısı yalıtım katmanını 2 katına çıkarmak yıllık ısıtma enerjisi tüketimini 30,41 kWh/m² yıl'a geriletmiştir.
- BAZ 2 koşullarında, doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen yapının güney cephesini tamamen şeffaflaştırmak, *yıllık ısıtma enerjisi tüketimini* 15,01 kWh/m² yıl'a geriletmiştir. Ancak yıllık soğutma enerjisi tüketimi ve toplam yıllık enerji tüketimini olumsuz etkilemiştir.
- Diğer uygulamalar birim alanda yıllık ısıtma enerjisi tüketimini artırmıştır. Çatı yüzey kaplama malzemesinin yutuculuk katsayısını yarıya düşürmek, yıllık ısıtma enerjisi tüketimini 39,64 kWh/m² yıl'a çıkarmıştır. Doğu-batı cephelerinde düşey, güney cephesinde yatay gölgeleme elemanı kullanımı ile yıllık ısıtma enerjisi tüketimini 42,85 kWh/m² yıl'a çıkarmıştır.

10.Çalışma boyunca analizi yapılmış olan parametrelerin yıllık toplam enerji tüketimi üzerindeki etkileri yüzdesel olarak EK 13'de ifade edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, analizler ile elde edilen sonuçlar pasif tasarım kriterlerinin etkinliğini sayısal değerler ile ortaya koymuştur. Tasarımcının danışmalık desteği alamadığı tasarımın erken evrelerinde sezgisellikten çok bilimsel verilere dayalı kararlar vermesine yardımcı olmaya çalışılmıştır. Pek çok etkenin bir arada çözülmeye çalışıldığı bina tasarımında, problemlere doğru çözümler geliştirilmesi zorunludur. Bu aşamada önceden hedeflenmiş bina performansına ulaşmak için yönlenme, form ve kabuğun optik ve termofiziksel özelliklerinin hangi oranda etkili olduğunun bilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma, Avrupa Birliği ülkelerinin kendi iklim koşullarına göre belirlemiş olduğu pasif ev standardı başlıkları Türkiye 1. Bölge iklim koşullarında test etmiştir. Devamında, tüm Türkiye iklim koşullarında analizler tamamlanabilir. Az katlı konut yapılarını içeren bu çalışma, farklı enerji tüketimlerine sahip farklı yapı fonksiyonları için tekrarlanmalıdır. Ancak düşük enerjili ev, pasif ev ya da sıfır enerjili ev standartlarının Türkiye’de geliştirilebilmesi için akademik kadrolar, tasarımcılar, uygulamacılar ve politikacıları kapsayan çok kollu bir çalışma yürütülmelidir. Sivil toplum örgütlerinin desteği ile kullanıcıları ve mal sahiplerini bilinçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. “Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve kyoto protokolü”, **Bölgesel Çevre Merkezi (REC Türkiye)**, Ankara, (2006).
2. İnternet: 2002- Energy Performance of Buildings Directive [http://www.bre.co.uk/filelibrary/Scotland/Energy Performance of Buildings Directive \(EPBD\).pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/Scotland/Energy%20Performance%20of%20Buildings%20Directive%20(EPBD).pdf) (2012)
3. Thuller, K., “Low-Energy Buildings in Europe-Standarts, Criteria and Consequences”, Doktora Tezi, **Lund Technical University LTH**, İsviçre, (2010).
4. İnternet: Ulukavak Harputlugil, G., “Bina enerji performansı ve Avrupa Birliği sürecinde Türkiye’de durum (2003)”, <http://www.mimarlarodasi.org.tr/belgedocs/ekolojik/ENERJİ%20VERİMLİLİĞİ%20RAPORU-MIMARLAR%20ODASI-2004.pdf>, (2012)
5. Feist, W., Schnieders , J., Dorer, V., Haas, A., “Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept”, **Energy and Buildings**, 37: 1186–1203(2005).
6. İnternet: <http://www.iklimmdgf-tr.org> (2012)
7. İnternet: “2030 Yılına Kadar OECD Hava Çevre Raporu” <http://www.oecd.org/dataoecd/31/13/40204941.pdf> (2012)
8. “T.C. Ulusal iklim değişikliği strateji belgesi 2010-2020”, **T.C Çevre ve Orman Bakanlığı**, Ankara, (2010).
9. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, “Enerji verimliliği strateji belgesi 2012-2023”, **EİE**, Ankara, (2011).
- 10.İnternet: Enerji Strateji Belgesi 2012-2013 [http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EVStrateji Belgesi/EnVer Strateji Belgesi-20110317.pdf](http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EVStrateji%20Belgesi/EnVer%20Strateji%20Belgesi-20110317.pdf) (2012)
- 11.İnternet: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Raporu <http://www.dektmk.org.tr> (2012)
- 12.İnternet: Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (2008) <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/28097.html> (2012)
- 13.TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008

