

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

**ILIMAN NEMLİ İKLİM BÖLGESİ İÇİN TASARLANAN KONUT YAPISINDA  
DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**SEDA DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. GÜLAY ZORER GEDİK**

**İSTANBUL, 2017**

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ILIMAN NEMLİ İKLİM BÖLGESİ İÇİN TASARLANAN KONUT YAPISINDA  
DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Seda DEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 09.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hatice SÖZER  
İstanbul Teknik Üniversitesi

## ÖNSÖZ

---

Bu çalışma, iklimle dengeli tasarım ilkelerini takip ederek tasarlamış olduğum bir konut yapısında, değişken yapı kabuğunun ısıl performansa katkısını değerlendirmek amacı ile hazırlanmıştır.

Çalışmayı hazırladığım süre zarfında, bana destek olan aileme, dostlarıma ve danışman hocam sayın Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK'e teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Seda DEMİR

## İÇİNDEKİLER

|                                                                       | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| SİMGE LİSTESİ .....                                                   | vii   |
| KISALTMA LİSTESİ .....                                                | viii  |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                    | ix    |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                 | xi    |
| ÖZET .....                                                            | xii   |
| ABSTRACT .....                                                        | xiv   |
| BÖLÜM 1                                                               |       |
| GİRİŞ .....                                                           | 1     |
| 1.1    Literatür Özeti.....                                           | 1     |
| 1.2    Tezin Amacı.....                                               | 6     |
| 1.3    Hipotez.....                                                   | 6     |
| BÖLÜM 2                                                               |       |
| İKLİMLE DENGELİ YAPI TASARIM SÜRECİNDE ETKİLİ OLAN PARAMETRELER ..... | 8     |
| 2.1    Kullanıcıya İlişkin Parametreler .....                         | 9     |
| 2.1.1    Fizyolojik Değişkenler .....                                 | 10    |
| 2.1.2    Niteliğe ve Duruma Ait Değişkenler .....                     | 10    |
| 2.2    Çevreye İlişkin Parametreler .....                             | 12    |
| 2.2.1    İklim .....                                                  | 12    |
| 2.2.2    Topografya ve Çevre Örtüsü.....                              | 15    |
| 2.2.2.1    Topografya.....                                            | 15    |
| 2.2.2.2    Çevre Örtüsü.....                                          | 16    |
| 2.2.3    Yakın Çevredeki Yapılaşma .....                              | 18    |
| 2.2.3.1    Yapılaşma Yoğunluğu.....                                   | 18    |
| 2.2.3.2    Yapılaşma Esasları.....                                    | 20    |
| 2.3    Yapıya İlişkin Parametreler .....                              | 20    |
| 2.3.1    Yapının Arazi İçindeki Konumu .....                          | 21    |

|         |                                                                    |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2   | Yapı Aralıkları ve Yükseklikleri .....                             | 22 |
| 2.3.3   | Yapının Yönlendirilişi .....                                       | 23 |
| 2.3.4   | Yapı Formu.....                                                    | 24 |
| 2.3.5   | Mekan Organizasyonu .....                                          | 26 |
| 2.3.6   | Doğal Havalandırma Düzeni .....                                    | 28 |
| 2.3.7   | Güneş Kontrolü .....                                               | 30 |
| 2.3.8   | Yapı Kabuğu .....                                                  | 32 |
| 2.3.8.1 | Yapı Kabuğu Bileşenlerinin Optik ve Termofiziksel Özellikleri .... | 33 |
| 2.3.8.2 | Yapı Kabuğu Bileşenlerinde Malzeme Kullanımı .....                 | 41 |

### BÖLÜM 3

#### YAPI KABUĞUNDA ENERJİ ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK PASİF YAKLAŞIMLAR.... 44

|       |                                            |    |
|-------|--------------------------------------------|----|
| 3.1   | Isı Depolayıcı Duvar Yöntemi .....         | 44 |
| 3.1.1 | Trombe Duvar .....                         | 45 |
| 3.1.2 | Bidon Duvar .....                          | 46 |
| 3.2   | Tampon Alan Oluşturma Yöntemi .....        | 46 |
| 3.2.1 | Güneş Odası ve Sera .....                  | 47 |
| 3.2.2 | İklim Holü .....                           | 48 |
| 3.3   | Çift Kabuk Cephe Sistemleri .....          | 49 |
| 3.3.1 | Kutu Tipi Çift Kabuk Cephe .....           | 51 |
| 3.3.2 | Kat Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe .....   | 52 |
| 3.3.3 | Cephe Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe ..... | 53 |
| 3.3.4 | Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe .....           | 54 |
| 3.4   | Değişken Kabuk Sistemi .....               | 55 |

### BÖLÜM 4

#### ILIMAN NEMLİ İKLİM BÖLGESİ İÇİN TASARLANAN KONUT YAPISINDA DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU YAKLAŞIMI ve UYGULAMASI..... 61

|         |                                                             |    |
|---------|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.1     | Konut Yapısının Tasarımına Etki Eden Çevresel Veriler ..... | 63 |
| 4.1.1   | Çalışmanın Yapıldığı Yerleşim Bölgesi.....                  | 63 |
| 4.1.2   | İklimsel Veriler .....                                      | 64 |
| 4.1.3   | Topografya ve Çevre Örtüsü.....                             | 67 |
| 4.1.4   | Yakın Çevredeki Yapılaşma .....                             | 69 |
| 4.1.4.1 | Yapılaşma Yoğunluğu.....                                    | 69 |
| 4.1.4.2 | Yapılaşma Esasları.....                                     | 69 |
| 4.2     | Ilıman Nemli İklim Bölgesi İçin Konut Yapısı Tasarımı ..... | 70 |
| 4.2.1   | Yapının Konumu ve Yönlendirilişi .....                      | 70 |
| 4.2.2   | Yapı Formu ve Mekan Organizasyonu .....                     | 71 |
| 4.2.3   | Doğal Havalandırma Düzeni .....                             | 74 |
| 4.2.4   | Güneş Kontrolü .....                                        | 76 |
| 4.2.5   | Yapı Kabuğu .....                                           | 77 |
| 4.3     | Konut Önerisinde Yapı Kabuğuna İlişkin Yaklaşımlar.....     | 78 |
| 4.3.1   | Değişken Yapı Kabuğu Yaklaşımı .....                        | 78 |
| 4.3.1.1 | Değişken Yapı Kabuğu Tasarımı.....                          | 78 |
| 4.3.1.2 | Değişken Yapı Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri.....      | 82 |

|                |                                                                                                                 |     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.2          | Sabit Yapı Kabuğu Yaklaşımı .....                                                                               | 85  |
| 4.3.2.1        | Sabit Yapı Kabuğu Tasarımı .....                                                                                | 85  |
| 4.3.2.2        | Sabit Yapı Kabuğu Alternatiflerinin Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi .....                             | 85  |
| 4.4            | Konut Önerisinde Enerji Yüklerinin Hesaplanması, Karşılaştırılması ve Isıl Performansın Değerlendirilmesi ..... | 87  |
| 4.4.1          | Enerji Yüklerinin Hesaplanması .....                                                                            | 87  |
| 4.4.1.1        | Enerji Yüklerinin Hesaplanmasında Kullanılan Program ve Yapılan Kabuller .....                                  | 88  |
| 4.4.1.2        | Değişken Yapı Kabuğu Yaklaşımı İçin Enerji Yüklerinin Hesaplanması .....                                        | 90  |
| 4.4.1.3        | Sabit Yapı Kabuğu Yaklaşımı İçin Enerji Yüklerinin Hesaplanması .....                                           | 92  |
| 4.4.2          | Enerji Yüklerinin Karşılaştırılması .....                                                                       | 95  |
| 4.4.3          | Isıl Performansın Değerlendirilmesi .....                                                                       | 96  |
| <br>BÖLÜM 5    |                                                                                                                 |     |
| SONUÇ.....     |                                                                                                                 | 98  |
| KAYNAKLAR..... |                                                                                                                 | 102 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  |                                                                                                                 | 106 |

## SİMGE LİSTESİ

|           |                                                                    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|
| A         | yapı elemanının toplam alanı ( $m^2$ )                             |
| $A_D$     | dış duvar alanı ( $m^2$ )                                          |
| $A_p$     | pencere alanı ( $m^2$ )                                            |
| a         | güneş ışıını yutuculuk katsayısı                                   |
| $a_c$     | saydam bileşenlerde güneş ışıını yutuculuk katsayısı               |
| $a_o$     | opak bileşenlerde güneş ışıını yutuculuk katsayısı                 |
| C         | özgül ısı ( $J/kgK$ )                                              |
| d         | kalınlık (m)                                                       |
| f         | genlik küçültme faktörü (sönüm oranı)                              |
| r         | güneş ışıını yansıtıcılık katsayısı                                |
| $r_c$     | saydam bileşenlerde güneş ışıını yansıtıcılık katsayısı            |
| $r_o$     | opak bileşenlerde güneş ışıını yansıtıcılık katsayısı              |
| t         | güneş ışıını geçirgenlik katsayısı                                 |
| T         | sıcaklık ( $^{\circ}C$ )                                           |
| U         | toplam ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )                          |
| $U_o$     | opak bileşenlerde toplam ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )        |
| $U_p$     | pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )               |
| $U_{do}$  | doğrmanın ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )                       |
| $U_c$     | camın ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )                           |
| $U_D$     | duvarın ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )                         |
| $U_T$     | tavanın ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ )                         |
| $U_t$     | zemine oturan tabanın/döşemenin ısı geçirme katsayısı ( $W/m^2K$ ) |
| $\lambda$ | ısı geçirgenliğı                                                   |
| $\alpha$  | ısı iletim katsayısı                                               |
| $\phi$    | faz farkı (zaman geciktirmesi)                                     |
| $\rho$    | yoğunluk ( $Kg/m^3$ )                                              |

## KISALTMA LİSTESİ

---

|         |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| ASHRAE  | American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers |
| CoP     | Coefficient of Performance (Performans Katsayısı)                         |
| DMİ     | Devlet Meteoroloji İşleri                                                 |
| EİE     | Elektrik İşleri Etüt İdaresi                                              |
| GEPA    | Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası                                          |
| KAKS    | Katlar Alanı Kat Sayısı                                                   |
| REPA    | Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası                                          |
| SC      | Shading Coefficient (Gölgeleme Katsayısı)                                 |
| SHGC    | Solar Heat Gain Coefficient (Güneş Isısı Kazanç Katsayısı)                |
| TAKS    | Taban Alanı Kat Sayısı                                                    |
| TS 825  | 825 Sayılı Türk Standardı (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları)               |
| TS 2164 | 2164 Sayılı Türk Standardı (Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları)   |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                             | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1 Türkiye'deki iklim bölgeleri .....                                                | 12    |
| Şekil 2.2 Rüzgarın yapı kütleline dik gelmesi ile oluşan hava hareketi.....                 | 14    |
| Şekil 2.3 Topografik yapıya ve yükseklik farkına bağlı olarak hava hareketinin etkisi ..... | 16    |
| Şekil 2.4 İklim öğelerinin kentsel alanlar üzerindeki etkisi.....                           | 19    |
| Şekil 2.5 Gölgenin istendiği (A) ve istenmediği (B) durumlara göre yapı aralıkları ....     | 22    |
| Şekil 2.6 Mekan-dış yüzey ilişkisi .....                                                    | 26    |
| Şekil 2.7 Havalandırma düzeninin aynı kottaki pencere konumlarına göre değişimi .....       | 29    |
| Şekil 2.8 Havalandırma düzeninin farklı kottaki pencere konumlarına göre değişimi .....     | 30    |
| Şekil 2.9 Güneş kontrol elemanlarının konumlanış biçimi .....                               | 32    |
| Şekil 2.10 Yapı kabuğunu oluşturan bileşenler .....                                         | 33    |
| Şekil 2.11 Güneş ışıının düz camdan geçişi .....                                            | 34    |
| Şekil 2.12 Zaman gecikmesi ve genlik küçültme faktörünün şematik gösterimi .....            | 35    |
| Şekil 2.13 Yapı kabuğunda ısı yalıtım uygulaması .....                                      | 39    |
| Şekil 2.14 Opak yalıtım ve saydam yalıtım .....                                             | 41    |
| Şekil 2.15 Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü aşamaları .....                                | 42    |
| Şekil 3.1 Trombe duvar sistemi .....                                                        | 45    |
| Şekil 3.2 Bidon duvar sistemi .....                                                         | 46    |
| Şekil 3.3 Güneş odası sistemi .....                                                         | 47    |
| Şekil 3.4 Micro Electronic Center Binası .....                                              | 48    |
| Şekil 3.5 Thompson Advertising Agency Binası .....                                          | 48    |
| Şekil 3.6 Çift kabuk cephe katmanları .....                                                 | 49    |
| Şekil 3.7 Isıtma döneminde çift kabuk cephe katman açıklıkları .....                        | 50    |
| Şekil 3.8 Soğutma döneminde çift kabuk cephe katman açıklıkları .....                       | 51    |
| Şekil 3.9 Kutu tipi çift kabuklu cephe .....                                                | 52    |
| Şekil 3.10 Kat yüksekliğinde çift kabuklu cephe .....                                       | 52    |
| Şekil 3.11 Cephe yüksekliğinde çift kabuklu cephe .....                                     | 53    |
| Şekil 3.12 Şaft tipi çift kabuklu cephe .....                                               | 54    |
| Şekil 3.13 Değişken yapı kabuğu çeşitleri.....                                              | 56    |
| Şekil 3.14 Debis Tower .....                                                                | 57    |
| Şekil 3.15 Debis Hause.....                                                                 | 58    |
| Şekil 3.16 Yönetim Binası, Stuttgart .....                                                  | 58    |

|            |                                                                                       |     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.17 | Yönetim Binası, Stuttgart – Cam lamel detayı .....                                    | 59  |
| Şekil 3.18 | BIQ Binası .....                                                                      | 60  |
| Şekil 4.1  | Akış Diyagramı.....                                                                   | 62  |
| Şekil 4.2  | İstanbul ilçe haritası .....                                                          | 63  |
| Şekil 4.3  | İstanbul rüzgar gülü .....                                                            | 65  |
| Şekil 4.4  | İstanbul'daki rüzgar hız dağılımı .....                                               | 65  |
| Şekil 4.5  | İstanbul'un aylık ortalama radyasyon değeri ve güneşlenme süresi.....                 | 66  |
| Şekil 4.6  | İstanbul ili ve Şile ilçesi - Balibey mahallesi uydu görüntüsü.....                   | 68  |
| Şekil 4.7  | Proje arazisi .....                                                                   | 68  |
| Şekil 4.8  | Yapının arazi içerisindeki konumu ve yönelişi .....                                   | 70  |
| Şekil 4.9  | Mekan organizasyonu .....                                                             | 71  |
| Şekil 4.10 | Bodrum kat planı.....                                                                 | 72  |
| Şekil 4.11 | Zemin kat planı.....                                                                  | 73  |
| Şekil 4.12 | Birinci kat planı.....                                                                | 73  |
| Şekil 4.13 | Zemin kat ve 1.kat doğal havalandırma düzeni .....                                    | 75  |
| Şekil 4.14 | Doğal havalandırma ve baca etkisi .....                                               | 76  |
| Şekil 4.15 | Yapı yüzeylerinin güneşlenme durumu .....                                             | 77  |
| Şekil 4.16 | Yapı kabuğu yaklaşımları.....                                                         | 78  |
| Şekil 4.17 | Hareketli saydam cidar sistemi .....                                                  | 79  |
| Şekil 4.18 | Isıtma döneminde güneybatı ve kuzeybatı cephesindeki cam<br>elemanların konumu .....  | 80  |
| Şekil 4.19 | Isıtma döneminde güneydoğu ve kuzeydoğu cephesindeki cam<br>elemanların konumu .....  | 80  |
| Şekil 4.20 | Soğutma döneminde güneybatı ve kuzeybatı cephesindeki cam<br>elemanların konumu ..... | 81  |
| Şekil 4.21 | Soğutma döneminde güneydoğu ve kuzeydoğu cephesindeki cam<br>elemanların konumu ..... | 81  |
| Şekil 4.22 | Değişken yapı kabuğunda U değerinin belirlenmesi.....                                 | 83  |
| Şekil 4.23 | Sabit yapı kabuğu alternatiflerinin oluşturulması.....                                | 86  |
| Şekil 4.24 | Değişken yapı kabuğunun aylık ısıtma ve soğutma yükleri .....                         | 91  |
| Şekil 4.25 | Değişken yapı kabuğunda birim alana düşen enerji yükleri .....                        | 91  |
| Şekil 4.26 | Yalın kabuğun aylık ısıtma ve soğutma yükleri .....                                   | 92  |
| Şekil 4.27 | Yalın kabukta birim alana düşen enerji yükleri.....                                   | 92  |
| Şekil 4.28 | Saydam yalıtımlı kabuğun yıllık enerji yükleri.....                                   | 93  |
| Şekil 4.29 | Saydam yalıtımlı kabukta birim alana düşen enerji yükleri .....                       | 93  |
| Şekil 4.30 | Opak yalıtımlı kabuğun aylık ısıtma ve soğutma yükleri.....                           | 94  |
| Şekil 4.31 | Opak yalıtımlı kabukta birim alana düşen enerji yükleri .....                         | 94  |
| Şekil 4.32 | Yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin<br>karşılaştırılması .....  | 95  |
| Şekil 4.33 | Birim alana düşen enerji yüklerinin karşılaştırılması .....                           | 96  |
| Şekil 5.1  | Birim alana düşen enerji yükleri .....                                                | 100 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                                                                          | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1 İklimle dengeli yapı tasarım sürecine etki eden faktörler.....                                                                               | 9     |
| Çizelge 2.2 Belirli eylem türleri için metabolizma düzeyleri .....                                                                                       | 10    |
| Çizelge 2.3 Giyisilerin ısı geçirme direnci.....                                                                                                         | 10    |
| Çizelge 2.4 Isıl konforun sağlandığı ortam koşulları .....                                                                                               | 11    |
| Çizelge 2.5 Farklı iklim bölgeleri için önerilen bitki ve ağaç düzenlemesi .....                                                                         | 17    |
| Çizelge 2.6 Farklı iklim bölgeleri için önerilen yüzey örtü malzemeleri .....                                                                            | 18    |
| Çizelge 2.7 İklim bölgelerine göre önerilen yerey parçaları .....                                                                                        | 21    |
| Çizelge 2.8 Farklı iklim bölgelerine göre yapı aralıkları ve yerleşim önerisi .....                                                                      | 23    |
| Çizelge 2.9 Farklı iklim bölgelerine göre önerilen yapı yönlendirmeleri .....                                                                            | 24    |
| Çizelge 2.10 Farklı iklim bölgelerine göre önerilen yapı formları.....                                                                                   | 25    |
| Çizelge 2.11 Yapılardaki bazı hacimlerin önerilen yönlendiriliş durumları .....                                                                          | 27    |
| Çizelge 2.12 Farklı malzemelerin $\lambda, C, \rho, a$ değerleri.....                                                                                    | 37    |
| Çizelge 2.13 Kullanım amacına göre cam çeşitleri .....                                                                                                   | 39    |
| Çizelge 2.14 Farklı tür çerçevelerin optik ve termofiziksel özellikleri .....                                                                            | 39    |
| Çizelge 2.15 Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması .....                                                                                          | 40    |
| Çizelge 2.16 Yapı malzemelerinin üretimi için ihtiyaç duyulan enerji (kWh/kg).....                                                                       | 42    |
| Çizelge 4.1 İstanbul'un aylık ortalama sıcaklık ve yağış durumu.....                                                                                     | 64    |
| Çizelge 4.3 Çalışma alanının imar durumuna ilişkin bilgiler .....                                                                                        | 69    |
| Çizelge 4.4 Konut yapısının alan hesaplamaları .....                                                                                                     | 74    |
| Çizelge 4.5 Cephelerde belirlenen saydamlık oranı .....                                                                                                  | 82    |
| Çizelge 4.6 Saydam Bileşenlerin U Değeri .....                                                                                                           | 83    |
| Çizelge 4.7 Değişken yapı kabuğu bileşenlerinin U değerleri ve malzeme özellikleri .....                                                                 | 84    |
| Çizelge 4.8 Sabit yapı kabuğu bileşenlerinin U değerleri ve malzeme özellikleri.....                                                                     | 87    |
| Çizelge 4.9 Konut önerisinde kullanılan modellemeler .....                                                                                               | 88    |
| Çizelge 4.10 Değişken yapı kabuğunda, cam elemanların açık (K0-1) ve kapalı (K0-2) olduğu durumlar için hesaplanan aylık ısıtma ve soğutma yükleri ..... | 90    |

## ILIMAN NEMLİ İKLİM BÖLGESİ İÇİN TASARLANAN KONUT YAPISINDA DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Seda DEMİR

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Yapılan bilimsel araştırmalar, enerji tüketiminin büyük bir bölümünün yapılardan kaynaklandığını göstermektedir. Yapıların işletim süresince ihtiyaç duyduğu enerjiyi yenilenemeyen kaynaklardan sağlaması, enerji harcamalarındaki artışa bağlı olarak, kaynakların giderek azalmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Yapılarda harcanan enerji miktarının azaltılması ve enerji kullanımının verimli hale getirilmesi, sürdürülebilir çevre oluşturma'nın temel adımlarından biri haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasında, iç ortam konfor koşullarının minimum yapma enerjiyle sağlanabildiği, iklimle dengeli yapı önerisi oluşturmak ve bu doğrultuda, öneri için tasarlanan değişken yapı kabuğunun ısı performansına katkısını irdelemek amaçlanmıştır.

Tez çalışması 5 bölüm halinde ele alınmıştır.

İlk bölümde, literatür taraması yapılarak çalışmaya yön verecek geçmiş çalışmalardan bahsedilmiştir. Ardından, tezin amacı belirtilerek, çalışma sonucundan beklenenler aktarılmıştır.

İkinci bölümde, iklimle dengeli tasarım sürecinde etkili olan parametreler açıklanmıştır. Tasarım için gerekli olan verilerin nasıl elde edildiği ve bu verilerin iklim bölgelerine göre nasıl değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde, yapının enerji etkinliğini arttırmak için yapı kabuğunda uygulanan pasif yaklaşımlar incelenmiştir. Aktif sistemlerle desteklenen yapı kabuğu yaklaşımları ise çalışma kapsamının dışında tutulmuştur.

Dördüncü bölümde, ılıman nemli iklim bölgesi ele alınarak uygulama çalışması yapılmıştır. Çevresel veriler, iklimle dengeli yapı tasarımı kapsamında değerlendirilerek bir konut yapısı tasarlanmış ve yapı kabuğuna ilişkin yaklaşımlar oluşturulmuştur. Simülasyon programı aracılığıyla, tüm yapı kabuğu alternatifleri için yapının enerji yükleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sonuç bölümü olan beşinci bölümde, çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İklimle Dengeli Yapı Tasarımı, Değişken Yapı Kabuğu, Yapı Kabuğunun Isıl Performansı



### **EVALUATION OF VARIABLE BUILDING ENVELOPE PERFORMANCE IN RESIDENTIAL BUILDING DESIGNED FOR WARM HUMID CLIMATE REGION**

Seda DEMİR

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

The scientific researches indicate that Most of the energy consumption is related to buildings. Due to the fact that the energy required throughout the lifetime of a building is provided from unrenewable sources, resources are being wasted and ecological balance spoiled in line with the increase in energy consumption. Decreasing the energy consumption and increasing energy efficiency in buildings have become the fundamental step for a sustainable environment.

This thesis aims to provide a building proposal that is satisfying indoor comfort conditions with minimum energy as well as complying with the climate. In line with this purpose, the contribution of variable building envelope to thermal performance is examined.

This thesis consists of 5 parts:

In the first part, past studies that will give direction to this study have been mentioned by making a literature review. Then, the purpose of thesis have been indicated and the expected results have been reported.

In the second part, the parameters which are effective in the process of balanced design with climate have been explained. How to obtain the data required for the design and how should be assessed per climate zone have also been explained.

In the third part, passive approaches which are applied in the building envelope have been examined in order to increase the energy efficiency of the building. Building envelope approaches which are supported by active systems have not included in the study.

In the fourth part, an application study has been carried out for warm humid climate. By evaluating the environmental data within the framework of balanced design with climate, a residential building has been designed and approaches have been developed for the building envelope. Through the simulation program, the energy loads of all building envelope alternatives have been calculated and the results have been compared.

In the fifth part, findings obtained from the study have been evaluated and suggestions have been given for future studies.

**Key Words:** Balanced Design with Climate, Variable Building Envelope, Thermal Performance of Building Envelope

#### 1.1 Literatür Özeti

Sanayi ve teknoloji alanındaki gelişmelerin ivme kazanması, artan dünya nüfusu ile birlikte enerji tüketimindeki artışı da beraberinde getirmiştir. İhtiyaç duyulan enerjinin yenilenemeyen kaynaklardan elde edilmesi, enerji harcamalarındaki artışa bağlı olarak, kaynakların giderek azalmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Enerji tüketiminin önemli bir bölümünün yapılardan kaynaklandığı göz önünde bulundurulduğunda, yapıların neden olduğu kaynak tüketiminin azaltılması ve enerjinin etkin kullanılabilmesi adına, çevresel etkilerle uyumlu yapılar tasarlamak zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda, çevresel etkilerle uyumu sağlamak için gerekli olan tasarım parametreleri değerlendirilerek yapılaşmaya yön verilmelidir.

Bu çalışmaya başlanırken, enerji harcamalarını azaltmaya yönelik yapı yaklaşımlarını, enerji etkinliğini hedefleyen yapılar için ele alınması gereken tasarım parametrelerini, yıllık enerji harcamalarının azaltılmasını sağlayan yapı kabuğu alternatiflerini, yapı kabuğunda kullanılan yalıtım malzemelerini, farklı bölgeler için incelenen tek cidarlı ve çift cidarlı cephe alternatiflerini kapsayan çalışmalar incelenmiştir.

Ken Yeang, tasarımcılar için kapsamlı ve öğretici bir rehber niteliğinde olan Eko Tasarım adlı kitabında, yerkürenin sürdürülebilir bir geleceği olabilmesi adına, mevcut mimarlık anlayışının ve tasarım yaklaşımlarının kökten değişmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Yeang'a göre ekolojik tasarımda amaç, yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarını olabildiğince az tüketen, yeşil malzemelerle inşa edilmiş, yapım aşamasında arazinin ekolojisi üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirilmiş ve kullanım ömrünü

tamamladıktan sonra ekosistemlerle kusursuzca bütünleşmek üzere sökülebilir, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir biçimde tasarlanmış bir yapı çevre oluşturmaktır. Buradaki anahtar sözcük bütünleşmedir. Bütünleşme, yapı çevrenin üretimiyle başlar, işletim faaliyetleriyle devam eder ve kullanım ömrü tamamlandıktan sonra doğal çevre içinde özümsemiyle son bulur. Üretilen sistem canlı bir organizma gibi davranır, besin yerine enerji ve malzeme tüketir. Yapının kullanım süresince harcadığı enerji, yaşam döngüsü boyunca kullandığı enerjinin %65'ini oluşturur. Yapı sisteminin işletimsel tüketim düzeyinin belirlenmesi, enerji kullanımını etkileyen en önemli karardır [1].

Dr. Wolfgang Fiest 1997 yılında ortaya koyduğu çalışmada, yapıların hizmet süresince harcadığı enerji miktarını analiz etmektedir. Fiest, enerji ihtiyacını tümüyle doğal kaynaklardan sağlayan yapıları kendine yeten (sıfır enerjili) yapılar, birim alana düşen işletim enerjisi  $33 \text{ kWh/m}^2$ 'nin altında olan yapıları pasif yapılar,  $120 \text{ kWh/m}^2$ 'nin altında olan yapıları ise düşük enerjili yapılar olarak değerlendirmektedir [2].

2006 yılında Tesisat Mühendisliği Dergisi'nde yayınlanan makalede, enerji verimliliğini arttırmak ve kullanıcı konforunu en düşük enerji harcamasıyla sağlamak amacıyla geliştirilen akıllı bina kavramından bahsedilmektedir. Akıllı binalarda tasarım parametrelerinin rolünü ele alan makalede, güneş enerjisinin etkin kullanımı için izlenmesi gereken yöntemler örnekler üzerinden incelenmiş, akıllı binaların sadece otomasyon sistemlerinden ibaret olmadığına altı çizilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının istenilen etkilerinden yararlanmak ve istenmeyen etkilerinden korunmak üzere, özellikle bina kabuğunun çevre etkilerine göre kendini ayarlayabilen pasif sistemler olarak tasarlanması halinde gerçek akıllı binalar yapılabileceği belirtilmiştir [3].

Sürdürülebilir çevreler için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması sürecini inceleyen bir çalışmada, Türkiye'deki farklı iklim bölgeleri için öngörülen tasarım parametreleri ortaya konmuş ve bu parametrelerin uygun değerlerinin belirlenmesinde kullanılan teknik bilgiler derlenmiştir. Ön tasarım aşamasında doğru kararların alınmasının, enerji giderlerinin azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlayacağı vurgulanmıştır [4].

Sıcak nemli iklim bölgesi için iklimsel tasarım parametrelerinin ısı performansına etkisini değerlendiren bir çalışmada, yapının yönlenmesi, yapı kabuğu katmanlaşma detayı ve güneş kontrolü etkenlerinin mekanın ısı performansı üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, ısı performans düzeyinin farklılaşmasında cephe açıklığı, hacim miktarı ve tavan yüksekliğinin önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Farklı senaryolar üzerinden yapılan hesaplamalarda, soğutma döneminde tavanın yükseltilerek hacim miktarının artırılmasının, ısıtma döneminde ise tavan yüksekliğinin düşürülerek hacim miktarının azaltılmasının ve kuzey yönündeki cephe açıklığının küçültülmesinin avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak, mekanın enerji harcamalarını etkileyen parametrelerin dönemsel olarak değişebilir olmasının, yapının ısı performansını olumlu yönde etkileyeceği sonucuna varılmıştır [5].

Enerji etkin bina tasarımını ele alan bir yüksek lisans tezinde, tasarım parametrelerinin enerji tüketimindeki rolünü vurgulayan deneysel bir çalışma yapılmıştır. Öncelikle enerji etkin bina tasarım parametreleri açıklanmış, ardından binalarda enerji etkinliğini arttırmaya yönelik hem ulusal hem de uluslararası düzeydeki yasalardan, yönetmeliklerden, standartlardan ve gönüllü sertifika sistemlerinden bahsedilmiştir. Çalışma kapsamında, TS825 standardına uygun olarak tasarlanan bir yapı referans kabul edilmiş ve pasif tasarım değişkenleriyle ilgili alternatifler oluşturulmuştur. Enerji hesaplamalarına göre, bina formunda değişiklik yapılamadığı durumlarda, yalnızca saydamlık oranının ve U değerinin düşürülmesiyle bile ısıtma enerjisinin azaltılabildiği, ancak iklim özelliklerine göre bu azalmanın farklı oranlarda gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, enerji tüketimini verimli ölçüde azaltabilmek için, tasarım değişkenlerinin her iklim bölgesi için ayrı ayrı ele alınması gerektiği sonucuna varılmıştır [6].

Yıllık enerji harcamalarının azaltılmasına yönelik olarak, bina dış kabuğu alternatifleri üzerinde değerlendirme yapan bir diğer çalışmada, farklı enerji hesaplama yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve ısı kütlenin hesaplar üzerindeki öneminden bahsedilmiştir. Ülkemizde yürürlükte olan TS825 standardında yer alan hesaplama yönteminde, yalnızca ısıtma döneminin dikkate alındığı ve malzemelerin ısı depolama özelliğinin ihmal edildiği belirtilmiştir. Sıcak iklim bölgelerinde soğutma yüklerinin, ısıtma yüklerinden daha yüksek olduğunun ve malzemelerin ısı depolama

özelliğinin bu bölgelerde daha da etkili hale geldiğinin altı çizilmiştir. Yıllık enerji harcamalarında daha doğru sonuçlar elde edilmesi açısından, mevcut standardın revize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır [7].

Enerji etkin bina cephe sistemlerine yönelik yaklaşımların ele alındığı bir çalışmada, enerji korunumuna ve enerji üretimine katkıları bulunan cephe örnekleri, performans kriterleri doğrultusunda incelenmiştir. Örnek cephelerde enerji üretiminin; güneşten yararlanmak için doğru yönlenme, rüzgarın cephe yüzeyinde toplanabildiği form seçimi, aydınlatmada temel olarak gün ışığından faydalanma gibi pasif yöntemlerle birlikte güneş kolektörlerinin, fotovoltaik panellerin, cepheyle bütünleşen rüzgar türbinlerinin ve biyo-yakıt üreten sistemlerin kullanımı ile sağlanabildiği saptanmıştır. Enerji korunumunun ise; ısı yalıtım malzemelerinin, saydam alanlarda argon gazlı Low-E camların, trombe duvarın ya da bidon duvarın, gölgeleme elemanlarının, çift cidarlı cephelerde doğal havalandırmanın etkin hale getirilebildiği hareketli şerit panellerin ve aydınlatmada LED'lerin kullanımı ile gerçekleştirildiği tespit edilmiştir [8].

2010 yılında yayınlanan bildiride, bina cephelerinde ısı yalıtımı kullanılarak enerji etkinliğinin sağlanması üzerine yapılan bir uygulama çalışması açıklanmış ve konuya ilişkin öneriler sunulmuştur. Farklı yalıtım malzemelerinin kullanılmasıyla oluşturulan alternatiflerde, yıllık ısıtma yükünün kullanılan yalıtım malzemesine ve pencerenin bulunduğu cephe yönüne göre değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir. Isıtmanın istenmediği dönemde ise, yalıtım uygulanmasının soğutma yüklerini yalıtımsız duruma göre az da olsa arttırdığı gözlemlenmiştir [9].

Yapı kabuğunda ısı yalıtımını inceleyen başka bir tez çalışmasında, yapı kabuğu elemanları ve özellikleri açıklanarak, yapı kabuğunda sağlanması gereken ısı konfor koşulları ortaya konulmuş ve bu doğrultuda ısı geçişlerinin azaltılması için, ısı yalıtımının yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Isı yalıtım malzemelerinin çeşitleri ile yalıtım uygulamalarının avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir. Isı korunumunda ve güneş ışıınımlarının ısı enerjisi olarak kullanımında, saydam yalıtım malzemelerinin olumlu özelliklerine değinilen çalışmada, pencerelerin de saydam yalıtım malzemesi olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir [10].

Konut binalarında tasarım parametreleri ile enerji tüketim ilişkisini inceleyen bir çalışmada; yönlenme, kabuk U değeri, saydamlık oranı, düşey zonlamada camla kapatılmış balkonların tampon bölge etkisi ve ısıtılan alanların ısıtılmayan alanlara etkisi simülasyon programı yardımıyla analiz edilmiştir. Yapılan alan çalışmasında, balkonların cam ile kapatılmasının ısıtma yükleri açısından tüm cephelerde olumlu sonuç verdiği belirtilmiştir [11].

İstanbul'daki mevcut bir yapının opak kabuk bileşenini Trombe duvar prensibiyle iyileştirerek zamana bağlı rejimde ısı performansını değerlendiren bir çalışmada, Trombe duvar prensibiyle iyileştirilen duvarın ısı kazanç performansının oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen sistemin her iklim bölgesine uygulanamayacağı, ayrıca çalışmanın ısıtma dönemi için ele alındığı ve soğutma dönemi için de değerlendirme yapılması gerektiği vurgulanmıştır [12].

Sıcak iklim bölgesinde çift kabuk cam sistemi kullanımını inceleyen bir doktora tezinde, çift kabuk cam cepheyi oluşturan elemanların doğru seçimi, kabuktaki boşluğa bağlı olarak ısıtma ve soğutma yüklerinin nasıl değiştiği, sistemin binanın hangi cephelerinde uygulanması gerektiği, binanın formu ve yöneliş durumu da ele alınarak incelenmiştir. Hesaplardan elde edilen sonuçlarda, kabuklar arasındaki boşluğun 20cm-200cm aralığında en düşük U değerini verdiği ve 50cm'den sonrasının hem ısıtma hem de soğutma yükleri üzerinde ihmal edilebilecek kadar küçük farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir. Bu nedenlerle, boşluk için 20cm ile 50cm arasında bir değer seçilmesinin doğru bir yaklaşım olduğu öne sürülmüştür. Çift kabuk cam sisteminin, sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde soğutma yükünün azaltılması için kuzey ve batı cephesinde, ısıtma yükünün azaltılması için ise güney ve doğu cephesinde uygulanmasının ideal sonuçlar verdiği, ancak yazın aşırı ısınmayı engellemek için güneş kontrol elemanının kullanılması gerektiği belirtilmiştir [13].

Dış ortamdan yalıtılmış binalarda yapay havalandırmanın kullanıcı üzerindeki olumsuz etkilerine değinerek, doğal havalandırmanın önemine dikkat çeken bir bildiride, yapı kabuğunda kullanılan doğal havalandırma elemanları çeşitleri ve özellikleri açıklanmış, farklı cephe uygulama örnekleri verilmiştir. Çalışmada, çift kabuklu cephelerde yazın

aşırı ısınmanın önüne geçilebilmesi için doğrudan havalandırılan çözümler üretilmesi gerektiği belirtilmiştir [14].

## **1.2 Tezin Amacı**

Tasarımcının görevi, kullanıcı konforundan ödün vermeksizin, doğal çevreye dönüşü olmayan zararlar vermeden, enerji ihtiyaçlarının minimum tüketimle sağlandığı yapma çevreler oluşturmaktır. Bunun sağlanabilmesi, yapıların dış çevre özellikleriyle kurduğu ilişkiye bağlıdır. Çevresel etkilerle uyumlu, diğer bir deyişle iklimle dengeli yapı tasarımı gerçekleştirebilmek için, bölgenin iklim koşulları, topografik yapısı, bitki örtüsü, yakın çevredeki yapılaşma gibi dış çevresel parametrelere ilişkin veriler değerlendirilmeli, elde edilen verilerden hareketle yapının işlevine bağlı olarak kullanıcının konfor koşulları belirlenmeli ve enerji etkinliğinin sağlanabileceği yaklaşımlar oluşturulmalıdır.

Bu tez çalışmasında, ılıman nemli iklim bölgesi için iklimle dengeli tasarım parametreleri takip edilerek oluşturulan konut yapısında, farklı ortam koşullarına göre ısı geçirme direnci değişken özellik gösterebilen yapı kabuğu yaklaşımı uygulanarak, değişken kabuğun ısıl performansına katkısını irdelemek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, değişken yapı kabuğunun enerji etkinliği, değişken özellik göstermeyen standart kabukla karşılaştırılmıştır.

Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışma hazırlanırken gerçek arazi verileri kullanılmış, iklimle dengeli yapı tasarım parametreleri ana ölçüt olarak kabul edilerek, arsa koşullarının ve imar yönetmeliğinin sınırlamaları çerçevesinde tasarım gerçekleştirilmiştir. Yapı bileşenleri, TS825'te önerilen değerler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yapı kabuğunda, çevresel etkilerle uyumu arttırarak yapının ısıl performansını yükseltmek amacıyla, ısıtma ve soğutma dönemleri için farklı senaryolar kurgulanmıştır.

## **1.3 Hipotez**

Enerji etkinliğinin hedef alındığı yapılarda, her bir iklim bölgesi için mevcut çevresel koşullardan yararlanmaya ya da korunmaya yönelik yaklaşımlar uygulanmaktadır. Genellikle, ısıtma ve soğutma dönemlerine göre, yılın baskın olan dönemi göz önünde

bulundurularak, yapının enerji harcamaları indirgenebilmektedir. Ilıman nemli iklim bölgesi gibi, ısıtma ve soğutma dönemlerinin birbirine yakın olduğu bölgelerde, her iki dönemde de maksimum yarar sağlayacak sistemler geliştirilebilir.

Hazırlanan tez çalışmasında, yapının değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmesi için farklı bir yapı kabuğu yaklaşımı uygulanmıştır. Bu kapsamda, mevsimlere göre giysilerin ısı geçirme direncini değiştirme mantığı yapı ölçeğine aktarılmış ve kullanıcı kontrolünde kabuğun ana gövde elemanına dahil edilebilen açılır-kapanır yalıtım cidarı kurgusuyla, ısı geçirme direncinde değişkenlik gösterebilen yapı kabuğu tasarlanmıştır. Değişken yapı kabuğunun yalıtım katmanında saydam malzeme kullanarak, ısıtma döneminde güneşten pasif yolla ısı kazancı sağlanacağı, soğutma döneminde ise ısı birikiminin önlenerek soğutma yüklerinin azaltılacağı öngörülmüştür.

Ilıman nemli iklim bölgesi için tasarlanan konut yapısında, ısıtmanın istendiği ve istenmediği dönemlere göre değişken özellik gösteren saydam yalıtımlı yapı kabuğunun, sabit özelliğe sahip opak ve saydam yalıtımlı yapı kabuklarına göre, ısı performansını yükselteceği ortaya konmaktadır.

### İKLİMLE DENGELİ YAPI TASARIM SÜRECİNDE ETKİLİ OLAN PARAMETRELER

Dünya genelinde enerji tüketiminin önemli oranda binalardan kaynaklandığını açıklayan bilimsel çalışmalar, binalarda tüketilen enerji miktarını kontrol altına almaya yönelik çözüm arayışlarını uluslararası platformlarda gündeme getirmiştir. Yapılarda enerji etkinliğini arttırmak amacıyla birçok ülkede çeşitli yasalar, yönetmelikler ve standartlar ortaya konmuş, bunlara ek olarak, yapıların enerji etkinliğinin değerlendirildiği gönüllü sertifika sistemleri oluşturulmuştur [6].

Yürürlükte olan yasal düzenlemeler ve gönüllü sertifika sistemleri incelendiğinde, işletim süresince tüketilen enerji miktarına bağlı olarak; sıfır enerjili yapılar, pasif yapılar ve düşük enerjili yapılar gibi kavramlar karşımıza çıkmaktadır. Dr. Wolfgang Fiest, enerji ihtiyacını tümüyle doğal kaynaklardan sağlayan yapıları kendine yeten (sıfır enerjili) yapılar, birim alana düşen işletim enerjisi  $33 \text{ kWh/m}^2$ 'nin altında olan yapıları pasif yapılar,  $120 \text{ kWh/m}^2$ 'nin altında olan yapıları ise düşük enerjili yapılar olarak değerlendirmektedir [2].

Yapılarda düşük enerji kullanımını hedefleyen tüm bu yaklaşımların temelini, çevreyle uyumlu tasarımlar oluşturmaktadır. Çevresel etkilerle uyumlu, diğer bir deyişle iklimle dengeli yapı tasarımının ana ilkesi, çevre koşulları karşısında kullanıcıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebileceği iç ortamlar oluştururken, ısı konfor koşullarını minimum yapma enerji harcayarak sağlamaktır.

İklimle dengeli yapı tasarım sürecinde konfor koşullarının oluşturulmasında etkili olan parametreler; kullanıcıya ilişkin parametreler, çevreye ilişkin parametreler ve yapıya ilişkin parametreler olmak üzere üç başlık altında toplanabilir.

Çizelge 2.1 İklimle dengeli yapı tasarım sürecine etki eden faktörler

| KULLANICIYA İLİŞKİN PARAMETRELER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ÇEVREYE İLİŞKİN PARAMETRELER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | YAPIYA İLİŞKİN PARAMETRELER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fizyolojik Değişkenler <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nesnel</li> <li>- Öznel</li> </ul> </li> <li>- Niteliğe ve Duruma İlişkin Değişkenler <ul style="list-style-type: none"> <li>- Irk, Yaş, Cinsiyet</li> <li>- Aktivite Düzeyi</li> <li>- Giysi Türü</li> <li>- Mekandaki Konum ve Duruş Şekli</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- İklim <ul style="list-style-type: none"> <li>- Güneş Işınımı</li> <li>- Dış Hava Sıcaklığı</li> <li>- Dış Hava Nemliliği</li> <li>- Rüzgar</li> </ul> </li> <li>- Topografya ve Çevre Örtüsü <ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografya</li> <li>- Bitki Örtüsü</li> </ul> </li> <li>- Yakın Çevredeki Yapılaşma <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yapılaşma Yoğunluğu</li> <li>- Yapılaşma Esasları</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yapının Arazi İçindeki Konumu</li> <li>- Yapı Aralıkları ve Yükseklikleri</li> <li>- Yapı Formu</li> <li>- Mekan Organizasyonu</li> <li>- Doğal Havalandırma Düzeni</li> <li>- Güneş Kontrolü</li> <li>- Yapı Kabuğu <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yapı Kabuğu Bileşenlerinin Optik ve Termofiziksel Özellikleri</li> <li>- Yapı Kabuğu Bileşenlerinde Malzeme Kullanımı</li> </ul> </li> </ul> |

## 2.1 Kullanıcıya İlişkin Parametreler

Bir mekan içinde insan, ısı açısından kendini çevreleyen bir kabuk ve kabuğun sınırladığı hava ile ilişkidir. Bir ortamı geçici ya da kalıcı olarak kullanan kişilerin, yaşamsal aktivitelerini verimli olarak sürdürebilmesi için, ortamdaki ısı konfor koşullarının sağlanmış olması gerekmektedir.

ASHRAE 55-2013 standardına göre ısı konfor, kullanıcının bulunduğu ortamın iklimsel durumundan memnun olduğu koşullar olarak tanımlanmaktadır. Kullanıcıların %80'inin veya daha fazlasının ısı durumundan hoşnut olduğu ortamlar, ısı konforun sağlandığı ortamlar olarak kabul edilmektedir [15].

İç iklimsel durumu belirleyen bileşenler; iç hava sıcaklığı, yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları, hava hareketleri ve ortamın nemidir [5]. Kullanıcı, bu bileşenlerin ulaştığı değerlere bağlı olarak, içinde bulunduğu çevreye karşı farklı tepkiler göstermektedir. Bu farklılığın nedeni, kullanıcıların fizyolojisine, niteliğine ve durumuna ilişkin özelliklerinin değişken olmasıdır.

### 2.1.1 Fizyolojik Değişkenler

Fizyolojik değişkenler; ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı ve kalp atışı gibi nesnel, görülür terleme ve termal duygu (veya hissediş) gibi öznel değişkenler olarak ele alınmaktadır [6].

### 2.1.2 Niteliğe ve Duruma Ait Değişkenler

Kullanıcının niteliğine ve durumuna ait değişkenler; ırk, yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi, giysi türü ile kullanıcının mekan içindeki konumu ve duruş şekli olarak sıralanabilir [4].

- Aktivite düzeyi (metabolizma düzeyi), insan vücudunun birim yüzey alanında birim zamanda üretilen enerji miktarıdır. Kişinin yaptığı eylem türü ile doğrudan ilişkilidir ve çoğu kez MET birimi ile ifade edilmektedir ( $1 \text{ MET} = 58,2 \text{ W/m}^2$ ) [5].

Çizelge 2.2 Belirli eylem türleri için metabolizma düzeyleri [15]

| EYLEM TÜRÜ                     | METABOLİZMA DÜZEYİ (MET) |
|--------------------------------|--------------------------|
| Uyuma                          | 0,7                      |
| Yatarak Dinlenme               | 0,8                      |
| İş Yapmadan Oturma             | 1,0                      |
| Ayakta İş Yapmadan Durma       | 1,2                      |
| Ayakta Hafif İşler Yapma       | 1,6                      |
| Ayakta Orta Ağırlıkta İş Yapma | 2,0 - 3,0                |
| Ayakta Ağır İş Yapma           | 3,4                      |

- Giysi türü (termal düzey), giysilerin ısı yalıtım direncini ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı geçiş miktarını etkilediğinden, iklimsel konfor koşullarının belirlenmesinde önemlidir. Giysilerin ısı yalıtım direnci genelde Clo birimi ile ifade edilmektedir ( $1 \text{ Clo} = 0,155 \text{ m}^2/\text{W}$ ) [6].

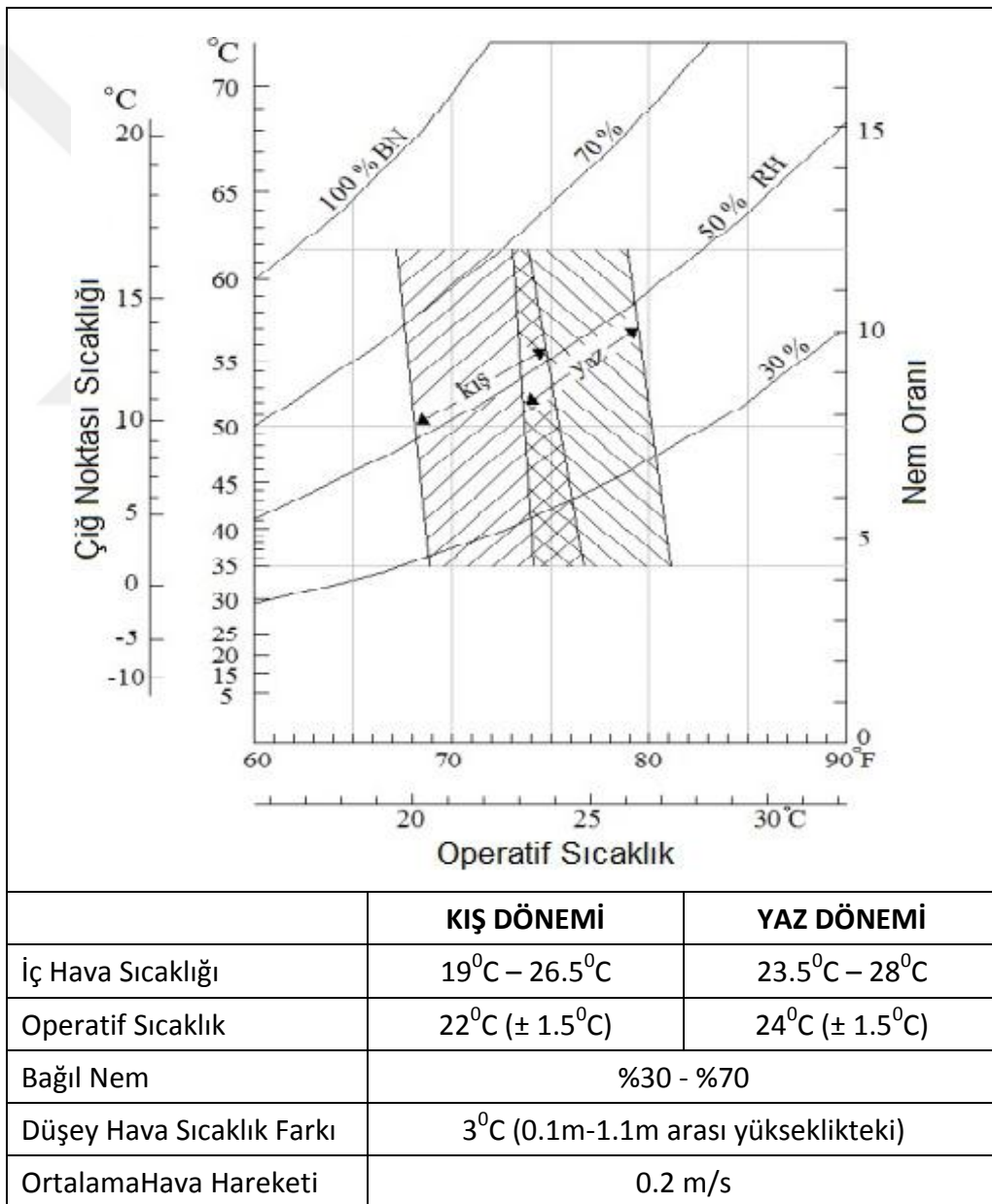
Çizelge 2.3 Giyisilerin ısı geçirme direnci [15]

| GIYSİ TİPİ         | ISI GEÇİRME DİRENCİ (Clo) |
|--------------------|---------------------------|
| Kışlık Giysiler    | 0,8 – 1,2                 |
| Yazlık Giysiler    | 0,35 – 0,60               |
| Mevsimlik Giysiler | 0,60 – 0,80               |

- Kullanıcının mekandaki konumu ve duruş şekli, ısıtım yoluyla yaptığı ısı alış verişini üzerinde etkilidir. Kullanıcı mekan içerisindeki konumuna göre, düzensiz sıcaklık dağılımı ya da hava akımı gibi lokal koşullara bağlı olarak konforsuz hissedebilir. ISO 7730-2005 standardına göre, oturarak iş yapan kullanıcı için, baş ve ayak bölgesindeki kabul edilebilir düşey sıcaklık farkı  $3^{\circ}\text{C}$ 'dir [16].

Deneyisel çalışmalardan edinilen sonuçlara göre, kullanıcıların aktivite düzeyi 1.2met, giysi yalıtım değeri kış döneminde 1 clo, yaz döneminde 0.5 clo olarak kabul edildiği durumlarda, kullanıcı konforunun sağlandığı ortam koşulları Çizelge 2.4'tedir [15].

Çizelge 2.4 Isıl konforun sağlandığı ortam koşulları



## 2.2 Çevreye İlişkin Parametreler

Yapılardaki enerji harcamalarının en önemli belirleyicisi, yapının çevresiyle kurduğu ilişkidir. Yapı, içinde bulunduğu çevrenin olumlu etkilerinden yararlanıp, olumsuz etkilerinden korunabiliyorsa, yani kısacası çevresel etkenlere uyum sağlayabiliyorsa, iç ortam konfor koşullarını oluştururken harcadığı enerji miktarı azalmaktadır.

### 2.2.1 İklim

İklim; yeryüzünün herhangi bir bölgesindeki hava olaylarının, uzun süreli gözlemlenmesi sonucunda ortaya konan ortalama özellikleridir. İklimi oluşturan güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgar gibi bileşenlerden birinin ya da bir kaçının farklılaşması, değişik iklim tiplerinin oluşmasına neden olmaktadır [17]. İç ortam konfor koşullarını sağlayan yapma çevreler tasarlanırken, doğal çevredeki iklim tipinin belirlenmesi ve bu doğrultuda iklim verilerinin olumlu etkilerinden yararlanıp olumsuz etkilerinden korunmaya yönelik çözümler üretilmesi gerekmektedir.

İklim üzerine yapılan kapsamlı çalışmalar sonucunda, Türkiye’de sıcak nemli, sıcak kuru, ılıman nemli, ılıman kuru ve soğuk olmak üzere, 5 farklı ana iklimsel karakter olduğu kabul edilmiştir [18].



Şekil 2.1 Türkiye’deki iklim bölgeleri [6]

İklimi oluşturan öğelere ait değerler, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ölçüm sonuçları derlenerek belirlenebilmektedir. Mimari çalışmalarda, güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı ve dış hava nemliliği parametreleri için son 10 yıllık değerler göz önünde bulundurulmaktadır. Rüzgar için ise, en az 20 yıllık

rüzgar hızına, yönüne ve esme sayısına ilişkin verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. DMI'den edinilen bu verilere göre, her ayın 21. günü karakteristik gün olarak dikkate alınarak, aylık rüzgar gülleri çizilebilmektedir.

### **Güneş Işınımı:**

Güneş, hem ısıtma enerjisi hem de doğal aydınlatma açısından en önemli enerji kaynağıdır. Güneş ışınları atmosferden geçip yeryüzünün herhangi bir noktasına ulaşırken, niteliği ve niceliği değişmektedir. Güneş ışınlarının bir kısmı doğrultulu (direkt), bir kısmı yansımış, bir kısmı da yaygın ışınım olarak yüzeye etki etmektedir. Yüzeylerin güneşlenme miktarı ise yöreye, zamana ve yöne göre farklılık göstermektedir [6].

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla, güneş enerjisi potansiyeli açısından avantajlı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri'nin (DMI) 1966-1982 yıllarına ait ölçümlerinden yararlanılarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük 3.6 kWh/m<sup>2</sup>) olarak tespit edilmiştir [4].