14. Göksal Özbalta, T., "Mimari, güneş ve teknoloji ilişkisi", **Güneş Enerjileri Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi**, Mersin (2006)
15. İnancı, M.,N., "Thermal performance optimization of passive solar building components in five cities having different climatic characteristic of Turkey", Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, 7-80(1996)
16. Sev, A., "Sürdürülebilir mimarlık 1. Basım", **YEM Yayınevi**, İstanbul, 2009
17. Özeler Kanan, N., "Ekolojik mimarlıkta mimari bütünleşmenin 1990 yılı sonrası Ken Yeang ve Norman Foster'ın yapıları özelinde incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 2010
18. Hasting, S., R., Wang, M., "Sustainable solar housing strategies and solutions volume 1, 1st ed., **Earthscan**, Kanada,(2007)
19. İnternet: "IEA"
www.iea.org (2012)
20. Mazria, E., "The passive solar energy book", **Rodale Press**, Kanada,28(1979)
21. Karagüzel, Ö.,T., "The effects of passive solar energy systems on the thermal performance of residential buildings; an analysis using Energy-10", Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, (2003)
22. IEA, "Task 8-energy design principles in buildings no.1", **DOE**, (1988)
23. İnternet:"Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) ",
<http://neupc.procureweb.ac.uk/estates/files/EPBD-the-facts-you-need-to-know.pdf> (2012)
24. European Council for an Energy Efficient Economy, "Steering through the maze #2: Nearly zero energy buildings: achieving the EU 2020 target.", **ECREEE, Sweden, Stockholm**, 1-6 (2011)
25. İnternet: Promotion of European Passive Houses (2006),
pep.encn.nl (2012)
26. "Retrofitted Passive Homes", **SEI Renewable Energy Information Office**, İrlanda, 4 (2009)

- 27.Özgen, N., M., “Güneş enerjisinden ısıtmada yararlanma”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (1990)
- 28.Elagöz, A., “Enerji korunumlu yapıların yönlendirilmesi ve biçimlendirilmesi için yeni bir metod”, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (1989)
- 29.Demirbilek, F., N., “Bina dış duvarı kütlesi ve dış tasarım sıcaklığı arasındaki ilişki”, Doktora Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, (1992)
- 30.Sarıtabak, O., “ A study on night insulation and shading of Windows”, Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, (1994)
- 31.Kıberyi, M. N., “ A Study on Sizing Solar Apertures in Climatic Conditions of Ankara”, Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, 5-60: (1994)
- 32.Volkan, O., “Sıcak iklim bölgeleri için enerji etkin kabuk elemanı dizaynında kullanılabilecek bir yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1994).
- 33.Ak, F., “Enerji etkin konut ve yerleşme birimi dizaynında uygulanabilecek bir yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1993)
- 34.Kocaaslan, G., “Hacimlerin pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım”, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1991)
- 35.Kadiroğlu, “Türkiye’de enerji etkin yapı üretimi için tasarım kriterleri”, Yüksek Lisans, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü**, (2011)
- 36.Zeytun, A., B., “Sustainable buildings and building materials: Enviroment, human health and energy”, Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi**, Ankara, (2000)
- 37.Sürmeli, A., N., “Assessing thermal performance of Office building envelopes; a case study on energy efficiency”, Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi**, Ankara,, (2004)

38. Gür, V., "Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi", Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2007)
39. Çeviker, A., "Mimarlıkta güneş enerjisinden pasif yararlanma", Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2001)
40. Bozdoğan, B., "Mimari Tasarım ve Ekoloji" , Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi**, İstanbul, (2003)
41. Özdemir, B., B., "Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 1-25 (2005).
42. Özmehmet, E., "Sürdürülebilir mimarlık bağlamında Akdeniz iklim tipi için bir bina modeli önerisi ", Doktora Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2005).
43. Ulukavak Harputlugil, G., "Enerji performansı öncelikli mimari tasarım sürecinin ilk aşamasında kullanılabilecek tasarıma destek değerlendirme modeli", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 147-151 (2009)
44. Bilgiç, S., " Passive solar design strategies for buildings: A case study on improvements of an existing residential building's thermal performance by passive solar design tools", Yüksek Lisans, **İzmir İleri teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 2003
45. İnternet: International Energy Agency The Solar Heating and Cooling Programme TASK 13
<http://archive.iea-shc.org/task13/> (2012)
46. Solar Heating and Cooling Programme, "Energy design principles in buildings", **IEA SHC Task-8, Belçika**, (1988)
47. Wang, L., Gwilliam, J., Jones, P., "Case Study of Zero Energy House Design in UK", **Energy and Buildings**, 41(11): 1215-1222 (2009).
48. Hernandez, P., Kenny, P., "From Net Energy To Zero Energy Buildings: Defining Life Cycle Zero Energy Buildings (LC-ZEB)", **Energy and Buildings**, 42(6): 815-821 (2010).
49. Schnieders, J., Hermelinkb, A., "CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building", **Energy Policy**, 34: 151–171(2006).

50. Feist, W., Schnieders, J., Dorer, V., Haas, A., "Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept", **Energy and Buildings**, 37: 1186–1203(2005).
51. Wang, L., Gwilliam, J., Jones, P., "Case Study of Zero Energy House Design in UK", **Energy and Buildings**, 41(11): 1215-1222 (2009).
52. Marszal, A., Heiselberg, P., "A literature review on ZEB definitions - Draft report for discussion" **Aalborg University**, Denmark, (2009).
53. Wing, R., D., "Smart Energy Houses of the Future – Self-supporting in Energy and Zero Emission Chapter 19", Future Energy: Improved, sustainable and clean options for our planet, 1st. Edition, Trevor M. Letcher, **Elsevier**, Oxford, (2008) .
54. İnternet: European Commission- the Intelligent Energy Europe Programme " Passive House Solutions", www.europeanpassivehouses.org (2012).
55. Bayram, M., Yeşilata, B., "Isıtma ve soğutma derece gün sayılarının entegrasyonu", **TESKON**, 2009.
56. Ayçam, İ., Utkutuğ, G., S., "Farklı malzemelerle üretilen pencere tiplerinin ısı performanslarının incelenmesi ve enerji etkin pencere seçimi", **IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, İzmir, (2003).
57. Yurttakal, Ö., "Pencere sistemlerinin ısı performansının eleman ve bina düzeyinde değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 6-9 (2007).
58. Ayçam, İ., "Türkiye derece gün bölgelerinde ısıtma gerektiren dönem için alçak katlı konut binalarında uygun cam tiplerinin saptanmasına yönelik bir yöntem", Doktora tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2006).
59. Yılmaz, Z., "Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate", **Energy and Buildings**, 39: 306–316 (2007).
60. Soysal, S., "Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketimi ilişkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 52-55 (2008).
61. Su, B., "The impact of passive design factors on house energy efficiency", **Architectural Science Review**, 54(4): 270-276, (2011).

62. Attia, S., Gratia, E., Herde, A., Hensen, J.L.M., "Simulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design", ***Energy and Buildings***, 49, 2-15 (2012).
63. Tzikopoulos, A.,F., KAratza, M.C., Paravantis, J.A., "Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings", ***Energy and Buildings***, 37(5): 529-544 (2005).
64. Regaonkar, R., V., Gupta, R., "Review of intelligent building construction: A passive solar architecture approach", ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 14(8): 2238-2242(2010).
65. Mlakara, J., Strancar, J., "Overheating in residential passive house: Solution strategies revealed and confirmed through data analysis and simulations", ***Energy and Buildings***, 43 :1443–1451(2011)
66. Karagözlü, A., B., "Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına yönelik bir çalışma", Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2006)
67. Zaki W., R., M., Nawawi, A., H., Sabarinah, Sh., A., "Environmental prospective of passive architecture design strategies in terrace houses", ***Procedia - Social and Behavioral Sciences***, 42: 300 – 310(2012)
68. Gong, X., "Optimization of passive design measures for residential buildings in different Chinese areas", ***Building and Environment*** 58: 46-57(2012)
69. İnternet: Şensoy, S., Ulupınar, Y., " İklim Sınıflandırmaları", ***Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü***, <http://www.meteor.gov.tr> (2012)
70. İnternet: "İl ve İlçelere Ait İstatistik Veriler"
<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-statistik.aspx?m=ANTALYA> (2012)
71. İnternet: "Antalya saatlik iklim verileri", www.meteonorm.com (2012)
72. Aybar, U., "Ankara Mesa Yonca Evleri Sitesi'nin Doğal Aydınlatma Açısından İncelenmesi", ***Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi***, 18 (1), 45-56 (2003).

73. Kazanasmaz, Z., T., "Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi", **V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri**, İzmir, (2009)
74. Milne, M., "Sun Motion and Control of Incident Solar Radiation", "Man, Climate and Architecture" 2nd ed., **Applied Science Publishers**, 181-212 (1976)
75. Giovani, B., "Man, Climate and Architecture", Sec. Ed., **Israel Institute of Technology**, (1976)
76. Georges, L., Massart, C., Van Moeseke, G., De Herde, A., "Environmental and economic performance of heating systems for energy-efficient dwellings: Case of passive and low-energy single-family houses", **Energy Policy**, 40: 452-464, (2012).
77. İnternet: "Passivhaus Institut", www.passiv.de (2012)
78. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Planlı Alanlarda Tıp İmar Yönetmeliği", <http://www.csb.gov.tr/turkce/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=mevzuat&Id=144> (2012)
79. "Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği", **TMOBB Makine Mühendisleri Odası**, Ankara, MMO/589, 14 (2012)

EKLER

EK-1. Çalışma şablonları

1.BAZ 2_ Residential Space: For all circulation areas within the dwelling. Source: Residential spaces Category: General Region: General Sector:- Holidays Holidays: Yes Colour Shading in Model Floor shade Colour All Gains: Load (W/m²) 20,00 Occupancy details: Density (people/m²) 0,04 Metabolic Heat: Metabolic rate: light manual work Metabolic factor (0.85 for woman, 0.75 for children) : 0,90 Workday Profile: Occupancy : From 0 to 24 Days/Week: 7 Schedules: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ: a family with 4 people Computers: On: NO Office Equipment On: NO Miscellaneous: On: NO Catering: On: NO Progress: On: NO General Lighting: On: YES Workday Profile: 7/24 Schedule: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Light DHW: On: YES	Consumption rate (l/m²-day): Schedule: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ: a family with 4 people Cooling: Set Point Temp: 24,00 Set back temp: 26,00 Workday Profile: Operation: From 0 to 24-7 gün Schedules: Operation: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Cool Heating: Setpoint Temperatures: 22 °C Set back Temperatures: 20 °C Workday Profile: Operation. From 0 to 24-7 gün Schedules: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Heating Lightning: Target Illuminance (lux) : 200 (gündelik işler için) Default display lighting density (W/m²): 0,00 Ventilation Fresh Air: Min Fresh air (L/s-person) 10 Mech vent per area (l/s-m²) 0 Ventilation Setpoint Temperatures: Natural Ventilation: Natural ventilation set point (°C) 24,00 Delta T (delta C) 0,00 Mechanic Ventilation: Mechanic ventilation set point: 18,00 Delta T (delta C): -50,00
--	--