### **Dış Hava Sıcaklığı:**

Dış hava sıcaklığı, gölgede kuru termometre ile ölçülen değerdir. Dış hava sıcaklığı, atmosfer koşulları ile güneşin geliş açısına göre değişim göstermektedir. Aynı enlem derecesinde bulunan yerleşim alanlarının yıllık sıcaklık ortalamaları birbirinden farklı olabilir. Bunun nedeni yerin yüksekliği, zeminin niteliği, güneş ışınım şiddeti, hava hareketleri ile deniz akıntılarının yönü ve şiddeti gibi değişkenlerdir [6].

### **Dış Hava Nemliliği:**

Nem, havadaki su buharı miktarıdır. Hava basıncı, sıcaklık ve rüzgar gibi etkenlere bağlı olarak değişim gösteren dış hava nemliliği, buharlaşma ve yağış miktarı üzerinde etkilidir [6].

Nem ölçümlerinde, mutlak nem ve bağıl nem hesaplanmaktadır. Mutlak nem, birim hacimdeki nem miktarıdır. Bağıl nem ise, havadaki nem miktarının o havanın

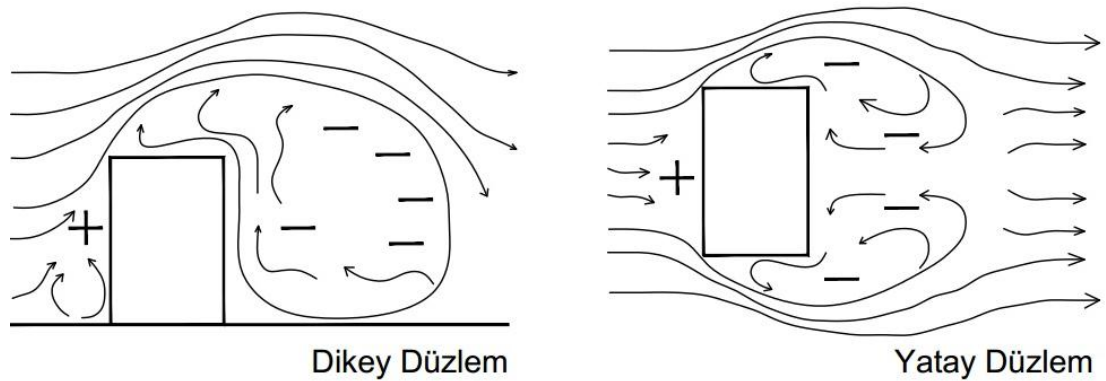
alabileceği maksimum neme oranıdır [18]. Ortamdaki bağıl nem oranı, hissedilen sıcaklık üzerinde etkilidir. Bağıl nem oranının yüksek olması sıcaklığın etkisini arttırmakta, düşük olmasıysa kuruluğa yol açmaktadır. Nem oranının kabul edilebilir değerlerden yüksek olması konfor durumunu olumsuz yönde etkilerken, aynı zamanda yapı malzemelerinin zarar görmesine ve buna bağlı olarak yapıların enerji performansının düşmesine neden olmaktadır [11].

### **Rüzgar:**

Rüzgar, havanın sıcak ve yüksek basınçlı alanlardan, soğuk ve düşük basınçlı alanlara akmasıyla oluşan hava hareketidir [11]. Hava akımlarının hızını basınç farkı miktarı, yönünü ise basınç bölgelerinin yeri belirlemektedir. Rüzgar yönünün, esme sayısının ve hızının mevsimlere göre değişimi, enerji etkinliği üzerinde önemli rol oynamaktadır [6].

Rüzgar kontrolü zor bir eleman olduğundan, tasarım kararları alınırken rüzgarın yapı yüzeylerinde ve çevresinde oluşturduğu etkinin bilinmesi gereklidir [4].

- Rüzgar yapı yüzeyi ile karşılaştığında esiş düzenini değiştirerek, yapı üstüne ve çevresine doğru yönelir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi rüzgar yapı yüzeyine dik olarak geldiğinde, rüzgara karşı olan yapı yüzeyinde (+) basınç, arka yüzeyinde ise (-) basınç yani emme bölgesi oluşturur. Emme etkisinin ana rüzgar akımından kopardığı ayrımlar, rüzgar gölgesi olarak adlandırılan, burgaçların olduğu bir alan yaratır [4]. Rüzgarın serinletici ve nemi uzaklaştırıcı etkisinden yararlanmak ya da korunmak isteniyorsa, bu alanların değerlendirilmesi avantaj sağlamaktadır.



Şekil 2.2 Rüzgarın yapı kütlesine dik gelmesi ile oluşan hava hareketi

- Yan yana iki yapı arasındaki boşluğun az olması ya da yüksek yapılarda zemin katın boş bırakılması gibi durumlarda, hava yapı yüzeylerince engellenmeyen alanlardan geçerken sıkışır ve hızı artar. Bu olaya hunileme adı verilmektedir [4]. Yüksek hızlı ve kontrolsüz hava akımlarına neden olan hunileme olayı, genellikle kaçınılması gereken bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

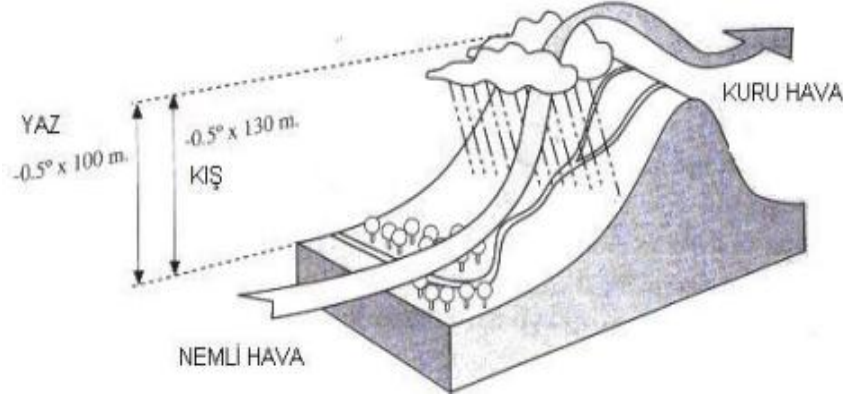
## **2.2.2 Topografya ve Çevre Örtüsü**

Yapının konumlandığı arazinin topografik durumu, çevredeki bitki örtüsü ve yapılaşma gibi etkenler, lokal iklimsel özellikleri yani mikroklimayı etkilemektedir [19]. Bu nedenle, yapı tasarımında uygulanacak enerji stratejileri belirlenirken, mikroklimaya etki eden faktörlere ilişkin analizler iyi yapılmalıdır.

### **2.2.2.1 Topografya**

İklimsel konfor durumunu etkileyen önemli faktörlerden biri topografyadır. Deniz seviyesinden yükseklik, dağların denizle olan ilişkisi, eğim ve yön gibi topografik yapıya bağlı özellikler, iklim öğelerinin etkilerinin ve sürelerinin değişmesine, dolayısıyla iklimin yapılar üzerindeki etkinlik derecesinin farklılaşmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak yapının güneş ışınlamından faydalanma, gün ışığını kullanma ve doğal havalandırma değerleri de değişmektedir.

- Deniz seviyesinden yükseklik arttıkça, güneş ışınlam değeri ve rüzgarın hızı artmakta, hava sıcaklığı azalmaktadır [17].
- Dağların denizle olan ilişkisi, havanın karakterini etkilemektedir. Şekil 2.3'te hava hareketinin nem ve sıcaklık üzerindeki etkisi gösterilmektedir. Deniz tarafından gelen nemli hava yükselirken dağ engeliyle karşılaşması halinde, kışın her 130 metrede, yazın ise her 100 metrede  $0.5^{\circ}\text{C}$  azalmaktadır. Bu durum, deniz kenarında sıcak ve nemli hava, tepe ve arkasında serin ve kuru hava oluşmasına neden olmaktadır [17].



Şekil 2.3 Topografik yapıya ve yükseklik farkına bağlı olarak hava hareketinin etkisi [17]

- Arazinin yönelişi ve eğimi, güneş ışınlarının geliş açısının, dolayısıyla yüzeye etki eden güneş ışınlam miktarının değişmesi üzerinde etkilidir. Güneye yönelen eğimli araziler, güneş ışınlamlarından yüksek oranda yararlanabilirler. Batıya yönelen eğimli araziler, doğuya bakan eğimli arazilere göre, öğleden sonraki zaman diliminde güneş ışınlamından daha fazla yararlanırlar. Kuzeye yönelen eğimli arazilerin ise güneş ışınlamlarını alma oranı düşüktür [19].

#### 2.2.2.2 Çevre Örtüsü

Doğal bitki örtüsü ve yapma çevrede uygulanan peyzaj tasarımı, doğrudan ya da dolaylı olarak yapının enerji etkinliği üzerinde rol oynamaktadır. Bu nedenle, çevre örtüsünün yapılaşma alanı üzerinde ne gibi etkiler yarattığının bilinmesi ve iklim özelliklerine göre bu etkilerin nasıl değerlendirilmesi gerektiğinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bitki topluluklarının, ağaçların, su ögelerinin ve yüzey örtü malzemelerinin bilinçli olarak kullanıldığı peyzaj tasarımıyla, güneş ve rüzgar kontrolü, nem oranı ve sıcaklığın dengelenmesi, gürültünün yutulması ve havadaki tozun filtrelenmesi sağlanabilmektedir.

- Yeşil bitki dokusu, buharlaşma sayesinde havadaki nem oranını artırır ve sıcaklığın düşmesini sağlar [11].
- Bitki topluluklarının ve ağaçların karakteristik özelliklerine, yerleştirilme yönüne ve sıklığına bağlı olarak, güneş ışınlamı ve rüzgar etkilerini azaltıcı özellikleri vardır. Doğru stratejiler uygulanarak konumlandırılan bitkiler ve ağaçlar, yaprak dökme

özelliklerine, şekillerine ve boylarına göre, güneş ışınlamalarını engelleyerek gölge oluşturabilir ya da rüzgarın hızını ayarlayarak yönlendirebilirler.

Sürekli yeşil kalan ağaçlar ve bodur bitkiler, rüzgar kırıcı etkiye sahiptir. Yaprak döken ağaçlar, kışın güneşten yararlanmayı engellemezken, yazın gölgeleme elemanı olarak kullanılabilirler. Uzun gövdeli ağaçlar rüzgarı filtre ederek aynı yönde hızı azalarak devam etmesini sağlarken, kısa gövdeli ağaçlar ise rüzgarı kollara ayırarak yönlendirirler [19]. Bu özellikler, iklim özelliklerine uygun biçimde ele alındığında, yapının ısıtma ve soğutma yüklerini azaltılarak, enerji etkinliğinin artırılması mümkündür. İklim bölgelerine göre önerilen bitki ve ağaç düzenlemeleri Çizelge 2.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.5 Farklı iklim bölgeleri için önerilen bitki ve ağaç düzenlemesi [4]

| İKLİM BÖLGESİ | ÖNERİLEN BİTKİ ve AĞAÇ DÜZENLEMESİ                                                                                                                                                                                         |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOĞUK</b>  | Hakim rüzgar yönü öncelikli olmak üzere, kuzey ve kuzeybatı yönlerinde yaz kış yeşil kalan ağaçlar ve bodur bitkiler.                                                                                                      |
| <b>ILIMAN</b> | Kuzey yönünde yaz-kış yeşil kalan alçak dallı ağaçlar, güney yönünde alçak çalılar veya alçak dallı ağaçlar, doğu ve batı yönlerinde ise güneşi engellerken rüzgara izin veren, kışın yaprak döken yüksek gövdeli ağaçlar. |
| <b>SICAK</b>  | Kuzey-güney doğrultusunda rüzgar akışını engellemeyecek bitki düzenlemesi, doğu ve batı cephelerinde gölgeleme etkisi yapan uzun gövdeli, yaprak döken ağaçlar.                                                            |

- Peyzaj elemanı olarak su ögesinin kullanılması, havadaki nem oranının artırılmasında etkili sonuçlar vermektedir. Hakim rüzgar yönünde konumlandırılan ve uzun şerit halinde oluşturulan, az derinlikli buharlaşma havuzları, nemin yanında çevreyi serinletici etki yaratmaktadır [20].
- Yüzey örtü malzemeleri, güneş ışınlamını yansıtma ve soğurma özelliklerine göre, çevre ısını arttırıcı ya da azaltıcı etkiler oluşturabilir. Zemin malzemesi seçilirken, iklim özellikleriyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. İklim bölgelerine göre kullanılması önerilen yüzey örtü malzemeleri Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 Farklı iklim bölgeleri için önerilen yüzey örtü malzemeleri [4]

| İKLİM BÖLGESİ | ÖNERİLEN YÜZEY ÖRTÜ MALZEMELERİ                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|
| SOĞUK         | Isı depolama kapasitesi yüksek koyu renk taş vb.<br>Açık renk çakıl |
| ILIMLI NEMLİ  | Çim, toprak, asfalt, beton, taş                                     |
| ILIMLI KURU   | Çim, toprak, açık-koyu renk asfalt, su ögesi                        |
| SICAK NEMLİ   | Çim, çakıl, açık renk asfalt                                        |
| SICAK KURU    | Çim, çakıl, stabilite yol, su ögesi                                 |

- Yeşil dokunun yapı yüzeylerinde bir örtü elemanı olarak kullanılması, ısı kazanımları ve ısı kayıpları üzerinde etkilidir. Yeşil çatılar ve duvarlar, yapı yüzeylerinin yazın aşırı ısınmasını engellerken, soğuk dönemde yalıtım katmanı olarak görev yapmaktadır [17].

### 2.2.3 Yakın Çevredeki Yapılaşma

Yerleşim bölgesi içerisinde, yapının yakın çevresine ilişkin veriler, iklim öğelerinden yararlanma ya da korunma konusunda kısıtlayıcı etkiler yaratabilmektedir. Genellikle yapılaşma yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde karşılaşılan bu etkiler, tasarım aşamasında özel önlemler alınmasını gerektirir.

#### 2.2.3.1 Yapılaşma Yoğunluğu

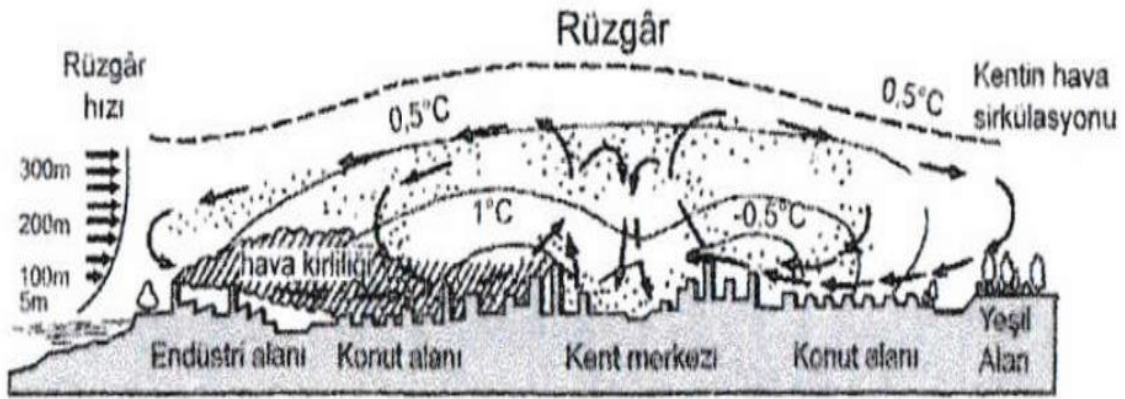
Yapıların kent gibi yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde yer alması ile kırsal alan gibi yapılaşmanın az yoğunlukta olduğu bölgelerde yer alması, enerji etkinliği açısından farklılıklar yaratmaktadır [20].

- Yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde hava sıcaklığı daha yüksektir. Kentlerde doğal yeşil alanların yerini asfalt, taş, beton gibi güneş ışınlarını depolama özelliği yüksek yüzeyler almıştır. Yapılarda, yapı arası açık alanlarda, cadde ve sokaklarda kullanılan koyu renkli, mat ve pürüzlü yüzeyler, gündüz bünyesinde depoladıkları ısıyı gece boyunca dışarı yayararak hava sıcaklığının artmasına neden olurlar [21].
- Kentlerde havadaki nem oranı, azalan yeşil doku nedeniyle, kırsal alanlardan daha düşüktür. Kırsal alanlarda, yağışlarla gelen nem toprak yüzeyde muhafaza

edilebilirken, kentlerdeki yüzey malzemeleri çoğunlukla geçirimsiz özelliktedir [21].

- Kentlerde hava kirlilik oranı yüksek olduğundan, kırsal alanlara göre güneş ışınımı etkileri daha zayıftır.
- Yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel alanlarda rüzgar hızı, kırsal alanlara nazaran %25 daha azdır [20]. Kentlerdeki sık yerleşme dokusu, rüzgarın esiş yönünde konumlanan yüksek yapılar hava akımlarının azalmasına neden olmaktadır [22].

Yüzey malzemelerinin sebep olduğu gece-gündüz radyasyon dengesindeki farklılıklar, endüstrileşmenin etkisiyle doğrudan ısı yayan aktivitelerin artması, motorlu taşıtların fazlalığı ve rüzgar hızının azalması gibi etkenler ile kent üzerindeki ısı artışı durumu “kentsel ısı adası” olarak tanımlanmaktadır [22].



Şekil 2.4 İklim öğelerinin kentsel alanlar üzerindeki etkisi [1]

Tasarım kararları verilirken, yapının yakın çevresiyle olan fiziksel etkileşimlerine dikkat edilmelidir. Çevre yapılarının yüksekliğine bağlı olarak, hava hareketlerinin nasıl şekilleneceği, gölgeleme etkisinin olup olmadığı, yüzey malzemelerinden kaynaklı ısı ve optik problemlerin yaşanıp yaşanmayacağı iyi analiz edilmelidir [20].

### **2.2.3.2 Yapılaşma Esasları**

Türkiye’de, yerleşme yerleri ile bu yerlerdeki yapılaşmaların plan, fen, sağlık ve çevre şartlarına uygun teşekkülünü sağlamak amacıyla, 3194 sayılı İmar Kanunu düzenlenmiştir. Belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde yapılacak planlar ile inşa edilecek resmi ve özel bütün yapılar kanun hükümlerine tabi tutulmuştur [23].

İmar Kanunu’nun 6. Maddesinde planlar, kapsadıkları alan ve amaçlarına göre, Bölge Planları ve İmar Planları olarak hazırlanmaktadır. İmar Planları, Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planı’ndan meydana gelmektedir. Nazım imar Planı, hali hazır haritalar üzerine planlaması yapılan alan veya yerleşmenin genel arazi kullanım biçimleri, başlıca bölge tipleri ve nüfus yoğunlukları, yerleşme alan veya alanlarının gelişme yön, büyüklük ve ilkeleri, gerekli durumlarda yapı yoğunluğu ve ulaşım sistemleri gibi unsurları içermektedir. Uygulama İmar Planı ise, Nazım İmar Planı esaslarına göre hazırlanır ve yapılaşma koşullarına ilişkin ayrıntılı bilgiler verir [23]. İmar planına ek olarak, her şehirde, kendi sınırları içerisindeki yapılaşma şartlarını tanımlayan yönetmelikler uygulanmaktadır.

Belediyeler tarafından, yapı yapılacak parsel için, imar planı notlarında ve imar yönetmeliğinde öngörülen kuralları yazı, rakam ve kroki ile belirten imar durum belgesi hazırlanmaktadır. Yeni yapılacak olan tüm yapılar, imar durumunda belirtilen yapı nizamına (ayrık, bitişik, blok), toplam inşaat alanını belirleyen emsal katsayılarına (TAKS ve KAKS), yapı yüksekliği ve derinliğine, cephe hattı ve bahçe mesafelerine uygun olarak inşa edilmek zorundadır.

### **2.3 Yapıya İlişkin Parametreler**

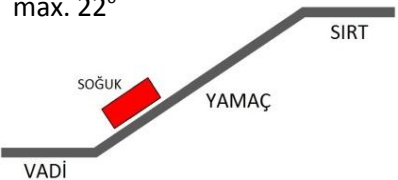
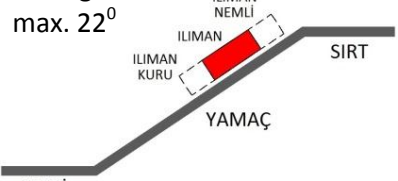
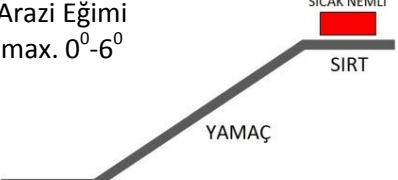
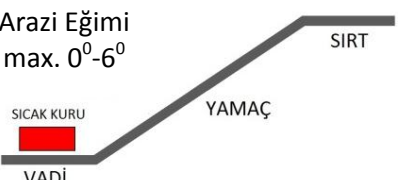
Çevreye ilişkin parametrelerin incelenmesinin ardından, yapının planlanacağı arazinin verileri değerlendirilerek, yapının arazi içindeki konumu ve diğer yapılara olan mesafesi belirlenmelidir. Ardından mekânsal organizasyonla birlikte yapı formunun nasıl şekillendirileceğine, güneş ve rüzgar kontrolü için alınacak önlemlerin tasarıma nasıl entegre edileceğine ve yapı kabuğunda hangi malzemelerin kullanılacağına karar verilmelidir.

### 2.3.1 Yapının Arazi İçindeki Konumu

Yapının arazi içerisindeki konumu, iklim şartlarının kontrol altına alınarak ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Enerji etkinliğinin sağlanabilmesi için, arazi eğimine ve yönüne bağlı olarak, iklim etmenlerinden optimum ölçüde yararlanmaya ya da korunmaya olanak sağlayacak yerey parçası seçilmelidir.

Yapılan çalışmalardan derlenen bilgiler doğrultusunda, iklim bölgelerine göre önerilen yerey parçaları Çizelge 2.7’de gösterilmektedir [17,20].

Çizelge 2.7 İklim bölgelerine göre önerilen yerey parçaları

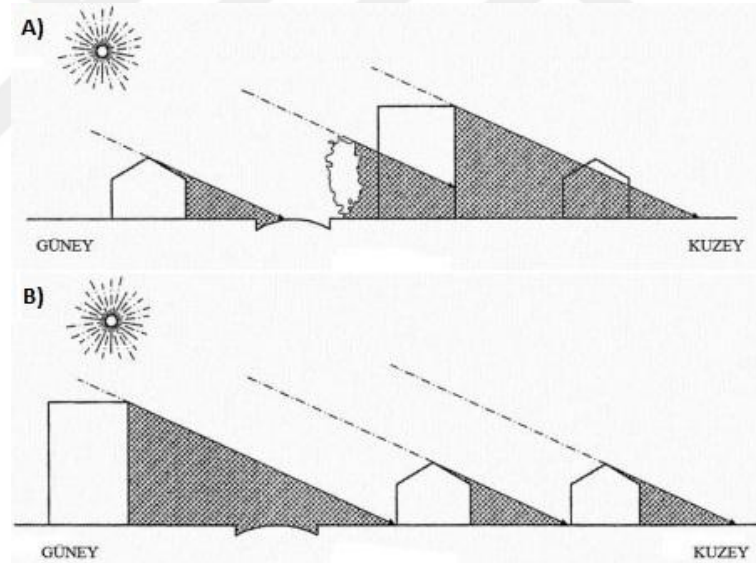
| İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE ÖNERİLEN YEREY PARÇALARI                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Arazi Eğimi<br/>max. 22°</p>     | <p><b>SOĞUK İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Güneş ışınımından azami ölçüde yararlanmak ve rüzgardan korunmak için, yamacın vadi tabanlarına yakın alt noktaları önerilir. Güneş ışınımından daha çok yararlanan eğimli araziler avantajlı durumdadır.</p>                       |
| <p>Arazi Eğimi<br/>max. 22°</p>    | <p><b>ILIMAN İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Ilıman nemli iklim bölgesinde, nemin uzaklaştırılabilmesi için, yazın serin rüzgar alan yamacın üst kısımları, ılıman kuru iklim bölgelerinde ise, rüzgarın etkisinin daha az hissedildiği yamacın alt kısımları avantajlıdır.</p> |
| <p>Arazi Eğimi<br/>max. 0°-6°</p>  | <p><b>SICAK NEMLİ İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Rüzgardan maksimum derecede yararlanmak ve nemden kaçınmak için, rüzgar etkisinin fazla olduğu tepe noktalar önerilir.</p>                                                                                                    |
| <p>Arazi Eğimi<br/>max. 0°-6°</p>  | <p><b>SICAK KURU İKLİM BÖLGESİ</b></p> <p>Rüzgardan korunmak ve güneş ışınımının ısıtıcı etkisini azaltmak amacıyla, vadi tabanları önerilir.</p>                                                                                                                        |

Yapıyı arazi içerisinde konumlandırırken, mevcut arazi koşullarının en iyi şekilde değerlendirip, tasarımda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Doğal çevreye uyum sağlayan enerji performansı yüksek yapma çevreler oluştururken, araziye en az müdahale edilen tasarımlara yönelmek gerekmektedir.

### 2.3.2 Yapı Aralıkları ve Yükseklikleri

Yapılar, aralarındaki açık alan mesafelerine, yüksekliklerine ve birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak, güneş ışınlamalarına ve rüzgara karşı bariyer görevi görebilmektedir [6]. Bu durum, iklim bölgelerine göre olumlu ya da olumsuz sonuçlar teşkil edebilir. Güneş ışınlamı ve rüzgar etkilerinden korunma ya da yararlanma stratejilerinin doğru uygulanabilmesi için, yerleşim alanı içerisindeki yapı ilişkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Güneş ışınlamı bir engelle karşılaştığında arazi eğimine, yönüne ve güneşin açısall konumuna göre, engelin oluşturacağı gölge alanında boyutsal farklılıklar oluşur. Güneş ışınlamından korunmanın öncelikli olduğu durumlarda, gölgeli alanlardan faydalanmak için, yapılar birbirine gölge sağlayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Güneş ışınlamından maksimum yarar sağlamak istendiğinde ise, yapı aralıkları komşu yapıların en uzun gölge boyuna eşit ya da büyük olacak şekilde ayarlanmalıdır [6].



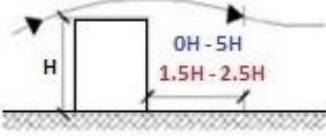
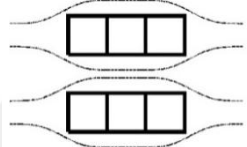
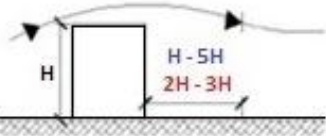
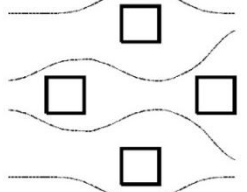
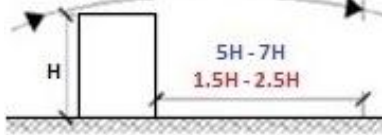
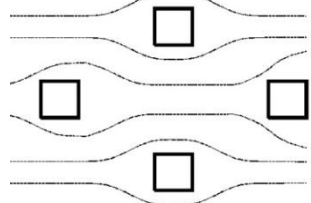
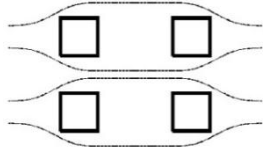
Şekil 2.5 Gölgenin istendiği (A) ve istenmediği (B) durumlara göre yapı aralıkları [6]

Yapı aralıklarının hakim rüzgar doğrultusundaki değişimi, rüzgarın karakterini etkilemektedir. Rüzgar doğrultusundaki yapı aralıklarının az olması, rüzgarın boşluklu alanlardan geçme hızını artırırken (hunileme etkisi), iç kısımlardaki rüzgar hızını düşürmektedir. Bunun sonucunda, istenmeyen ısı kayıpları ya da ısı kazançları oluşabilmektedir. Yapıların birbirlerine göre konumlanma şekli de rüzgarın yapıyla olan etkileşimi üzerinde etkilidir. Yapıların hakim rüzgar yönünde şaşırtmalı olarak

konumlandırılması, rüzgardan yararlanmayı sağlarken, yapıların şaşırtmasız olarak birbiri ardında konumlandırılması rüzgardan korunmaya yardımcı olmaktadır [11].