EK-2. Sitem çalışma programı şablonları

“kullanıcılar” çalışma programı

“aydınlatma” çalışma programı

Schedule 1: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ: a family with 4 people Schedule:Compact, BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Occ, Fraction, Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 1, Until: 10:00, 0.75, Until: 15:00, 0.25, Until: 19:00, 0.75, Until: 24:00, 1, For: Weekends, Until: 10:00, 1, Until: 19:00, 0, Until: 24:00, 1, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 07:00, 1, Until: 10:00, 0.75, Until: 15:00, 0.25, Until: 19:00, 0.75, Until: 24:00, 1;	Schedule 2: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Light Schedule:Compact, BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Light, Fraction, Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 07:00, 0, Until: 10:00, 1, Until: 19:00, 0, Until: 24:00, 1, For: Weekends, Until: 07:00, 0, Until: 24:00, 1, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 07:00, 0, Until: 10:00, 1, Until: 17:00, 0, Until: 24:00, 1;
---	---

EK-2. (Devam) Sitem çalışma programı şablonları

“soğutma” çalışma programı

“ısıtma” çalışma programı

Schedule 3: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Cool Schedule:Compact, Dwell_DomCirculation_Cool, Temperature, Through: 31 Dec, For: Weekdays SummerDesignDay, Until: 06:00, 0.5, Until: 10:00, 1, Until: 17:00, 0.5, Until: 24:00, 1, For: Weekends, Until: 06:00, 0.5, Until: 24:00, 1, For: Holidays, Until: 24:00, 1, For: WinterDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;	Schedule 4: BAZ 2_Dwell_DomAllAreas_Heating Schedule:Compact, Dwell_DomCirculation_Heat, Temperature, Through: 31 Dec, For: Weekdays WinterDesignDay, Until: 06:00, 0.5, Until: 09:00, 1, Until: 17:00, 0.5, Until: 24:00, 1, For: Weekends, Until: 06:00, 0.5, Until: 24:00, 1, For: Holidays, Until: 24:00, 0, For: SummerDesignDay AllOtherDays, Until: 24:00, 0;
---	---

EK-3. BAZ 1-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1-Dış duvar)

1.BAZ_external wall:

Source: walls

Category: TURKEY

Region:-

Inference Settings

Layers:

Number of layers: 3

Outermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Layer 2:

Material:

Cement/plaster/mortar-cement
blocks, cellular

Thickness (m): 0,19

Bridged: NO

Innermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Outside Surface

Fix convective heat transfer
coefficient: 20

Inside Surface:

Fix convected heat transfer
coefficient: 8



Outer surface

190.00mm Cement/plaster/mortar - cement blocks, cellular

Inner surface

Constructions Data

Layers Surface properties Image Calculated

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5,540
Surface resistance (m²K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5,130
Surface resistance (m²K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m²K)	1,539
R-Value (m²K/W)	0,820
U-Value (W/m²K)	1,220
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Km - Internal heat capacity (KJ/m²K)	116,5920
Upper resistance limit (m²K/W)	0,820
Lower resistance limit (m²K/W)	0,820
U-Value surface to surface (W/m²K)	1,539
R-Value (m²K/W)	0,820
U-Value (W/m²K)	1,220

EK-4. BAZ 1-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1-iç duvar)

2.BAZ_internal wall:(partipition)

Source: walls

Category: TURKEY

Region:-

Inference Settings

Layers:

Number of layers: 3

Outermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Layer 2:

Material:Cement/plaster/mortar-
cement blocks, cellular

Thickness (m): 0,085

Bridged: NO

Innermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Outside Surface

Fix convective heat transfer
coefficient: 20

Inside Surface:

Fix convected heat transfer
coefficient: 8

Outer surface

Inner surface

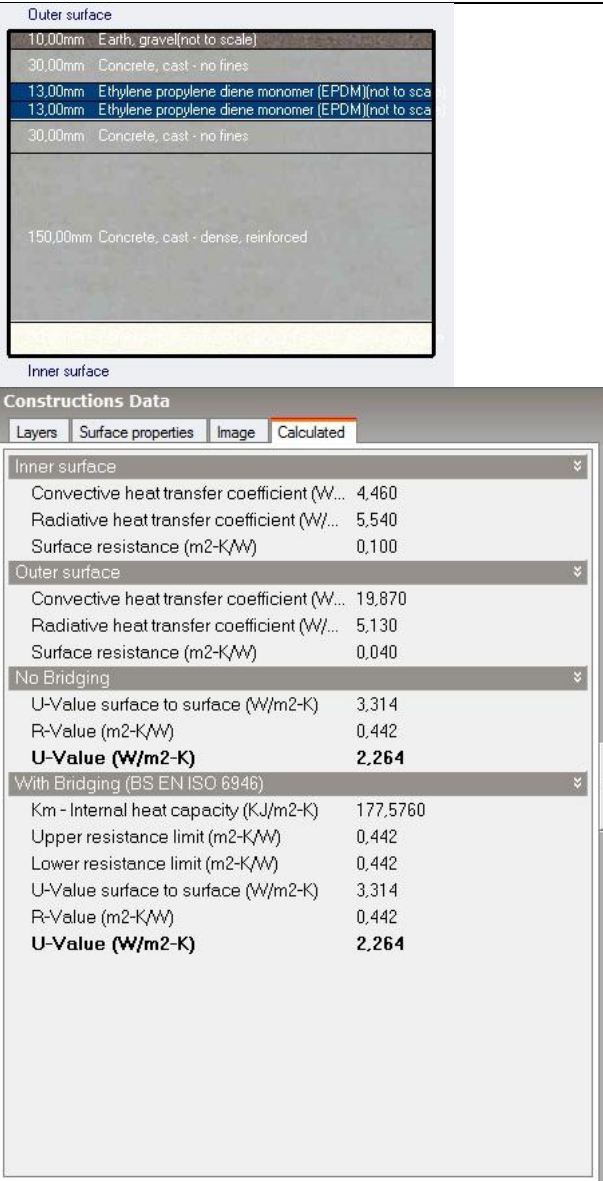
85.00mm Cement/plaster/mortar cement blocks, cellular

Constructions Data

Layers Surface properties Image Calculated

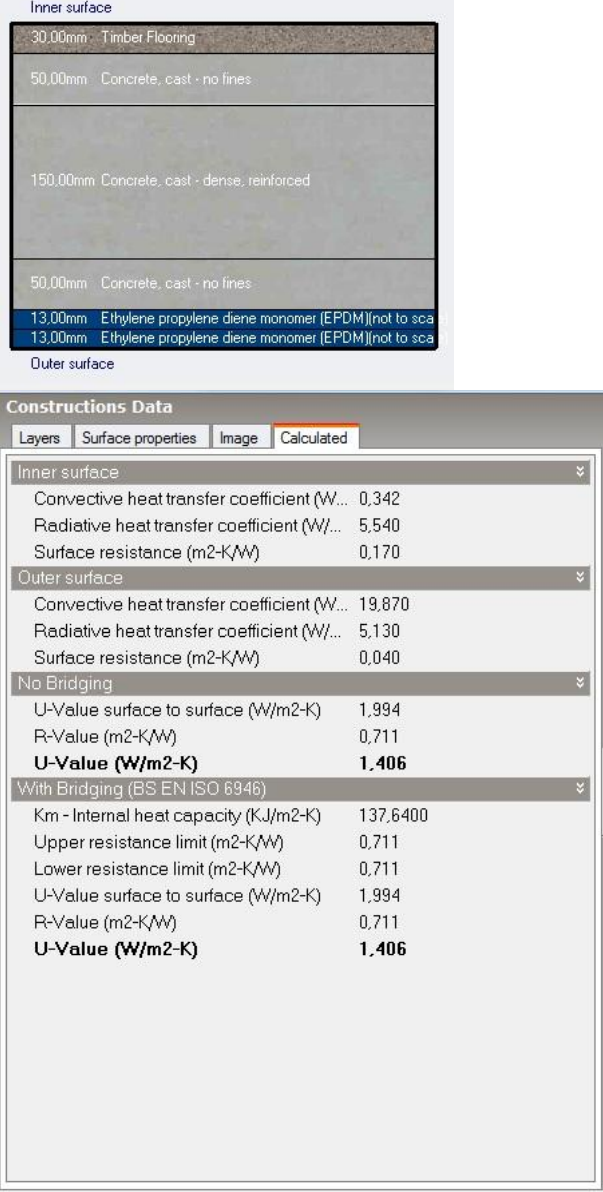
Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5.540
Surface resistance (m²K/W)	0.130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	2.152
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5.540
Surface resistance (m²K/W)	0.130
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m²K)	3.015
R-Value (m²K/W)	0.592
U-Value (W/m²K)	1.690
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Km - Internal heat capacity (KJ/m²K)	116,5920
Upper resistance limit (m²K/W)	0.592
Lower resistance limit (m²K/W)	0.592
U-Value surface to surface (W/m²K)	3.015
R-Value (m²K/W)	0.592
U-Value (W/m²K)	1.690

EK-5. BAZ 1-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 1-Teras çatı)

3.BAZ_ flat roof_: Source:- Category: Roofs Region: Turkey Inference Settings Layers: Number of layers: 7 Outermost layer: Material:Earth, gravel Thickness (m): 0,01 Bridged: NO Layer 2: Material: Concrete, cast- no fines, reinforced Thickness (m): 0,03 Bridged: NO Layer 3: Material:Ethylene propylene diene monomer (EPDM) Thickness (m): 0,013 Bridged: NO Layer 4: Material: Ethylene propylene diene monomer (EPDM) Thickness (m): 0,013 Bridged: NO Layer 5: Material:Concrete, cast-no fines Thickness (m): 0,03 Bridged: NO Layer 6: Material:Concrete, cast-dense, reinforced Thickness (m): 0,15 Bridged: NO Innermost layer: Material:Cement/plaster/mortar-plaster, sand agreg Thickness (m): 0,03 Bridged: NO Outside Surface Fix convective heat transfer coefficient: 20 Inside Surface: Fix convected heat transfer coefficient: 8	 Outer surface 10,00mm Earth, gravel(not to scale) 30,00mm Concrete, cast - no fines 13,00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)(not to scale) 13,00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)(not to scale) 30,00mm Concrete, cast - no fines 150,00mm Concrete, cast - dense, reinforced Inner surface Constructions Data Layers Surface properties Image Calculated Inner surface Convective heat transfer coefficient (W/m²K) 4,460 Radiative heat transfer coefficient (W/m²K) 5,540 Surface resistance (m²K/W) 0,100 Outer surface Convective heat transfer coefficient (W/m²K) 19,870 Radiative heat transfer coefficient (W/m²K) 5,130 Surface resistance (m²K/W) 0,040 No Bridging U-Value surface to surface (W/m²K) 3,314 R-Value (m²K/W) 0,442 U-Value (W/m²K) 2,264 With Bridging (BS EN ISO 6946) Km - Internal heat capacity (KJ/m²K) 177,5760 Upper resistance limit (m²K/W) 0,442 Lower resistance limit (m²K/W) 0,442 U-Value surface to surface (W/m²K) 3,314 R-Value (m²K/W) 0,442 U-Value (W/m²K) 2,264
--	---