Yapılarının birbirlerine göre konumlarına, yapı aralıklarına, yüksekliklerine bağlı olarak güneşten ve rüzgardan yararlanma ya da korunma durumları değiştiğinden, iklim bölgelerine göre farklı stratejiler uygulanmalıdır. Çizelge 2.8’de iklim bölgelerine bağlı olarak, rüzgara ve güneşe göre yerleşim önerileri gösterilmiştir.

Çizelge 2.8 Farklı iklim bölgelerine göre yapı aralıkları ve yerleşim önerisi

| İKLİM BÖLGESİ               | YAPI ARALIKLARI<br>■ rüzgara göre ■ güneşe göre                                     | YERLEŞİM ÖNERİSİ                                                                      |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SOĞUK                       |    |    |
| ILIMLI NEMLİ<br>ILIMLI KURU |   |   |
| SICAK NEMLİ                 |  |  |
| SICAK KURU                  |  |  |

### 2.3.3 Yapının Yönlendirilişi

Yapının yönlendirilişi kullanıcının iklimsel konfor, görsel konfor ve akustik konfor ihtiyaçlarına göre şekillenmektedir. Güneşten ve rüzgardan yararlanma ya da korunma durumu iklimsel konfor koşullarını oluştururken, manzaraya açılma, mahremiyet ve gürültüden kaçınma gibi ihtiyaçlar, görsel ve akustik konfor koşullarını içermektedir.

Kullanıcıların konfor koşullarını sağlayan enerji etkin yapılar tasarlanırken, tüm konfor koşulları bir arada değerlendirilip, gerekli optimizasyon sağlanmalıdır.

Güneş ışınlama şiddeti, bölgesel rüzgarların hızı ve sürekliliği yönleri göre değişkenlik gösterir. Yeryüzünün farklı noktaları mevsimlere göre farklı saatlerde, farklı yönlerde ve farklı şiddette güneş ışınlama almaktadır. Buna bağlı olarak, yönlendiriliş durumuna göre yapının doğal aydınlatma olanağı ve ısı kazancı miktarı değişmektedir. Bu nedenle optimum yönlenmenin güney ile yaptığı açı ve hakim rüzgar yönleri, yapının yerine göre hesaplanarak saptanması önerilmektedir [11].

Güneş ışınlamalarından yararlanma ya da korunma ihtiyacı iklim bölgelerine göre farklılık göstermektedir. İklim bölgelerine göre önerilen yapı yönlendirmeleri Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.9 Farklı iklim bölgelerine göre önerilen yapı yönlendirmeleri [4]

| İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE ÖNERİLEN YAPI YÖNLENDİRMELERİ |                              |                              |                             |                              |
|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ■ optimum yön ■ geçerli yön                          |                              |                              |                             |                              |
| SOĞUK                                                | ILIMLI NEMLİ                 | ILIMLI KURU                  | SICAK NEMLİ                 | SICAK KURU                   |
|                                                      |                              |                              |                             |                              |
| Geniş Yüzeyler;<br>S - 22° E                         | Geniş Yüzeyler;<br>S - 10° E | Geniş Yüzeyler;<br>S - 27° E | Geniş Yüzeyler;<br>S - 3° E | Geniş Yüzeyler;<br>S - 18° E |

Yapının yönlendiriliş durumu, hakim rüzgardan yararlanma ya da korunma üzerinde etkilidir. Binanın hakim rüzgar yönüne göre uygun şekilde yönlendirilmesiyle, doğal havalandırma sağlanırken, ısı kayıpları da kabul edilebilir düzeylerde tutulabilir.

### 2.3.4 Yapı Formu

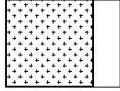
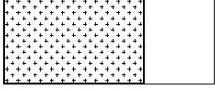
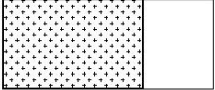
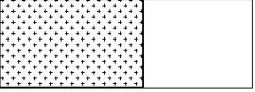
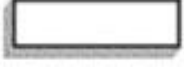
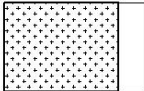
Yapı formu, plandaki yapı uzunluğunun yapı derinliğine oranı, yapı yüksekliği, çatı türü, çatı eğimi, cephe eğimi ve çıkıntıları gibi geometrik değişkenlerin bütünüdür ve enerji korunumu açısından önemli bir unsurdur [11]. Yapı kütlelerinin hacmi ile yüzeyleri arasındaki ilişki, enerji kayıpları ve kazançları üzerinde etkilidir. Aynı hacme sahip olan

yapıların yüzey alanı arttıkça, dış çevre ile olan ısı alış verişi de artmaktadır [13]. Yüzey ve hacim oranı yüksek olan yapılarda ısı kayıpları, yüzey ve hacim oranı düşük olan yapılara nazaran daha fazladır.

Yapılar, ısıtmanın istendiği dönem boyunca minimum ısı kaybı, soğutmanın istendiği dönem boyunca minimum ısı kazancı sağlayacak şekilde biçimlendirilmelidir [20]. Yapı yüksekliği ve derinliği, cephedeki girinti ve çıkıntılar ile çatı formu yapının yüzey alanını etkilediğinden, yapı formu iklim bölgesi dikkate alınarak belirlenmelidir.

Farklı iklim bölgelerine göre önerilen yapı formları Çizelge 2.10'da verilmiştir [4,20].

Çizelge 2.10 Farklı iklim bölgelerine göre önerilen yapı formları

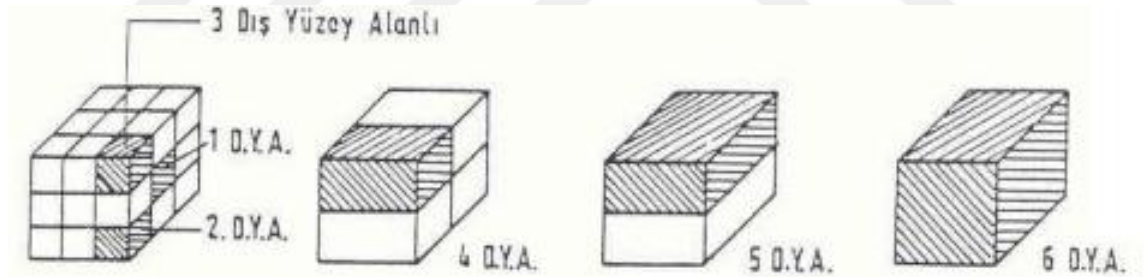
| İKLİM BÖLGESİ       | YAPI ORANLARI                                                                                        | ÖNERİLEN YAPI FORMU                                                                                                                                                                              |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SOĞUK</b>        | 1x1 - 1x1,3<br>    | <br>Isı kaybını en az indirmek için, yüzey alanı az olan kompakt formlar ile eğimli çatılar                     |
| <b>ILIMLI NEMLİ</b> | 1x2,4 - 1x1,3<br> | <br>Rüzgara açık, geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest formlar ile eğimli çatılar                         |
| <b>ILIMLI KURU</b>  | 1x2,4 - 1x1,3<br> | <br>Rüzgara kapalı, kareye yakın kompakt formlar ile eğimli çatılar                                          |
| <b>SICAK NEMLİ</b>  | 1x1,7 - 1x3<br>   | <br>Rüzgar etkileşim alanını arttırmak için, dikdörtgene yakın formlar ile yükseltilmiş ya da eğimli çatılar |
| <b>SICAK KURU</b>   | 1x1,3 - 1x1,6<br> | <br>Gölgeli alan oluşturabilmek için avlulu kompakt formlar ile düz çatılar                                   |

Yapı formundaki en boy oranının optimizasyonu iklim bölgelerine göre değişirken, hemen hemen tüm iklim bölgelerinde, doğu batı yönünde konumlandırılan, kuzey cephesinde ısı kaybı minimize edilmiş ve güney cephesinde kontrollü güneş kazancı sağlayan yapılar, enerji korunumu açısından avantajlıdır.

### 2.3.5 Mekan Organizasyonu

İklimsel koşullara göre yapının formu için optimum değerlerin sağlanmasında, yapı iç hacimlerinin organizasyonu önemli rol oynamaktadır. Yapı oranlarının belirlenmesinin ardından, yapının biçimlenişi mekan organizasyonu ile ilişkilidir. Mekanların yapı içerisindeki konumlanış şekli, mekanlar arası ilişkiyi belirlemenin yanı sıra iklimsel konforun ve enerji korunumunun sağlanması üzerinde etkilidir.

Mekanın yapı içerisindeki konumu, o mekanın yapı kabuğundaki yüzey alanını belirlemektedir. Yapı kabuğundaki yüzey alanı farklı olan mekanların, dış çevreyle olan ısı alış veriş miktarı, dolayısıyla iç iklimsel koşulları sağlamak için harcadığı enerji miktarı da farklıdır. Kapalı bir mekanda iklimsel konforu etkileyen ortalama ışınsal sıcaklık ve hava sıcaklığı gibi değişkenlerin değerleri, o mekanı çevreleyen yapı kabuğunun yüzey alanının büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir [11]. Yüzey alanı büyüdükçe, dış duvardan geçen ısı miktarı da arttığından, iç iklimsel koşulları sağlamak için daha fazla enerji harcanmaktadır [19]. Şekil 2.6'da, mekanların yapı içerisindeki konumlarıyla yapı kabuğundaki yüzey alanı arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Mekan-dış yüzey ilişkisi [11]

Mekan organizasyonlarının doğru şekilde planlanması, yapının kullanım süreci içerisindeki enerji kullanımını etkilemektedir. Yapı içerisinde farklı konfor koşullarına sahip olan mekanların, benzer ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarına göre gruplandırılması, kullanıcı sayısına ve kullanım sıklığına bağlı olarak bir araya getirilmesi enerji harcamalarını azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Kullanıcı sayısı ve kullanım sıklığı fazla, ısıtma ihtiyacı yüksek olan mekanlar, birincil (ana) mekanlar olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcı sayısı ve kullanım süresi düşük, az ısıtılan ya da ısıtmaya ihtiyaç duyulmayan mekanlar ise ikincil mekanlardır. İkincil

mekanların tampon bölge oluşturacak şekilde konumlandırılması, ana mekanların çevreyle doğrudan iletişimde olmasını engelleyerek, enerji etkinliğini verimli hale getirmektedir.

- Banyo, çamaşır odası gibi mekanlar ile yatay ve düşey sirkülasyon alanlarının tampon bölge niteliğinde konumlandırılması, kışın ana mekanların soğuma süresini uzatarak enerji korunumu sağlamaktadır.
- Rüzgarlı bölgelerde yapı girişinde düzenlenen rüzgarlıklar, tampon görevi üstlenerek ısı kaybını azaltmaktadır.
- Toprağın kış aylarında bile, iki metre derinliğe kadar +4°C ile +10°C arası sıcaklıkta olması, toprak içindeki yapı bölümlerinin dış hava sıcaklığından fazla etkilenmemesini sağlamaktadır [11]. Bu yönden, toprak altında kalan bodrum katlar da tampon bölge olma özelliğini taşımaktadır.
- Ana mekanların önünde, şeffaf yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulan güneş odası, sera gibi mekanlar, güneşten ısı kazancı elde eden ve ısı depolayan alanlardır. Tampon bölge işlevindeki bu mekanlar, kışın avantaj sağlamalarına karşın, yazın aşırı ısınmaya neden olduklarından, yaz için ayrı tedbir alınmasını gerektirir.

Kullanım sırasında, güneşten optimum düzeyde faydalanabilmek adına, konutlardaki bazı hacimler için önerilen yönlendiriliş durumları Çizelge 2.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.11 Yapılardaki bazı hacimlerin önerilen yönlendiriliş durumları [4]

| YAPI HACİMLERİ      | ÖNERİLEN YÖNLENDİRİLİŞ DURUMU |    |   |    |   |    |   |    |
|---------------------|-------------------------------|----|---|----|---|----|---|----|
|                     | K                             | KD | D | GD | G | GB | B | KB |
| Yatak Odası         | •                             | •  | • | •  | • | •  |   |    |
| Yaşam Odası (Salon) |                               |    |   | •  | • | •  | • |    |
| Yemek Odası         |                               |    | • | •  | • | •  | • |    |
| Mutfak              |                               |    | • | •  | • | •  |   |    |
| Çamaşır Odası       | •                             | •  |   |    |   |    |   | •  |
| Banyo               | •                             | •  | • | •  | • | •  | • | •  |
| Teras               |                               |    | • | •  | • | •  | • |    |
| Güneş Sundurma      |                               |    |   | •  | • | •  | • |    |

Enerji etkinliğinin hedeflendiği yapı tasarımlarında önemli olan, konfor koşullarından ödün vermeden enerji verimliliğinin sağlanmasıdır. Bu nedenle, mekan organizasyonunda enerjinin etkin kullanılmasına yönelik planlama yapılırken, kullanıcıların alışkanlıkları ve ihtiyaçları göz ardı edilmemelidir. Düşük enerji harcanarak kullanıcının konfor koşullarının sağlanabildiği planlamalar, iklimle dengeli yapı tasarımının temelini oluşturmaktadır.

### **2.3.6 Doğal Havalandırma Düzeni**

Doğal havalandırma, kullanılmış havanın taze havayla yer değiştirmesi olayıdır [20]. İklımsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için, iç hava hareketlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İç hava akımı, doğal yöntemlerle oluşturulabildiği gibi mekanik sistemlerin kullanıldığı yapay havalandırma sistemleriyle de sağlanabilir. Doğal havalandırmanın avantajı, elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmamasıdır. Bir diğer avantajı, yalıtılmış yapılarda kullanılan yapay havalandırılma sistemlerinin neden olduğu, “hasta bina sendromu” olarak bilinen olumsuz etkinin önüne geçilmesidir [14].

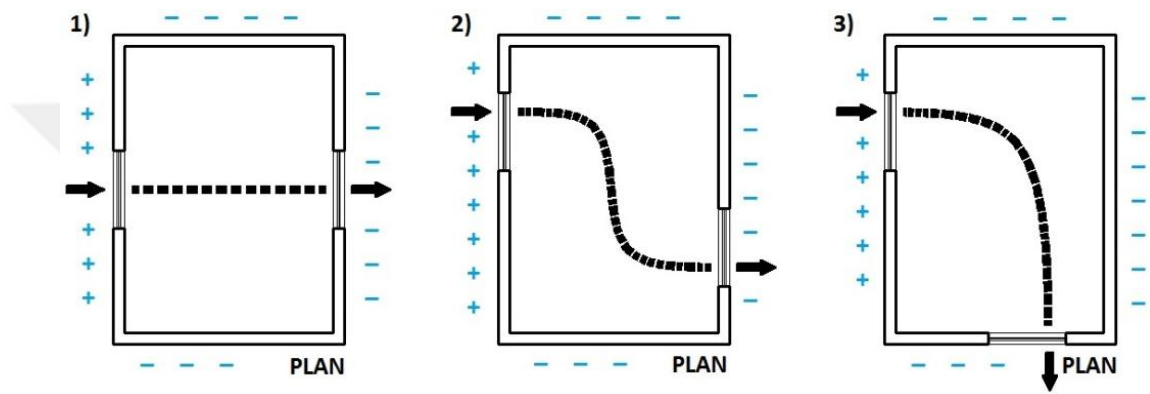
Doğal havalandırma düzeni planlanırken, öncelikle yöresel rüzgar analizlerinin yapılarak yönlele göre ortalama rüzgar hızlarının ve esme sayılarının belirlenmeli, sonrasında kabul edilir iç hava akımlarını sağlayabilmek için çözümler geliştirilmelidir.

Doğal havalandırmanın etkinliği hava değişim miktarına, hava akış hızına, havanın mekan içerisinde doğru şekilde yönlenmesine bağlıdır [4]. Hava değişim miktarını giriş-çıkış açıklıklarının alanı, hava akımlarının hızını basınç farkı miktarı, yönünü ise açıklıkların birbirlerine göre konumu belirlemektedir. Doğal havalandırmanın verimli olabilmesi için dikkat edilmesi gereken önemli ayrıntılar aşığıda verilmiştir.

- Mekanda hava değişiminin sağlanabilmesi için, havalandırma açıklıklarının mekan alanına göre boyutlandırılması gerekmektedir. Geniş alana sahip bir mekanda havalandırma açıklıklarının küçük olması, gerekli hava değişimini sağlayamaz. Hava değişim miktarının arttırılması için, hava giriş ve çıkış açıklıklarının sayısının ya da boyutlarının arttırılması gerekmektedir.
- Mekan içerisine alınan havanın, gereken hızda dolaşımını sağlayabilmek için, hava giriş ve çıkış açıklıklarının uygun basınç alanlarında konumlandırılması

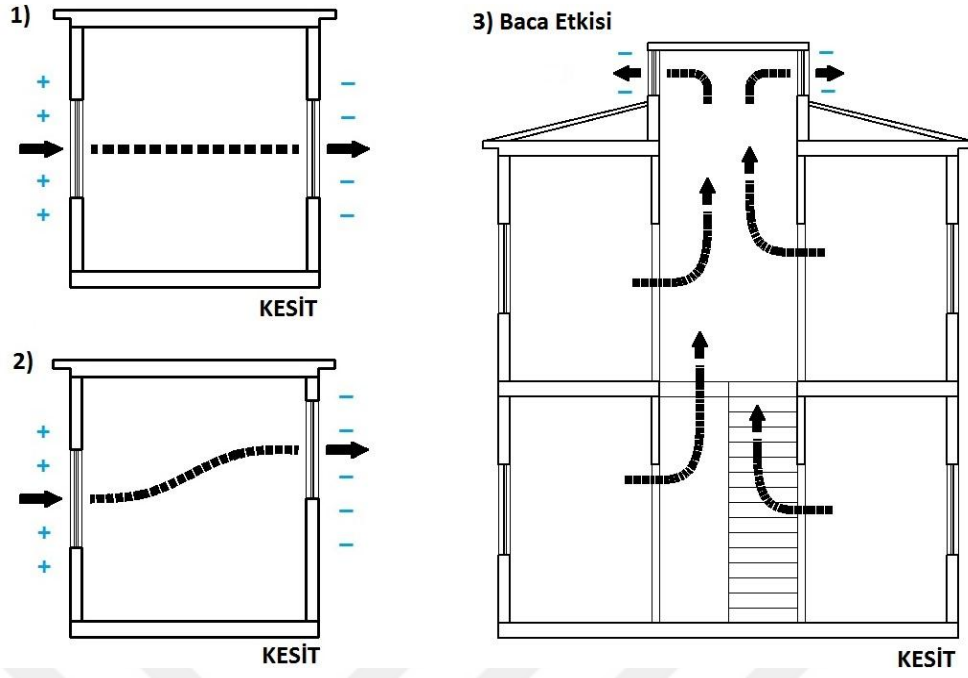
gerekmektedir. Hava hareket hızının en yüksek olduğu durum, açıklıkların basınç farklarının en büyük olduğu bölgelere yerleştirilmesiyle gerçekleşmektedir.

- Giriş ve çıkış açıklıklarının yatay ve düşey düzlemde farklı şekilde konumlandırılması, hava dolaşımını etkili hale getirmektedir. Giriş ve çıkış açıklıklarının aynı kotta yer aldığı durumlarda, karşılıklı olarak yerleştirilen açıklıklar (Şekil 2. 7 - 1) düzgün hava akımları oluşturur. Şaşırtmalı olarak yerleştirilen açıklıklar ise (Şekil 2. 7 - 2,3), havanın mekan içerisindeki dolaşımını arttırmaktadır.



Şekil 2.7 Havalandırma düzeninin aynı kottaki pencere konumlarına göre değişimi

Giriş ve çıkış açıklıklarının karşılıklı duvarlarda yer aldığı durumlarda (Şekil 2.8 - 1), pencere boşluklarının kot farkını arttırılması (Şekil 2.8 - 2), havanın düşey düzlemdeki dolaşımını arttırmaktadır. Negatif basınç bölgesindeki merdivenkavasında, yüksek kotlara yerleştirilen pencereler (Şekil 2.8 - 3), baca etkisi oluşturarak düşey yöndeki hava dolaşımını güçlendirmektedir.



Şekil 2.8 Havalandırma düzeninin farklı kottaki pencere konumlarına göre değişimi

Doğal havalandırmayla ortama temiz hava alınırken, ısı kayıp ve kazançları da göz önünde bulundurulmalı ve enerji kaybı yaşanmaması için, havalandırma kontrollü bir şekilde yapılmalıdır. Duvar yüzeyinde bulunan çatlaklar, pencere ve kapı derzlerindeki boşluklar, kontrolsüz hava akışına neden olmaktadır. Hava sızıntısının içeriden dışarıya (eksfiltrasyon) veya dışardan içeriye (infiltrasyon) olduğu durumlarda ısı kaybı meydana gelmektedir. Bu nedenle, yapı kabuğundaki sızdırmalara karşı önlem alınmalıdır.

### 2.3.7 Güneş Kontrolü

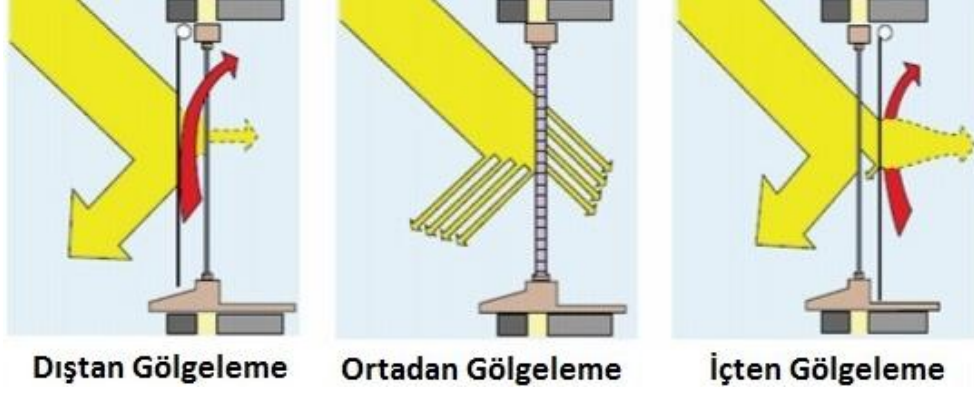
Güneş kontrolünde amaç; dış çevre ile görsel ilişkiyi zedelemekten, yeterli düzeyde gün ışığına izin vererek, güneş ışıınımlarından yararlanmak istenildiği dönemde güneşi yapı içerisine almak, istenilmediği dönemde ise yapıyı güneş ışıınımlarından korumaktır [5].

Güneş ışıınımlarından korunmada, kısa dalga boylu ışıınımların yüzeyler üzerindeki yıpratıcı etkisini engellemek, dolaysız gelen gün ışıınımlarının oluşturduğu ışııklık zıtlıklarını önlemek, ısıtmanın istenmediği durumlarda güneş ışıınımlarının ısıtıcı etkisinden kaçınmak üzere 3 temel durum vardır [24]. Güneş kontrol düzeni planlanırken, öncelikle yapının yönelme durumu ve çevre yapılar ile olan ilişkisi analiz edilerek yapı yüzeylerinin güneşlenme durumları hesaplanmalı ve bu doğrultuda uygun gölgeleme teknikleri uygulanmalıdır.

Güneş kontrolünü sağlamak için yatay saçakların, derin balkonların ve dikey kanat duvarların kullanımı gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra, güneş kırıcılar, kepenkler, tenteler, jaluziler, storlar ve perdeler gibi gölgeleme elemanları kullanılmaktadır [11]. Gölgeleme elemanları, hareketli veya sabit olmalarına, tür ve boyutlarına, biçimsel özelliklerine ve yüzeysel özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir.

- İklim bölgesine bağlı olarak belirlenen tasarım stratejisine göre, gölgeleme elemanları hareketli ya da sabit olabilirler. Sabit gölgeleme elemanları soğutma dönemlerinde gölgeleme sağlarken ısıtma dönemlerinde ısı kazancına olanak sağlayabiliyorsa, kullanımları uygundur. Ancak belirli dönemlerde ısı kazancına engel teşkil ediyorsa, hareketli elemanların kullanılması daha verimlidir [17]. Güneş yörüngesine ve açılara göre hareketlilik özelliği gösteren gölgeleme elemanlarının ise, güneş kontrol performansı daha yüksektir [11].
- Gölgeleme elemanları türüne göre temel olarak; yatay, düşey ve ızgara olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Yapıların güney, güneybatı ve güneydoğu cephelerinde yatay, doğu ve batı cephelerinde ise dikey ya da ızgara tipi gölgeleme elemanlarının kullanılması verimli sonuçlar ortaya koymaktadır [17]. Güneşin mevsimlere, zamana ve yönlerine bağlı olarak değişen konumuna göre, yapı cephelerinde kullanılan gölgeleme elemanlarının boyutlarını belirleyebilmek için, gölge eğrileri diyagramından yararlanmak mümkündür.
- Gölgeleme elemanları biçimsel özelliklerine göre; tek parça, parçalı, düz, eğik, düzlemsel ya da eğrisel olabilirler. Kullanılan malzemeye bağlı olarak da; malzemenin rengine, ışık yansıtma katsayısına ve ışık yansıtma biçimine göre farklı yüzeysel özellik gösterebilirler [17].

Güneş kontrolü için kullanılan gölgeleme elemanlarının türü, boyutları, biçimi, yüzey özellikleri ve hareket kabiliyetleri ne olursa olsun, kullanıcının iklimsel ve görsel konfor koşullarından ödün vermeyen nitelikte, dayanıklı ve bakımı kolay olması gerekmektedir. Bu anlamda, gölgeleme elemanının konumu da performans açısından önem kazanmaktadır.



Şekil 2.9 Güneş kontrol elemanlarının konumlanış biçimi [14]

Gölgeleme elemanları cephe sisteminin dışında, içinde veya ortasında konumlandırılabilir. İçeride konumlandırılan jaluzi, stor ve perde gibi elemanlar, bakım ve kullanım açısından kolaylık sağlamanın yanında, yansıtılan güneş ışınlarının bir kısmını yine yapı içerisinde bıraktığından, istenmeyen ısı kazancının önüne geçemezler. Cam elemanlar arasına yerleştirilen elemanlarla ya da iklim bölgesine uygun olarak seçilen güneş kontrol camlarıyla gölgeleme yapmak, iç çözümlere göre daha avantajlıdır. Cephe dışına yerleştirilen güneş kırıcı, jaluzi ve hareketli panel gibi elemanlar ise, güneş ışınlarını yapı kabuğu dışında yakalayıp yüzeyde ısı birikimini engellediğinden en performanslı sistemlerdir [14].

### 2.3.8 Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu, dış ortam ile iç ortamı birbirinden ayıran yatay, düşey ya da eğimli bileşenlerden oluşan yapı ögesidir [11]. Yapı kabuğunu oluşturan bileşenler; taşıyıcı, örtücü ve aydınlatıcı gibi farklı işlevleri yerine getiren opak ve saydam elemanlardır. Bunlar; betonarme elemanlar, duvarlar, kapı ve pencereler, zemine oturan döşemeler ile çatılardır.



Şekil 2.10 Yapı kabuğunu oluşturan bileşenler

Yapı kabuğu öncelikli olarak, dış çevredeki olumsuz koşullara (rüzgar, yağmur, hava sıcaklığı vb) karşı korunaklı olmalıdır. Çevre koşullarına ve yapının işlevine bağlı olarak, kullanıcının sağlık ve konfor koşullarını, minimum yapma enerji takviyesiyle sağlaması gerekmektedir.

#### 2.3.8.1 Yapı Kabuğu Bileşenlerinin Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Yapı kabuğunun güneş ışınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık gibi optik ve toplam ısı geçirme katsayısı, zaman gecikmesi, genlik küçültme faktörü, saydamlık oranı gibi termofiziksel özelliklerine bağlı olarak, yapı kabuğunun birim alanından, güneş ışınımı ve dış hava sıcaklığı etkileriyle kazanılan ve kaybedilen ısı miktarı değişmektedir. Dolayısıyla, yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, ısıtma ve soğutma yüklerinin belirleyicisidir.

**Yutuculuk( $\alpha$ ), geçirgenlik( $i$ ) ve yansıtıcılık( $r$ ) katsayıları:** Kabuğun opak ve saydam bileşenlerince yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımı miktarının, opak ve saydam bileşenlerin dış yüzeyine gelen güneş ışınımına oranıdır [6]. Kabuk malzemesinin opak ve saydam olmasına göre değişkenlik gösteren bu katsayılar, kabukta gerçekleşen ısı alış verişi üzerinde etkilidir. Güneş ışınımına karşı geçirimsiz olan opak yüzeyler; malzemenin rengine, dokusuna, yüzey sıcaklığına ve gelen ışının dalga boyu ile geliş açısına bağlı olarak, güneş ışınımının bir kısmını yansıtır ve kalanını yutarak ısı enerjisine dönüştürür. Şeffaf yüzeyler ise; güneş ışınımının bir kısmını yansıtır, bir kısmını geçirir ve kalan kısmını yutar.

- Opak bileşenler için kullanılan bağıntı aşağıda verilmektedir.

$$a_0 + r_0 = 1 \quad (2.1)$$

- Saydam bileşenler için kullanılan bağıntı aşağıda verilmektedir.

$$a_c + r_c + t_c = 1 \quad (2.2)$$

Şeffaf yüzeylerin, kısa dalga boylu güneş ışınımlarını geçirirken, yüzeylerden yansıyan uzun dalga boylu ışınımlara karşı opak özellik göstermesi, sera etkisi yaratarak iç mekanda ısı kazancı oluşturur [11]. Saydam yüzeylerin ısı performansları ve güneş kontrolü; ısı geçirme katsayısı ( $U - W/m^2K$ ), gün ışığı geçirgenlik katsayısı, güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı, gölgeleme katsayısı gibi değerlere bağlıdır.



Şekil 2.11 Güneş ışınımının düz camdan geçişi [25]

**Güneş ışınımı geçirgenlik katsayısı;** güneşin 280nm-2500nm dalga boyu aralığındaki ışınımlarının, saydam yüzeylerden iç ortama geçirilen kısmını ifade eden katsayıdır [25].

**Gün ışığı geçirgenlik katsayısı;** güneşin 380nm-780nm dalga boyu aralığındaki görülebilir ışınımlarının, saydam yüzeylerden iç ortama geçirilen kısmını ifade eden katsayıdır [25].

**Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC);** saydam yüzeylerden iç ortama geçirilen ısı enerjisi ile saydam yüzeylerce soğurulup iç ortama verilen ısı enerjisi miktarının toplamıdır [26].

**Gölgeleme Katsayısı (SC);** saydam yüzeylerin güneş ısı kazanç katsayısının, 3mm'lik tek tabakalı düz camın güneş ısı kazancına bölünmesiyle elde edilen katsayıdır [26]. Gölgeleme katsayısının düşük olması güneş kontrol performansını arttırmaktadır.

**Toplam ısı geçirme katsayısı (U):** Yapı kabuğunun iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C iken, 1 m<sup>2</sup> alandan, bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır [20].

- Opak bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısı, malzemenin ısı iletkenlik katsayısına( $\alpha$ ) ve kalınlığına(d) bağlıdır. U<sub>o</sub> değeri hesabında kullanılan bağıntı aşağıdaki gibidir.

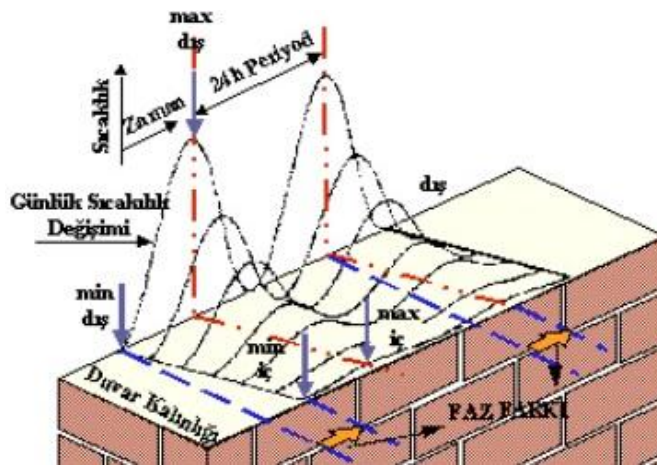
$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (2.3)$$

- Saydam bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayıları, bileşendeki cam ve doğramaların türüne ve yüzey alanlarına (A<sub>c</sub>, A<sub>d</sub>) bağlıdır. U<sub>p</sub> değeri hesabında kullanılan bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$U_p = \frac{U_c \cdot A_c + U_d \cdot A_d}{A_t} \quad (2.4)$$

**Genlik küçültme faktörü (sönüm oranı) (f):** Bir gün içinde iç yüzeydeki en yüksek ve en düşük sıcaklık farkının, dış yüzeydeki en yüksek ve en düşük sıcaklık farkına oranı olarak tanımlanmaktadır.

**Zaman geciktirmesi (faz farkı) ( $\phi$ ):** Gün içinde kabuk dış yüzeyinde etkili olan en yüksek sıcaklığın, kabuk iç yüzeyinde en yüksek yüzey sıcaklığını oluşturuncaya kadar geçen zaman süresi olarak tanımlanmaktadır [11].



Şekil 2.12 Zaman gecikmesi ve genlik küçültme faktörünün şematik gösterimi [11]

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler, ısı depolama özelliği olan opak malzemeler için geçerli olup, ısı depolama özelliği ihmal edilecek kadar küçük olan saydam yüzeyler için geçerli değildir. Opak bileşenlerin ısı depolama kapasiteleri; ısı iletkenlik katsayılarına, yoğunluklarına ve özgül ısılarına bağlı olarak değişmektedir [3].

**Saydamlık oranı:** Saydam ve opak bileşenlerden oluşan yapı kabuğunda, saydam bileşenlerin alanının toplam bina kabuğu alanına oranıdır [20]. Saydamlık oranı, kabuktaki toplam ısı geçiş miktarı, doğal havalandırma ve doğal aydınlatma üzerinde etkilidir. İstenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını önlemek için saydamlık oranı, cephelerin güneşlenme durumuna göre, bölgenin iklimsel özellikleri de göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır. Genel olarak, ısı kayıplarının önlenmesi açısından, saydamlık oranı %40'ın üzerinde olmamalıdır [17]. Yapılan bir araştırmaya göre, gün ışığından etkin bir şekilde yararlanıp doğal aydınlatmanın sağlanabilmesi için, mekanın yüksekliğine ve derinliğine bağlı olarak, saydamlık oranı %15-20 arasında olmalıdır [1]. Farklı ihtiyaçlar doğrultusunda değişkenlik gösterebilen saydamlık oranı, ısısal ve görsel konfor parametreleri bir arada değerlendirilerek optimize edilmelidir.

İç ortam konfor koşullarının minimum yapma enerjiyle sağlanabilmesinde, yapı kabuğunu oluşturan bileşenlerin optik ve termofiziksel özellikleri önem kazanmaktadır. Kabuk bileşenlerinin tasarımında, dış çevreye ilişkin verilerin değerlendirilerek, ısıtma ve soğutma yüklerini en aza indireyecek kesitlerin belirlenmesi gerekmektedir.

### **Opak Bileşenlerin Özellikleri:**

Yapının çevre ile arasında hem bölücülük hem de bağlantı sağlayan opak bileşenler, iç ortamdaki ısı konfor koşullarını dengelemek durumundadır. Opak bileşenlerin ısı dirençleri, ısı depolama kapasiteleri, yüzey renkleri ve dokuları gibi özellikleri, kabuğun performansını etkilemektedir. Dolayısıyla bu özelliklerin, bölgenin iklimsel verilerine uyumlu olacak biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

İklim bölgelerine göre malzemelerin ne gibi genel özelliklere sahip olması gerektiğinin bilinmesi, malzeme seçiminde yönlendirici olabilmektedir [25]. Bu anlamda, iklim bölgelerine göre opak bileşenlerde dikkat edilmesi gereken unsurlar aşağıda özetlenmiştir.

- Soğuk iklim bölgelerinde; ısı direnci ve ısı depolama kapasitesi yüksek, iyi izole edilmiş malzemeler ile güneş ışığı yutuculuk katsayısı yüksek olan koyu renkli yüzeyler tercih edilmelidir.
- Ilıman iklim bölgelerinde; ısı depolama kapasitesi orta değerde olan, ısı direnci yüksek malzemeler ile açık ve koyu renklerin dengede olduğu yüzeyler tercih edilmelidir.
- Sıcak nemli iklim bölgelerinde; ısı depolama kapasitesi ve zaman geciktirme süresi düşük hafif malzemeler ile yansıtma katsayısı yüksek olan açık renkli yüzeyler tercih edilmelidir.
- Sıcak kuru iklim bölgelerinde; günlük sıcaklık farklı çok olduğundan, ısı depolama kapasitesi ve zaman gecikmesi yüksek malzemeler ile yansıtma katsayısı yüksek olan açık renkli yüzeyler tercih edilmelidir.

Opak bileşenlerde kullanılabilecek bazı malzemelerin optik ve termofiziksel özelliklerine ilişkin değerler, Çizelge 2. 12’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.12 Farklı malzemelerin  $\lambda, C, \rho, a$  değerleri [7]

| MALZEME             | Isı iletkenlik katsayısı         | Özgül ısı                | Yoğunluk                     | Isıl yayılım katsayısı  |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|
|                     | ( $\lambda$ ) W/m <sup>0</sup> C | (C) Kg/kg <sup>0</sup> C | ( $\rho$ ) Kg/m <sup>3</sup> | (a) m <sup>2</sup> /sec |
| Taş duvar           | 1,16                             | 0,88                     | 2400                         | 0,55.10 <sup>-6</sup>   |
| Dolu tuğla duvar    | 0,81                             | 0,92                     | 1800                         | 0,49.10 <sup>-6</sup>   |
| Delikli tuğla duvar | 0,45                             | 0,92                     | 1200                         | 0,41.10 <sup>-6</sup>   |
| Gazbeton            | 0,16                             | 1,05                     | 400                          | 0,38. 10 <sup>-6</sup>  |
| Betonarme duvar     | 1,51                             | 1,0                      | 2200                         | 0,69. 10 <sup>-6</sup>  |

Yapı kabuğunu oluşturan opak malzemelerin bozularak niteliklerini kaybetmemesi için, yapı kabuğunda oluşacak yoğuşmanın önüne geçilmelidir. Yoğuşma olayının yapı kabuğuna zarar vermemesi adına, yıl boyunca opak bileşende yoğuşan nem miktarının izin verilebilir sınır değerlerde kalması gerekmektedir [4]. Yıl boyunca yoğuşma nem miktarı; düşey bileşenler için en fazla 0.5 kg/m<sup>2</sup>, yatay bileşenler için en fazla 0.05 kg/m<sup>2</sup> olmalıdır [17].

### **Saydam Bileşenlerin Özellikleri:**

Yapının çevresiyle görsel bağlantısını sağlayan saydam bileşenler, yapısal özelliklerine göre güneşten ısı kazanımı sağlamakla birlikte, düşük ısı dirençleri sebebiyle ısı kayıplarına neden olabilmektedir. Yapı kabuğundaki saydam alanların tasarımında; doğal havalandırma, doğal aydınlatma, ses yalıtımı, güneşten yararlanma – korunma ve fiziksel çevre ile görsel ilişkiyi bozmama gibi etkenler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu anlamda, yönler göre saydam yüzeylerin alanı ile pencerelerde kullanılan cam ve doğramaların özellikleri, enerji etkinliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır [11].

Pencerelerde kullanılan cam ve doğrama tipi belirlenirken, bulunulan çevrenin iklim koşullarına ve yapının kullanım amacına göre, güneş kontrol amaçlı mı, ısı korunum amaçlı mı, yoksa her iki özelliği de sağlar nitelikte mi olması gerektiğine karar verilmelidir. Isı korunumunun sağlanabilmesi, ısı geçirgenlik katsayısı düşük malzemelerin kullanımıyla, güneş kontrolünün sağlanabilmesi ise, güneş ışığı geçirgenlik katsayısı düşük malzemelerin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır [25].

İklim bölgelerine göre saydam bileşenlerde dikkat edilmesi gereken unsurlar aşağıda özetlenmiştir.

- Soğuk iklim bölgelerinde; ısı kayıplarını azaltmak amacıyla yapı genelinde saydamlık oranı düşük, güneşten ısı kazancı elde edebilmek adına güney cephesindeki oran diğer cephelere göre daha yüksek tutulmalıdır. Pencerelerin ortalama ısı geçirme katsayısı düşük, güneşten ısı kazanç katsayısı ise yüksek olmalıdır.
- Sıcak iklim bölgelerinde; güneş kontrolünü sağlamak koşuluyla, saydamlık oranı yüksek tutulabilir. Pencerelerin ısı geçirme katsayısı ve güneşten ısı kazanç değeri düşük olmalıdır.
- Ilıman iklim bölgelerinde; saydamlık oranı gerekli ısı kontrolünü sağlayacak düzeyde olmalıdır. Pencerelerin ısı geçirme katsayısı ve güneşten ısı kazanç katsayısı orta değerde olmalıdır.

Farklı ihtiyaçlara göre kullanılması önerilen cam tipleri Çizelge 2.13'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.13 Kullanım amacına göre cam çeşitleri

| KULLANIM AMACI                      | CAM ÇEŞİDİ                                                                                                                                             |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GÜNEŞ KONTROLÜ                      | -Renkli (Isı Soğuran) Camlar<br>-Reflektif Film Kaplamalı Camlar                                                                                       |
| ISI KORUNUMU                        | -Hava Tabakalı Camlar (Yalıtım Camları)<br>-Low E (Düşük Yayınım) Kaplamalı Camlar                                                                     |
| GÜNEŞ KONTROLÜ<br>&<br>ISI KORUNUMU | -Seçici Geçirgen Camlar<br>-Polyester Film Kaplamalı Camlar<br>-Bütünleşik (Film Kapl. + Hava Tabakalı) Cam Üniteleri<br>-Isı Aynası<br>-Akıllı Camlar |

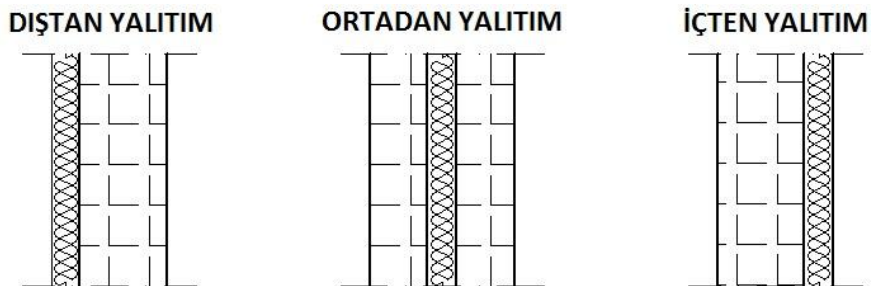
Çerçeve malzemesinin optik ve termofiziksel özelliklerine göre, pencerelerden kaynaklanan ısı kayıp ve kazançları değiştiğinden, malzeme seçiminde dikkatli davranılmalıdır. Piyasadaki bazı çerçeve tipleri ve özellikleri Çizelge 2.14’te verilmiştir.

Çizelge 2.14 Farklı tür çerçevelerin optik ve termofiziksel özellikleri [26]

| ÇERÇEVE TİPİ      |                | Isı Geçirme Katsayısı (U) | Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (SGHC) |
|-------------------|----------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Alüminyum Çerçeve | Isı tutucu yok | 10,80                     | 0,14                                |
|                   | Isı tutucu var | 5,68                      | 0,14                                |
| Ahşap Çerçeve     |                | 2,27                      | 0,02 - 0,07                         |
| PVC Çerçeve       |                | 1,70                      | 0,02 - 0,07                         |

#### Yalıtım Katmanının Özellikleri:

İklimsel çevreye bağlı olarak yapı malzemeleri farklı etkilere maruz kaldığından, uygulanacak yalıtım malzemeleri ve sistem detayları da farklılık göstermektedir. Yalıtımın yeri, türü ve kalınlığı, enerji korunumunun sağlanmasında önemli bir etkindir.



Şekil 2.13 Yapı kabuğunda ısı yalıtım uygulaması

Isı yalıtım malzemelerinin yapı kabuğundaki kullanım yerine göre (dışta, içte ve ortada), ısı korunum düzeyi değişmektedir. Isı yalıtım malzemesinin yapı kabuğu dış yüzeyinde yer alması, ısı köprülerini kesmesi ve kabukta kullanılan malzemelerin ısı depolama özelliklerinden verim alınması açısından avantajlıdır [19]. Yapı kabuğunun birden çok katmanlı olması durumunda, katmanlar arasında ısı yalıtım malzemesi kullanılarak ortadan yalıtılması mümkündür. Ortadan yalıtılan kabuklarda, yalıtımın performansı açısından, tavan ve döşeme birleşiminde derzlerin sürekliliğine dikkat edilmelidir. Teknik olarak dıştan yalıtılması zor olan yapılarda, ısı yalıtım malzemesi kabuğun iç yüzeyine uygulanabilir. İçten yalıtılmış hacimler dıştan yalıtılmış hacimlere göre daha çabuk ısındığından, sık kullanılmayan hacimler için uygulanması önerilmektedir. Uygulama kolaylığı ve ekonomik oluşuyla avantajlı gözükken bu yalıtım tipi, ısı köprülerine engel olamama, kabuktaki malzemelerin ısı depolama özelliklerinden verim alınamama ve yoğuşma riski gibi nedenlerden ötürü tercih edilmemektedir [27].

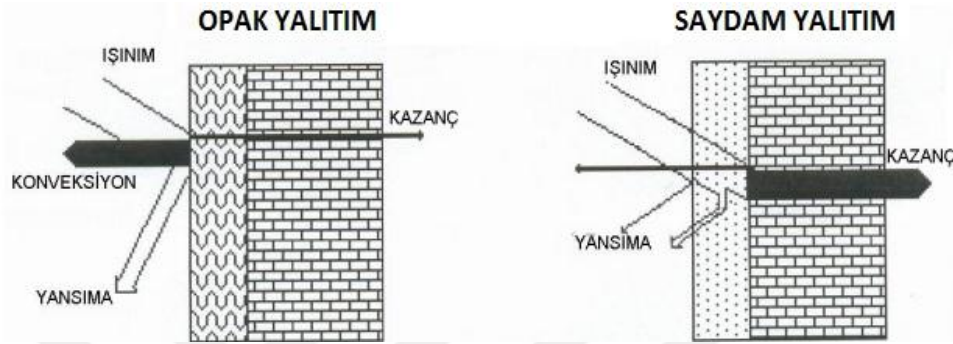
Yalıtım malzemeleri; doğada varoluş şekillerine, yapılarına ve güneş ışığı geçirgenliklerine göre çeşitlenmektedir. Isı yalıtım malzemeleri, Çizelge 2.15'te sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.15 Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması

| TÜR                             | ISI YALITIM MALZEMESİ                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğada Varoluş Şekillerine Göre | -Organik (Oluklu Mukavva, Pamuk Keçesi, Tahta Lifli Levha)<br>-İnorganik (Camyünü, Taşyünü, Perlit vb)<br>-Sentetik (Ekspande Polistren, Poliüretan, Ekstrude Polistren) |
| Yapılarına Göre                 | -Taneli -Köpük Şeklinde<br>-Lifli -Kompozit (Karmaşık Yapılı)                                                                                                            |
| Güneş Işığı Geçirgenliğine Göre | -Opak<br>-Saydam                                                                                                                                                         |

Isı iletkenlikleri  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  ve altında olan opak malzemeler, ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilmektedir. Opak ısı yalıtım malzemeleri, güneş ışığının çoğunu yutup, bir kısmını yansıtırlar. Isı iletkenlikleri düşük olduğundan, kabuktaki ısı geçişini yavaşlatarak enerji korunumu sağlarlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarını başka bir enerjiye çevirme (örneğin güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürme) yetenekleri oldukça düşüktür [27].

Saydam ısı yalıtım malzemeleri, opak yalıtım malzemeleri gibi ısı korunumunda etkili olmanın yanı sıra, güneş ışınlarını geçirerek yapı elemanlarının ısı depolayıcı olarak çalışmasını sağlayıp, güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürürler. Isı iletkenlikleri 0,20-1,0 W/m<sup>2</sup>K, güneş ışığı geçirgenlik katsayıları 0,70-0,95 olan saydam malzemeler, saydam ısı yalıtım malzemesi gurubuna girmektedir. Ayrıca, yapı kabuğunda yer alan ve güneş ışınlarına karşı geçirgen olan pencereler de bu grupta değerlendirilirler [27].



Şekil 2.14 Opak yalıtım ve saydam yalıtım

Kullanım yeri, türü ve kalınlığı ne olursa olsun, ısı yalıtım malzemelerinden beklenen, düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip olma, yangına dayanıklı olma, kolay uygulanabilirlik, ekonomik olma, hafiflik, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeme ve uzun ömürlülük gibi özelliklerdir [27].

### 2.3.8.2 Yapı Kabuğu Bileşenlerinde Malzeme Kullanımı

Yapıların enerji etkinliğinin sağlanmasında, kullanılan malzemelerin önemli bir etkisi vardır. Yapılan bir çalışmada, örnek bir yapının yaşam döngüsü boyunca harcadığı enerjinin yaklaşık %20'sinin yapı malzemelerinden kaynaklandığı belirtilmiştir [28]. Bu oran, yapı malzemelerinin enerji etkinliğine bağlı olarak değişmektedir. Yapı malzemelerinin enerji etkin olabilmesi için ise kendi yaşam döngüsü süresince, enerjiyi az ve verimli kullanmaları gerekmektedir [28].



Şekil 2.15 Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü aşamaları

Yapı malzemeleri yaşam döngüleri boyunca en çok, üretim aşamasında enerji harcamaktadır [28]. Üretimi sırasında düşük enerji harcayan malzemeler, kaynak tüketiminin ve karbon salımlarının azaltılması açısından ön plana çıkmaktadır. Ancak üretimi sırasında yüksek enerjiye ihtiyaç duyan bazı malzemeler, geri dönüştürülebilir özellikleri sayesinde enerji tüketimini azaltmaktadırlar. Örneğin, yenisi yerine dönüştürülmüş alüminyum kullanıldığında o yapının malzemeyle ilgili enerji tüketimi %80, çelik kullanıldığında ise %40 oranında azalmaktadır [28]. Diğer yandan, yapı malzemelerinin kullanımı sırasında enerji tasarrufu açısından sağlayabildiği imkanlar da göz ardı edilmemelidir. Örneğin cam, üretim enerjisi açısından orta seviyede olmasına karşın, gün ışığı elde etme ve pasif solar kazancı sağlayabilme özelliğiyle yüksek oranda avantaj sağlayabilmektedir [19]. Bu nedenle seçim yapılırken, malzemelerin tüm yaşam döngüsü faaliyetleri dikkate alınmalıdır.

Çizelge 2.16 Yapı malzemelerinin üretimi için ihtiyaç duyulan enerji (kWh/kg) [28]

| Düşük Enerjili   |            | Orta Enerjili         |            | Yüksek Enerjili  |           |
|------------------|------------|-----------------------|------------|------------------|-----------|
| Kum, çakıl       | 0,01       | Tuğla                 | 1,2        | Plastik          | 10        |
| Ahşap            | 0,1        | Kireç                 | 1,5        | Çelik            | 10        |
| Beton            | 0,2        | Çimento               | 2,2        | Kurşun           | 14        |
| Tuğla Harcı      | 0,4        | Mineral Lifli Yalıtım | 3,9        | Çinko            | 15        |
| <b>Gaz beton</b> | <b>0,5</b> | <b>Cam</b>            | <b>6,0</b> | <b>Alüminyum</b> | <b>56</b> |

Üretim enerjileri farklı olmakla birlikte, geri dönüştürülebilir ve doğada çözünebilir özellikleri açısından; demir, çelik, alüminyum, taş, tuğla, kerpiç, beton, ahşap ve cam gibi yapı malzemeleri, ekolojik malzemeler olarak değerlendirilmektedir. Petrol türevi plastik yapı malzemeleri, geri dönüşüm özelliklerinin düşük olması ve ayrıştırılmalarındaki zorluk nedeniyle, ekolojik olarak kabul edilememektedir. Özellikle yalıtım malzemesi olarak kullanılan bu malzemelerin, insan sağlığı ve doğal çevre üzerinde olumsuz etki yaratmamaları için kimyasal içerikleri incelenmelidir [17].

Yapı malzemeleri seçilirken genel olarak;

- Temiz ve hızlı yenilenebilir yerel kaynaklardan elde edilmesi,
- Yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir, tercihen dönüştürülmüş içerikli olması,
- İnsan sağlığına zarar veren bileşenlerden oluşmaması,
- Rüzgar, yağmur gibi dış etkenlere karşı dayanıklı, uzun ömürlü ve bakımı kolay olması,
- Çevreyle dengeli bir ısı alış verişinde bulunabilmesi,
- Düşük maliyetli olması

gibi özelliklere dikkat edilmelidir.

Yapıların enerji etkinlikleri, kullanılan yapı malzemelerinin özellikleriyle bağlantılıdır [28]. Gerek kendi yaşam döngüleri boyunca düşük enerji harcayan, gerekse ısısal özellikleriyle yapıya düşük enerji harcayan enerji etkin malzemeler, kaynak korunumu sağlamanın yanında zararlı emisyon salımını da azaltarak, ekonomik ve ekolojik açıdan yapıya olumlu özellikler kazandırmaktadır.

### YAPI KABUĞUNDA ENERJİ ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK PASİF YAKLAŞIMLAR

Yapının kullanım süresince harcadığı enerji, yaşam döngüsü boyunca kullandığı enerjinin %65'ini oluşturur [1]. Isıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma gibi temel ihtiyaçların karşılanması sırasında harcanan enerji miktarını azaltabilmek için, yapının enerji kaynaklarından optimum düzeyde yararlanan pasif bir sistem olarak tasarlanması gerekmektedir.

Yapılarda enerji etkinliğinin sağlanması, çevre koşullarının analiz edilip, mevcut koşullardan yararlanmaya ya da korunmaya yönelik yaklaşımların uygulanmasıyla mümkün olmaktadır. Bu anlamda, çevresel etkenlerle sürekli iletişim halinde olan, dış ortamla iç ortam arasında filtre görevi üstlenen yapı kabuğuna ilişkin yaklaşımlar, yapının enerji etkinliği üzerinde oldukça etkilidir.

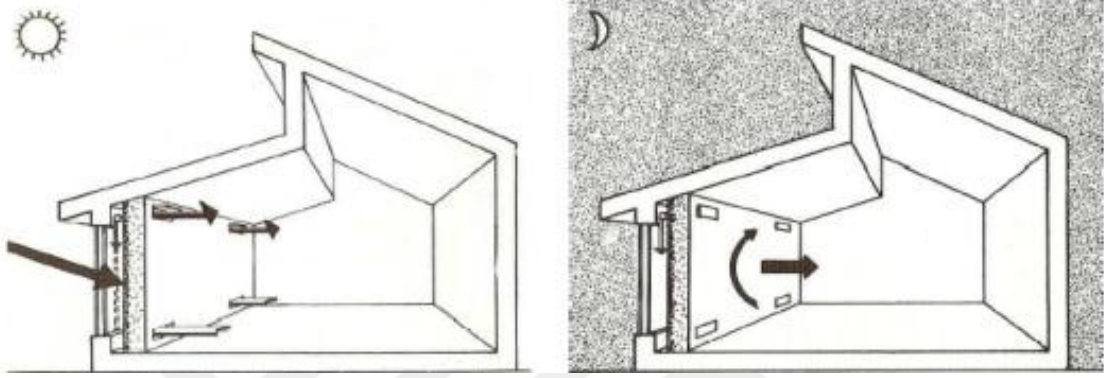
Yapı kabuğunda, enerji korunumunun ya da enerji üretiminin sağlanması adına aktif ve pasif yaklaşımlar uygulanmaktadır. Bu bölümde, özellikle güneşten yararlanmak üzere yapı kabuğunda uygulanan pasif yöntemler ele alınmıştır.