EK-6. BAZ 1-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri

(BAZ 1-Toprak temaslı zemin döşemesi)

4.BAZ_ground floor: Source: floor Category: TURKEY Region:- Inference Settings Layers: Number of layers: 6 Outermost layer: Material: Ethylene propylene diene monomer (EPDM) Thickness (m): 0,013 Bridged: NO Layer 2: Material: Ethylene propylene diene monomer (EPDM) Thickness (m): 0,013 Bridged: NO Layer 3: Material:Concrete, cast-no fines Thickness (m): 0,05 Bridged: NO Layer 4: Material:Concrete,cast-dense, reinforced Thickness (m): 0,15 Bridged: NO Layer 5: Material:Concrete, cast-no fines Thickness (m): 0,05 Bridged: NO Innermost layer: Material:Timber flooring Thickness (m): 0,03 Bridged: NO Outside Surface Fix convective heat transfer coefficient: NO Inside Surface: Fix convected heat transfer coefficient: 8	 Inner surface 30.00mm Timber Flooring 50.00mm Concrete, cast - no fines 150.00mm Concrete, cast - dense, reinforced 50.00mm Concrete, cast - no fines 13.00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)[not to scale] 13.00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)[not to scale] Outer surface Constructions Data Layers Surface properties Image Calculated Inner surface Convective heat transfer coefficient (W/m²K) 0,342 Radiative heat transfer coefficient (W/m²K) 5,540 Surface resistance (m²K/W) 0,170 Outer surface Convective heat transfer coefficient (W/m²K) 19,870 Radiative heat transfer coefficient (W/m²K) 5,130 Surface resistance (m²K/W) 0,040 No Bridging U-Value surface to surface (W/m²K) 1,994 R-Value (m²K/W) 0,711 U-Value (W/m²K) 1,406 With Bridging (BS EN ISO 6946) Km - Internal heat capacity (KJ/m²K) 137,6400 Upper resistance limit (m²K/W) 0,711 Lower resistance limit (m²K/W) 0,711 U-Value surface to surface (W/m²K) 1,994 R-Value (m²K/W) 0,711 U-Value (W/m²K) 1,406
---	---

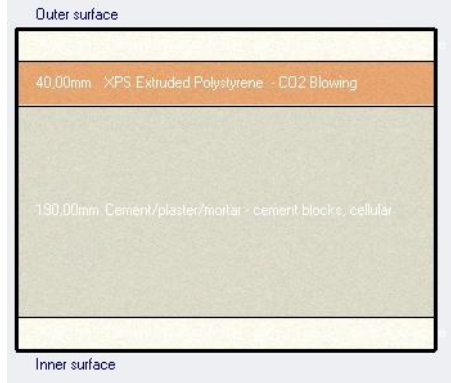
EK-7. BAZ 1-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri

(BAZ 1-Pencere sistemleri)

5.Glazing External Glazing Glazing: uninsulating Frame Construction: painted wooden window frame %Glazing Area Opens: %5 Internal Glazing: Glazing: uninsulated internal Frame Construction: Painted wooden window frame % Glazing Area Opens: %20 Roof Glazing Glaizng: uninsulaed roof Frame construction: Painted wooden window frame %Glazing Area Opens: 0 External Shading Detailed Shading Data: Window blinds: NO Roof Window Blinds: NO Local Shading: NO <u>Window to Wall %20</u> Sill high: 0,80 Reveal Outside reveal depth:0 (kasanın dışında kalan duvar kalınlığı) Inside reveal depth:0 (kasanın içinde kalan duvar kalınlığı) Inside sill depth:0 (iç denizlik genişliği) Vents: Internal Vent type: Grille, small, light slat Auto Generate:NO Operation schedule: BAZ_Dwell_DomAllAreas_occupancy (dolayısı ile açılmayacaktır.)	Glazing Data Layers Calculated Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td><td>0.819</td></tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td><td>0.775</td></tr> <tr> <td>Light transmission</td><td>0.881</td></tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td><td>5.718</td></tr> <tr> <td>U-Value (W/m²-K)</td><td>5.778</td></tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.819	Direct solar transmission	0.775	Light transmission	0.881	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	5.718	U-Value (W/m²-K)	5.778
Total solar transmission (SHGC)	0.819										
Direct solar transmission	0.775										
Light transmission	0.881										
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	5.718										
U-Value (W/m²-K)	5.778										