#### 3.1 Isı Depolayıcı Duvar Yöntemi

Isı depolayıcı duvar yöntemi, duvar kütlesinin güneş ışınımını toplaması, kazandığı ısıyı depolaması ve iç hacimlere dağıtması prensibine dayanmaktadır. Sistem, en dışta cam katman, arada hava boşluğu ve içte ısı kütlenin bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Isı depolayıcı duvar yöntemi, tasarım aşamasında yapı kabuğuna dahil edilebildiği gibi mevcut yapıların iyileştirilmesi için de uygulanabilmektedir.

### 3.1.1 Trombe Duvar

Trombe duvar, yapının güney cephesinde bulunan ve dış yüzeyi koyu renge boyanmış tuğla, beton, taş gibi masif duvar elemanlarının önüne, boşluk bırakılarak cam yerleştirilmesiyle oluşturulur. Yüzeye gelen güneş ışınimleri cam yüzeylerce toplanır, hava katmanından ışıınım ve taşınım yoluyla hava ısıl kütleye geçer ve ısıl kütle tarafından emilerek depolanan ısı, bitişik hacme aktarılır.



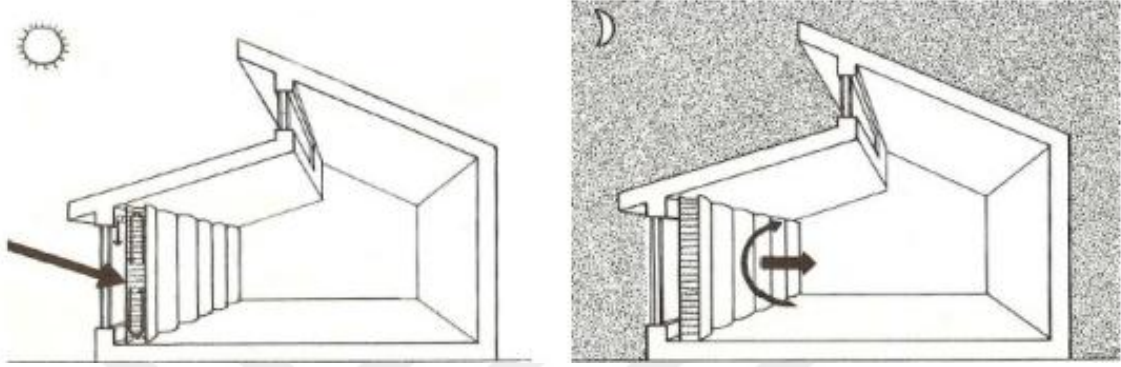
Şekil 3.1 Trombe duvar sistemi [19]

Cam yüzeyden içeri giren kısa dalga boylu güneş ışıınimleri, duvar kütlesinde ısıya dönüşür ve dalga boyu büyür. Cam yüzey uzun dalga boylu ışıınimlara karşı geçirimsiz olduğundan, boşlukta hapsolan ışıın “sera etkisi” olarak adlandırılan iç ısınmaya neden olur [20]. Duvar yüzeyi üzerinde bulunan menfezler, ısınan havanın iç ortama iletilmesine yardımcı olur. Gündüz açık bırakılan menfezler, gece iç hacimden dış yüzeye ısı kaybı olmaması için kapatılır. Güneş olmayan zaman diliminde de ısının duvar kütlesi bünyesinde kalabilmesi için, duvarı oluşturan malzemelerin ısı depolama kapasitelerinin yüksek olması gerekmektedir.

Sistem performansının arttırılabilmesi adına, dış katmanda çift cam ya da LowE kaplamalı cam kullanılabilir. İç yüzey sıcaklık farkını önemli ölçüde azaltan ve ısıtma döneminde ısıl performansı yüksek olan bu sistemin, soğutma döneminde aşırı ısınmaya neden olmaması için mutlaka gölgelendirilmeli ve havalandırılmalıdır.

### 3.1.2 Bidon Duvar

Bidon duvar; yapının güney cephesinde, cam yüzey ve arkasına içi su ya da başka bir akışkanla doldurulmuş düşey tüplerin konumlandırılmasıyla oluşturulur. Yüzeye gelen güneş ışınimleri cam yüzeylerden geçerek, siyah renge boyanmış tüpler içerisindeki sıvı tarafından depolanır ve depolanan ısı hacme aktarılır.



Şekil 3.2 Bidon duvar sistemi [19]

Trombe duvar sistemi ile benzer prensipte işleyen bu sistemin avantajı, daha fazla ısı enerjisi depolaması ve depoladığı enerjiyi iç ortama daha hızlı aktarmasıdır. Sistemin dezavantajı ise, buharlaşma, korozyon ve sızma riski taşımasıdır [19]. Bu nedenle malzeme seçiminde dikkatli davranılmalıdır.

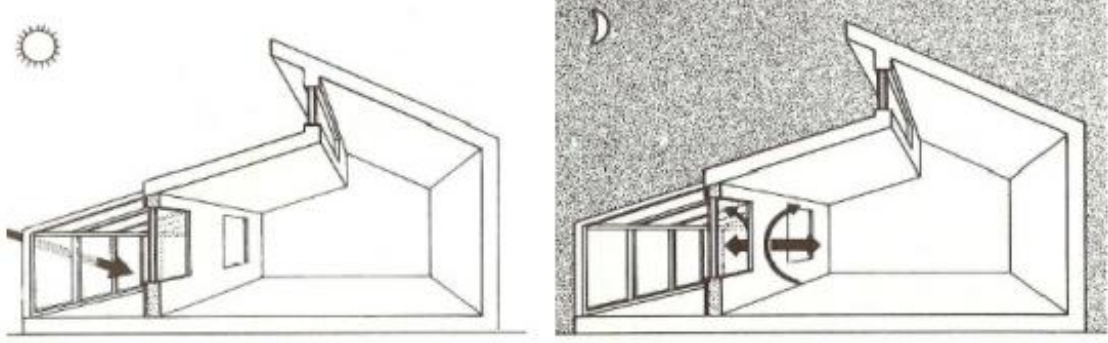
### 3.2 Tampon Alan Oluşturma Yöntemi

Tampon alan, genelde yapının güney cephesinde, bir kısmı ya da tamamı saydam yüzeylerle çevrilmiş geniş boşluklu bir alan bırakılarak, dış ortam ile iç ortamın birbirinden ayrılmasıyla oluşturulur.

Tampon alanlar, büyük ölçekli ısı toplayıcı, depolayıcı ve dağıtıcı araç olarak çalışırlar. Isı toplama ve depolama işlevlerini yapıdan bağımsız olarak gerçekleştiren tampon alanlar, yapının iç ortamı ile dış ortam arasında geçiş alanı olmanın yanı sıra, yılın bazı dönemlerinde konfor koşullarının sağlandığı bir yaşama mekanı olarak da tasarlanabilirler.

### 3.2.1 Güneş Odası ve Sera

Güneş odaları, iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, tamamı ya da bir kısmı saydam yüzeylerle çevrilmiş, içerisinde yaşanabilen toplaçlardır. Isı depolayıcı duvar sistemlerindeki ısı depolayan duvar ile saydam yüzey arasındaki boşluğun büyütülerek kullanılabilir mekana dönüştürülmesiyle oluşturulur [19].



Şekil 3.3 Güneş odası sistemi [19]

Güneş odalarının cam yüzeyinden geçen güneş ışınımı, döşeme ve duvar elemanlarınca yutularak depolanır, gün içinde depolanan ısı taşınım yoluyla iç mekana aktarılır. Güneş ışınlarının maksimum düzeyde toplanabilmesi için, koyu renk kullanımıyla döşeme ve duvar yüzeylerinin yutuculuk katsayısı yükseltilebilir. Mekan derinliğinin azaltılması, ısı geçişinin sağlandığı duvar yüzey alanının arttırılması ya da duvar yüzeyi üzerinde menfezler oluşturulması, ısı'nın iç hacme geçişinin hızlandırmaktadır [19]. Ancak menfez kullanıldığı durumlarda, ısı kaybının yaşanmaması için gece açıklıklar kapalı tutulmalıdır.

Seralar da güneş odalarıyla aynı prensipte çalışmaktadır. İç mekana ısı, temiz hava ve nem sağlayan yaşanabilir mekanlar olan seralar, bitki yetiştirmek için elverişli olmalarından dolayı literatürde “limonluk” olarak da adlandırılırlar. Seraların ısı depolama kapasitesini yükseltmek amacıyla, zeminine çakıl döşemesi yapılabilir [20].

Dış ortam ile iç ortam arasında ani ısı değişikliklerini dengeleyerek ısı konforun korunabilmesini sağlayan ilave güneş mekanları, ısıtmanın istendiği dönemler için avantaj sağlarken, ısıtmanın istenmediği dönemlerde güneş denetimi gerektirir. Soğutma dönemlerinde gündüz aşırı ısınmanın önüne geçebilmek için, cam yüzeylerin gölgelendirilmesi ya da açılır kapanır özellikte olması gerekmektedir [20].

### 3.2.2 İklim Holü

İklim holleri; ılıman bir tampon bölge oluşturularak ısı kayıplarının azaltılmasını, güneş ışınımlarından pasif yolla ısı kazanılmasını ve yapının doğal yoldan havalandırılmasını sağlayan, genişletilmiş cephe boşlukları olarak açıklanabilir [29].



Şekil 3.4 Micro Electronic Center Binası [29,30]

1996 yılında tamamlanan Micro Electronic Center binası da (Şekil 3.4) iklim holü oluşturularak yapılmıştır. Yapının metal konstrüksiyonlu eğimli kabuğu üzerinde, atriumun havalanmasını sağlayan hava kapakçıkları bulunmaktadır. Önceden soğutabilen ya da ısıtılabilen temiz hava, zemindeki hava kanalları yoluyla içeri alınmaktadır [29].



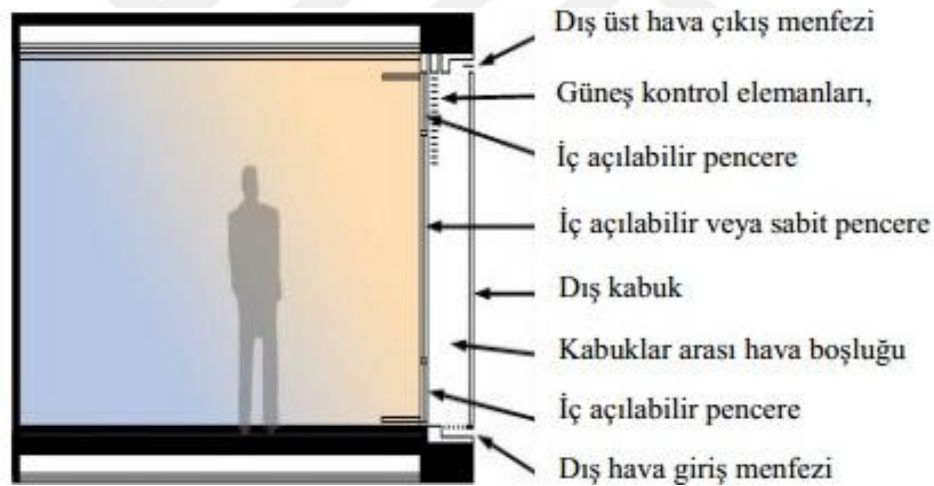
Şekil 3.5 Thompson Advertising Agency Binası [13,31]

1995 yılında tamamlanan Thompson Advertising Agency binası (Şekil 3.5) iklim holüne sahip binalara örnek olarak gösterilebilir. Kuzey cephesinde konumlandırılan iklim holü, sıcak dönemlerde aşırı ısınmaya sebebiyet vermezken, soğuk dönemlerde yapının ısı kayıplarını azaltmaktadır [13].

### 3.3 Çift Kabuk Cephe Sistemleri

Çift kabuk cepheler; birbirinden hava boşluğu ile ayrılmış iki cam kabuktan oluşan sistemlerdir. Çift kabuk cephe sistemleri, statik özellikteki geleneksel cephe sistemlerinin aksine, hava hareketi ve güneş kontrolü elemanları gibi hareket edebilen elemanların kullanılabilirliği açısından dinamik bir sistemdir [32].

Farklı fonksiyonları yerine getiren çift kabuk katmanları; dış cephe kabuğu, hava boşluğu, iç cephe kabuğu ve çoğunlukla boşluk içerisinde konumlandırılan güneş kontrol elemanlarıdır.



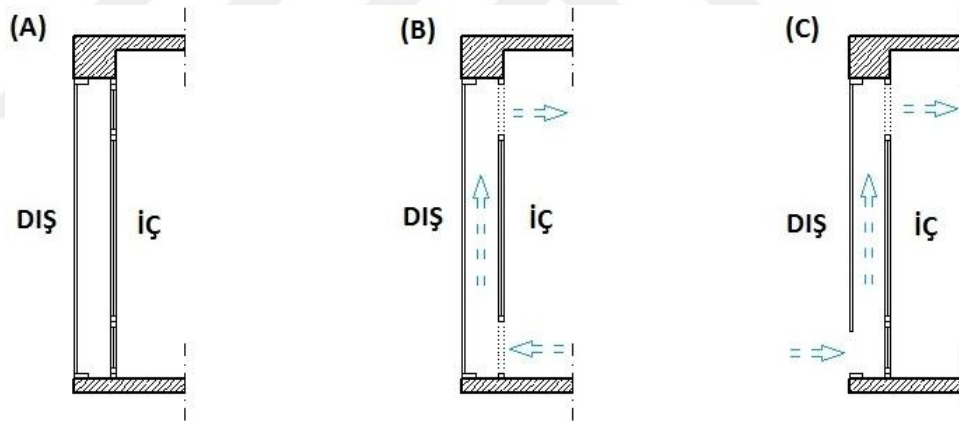
Şekil 3.6 Çift kabuk cephe katmanları [13]

Dış kabuk, tek veya çift tabakalı cam ünitelerinden oluşmaktadır. Cepheyi, çevre etkenlerine karşı korumanın yanında, pasif yollarla güneşten ısı kazancı elde edilmesini sağlamaktadır. Dış kabuk ile iç kabuk arasında bulunan boşluk, ısı kayıplarını azaltırken, doğal havalandırmaya imkan veren tampon bölge işlevindedir.

Çift kabuk sistemlerin cephe performansı mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışınımının düşük olduğu dönemlerde, pasif yolla güneşten yararlanmayı sağlamak ve ısı kayıplarını azaltmak, güneş ışınımının yüksek olduğu dönemlerde ise,

aşırı ısınmayı engellemek ve güneş kontrolü sağlayabilmek için, kabuk bileşenlerinin birbiriyle olan ilişkisine ve havalandırma düzenine dikkat edilmelidir.

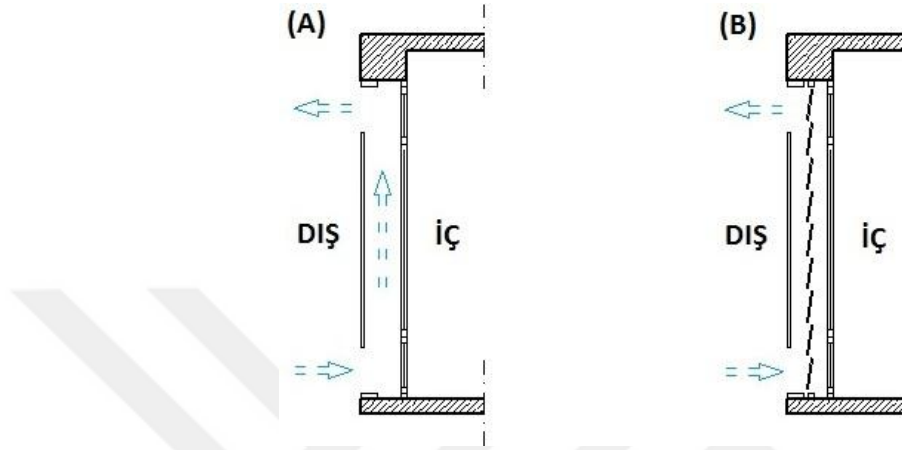
- Isıtmanın istendiği dönemlerde, cephe kabukları arasında ısınan havadan yararlanılması gerekir. İç kabuk elamanın dış ortamdaki soğuk havadan etkilenmemesi için, dış kabuk yüzeyi üzerindeki açıklıklar kapatılarak, soğuk havanın kabuklar arasındaki boşluğa geçişi engellenmelidir. İç kabuk yüzeyindeki açıklıkların kapalı tutulması, iç boşluğun Şekil 3.7 (A) da görüldüğü gibi, hava akımlarının gerçekleşmediği tampon bölge olarak çalışmasını sağlar. Şekil 3.7 (B)'deki gibi iç kabuktaki açıklıkların açık tutulması durumunda, alt seviyedeki açıklıktan boşluğa aktarılan serin hava, kabuklar arasında yükselirken ısınır ve üst seviyedeki açıklıktan tekrar içeri alınarak iç mekanın ısıtılmasında kullanılabilir. Doğal havalandırmanın istendiği zamanlarda, içeriye alınan havanın ısınması için, Şekil 3.7 (C)'de olduğu gibi, dış kabuğun alt seviyesindeki açıklık ile iç kabuğun üst seviyesindeki açıklıktan yararlanılabilir [13,32].



Şekil 3.7 Isıtma döneminde çift kabuk cephe katman açıklıkları

- Soğutmanın istendiği dönemde, aşırı ısınmaya engel olmak için cephe kabukları arasındaki boşluk havalandırılmalıdır. Dış kabuk yüzeyi üzerindeki alt ve üst kotta yer alan açıklıklar Şekil 3. 8 (A)'da olduğu gibi açık konuma getirilerek, iç boşlukta hava akımı oluşturulmalıdır. İç boşluktaki hava değişim miktarı ve hızı, cephe üzerindeki basınç şartlarına, iç boşluğun genişliğine ve dış kabuk yüzeyi üzerindeki açıklıkların boyutlarına bağlıdır. Dış kabuğun alt kotundaki açıklıktan içeri alınan hava üst kottaki açıklıktan dışarı atılırken, baca etkisinin meydana getirdiği hava akımı sayesinde, kabuk yüzeyi sıcaklığını azaltır. Böylelikle, hava akımı olmayan

duruma göre iç kabuğun yüzey sıcaklığı daha düşük tutularak, mekana daha az ısınin aktarılmasına, dolayısıyla soğutma yüklerinin de azaltılmasına yardımcı olur. Soğutma yüklerinin azaltılmasında, çift kabuk cephe sistemini performanslı hale getirmek için, Şekil 3. 8 (B)'de gösterildiği gibi iç boşluğa güneş kırıcı elamanlar yerleştirilebilir [13,29].

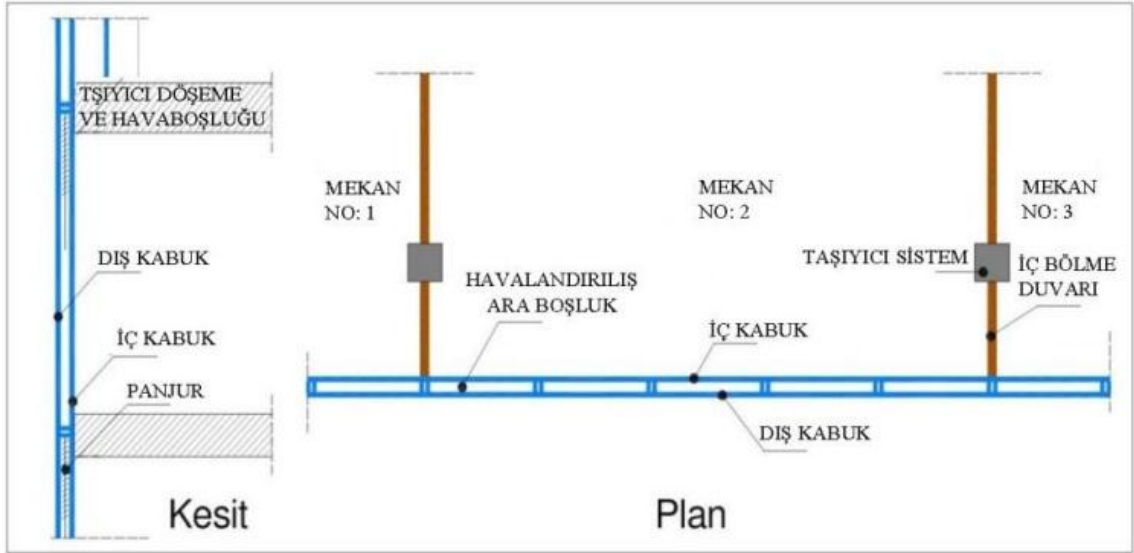


Şekil 3.8 Soğutma döneminde çift kabuk cephe katman açıklıkları

Çift kabuk cephe sistemleri, yapının ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde ekli olduğu gibi aynı zamanda ses yalıtımı ve güvenlik açısından avantajlıdır. Bu sistemle, yapıda güneş kontrolü, doğal aydınlatma, doğal havalandırma, yangın korunumu ile temizlik ve bakım kolaylığı gibi parametrelerin sağlanabilmesi için farklı çözümler geliştirilmiştir.

### 3.3.1 Kutu Tipi Çift Kabuk Cephe

Çift kabuk cephe sisteminin uygulanmış en eski örneği olan kutu tipi, iç kabuk pencereleri önüne 20-40 cm boşluk bırakılarak, ikinci bir cam sisteminin yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu sistemde iç boşluk, yatay ve düşey bölümlenip bağımsız küçük kutular şeklinde çalışır [32,33].

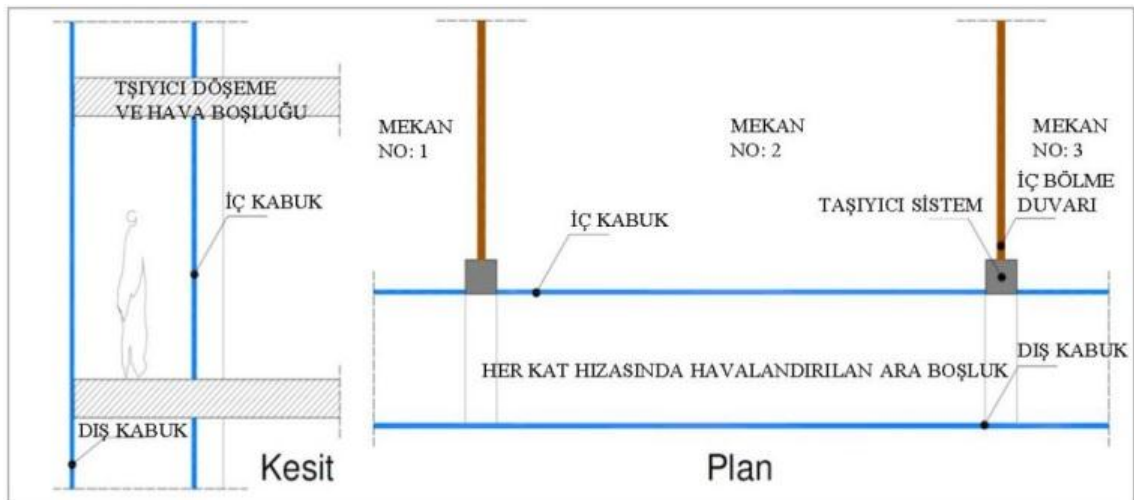


Şekil 3.9 Kutu tipi çift kabuklu cephe [32]

Kutu tipi çift kabuk cephe sistemlerinde modüller birbirinden bağımsız olduğundan, mekanlar arasında ses, koku ve hava transferi gerçekleşmez. Böylelikle, yangın durumunda alev ve dumanın tüm cephe boşluğuna yayılması engellenir. Her bir modülün kendi içinde hava giriş ve çıkış açıklıkları vardır. Doğal havalandırma sırasında, atık havayla temiz havanın modüller arasındaki geçişlerinin önlenmesi için, hava giriş ve çıkış açıklıkları kat ve modül bazında şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir.

### 3.3.2 Kat Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe

Kat yüksekliğinde çift kabuk cepheler, kabuklar arasındaki boşluğun yatay bölümlendirilip kat yüksekliğinde sınırlandırılmasıyla oluşturulur [13,33].



Şekil 3.10 Kat yüksekliğinde çift kabuklu cephe [32]

Kat yüksekliğinde çift kabuk cephelerde doğal havalandırma, her katın alt ve üst kotunda bulunan hava giriş çıkış açıklıklarıyla gerçekleştirilir. Her katın kendi içinde havalandırıldığı bu sistemde, atık havayla temiz havanın birbirine karışmaması için, hava giriş ve çıkış açıklıkları şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir. Boşluk içerisine alınan havanın hareket mesafesi kat yüksekliğiyle sınırlandırıldığı için, havanın alt kottaki açıklıklardan sisteme alındığı sıcaklıkla, üst kottaki açıklıklara ulaşınca kadar ulaştığı sıcaklık farkı azdır. Bu durum, iç kabuğun aşırı ısınmasını engellemektedir [13].

Her kat birbirinden bağımsız olduğundan, katlar arası ısı, ses ve hava geçişleri önlendiği gibi, yangına karşı da yalıtım sağlanmış olur. Ancak bu sistemde, kat içerisindeki mekanlar arasında gerekli yalıtımın sağlanması gerekmektedir. Yangının katlar içerisindeki yayılımını engellemek için, tampon bölge birkaç mekanı kapsayacak şekilde düşey olarak bölümlendirilebilir [33].

Diğer çift kabuk sistemlerde olduğu gibi, tampon bölge içerisinde güneş kırıcılar konumlandırılabilir. İç boşluğun yürünebilecek şekilde düzenlenmesi, bakım ve temizlik için kolaylık sağlamaktadır.

### 3.3.3 Cephe Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe

Cephe yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemler, kabuklar arasındaki boşluğun yatay ve düşey olarak bölümlenmeksizin yapı yüksekliğinde devam ettirilmesiyle oluşturulur [33].



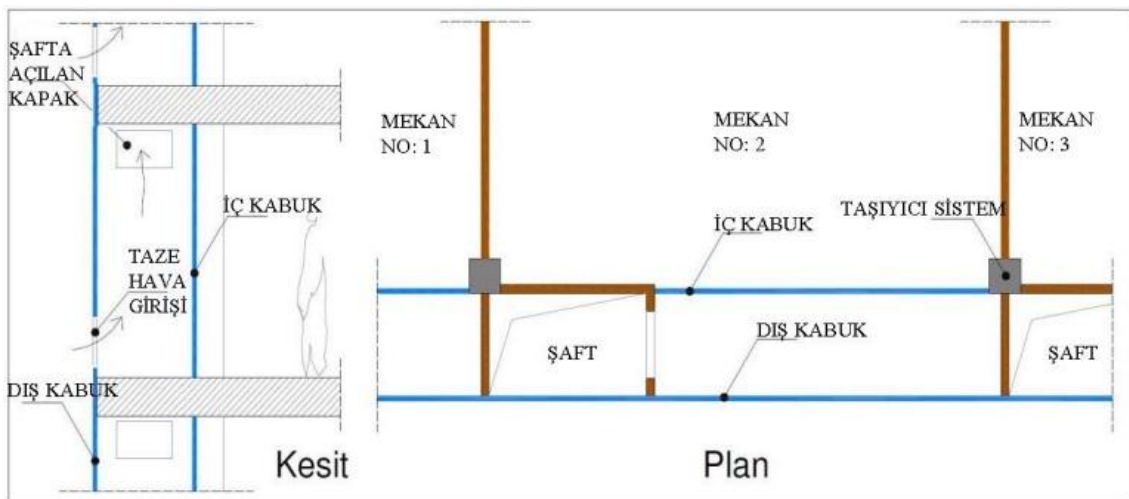
Şekil 3.11 Cephe yüksekliğinde çift kabuklu cephe [32]

Cephe yüksekliğinde çift kabuk cephelerde havalandırma, genellikle zemin ve çatı kotundaki açıklıklarla sağlanır. Alt kotlardan içeri alınan hava, boşluk içerisinde ısındıkça yükselir ve üst kottaki açıklıklardan dışarı atılır. Kat pencerelerinin açılması durumunda, dış kabuğun alt kotundaki açıklıklardan içeri alınan temiz hava, alt katlarda kullanılarak tekrar iç boşluğa aktarılır ve üst katlara alınan temiz havaya karışır. Dolayısıyla üst katlara ulaşan havanın, ısınmış ve kullanılmış olması nedeniyle iç mekanlar doğal olarak havalandırılmamaktadır [32,33].