EK-8. BAZ 2-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 2-Dış duvar)

1.BAZ_external wall:
 Source: walls
 Category: TURKEY
 Region:-
 Inference Settings
 Layers:
 Number of layers: 4
 Outermost layer:
 Material:Cement/plaster/mortar-
 gypsum plaster, sand agrega
 Thickness (m): 0,03
 Bridged: NO
 Layer 2:
 Material:XPS Extruded
 Polystyrene
 Thickness (m): 0,04
 Bridged: NO
 Layer 3:
 Material:
 Cement/plaster/mortar-cement
 blocks, cellular
 Thickness (m): 0,19
 Bridged: NO
 Innermost layer:
 Material:Cement/plaster/mortar-
 gypsum plaster, sand agrega
 Thickness (m): 0,03
 Bridged: NO
 Outside Surface
 Fix convective heat transfer
 coefficient: 20
 Inside Surface:
 Fix convected heat transfer
 coefficient: 8



Constructions Data	
Layers	Surface properties
Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5,540
Surface resistance (m²K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5,130
Surface resistance (m²K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m²K)	0,548
R-Value (m²K/W)	1,996
U-Value (W/m²K)	0,501
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Km - Internal heat capacity (KJ/m²K)	116,5920
Upper resistance limit (m²K/W)	1,996
Lower resistance limit (m²K/W)	1,996
U-Value surface to surface (W/m²K)	0,548
R-Value (m²K/W)	1,996
U-Value (W/m²K)	0,501

EK-9. BAZ 2-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 2-İç duvar)

2.BAZ_internal wall:(partition)

Source: walls

Category: TURKEY

Region:-

Inference Settings

Layers:

Number of layers: 3

Outermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Layer 2:

Material:Cement/plaster/mortar-
cement blocks, cellular

Thickness (m): 0,085

Bridged: NO

Innermost layer:

Material:Cement/plaster/mortar-
gypsum plaster, sand agrega

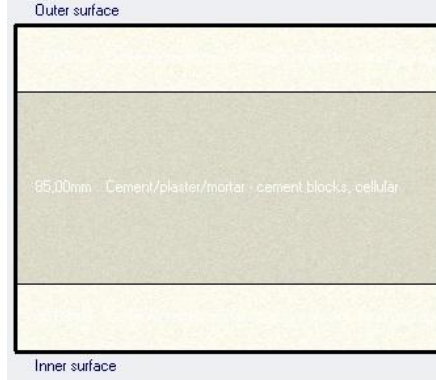
Thickness (m): 0,03

Bridged: NO

Outside Surface

Fix convective heat transfer
coefficient: 20

Inside Surface:

Fix convected heat transfer
coefficient: 8

Constructions Data

Layers	Surface properties	Image	Calculated
Inner surface			
	Convective heat transfer coefficient (W/m²K)		2,152
	Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)		5,540
	Surface resistance (m²K/W)		0,130
Outer surface			
	Convective heat transfer coefficient (W/m²K)		2,152
	Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)		5,540
	Surface resistance (m²K/W)		0,130
No Bridging			
	U-Value surface to surface (W/m²K)		3,015
	R-Value (m²K/W)		0,592
	U-Value (W/m²K)		1,690
With Bridging (BS EN ISO 6946)			
	Km - Internal heat capacity (KJ/m²K)		116,5920
	Upper resistance limit (m²K/W)		0,592
	Lower resistance limit (m²K/W)		0,592
	U-Value surface to surface (W/m²K)		3,015
	R-Value (m²K/W)		0,592
	U-Value (W/m²K)		1,690

EK-10. BAZ 2-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri (BAZ 2-Teras çatı)

3.BAZ_ flat roof_
Source:-
Category: Roofs
Region: Turkey
Inference Settings
Layers:
Number of layers: 8
Outermost layer:
Material:Earth, gravel
Thickness (m): 0,01
Bridged: NO
Layer 2:
Material: Concrete, cast- no
fines, reinforced
Thickness (m): 0,03
Bridged: NO
Layer 3:
Material:XPS Extruded
Polystren
Thickness (m): 0,04
Bridged: NO
Layer 4:
Material:Ethylene propylene
diene monomer (EPDM)
Thickness (m): 0,013
Bridged: NO
Layer 5:
Material: Ethylene propylene
diene monomer (EPDM)
Thickness (m): 0,013
Bridged: NO
Layer 6:
Material:Concrete, cast-no fines
Thickness (m): 0,03
Bridged: NO
Layer 7:
Material:Concrete, cast-dense,
reinforced
Thickness (m): 0,15
Bridged: NO

Innermost layer:
Material:Cement/plaster/mortar-plaster,
sand agrega
Thickness (m): 0,03
Bridged: NO
Outside Surface
Fix convective heat transfer coefficient: 20
Inside Surface:
Fix convected heat transfer coefficient: 8

Outer surface

10,00mm Earth, gravel(not to scale)

30,00mm Concrete, cast - no fines

40,00mm XPS Extruded Polystyrene - CO2 Blowing

13,00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)(not to sca

13,00mm Ethylene propylene diene monomer (EPDM)(not to sca

30,00mm Concrete, cast - no fines

150,00mm Concrete, cast - dense, reinforced

Inner surface

Constructions Data

Layers

Surface properties

Image

Calculated

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/... 4,460

Radiative heat transfer coefficient (W/... 5,540

Surface resistance (m2-K/W) 0,100

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/... 19,870

Radiative heat transfer coefficient (W/... 5,130

Surface resistance (m2-K/W) 0,040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m2-K) 0,677

R-Value (m2-K/W) 1,618

U-Value (W/m2-K) 0,618

With Bridging (BS EN ISO 6946)

Km - Internal heat capacity (KJ/m2-K) 177,5760

Upper resistance limit (m2-K/W) 1,618

Lower resistance limit (m2-K/W) 1,618

U-Value surface to surface (W/m2-K) 0,677

R-Value (m2-K/W) 1,618

U-Value (W/m2-K) 0,618

EK-11. BAZ 2-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri

(BAZ 2-Toprak temaslı zemin döşemesi)

4.BAZ_ground floor:

Source: floor

Category: TURKEY

Region:-

Inference Settings

Layers:

Number of layers: 6

Outermost layer:

Material: Ethylene propylene diene monomer (EPDM)

Thickness (m): 0,013

Bridged: NO

Layer 2:

Material: Ethylene propylene diene monomer (EPDM)

Thickness (m): 0,013

Bridged: NO

Layer 3:

Material:Concrete, cast-no fines

Thickness (m): 0,05

Bridged: NO

Layer 4:

Material:Concrete,cast-dense, reinforced

Thickness (m): 0,15

Bridged: NO

Layer 5:

Material:Concrete, cast-no fines

Thickness (m): 0,05

Bridged: NO

Innermost layer:

Material:Timber flooring

Thickness (m): 0,03

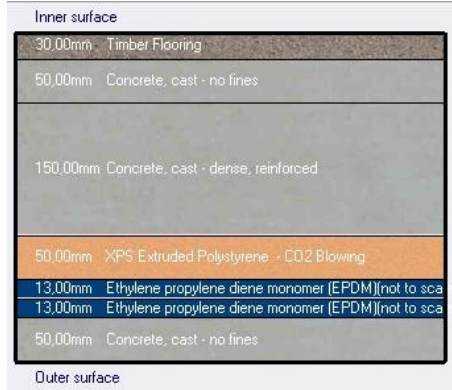
Bridged: NO

Outside Surface

Fix convective heat transfer coefficient: NO

Inside Surface:

Fix convected heat transfer coefficient: 8



Constructions Data	
Layers	Surface properties
Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	0.342
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5.540
Surface resistance (m²K/W)	0.170
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m²K)	19.870
Radiative heat transfer coefficient (W/m²K)	5.130
Surface resistance (m²K/W)	0.040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m²K)	0.507
R-Value (m²K/W)	2.182
U-Value (W/m²K)	0.458
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Km - Internal heat capacity (KJ/m²K)	137,6400
Upper resistance limit (m²K/W)	2.182
Lower resistance limit (m²K/W)	2.182
U-Value surface to surface (W/m²K)	0.507
R-Value (m²K/W)	2.182
U-Value (W/m²K)	0.458

EK-12. BAZ 2-Yapı elemanlarına göre malzeme seçimleri
(BAZ 2-Pencere sistemleri)

5. Glazing External Glazing Glazing: best practice Frame Construction: painted wooden window frame %Glazing Area Opens: %5 Internal Glazing: Glazing: uninsulated internal Frame Construction: Painted wooden window frame % Glazing Area Opens: %20 Roof Glazing Glaizng: uninsulaed roof Frame construction: Painted wooden window frame %Glazing Area Opens: 0 External Shading Detailed Shading Data: Window blinds: NO Roof Window Blinds: NO Local Shading: NO <u>Window to Wall %20</u> Sill high: 0,80 Reveal Outside reveal depth:0 (kasanın dışında kalan duvar kalınlığı) Inside reveal depth:0 (kasanın içinde kalan duvar kalınlığı) Inside sill depth:0 (iç denizlik genişliği) Vents: Internal Vent type: Grille, small, light slat Auto Generate:NO Operation schedule: BAZ_Dwell_DomAllAreas_occupancy (dolayısı ile açılmayacaktır.)	 The screenshot shows the 'Glazing Data' window with the 'Calculated' tab selected. It displays the following values: <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calculated Values</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.691</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.624</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.744</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K)</td> <td>1.924</td> </tr> <tr> <td>U-Value (W/m2-K)</td> <td>1.960</td> </tr> </tbody> </table>	Calculated Values		Total solar transmission (SHGC)	0.691	Direct solar transmission	0.624	Light transmission	0.744	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K)	1.924	U-Value (W/m2-K)	1.960
Calculated Values													
Total solar transmission (SHGC)	0.691												
Direct solar transmission	0.624												
Light transmission	0.744												
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m2-K)	1.924												
U-Value (W/m2-K)	1.960												

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :ÖMERCA AKYOL, Miray
 Uyruğu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :20.07.1987, Ankara
 Telefon : -
 Faks : -
 e-mail : mmomerca@gmail.com

Eğitim

Derecesi	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Uludağ Üniversitesi Müh. Mimarlık. Fak. Mimarlık Bölümü	2009
Lise	Mamak Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011	AYMAZ Mimarlık	Mimar
2011-...	ESYA Mimarlık	Mimar

Yabancı Dil: İngilizce