Bu sistemin çok katlı yapılarda kullanılması, üst kat seviyelerinde aşırı ısınmaya sebebiyet verdiğinden, 4-6 katlı yapılarda uygulanması önerilmektedir. İç boşluğun cephe boyunca kesintisiz olarak devam etmesi, ısı, ses ve havanın diğer mekanlar ve katlar arasındaki geçişini engelleyemez. Yangın durumunda, alev ve dumanın tüm cepheye yayılmaması için, özel önlemlerle yangın dayanımını arttırmak gerekmektedir [33].

### 3.3.4 Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe

Cephe yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemler, kutu tipi birimlerin yapı yüksekliği boyunca devam edip düşey şaftlara bağlanmasıyla oluşturulur. Cephe yüksekliğinde çift kabuk cepheyle kat yüksekliğinde çift kabuk cephenin kombinasyonu olan bu sistemde, kutu pencereler her kat seviyesinde hava bacalarına bağlanmaktadır [13,33].



Şekil 3.12 Şaft tipi çift kabuklu cephe [32]

Şaft tipi çift kabuk sistemlerde, kutu pencerelerin iç boşluğunda ısınarak yükselen hava, pencerelerin üst-yan noktalarındaki açıklıklardan şaft sistemine aktarılır ve şaft içinde yükselmeye devam ederek yapının üst kotunda bulunan açıklıklardan dışarı atılır. Şaftlar havalandırmayı hızlandıran ve kolaylaştıran baca etkisini arttırdığından, dış ortamda hava akımının olmadığı durumlarda bile yapının doğal havalandırması sağlanır. Fakat baca etkisi sınırlı bir yükseklik gerektirdiği için, bu sistem az katlı binalar için uygundur [13,32,32]. Kat yüksekliğinin fazla olduğu yapılarda, şafttaki hava akımının kontrolü zorlaştığından, uygulanması önerilmemektedir [13].

Şaft tipi çift kabuklar modüler bir sistem olmasına rağmen, cephe boyunca devam eden şaftlardaki ısı, ses ve hava diğer yatay boşluklara yayılabilir. Yangın durumunda oluşan duman, şaftlardaki tahliye kanallarından katlara dağılabilir. Bunun önlenmesi için kanal ağzlarına, “damper” adı verilen, hava akımının tersi yönündeki hava hareketini önlemeye yarayan kapakçıklar yerleştirilerek, boşluğa kontrollü hava aktarımı sağlanabilmektedir [33].

### **3.4 Değişken Kabuk Sistemi**

Yapının iç ortam konforuna etki eden çevresel etmenler zaman içinde değişkenlik göstermektedir. Mevsimlik ve saatlik olarak değişen hava sıcaklığı, gün ışığı düzeyi, güneş ışınlam miktarı, güneş ışınlamalarının geliş açısı, hava hareketi ve havanın bağıl nemi gibi dış ortam parametrelerine karşı, yapı kabuğunun uyum göstermesi gerekmektedir. Değişen çevresel koşullar karşısında, geleneksel yöntemlerde kullanılan açılır kanat ve perde uygulamasının yerini, gelişen teknolojiyle birlikte mekanik havalandırma sistemleri, çift kabuklu cephelerdeki korunaklı kanatlar ve güneş kontrol elemanları gibi sistemler almıştır [29].

Kullanıcı konforunun daha az enerji harcanarak sağlanmasında ve enerjinin daha etkin kullanılmasında, dış çevre şartlarına adaptasyon sürecini verimli hale getiren, değişken yapı kabuğu kavramı ön plana çıkmıştır. Değişken yapı kabukları, dış ortam koşullarına göre ayarlanabilmesi ve iç ortam konfor düzeyinde iyileştirme imkanı sunabilmesi sayesinde, dış ortam ile iç ortam arasında kontrollü bir alış verişi sağlamaktadır [29].

Değişken yapı kabuklarının özellikleri;

- Enerji kazanımı sağlamak
- Enerji korunumunu sağlayarak, ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak
- Güneş kontrolünü sağlamak ve gereken düzeyde gün ışığını yapı içerisine alarak aydınlatma yüklerini azaltmak
- Doğal havalandırmaya olanak vererek hava kalitesini arttırmak

olarak sıralanabilir.

Değişken yapı kabuklarını oluşturan bileşenler, dış çevre koşullarıyla uyum sürecinde, hava ve ses geçirgenliği, enerji kazanımı, enerji korunumu, güneş kontrolü ve doğal aydınlatma gibi çeşitli fonksiyonları sağlamak üzere değişim gösterebilmektedir [29].

| DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU ÇEŞİTLERİ                                                                                |                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eleman ve Bileşenlerin<br>Değişim Türüne Göre                                                                 | Eleman ve Bileşenlerin<br>Kontrol Şekline Göre                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pozisyon değişimi</li><li>▪ Malzeme özelliklerinin değişimi</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Elle doğrudan/dolaylı yolla</li><li>▪ Kendiliğinden</li><li>▪ Otomatik sistemlerle</li></ul> |

Şekil 3.13 Değişken yapı kabuğu çeşitleri

Yapı kabuğunun öncelikli olarak, çevresel etkenlere karşı kendi ayarlayabilen pasif sistemler olarak tasarlanması gerekmektedir. Mekanik, elektrik ve otomasyon sistemler ise, pasif sistem öğeleriyle uyumlu çalışabilen yardımcı sistemler olarak kabul edilmelidir. Dinamik karakterleri ile çevresel koşullara yanıt vererek yapının enerji etkinliğini destekleyen, günümüzde “akıllı” olarak ifade edilen cephe sistemleri, değişken yapı kabuğu olarak değerlendirilebilir. Akıllı kabuklar, otomatik sistemlerin yardımıyla, dış koşullar karşısında canlı derisi gibi kendisini ayarlayarak yapının aydınlatma, doğal havalandırma, güneş kontrolü, ısıtma-soğutma gibi ihtiyaçlarında kullanılan enerji tüketimini azaltan kabuklar olarak tanımlanmaktadır [3]. Akıllı kabuklarda, kullanıcı tercihleri ve bina yönetim sistemlerinin ihtiyaçlarına göre, otomatik kontrol ile pozisyonunu değiştiren gölgeleme elemanları, güneş ışınımına göre optik özellik değiştiren camlar ya da PV panellerin kullanılmaktadır.

### **Debis Binası/Berlin**

Berlin’de bulunan Debis binası (Debis Tower + Debis House), değişken yapı kabuğuna sahip yapılar arasındadır. New York’taki gökdelenlerin geleneksel tipolojisini esas alan yapı, iç avlusu olan alçak katlı birimlerden ve bir kuleden meydana gelmektedir.

Kulenin dış kabuğu, hareketli lamine cam lamellerden oluşturulmuştur. Kabuklar arasındaki boşlukta hareketli güneş kontrol elemanları bulunmaktadır. İç kabukta, parapet önleri terra cotta ile giydirilerek ısı yalıtımı yapılmış ve tek yönde açılabilir yalıtımlı cam üniteler kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Debis Tower [34]

Kulenin çift cidarlı sistem mantığı tekrar edilerek, alçak katlı birimlerin cephesi terra cotta ile giydirilmiş ve cephe önüne, içi boşluklu uzun parçalı terra cotta parçalar yerleştirilmiştir. Dışta yer alan terracotta, cephe duvarını izole eden ve suya karşı koruyan ilave bir katman niteliğindedir. Güneş kontrolü, cephedeki yalıtımlı cam ünitelerin önüne yerleştirilen elektrik enerjisiyle çalışan hareketli gölgeleme elemanlarıyla sağlanmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Debis House [34]

### **Yönetim Binası/ Stuttgart**

1996 yılında Stuttgart'ta yapımı tamamlanan yönetim binası, çift kabuklu cephe olarak inşa edilmiştir. Daha sonra, 1996 yılında yenilenerek yeni bir iklim stratejisiyle değişkenlik özelliği kazandırılan cephe, daha estetik ve çevreye duyarlı bir hale getirilmiştir [35].



Şekil 3.16 Yönetim Binası, Stuttgart [29,35]

Kullanılan hareketli jaluziler ve cam lameller sayesinde güneş kontrolü, enerji kazanımı, doğal havalandırma ve gürültü kontrolü alanlarında cepheye değişkenlik özelliği kazandırılmıştır. Cam lameller kapalıyken sera etkisi yaratılarak ısıtılan cephe, cam lameller açık durumdayken cephenin havalandırılmasını ve aşırı ısı birikiminden korunmasını sağlamıştır (Şekil 3.17).



**BIQ Binası/ Hamburg**

59

güneşten gelen ısıyı da hapsederek iç mekanın ısıtılmasını sağlamaktadır. Algler büyüyüp çoğaldıkça, cephe renk değiştirmekte ve iç mekan için gölgeleme elemanı olarak çalışmaktadır. Büyüyüp çoğalan algler, sonrasında paneller içerisinden alınıp, başka bir yerde biokütle olarak kullanılmaktadır. Geri kazanım üniteleriyle bağlantılı olan panel sistemi sayesinde, yapının tüm enerji ihtiyacı karşılanırken, karbon salınımı yılda 6 ton azaltılmaktadır [36].



Şekil 3.18 BIQ Binası [37]

### ILIMAN NEMLİ İKLİM BÖLGESİ İÇİN TASARLANAN KONUT YAPISINDA DEĞİŞKEN YAPI KABUĞU YAKLAŞIMI ve UYGULAMASI

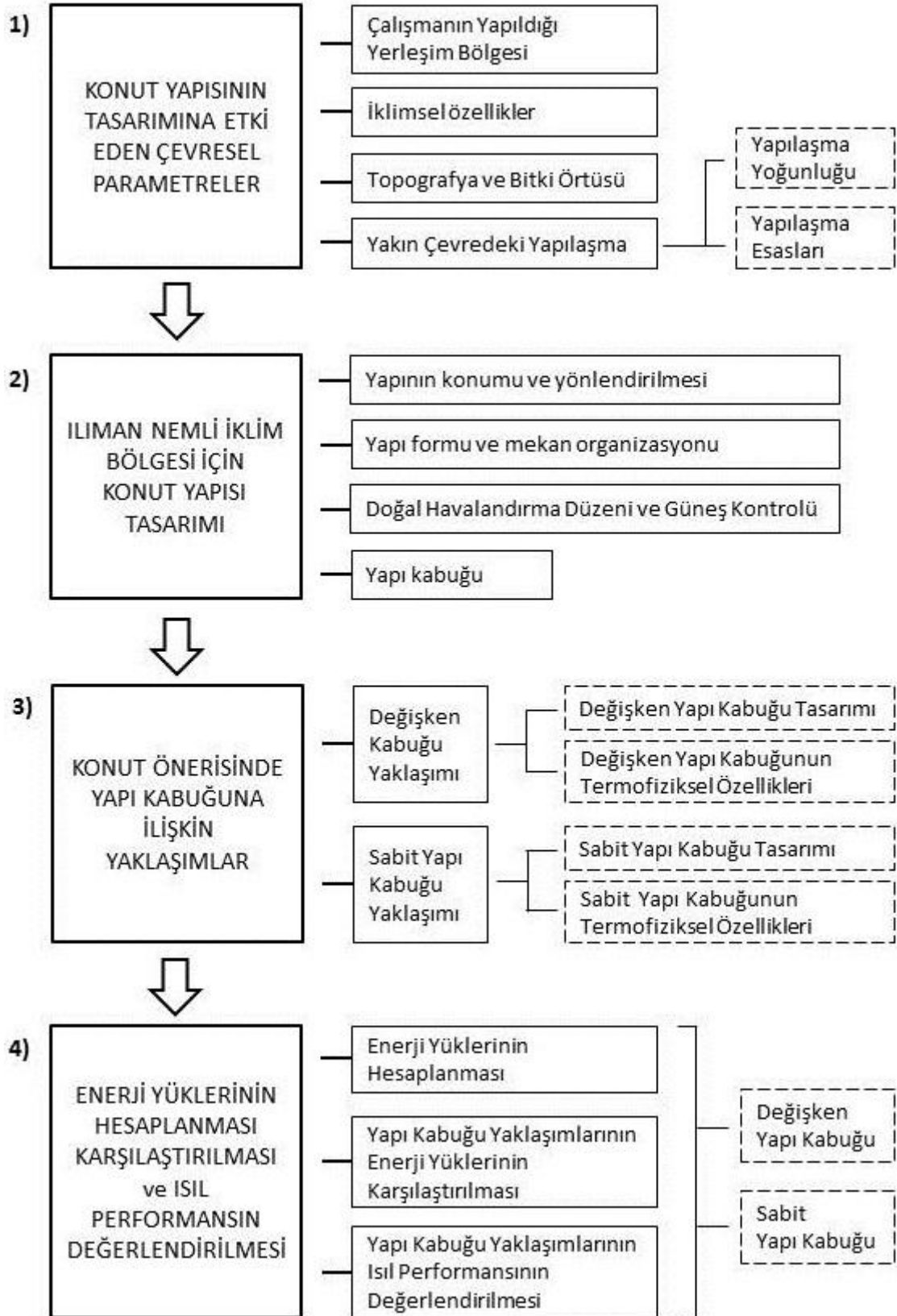
Bu tez çalışmasında, ılıman nemli iklim bölgesi için tasarlanan konut yapısında değişken yapı kabuğu kurgusu oluşturarak, yapının çevresel etkilerle uyumunu arttırmak amaçlanmıştır. Konut yapısının enerji ihtiyacı hesaplanmış ve yapı kabuğu üzerine kurulan senaryolar aracılığıyla, enerji performansı değerlendirilmiştir.

Konut yapısı, imar yönetmeliğinin ve arazi verilerinin sınırlamaları çerçevesinde, iklimle dengeli tasarım parametreleri ana ölçüt kabul edilerek tasarlanmıştır. Çalışmada gerçek arazi verileri kullanılmış ve yapı bileşenlerinin özellikleri, TS825'te önerilen değerler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Bu bölümde yapılan uygulama çalışmasının aşamaları;

- Konut yapısının tasarımına etki eden çevresel parametrelerin belirlenmesi,
- İklitle dengeli tasarım parametreleri dikkate alınarak konut yapısının tasarlanması,
- Konut önerisinde uygulanan değişken yapı kabuğunun ve alternatif olarak oluşturulan sabit yapı kabuğu yaklaşımlarının açıklanması,
- Yapı kabuğu yaklaşımları için enerji yüklerinin hesaplanması, karşılaştırılması ve ısı performanslarının değerlendirilmesi,

olarak belirlenmiş ve her bir aşamada ele alınan konular Şekil 4.1'deki akış diyagramında özetlenmiştir.



Şekil 4.1 Akış Diyagramı

#### 4.1 Konut Yapısının Tasarımına Etki Eden Çevresel Veriler

##### 4.1.1 Çalışmanın Yapıldığı Yerleşim Bölgesi

Tez çalışması için ılıman nemli iklim bölgesi ele alınmış ve pilot şehir olarak İstanbul seçilmiştir. Türkiye'nin en yoğun nüfuslu şehri olan İstanbul, sürekli göç alması nedeniyle, hızlı bir büyüme kaydetmektedir. Ağırlıklı olarak kuzey bölgelerindeki doğal alanlara doğru büyüyen şehirde, yapılardan kaynaklanan çevre tahribatının azaltılması için, yapılaşmanın çevreci yaklaşımlarla ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda hazırlanan tez çalışmasında, gelişim gösteren bölgedeki yapılaşma talebinin artacağı düşünülerek, konut önerisinin oluşturulacağı alan olarak Şile ilçesi seçilmiştir.

İstanbul ili, 28°01' ve 29°55' doğu boylamları ile 40°28' ve 41°33' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Kuzeyde Karadeniz, doğuda Kocaeli Sıra Dağları, güneyde Marmara Denizi ve batıda Ergene Havzası'nın su ayırım çizgisiyle sınırlanan il, 5512km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. 26 km uzunluğundaki Boğaziçi kanalı şehri KD – GB ekseninde ikiye ayırmaktadır. Konum itibarıyla Asya ve Avrupa'yı birleştiren İstanbul, aynı zamanda Karadeniz ve Marmara arasındaki geçiş bölgesi olma özelliğindedir [21].

Şile ilçesi, İstanbul'un kuzeydoğusundaki Karadeniz kıyılarında yer almaktadır. İlçenin %80'i orman köyü, geri kalanları sahile ve ovaya serpiştirilmiş tarım köyleri olmak üzere, kendisine bağlı 57 köyü bulunmaktadır [38].



Şekil 4.2 İstanbul ilçe haritası [39]

#### 4.1.2 İklimsel Veriler

Ilıman nemli iklim bölgesinde bulunan İstanbul'da, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş özelliği gösteren Marmara iklimi hakimdir. Genel itibariyle yazlar sıcak ve kuraktır fakat bölgede mutlak kurak sayılacak bir ay yoktur. Kış ayları genellikle ılık ve yağışlıdır. Bununla beraber kış mevsimi zaman zaman çok soğuk, ya da ortalamanın üstünde seyreden sıcaklıkta olabilmektedir [21].

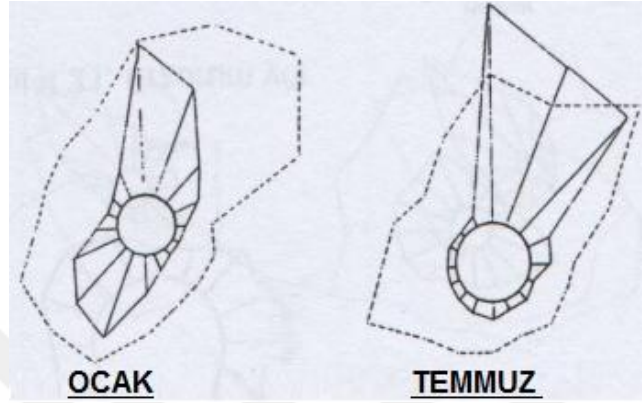
İstanbul için genel olarak ısıtmanın istendiği dönem Kasım'dan başlayıp Mayıs'a kadar olan süreyi kapsamaktadır [40]. İstanbul'a ait aylık ortalama sıcaklık değerleri ve yağış miktarı verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DMİ) resmi sitesinde mevcuttur [41]. DMİ'den alınan verilerden yararlanılarak, İstanbul'da ısıtmanın istendiği ve istenmediği dönemlerdeki ortalama değerler hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 İstanbul'un aylık ortalama sıcaklık ve yağış durumu

|                                  | Ort, Sıcaklık<br>(°C) | Ort, En Yüksek<br>Sıcaklık (°C) | Ort, En Düşük<br>Sıcaklık (°C) | Yağış Miktarı<br>Ort, (mm) |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Ocak                             | 5,7                   | 8,5                             | 3,2                            | 105                        |
| Şubat                            | 5,7                   | 9                               | 3,1                            | 78                         |
| Mart                             | 7                     | 10,8                            | 4,2                            | 70,8                       |
| Nisan                            | 11,1                  | 15,4                            | 7,7                            | 45,2                       |
| Mayıs                            | 15,7                  | 20                              | 12,1                           | 34,1                       |
| Haziran                          | 20,4                  | 24,6                            | 16,5                           | 35                         |
| Temmuz                           | 22,9                  | 26,6                            | 19,5                           | 31,6                       |
| Ağustos                          | 23,1                  | 26,8                            | 20,1                           | 40,7                       |
| Eylül                            | 19,8                  | 23,7                            | 16,8                           | 59,5                       |
| Ekim                             | 15,6                  | 19,1                            | 13                             | 90                         |
| Kasım                            | 11,5                  | 14,7                            | 8,9                            | 101,3                      |
| Aralık                           | 8                     | 10,8                            | 5,5                            | 122                        |
| Isıtma İstendiği<br>Dönem Ort.   | 8,2                   | 11,5                            | 5,4                            | 87,1                       |
| Isıtma İstenmediği<br>Dönem Ort. | 19,6                  | 23,5                            | 16,3                           | 48,5                       |
| Yıllık Ortalama                  | 13,9                  | 17,5                            | 10,9                           | 67,8                       |

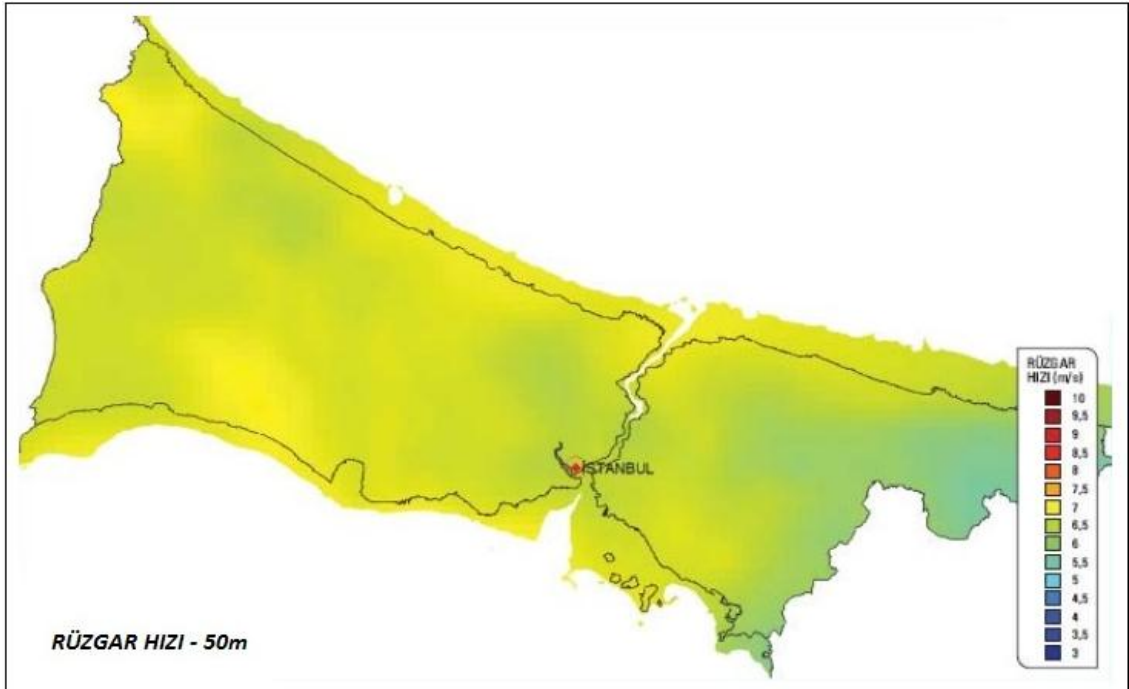
Çizelgede bulunan ölçüm sonuçları, 1950-2015 tarihleri arasında kapsamaktadır.  
Ölçümler, İstanbul'u temsil eden merkez olarak, Sarıyer'de yapılmıştır.

İstanbul ve çevresindeki hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur. Mevsimlere göre değişen basınç sistemleri doğrultusunda ikincil hakim rüzgar yönü güneybatıdır. 10m yükseklikteki ölçümlere göre, ortalama rüzgar hızı 4m/s ile 5m/s arasında değişmektedir [18]. Sarıyer istasyonundaki ölçümler sonucu oluşturulan rüzgar gülleri Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



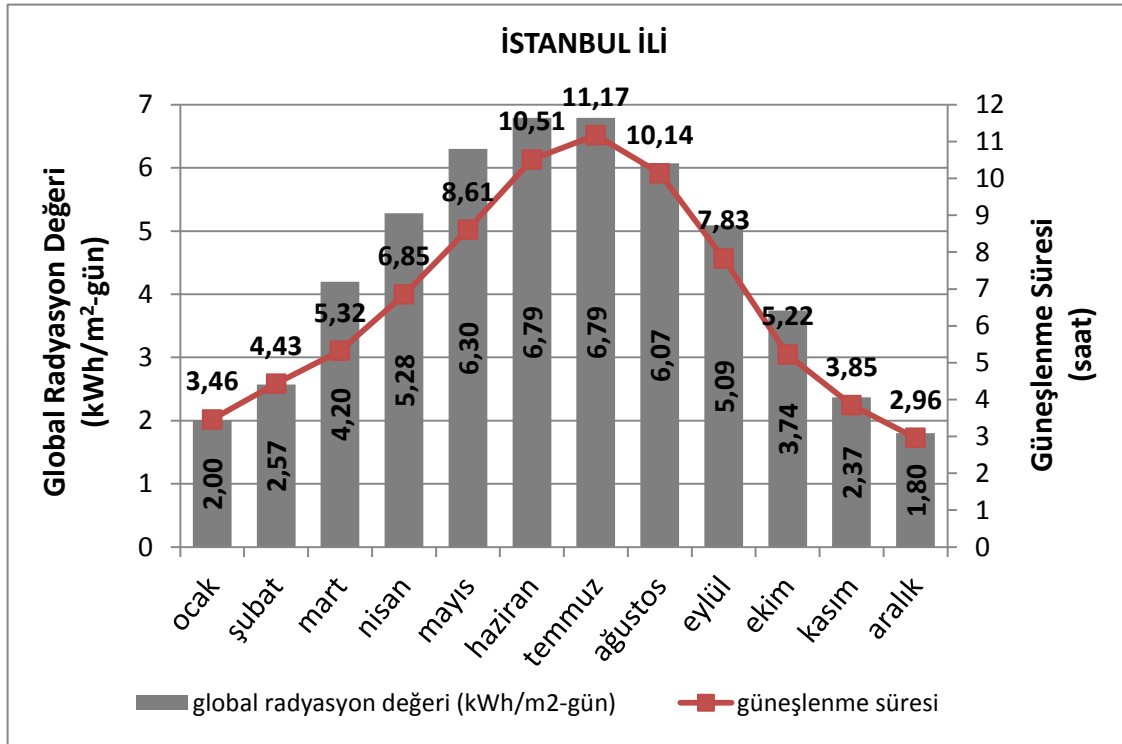
Şekil 4.3 İstanbul rüzgar gülü [40]

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (EİE) resmi sitesinde yer alan Rüzgar Enerji Potansiyeli Atlası'nda (REPA), İstanbul'un 50 m'deki rüzgar hız dağılımı ve rüzgar enerjisinden faydalanabilmek için uygun olan bölgeler gösterilmektedir [42].



Şekil 4.4 İstanbul'daki rüzgar hız dağılımı [42]

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın resmi sitesindeki Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, İstanbul'un güneş enerji potansiyeli  $1400\text{kWh/m}^2$  ile  $1450\text{kWh/m}^2$  arasındadır [43]. İstanbul'un global radyasyon değeri ve güneşlenme süresi, GEPA'dan alınan veriler doğrultusunda hazırlanan Şekil4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5 İstanbul'un aylık ortalama radyasyon değeri ve güneşlenme süresi

İstanbul, ortak özellikler gösteren bölgesel bir iklimin etkisi altında olmakla birlikte, nisbi konum, topografya yapısı, yapılaşma yoğunluğu gibi faktörlerin etkisiyle, yerel iklim tipleri de kendini göstermektedir. Kuzeyde Karadeniz kıyıları, ortada platolar sahası ve güneyde Marmara kıyıları olmak üzere 3 yerel iklim tipi ayırt edilmektedir. Son 30 yılın ortalama yıllık sıcaklıkları değerlendirildiğinde, en yüksek sıcaklığın Marmara kıyılarında, en düşük sıcaklığın Karadeniz kıyılarında olduğu gözlemlenmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise, Marmara kıyılarında daha düşük, Karadeniz kıyılarında nispeten daha fazladır [21].

İstanbul'un Karadeniz kıyılarında yer alan Şile'nin, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre (1994-2014); ortalama sıcaklık değerleri, ortalama yağış ve ortalama rüzgar hızı değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Şile'nin iklimsel verileri

|                                                                                                                 | Ort.<br>Sıcaklık (°C) | Mak.<br>Sıcaklık (°C) | Min.<br>Sıcaklık (°C) | Ort. Yağış<br>(mm) | Ort. Rüzgar<br>Hızı (m/sn) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------|
| <b>Ocak</b>                                                                                                     | 5,6                   | 17,8                  | -3,0                  | 96,2               | 3,1                        |
| <b>Şubat</b>                                                                                                    | 5,7                   | 19,5                  | -3,2                  | 80,0               | 3,2                        |
| <b>Mart</b>                                                                                                     | 7,7                   | 23,0                  | -1,4                  | 79,4               | 3,0                        |
| <b>Nisan</b>                                                                                                    | 11,3                  | 26,9                  | 1,1                   | 49,2               | 2,6                        |
| <b>Mayıs</b>                                                                                                    | 16,1                  | 30,6                  | 5,9                   | 22,6               | 2,3                        |
| <b>Haziran</b>                                                                                                  | 20,8                  | 33,0                  | 11,2                  | 37,5               | 2,4                        |
| <b>Temmuz</b>                                                                                                   | 23,6                  | 32,5                  | 14,4                  | 33,6               | 2,5                        |
| <b>Ağustos</b>                                                                                                  | 23,6                  | 32,4                  | 14,7                  | 81,4               | 2,7                        |
| <b>Eylül</b>                                                                                                    | 19,8                  | 31,1                  | 10,8                  | 69,3               | 2,8                        |
| <b>Ekim</b>                                                                                                     | 15,5                  | 27,5                  | 5,9                   | 115,8              | 3,0                        |
| <b>Kasım</b>                                                                                                    | 11,0                  | 23,2                  | 1,3                   | 91,9               | 2,9                        |
| <b>Aralık</b>                                                                                                   | 7,6                   | 19,2                  | -2,0                  | 126,5              | 3,0                        |
| <b>Isıtma İstendiği<br/>Dönem Ort.</b>                                                                          | <b>8,2</b>            | <b>21,6</b>           | <b>-1,2</b>           | <b>87,2</b>        | <b>3,0</b>                 |
| <b>Isıtma İstenmediği<br/>Dönem Ort.</b>                                                                        | <b>19,9</b>           | <b>31,2</b>           | <b>10,5</b>           | <b>60,0</b>        | <b>2,6</b>                 |
| <b>Yıllık Ortalama</b>                                                                                          | <b>14,0</b>           | <b>26,4</b>           | <b>4,6</b>            | <b>73,6</b>        | <b>2,8</b>                 |
| Çizelgede bulunan ölçüm sonuçları, 1994-2014 tarihleri arasını kapsamaktadır.<br>Ölçümler, Şile'de yapılmıştır. |                       |                       |                       |                    |                            |

#### 4.1.3 Topografya ve Çevre Örtüsü

İstanbul genel olarak engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Şehir, Çatalca ve Kocaeli yarımadaları üzerine kurulmuştur. Her iki yarımada, jeolojik zamanlar içerisinde aşınmaya uğramış birer plato niteliğindedir. Doğal bitki örtüsü alçak kesimlerde maki ve kıyı bitkileri iken, yüksek ve kuzeye bakan yamaçlarda ise ormanlık alanlardır. Yerleşim yoğunluğu nedeniyle doğal alanların yüzey ölçüsü, kuzey bölgelerden güney bölgelere doğru azalmaktadır [39].

Şile ilçesinin yeryüzü şekillerini platolar, ovalar ve yükseltiler oluşturmaktadır. Ortalama yüksekliğin 126m olduğu bölgede, yükseltiler güneydeki iç kesimlere doğru kademeli olarak artmaktadır. İlçenin büyük bir kısmı ormanlık alanlarla kaplı olmakla birlikte, yaklaşık 40km falezli yüksek kıyılara ve 20km plajlı alçak kıyılara sahiptir [38].



Şekil 4.6 İstanbul ili ve Şile ilçesi - Balibey mahallesi uydu görüntüsü [44]

Çalışma alanı olarak seçilen arazi, Şile'nin Balibey mahallesinde konumlanmaktadır. Yaklaşık 23m uzunluk ve 19m derinlikteki arazi, güney-kuzey doğrultusunda  $3^0$ 'lık bir eğime ve güney batı yönünde  $22^0$ 'lık yönlenme açısına sahiptir. Ilıman nemli iklim bölgesi için önerilen arazi eğiminin maksimum  $24^0$ , yönlenme durumunun ise GB  $23^0$  – GD  $49^0$  arasında olduğu göz önünde bulundurulduğunda, araziye ilişkin verilerin, önerilen değerler arasında kalması avantaj oluşturmaktadır.

Arazi içerisinde yapının konumlandırılmasına ve formuna etki edecek herhangi bir yapı ya da çok yıllık odunsu bir bitki bulunmamaktadır.



Şekil 4.7 Proje arazisi [45]

#### 4.1.4 Yakın Çevredeki Yapılaşma

##### 4.1.4.1 Yapılaşma Yoğunluğu

İstanbul'daki yapılaşma yoğunluğu güney bölgelerde, Çatalca ve Kocaeli yarımadası üzerindedir. Güney bölgelerden kuzey bölgelere doğru gidildikçe yapılaşma yoğunluğu azalmaktadır. Şile ilçesi, 4.1.3'te de belirtildiği gibi, yapılaşma yoğunluğunun az olduğu kuzey bölgededir.

Yapı arsasının bulunduğu bölge mikro ölçeğe incelendiğinde, yapılaşma dokusunun seyrek olduğu gözlemlenmiştir. Arazisinin çevresinde güneş ışınımlarından ve rüzgardan yararlanmaya engel teşkil edecek mesafede ve yükseklikte herhangi bir unsura rastlanmamıştır (Şekil 4.7). Köşe parsel konumundaki arsanın, kuzeydoğu ve güneydoğusundaki komşu parsellerde henüz yapı bulunmamaktadır. Arsa için geçerli olan imar durumunda belirtilen bahçe mesafeleri ve bölgede izin verilen kat adedi düşünüldüğünde (Çizelge 4.3), ileride komşu parsellerde yer alacak olan yapıların, güneş ışınımları ve rüzgar için engel teşkil etmeyeceği sonucuna varılmıştır.

##### 4.1.4.2 Yapılaşma Esasları

Şile ilçesinde yer alan çalışma arazisi için, Şile Merkez 1.Etap Uygulama İmar Planı'ndaki kurallar geçerlidir. Şile Belediyesi resmi sitesinden alınan imar durumuna ilişkin bilgiler Çizelge 4.3'te gösterilmektedir [46].

Çizelge 4.3 Çalışma alanının imar durumuna ilişkin bilgiler

|                                                                                                             |                                         |                        |       |                           |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------|---------------------------|------|
| <b>Mer'i İmar Planı</b>                                                                                     | Şile Merkez 1. Etap Uygulama İmar Planı | <b>İnşaat Nizamı</b>   | Ayrık | <b>TAKS*</b>              | 0,30 |
| <b>İl / İlçe / Mahalle</b>                                                                                  | İstanbul/Şile/Balibey                   | <b>Bina Derinliği</b>  | -     | <b>KAKS**</b>             | 0,60 |
| <b>Ada / Parsel</b>                                                                                         | 27 Ada / 84 Parsel                      | <b>Bina Yüksekliği</b> | -     | <b>Ön Bahçe Mesafesi</b>  | 5,00 |
| <b>Yüz Ölçümü</b>                                                                                           | 450,13 m <sup>2</sup>                   | <b>Kat Adedi</b>       | 2     | <b>Yan Bahçe Mesafesi</b> | 4,00 |
| * Taks Hesabı: 450,13 m <sup>2</sup> x 0,30 = 135,035 m <sup>2</sup> (izin verilen en yüksek taban alanı)   |                                         |                        |       |                           |      |
| ** Kaks Hesabı: 450,13 m <sup>2</sup> x 0,30 = 270,070 m <sup>2</sup> (izin verilen en yüksek inşaat alanı) |                                         |                        |       |                           |      |

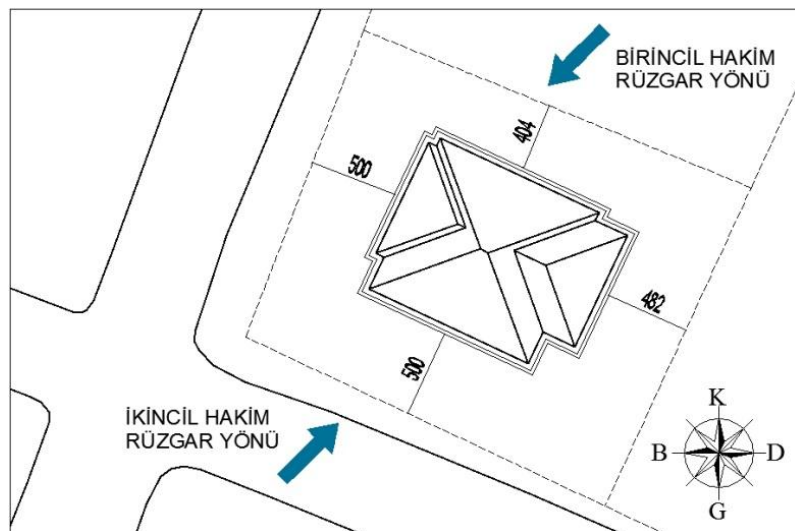
## 4.2 Ilıman Nemli İklim Bölgesi İçin Konut Yapısı Tasarımı

İklimle dengeli yapı tasarımının ana ilkesi, dış çevre koşulları karşısında kullanıcıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebileceği iç ortamlar oluştururken, konfor koşullarından ödün vermeksizin enerji tüketimini minimum seviyelerde tutmaktır. Bu ilkeden yola çıkılarak yapının tasarım aşamasında, ılıman nemli iklim bölgesinin gereksinimleri ana ölçüt olarak kabul edilmiş, mevcut arazi verileri ve imar yönetmeliğinin belirlediği sınırlamalar göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan değerlendirmeler ışığında, işletim sürecinde ısıl konfor gereksinimleri düşük enerjiyle karşılanabilen ve enerji etkinliği pasif yöntemlerle desteklenen bir konut yapısı tasarımı hedeflenmiştir.

### 4.2.1 Yapının Konumu ve Yönlendirilişi

Yapının arsa içerisindeki konumu ve yönleniş durumu belirlenirken, imar durumunda belirtilen bahçe mesafeleri, komşu parsellerle ve yollarla olan görsel ilişkisi, iklim bölgesine bağlı olarak güneşin ve rüzgarın arsa üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

Mevcut koşullar değerlendirildiğinde, Şekil 4.8’de gösterildiği gibi, imar kuralları çerçevesinde komşu parsel ve yollar ile uygun mesafe belirlenmiş ve yazın ikincil hakim rüzgardan yararlanmak, kışın ise birincil hakim rüzgardan korunup güneşten yarar sağlamak için, yapı güneybatıya yönlendirilmiştir.



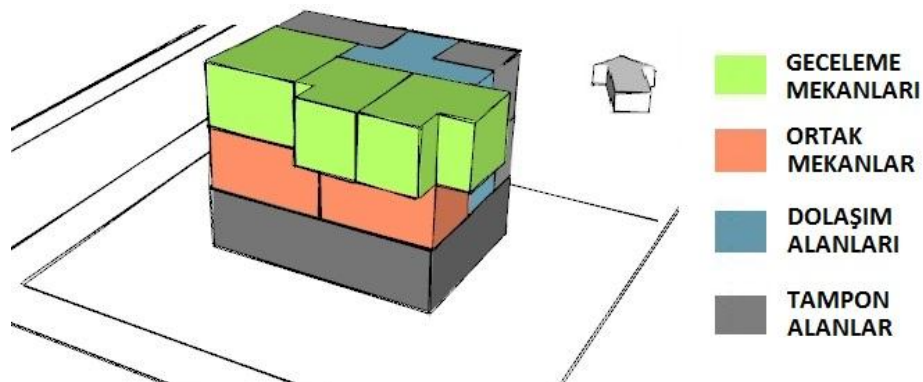
Şekil 4.8 Yapının arazi içerisindeki konumu ve yönleniş

#### 4.2.2 Yapı Formu ve Mekan Organizasyonu

İlman nemli iklim bölgesinin genel karakteri düşünülerek, ısıtma döneminde minimum ısı kaybı, soğutma döneminde ise minimum ısı kazancı sağlayacak, güneşten ve rüzgardan gerekli düzeyde yararlanabilecek bir kütle oluşturmak amaçlanmıştır. İlman nemli iklim bölgelerinde, yapı oranlarının  $1x1,3 - 1x2,4$  arasında olduğu, dikdörtgen ya da serbest formlar ve eğimli çatılar önerilmektedir [20]. Buradan hareketle, iklim bölgesi için önerilen değerler ile imar durumunda belirtilen bahçe mesafeleri ve TAKS değeri (taban alanı katsayısı) bir arada değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yapı oranı zemin katta  $1x1,37$ , 1.katta  $1,31$  olarak belirlenmiş ve çatı formunda kırma çatıya karar verilmiştir.

Kütle formu, mekanların yapı içerisindeki konumlanış şekli ve birbirleri arasındaki ilişkiden yola çıkılarak biçimlendirilmiştir. Mekanlar ise benzer ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyaçlarına göre gruplandırılmış, kullanıcı sayısına ve kullanım sıklığına bağlı olarak bir araya getirilmiştir.

Yapının güneybatı ve kuzey batı cepheleri yollarla, güney doğu ve kuzey doğu cepheleri ise komşu parsellerle görsel ilişkidir (Şekil 4.8). Görsel ve ısısal konfor bir arada düşünülerek, katlardaki ana mekanlar güney batıya yönlendirilirken, ıslak hacimler kuzey doğuda konumlandırılarak tampon alan oluşturmak amaçlanmıştır. Doğu-batı yönünde sıralanan mekanlar, yatay ve düşey dolaşım alanlarıyla (hol ve merdiven) birbirine bağlanmaktadır. Dolaşım alanları, güney batıya yönelen ana mekanlar ile kuzey doğuya yönlendirilen tampon alanlar arasındaki ısıl dengeyi kurmakta ve doğal havalandırmaya olanak sağlamaktadır.

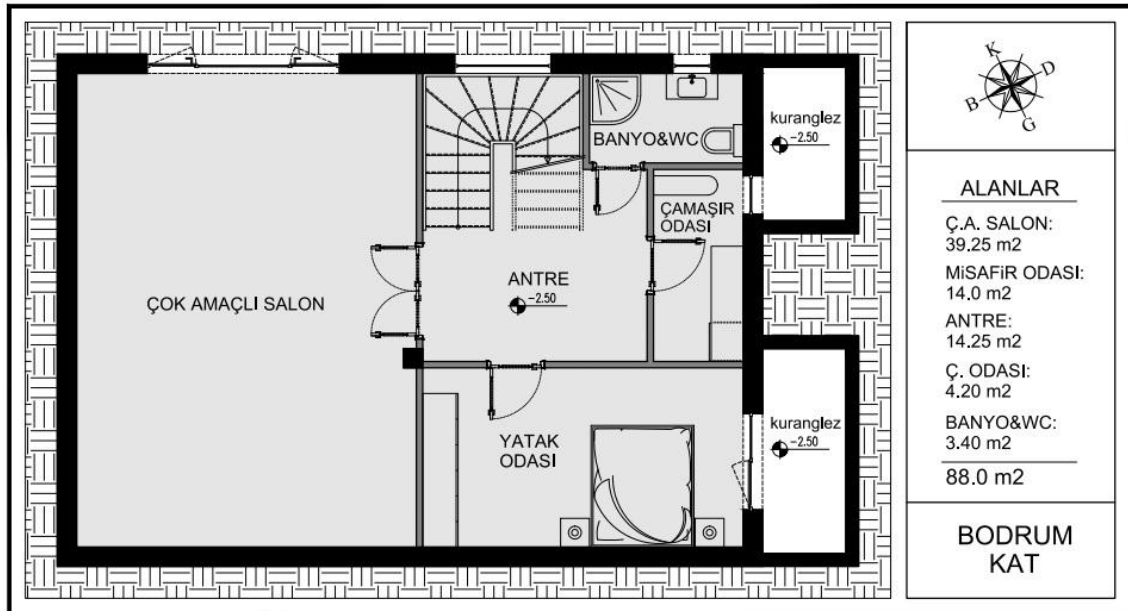


Şekil 4.9 Mekan organizasyonu

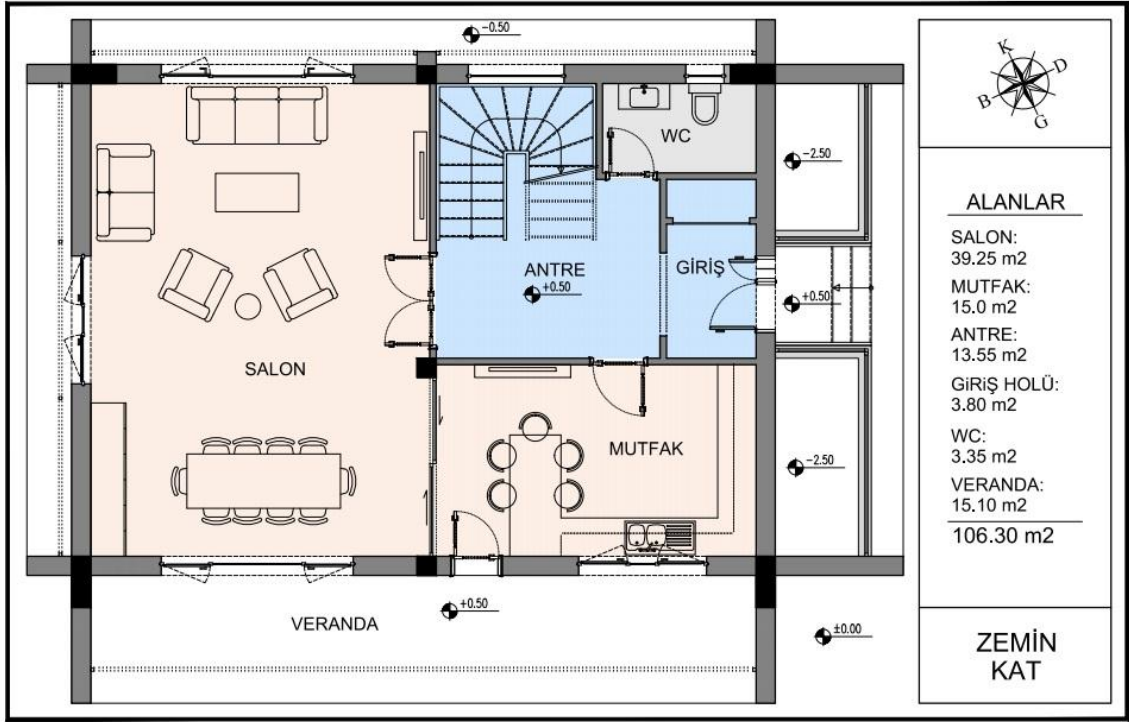
Çekirdek aile için tasarlanan konut yapısı, bodrum kat, zemin kat ve 1.kattan meydana gelmektedir. Bodrum katta; çok amaçlı salon, misafir odası, banyo-wc ve çamaşır odası yer almaktadır. Ön ve yan cephelerin 2.50m'sinin, arka cephenin ise 2.0m'sinin toprak altında kaldığı bodrum kat, daha çok tampon alan oluşturmak üzere planlanmıştır (Şekil 4.10).

Zemin katta; işlevsellik açısından ortak kullanım sıklığı düşünülerek salon, mutfak, wc, antre ve giriş holüne yer verilmiştir. Güneş ışınımlarından maksimum düzeyde faydalanabilmek için, gün içerisinde daha çok kullanılan salon ve mutfak mekanları güney batıya yönlendirilmiştir. Katta en geniş alana sahip olan salon, dış çevreyle görsel ilişkide olmak, gün ışığından maksimum düzeyde yararlanmak ve doğal yollardan çapraz havalandırmayı sağlamak için, kuzey batı ve kuzey doğu yönlerinde de cephelendirilmiştir (Şekil 4.11).

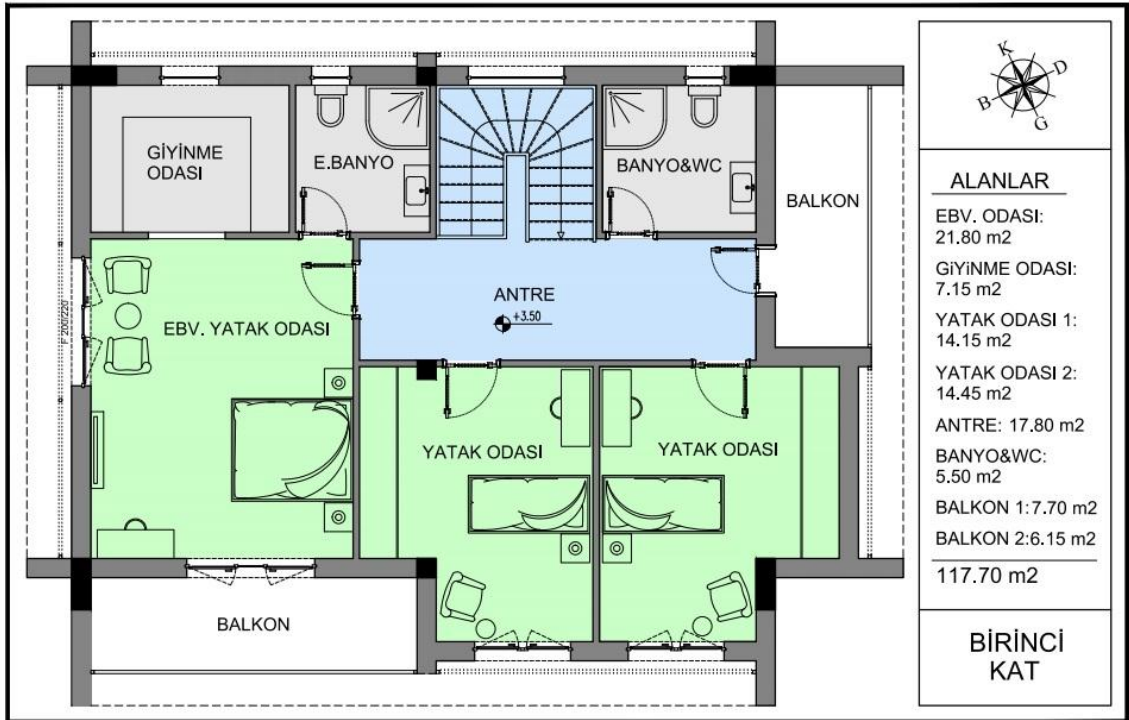
1.katta; yatak odaları ve bu mekanlara hizmet eden ikincil mekanlar (giyinme odası, ıslak hacimler ve balkonlar) yer almaktadır. Yatak odaları güney batıya yönlendirilirken, diğer ikincil mekanlar kuzey doğuda konumlandırılarak tampon bölge oluşturulmuştur (Şekil 4.12).



Şekil 4.10 Bodrum kat planı



Şekil 4.11 Zemin kat planı



Şekil 4.12 Birinci kat planı

Kat planları oluşturulurken, imar durumunda izin verilen taban alanı ve toplam inşaat alanı değerlerinin aşılmamasına dikkat edilmiştir. Alan hesaplamaları, imar yönetmeliğindeki emsal kuralları göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Yapı alanını ve emsal hesabını gösteren çizelge aşağıdaki gibidir.

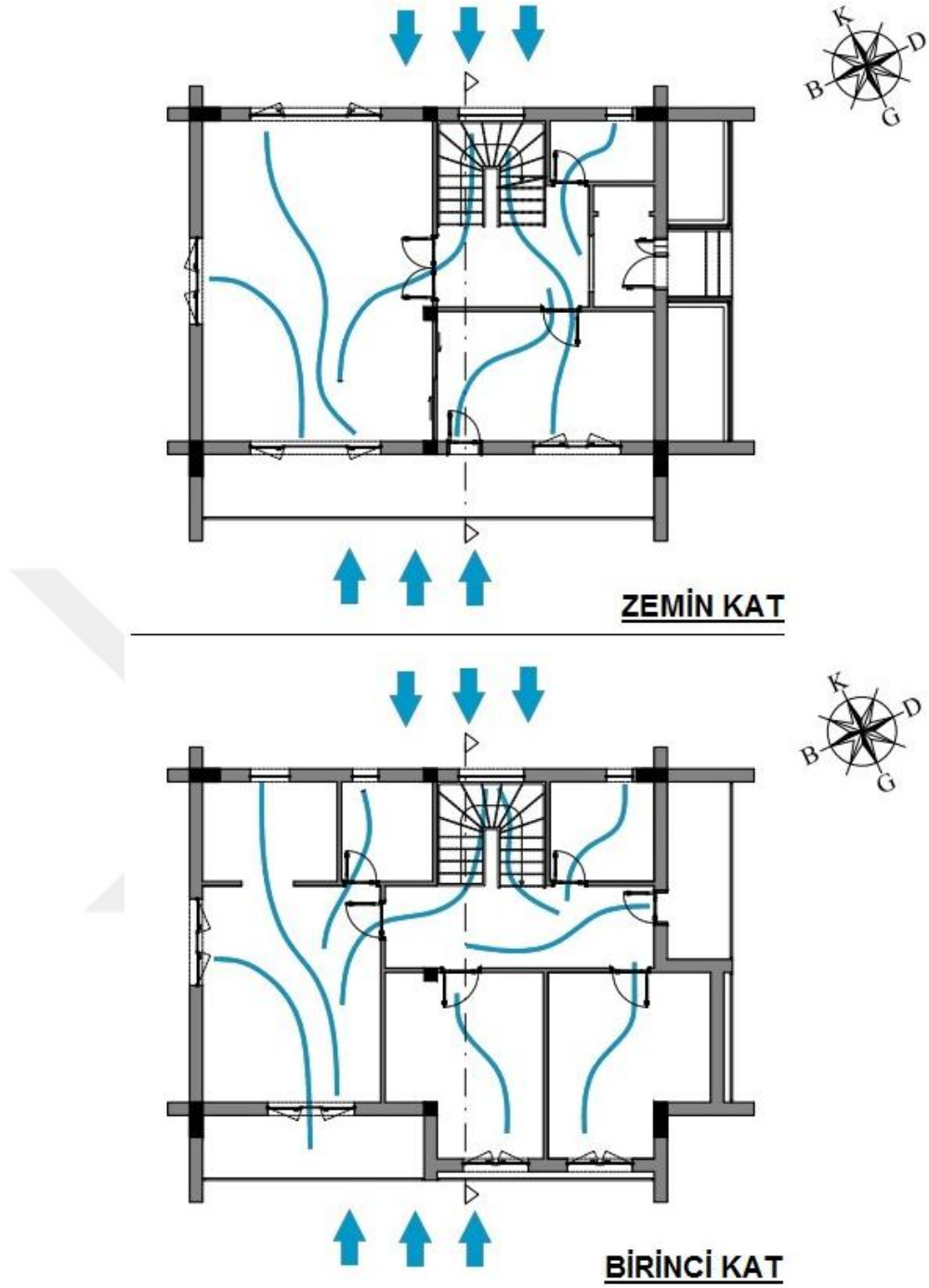
Çizelge 4.4 Konut yapısının alan hesaplamaları

|                                                                                                                                        | TOPLAM ALAN           | EMSAL DIŞI ALAN      | EMSAL ALANI                 | TAKS ALANI                   | KAKS ALANI                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Bodrum Kat                                                                                                                             | 88,00 m <sup>2</sup>  | -                    | 88,00 m <sup>2</sup>        | -                            | -                            |
| Zemin Kat                                                                                                                              | 106,30 m <sup>2</sup> | 21,60 m <sup>2</sup> | <b>84,70 m<sup>2</sup></b>  | <b>135,035 m<sup>2</sup></b> | -                            |
| 1.Kat                                                                                                                                  | 117,70 m <sup>2</sup> | 21,40 m <sup>2</sup> | 96,30 m <sup>2</sup>        | -                            | -                            |
| Tüm Katlar                                                                                                                             | 312,00 m <sup>2</sup> | 43,00 m <sup>2</sup> | <b>268,95 m<sup>2</sup></b> | -                            | <b>270,070 m<sup>2</sup></b> |
| $84,70 \text{ m}^2 < 135,035 \text{ m}^2 = \text{TAKS UYGUNDUR,}$<br>$268,95 \text{ m}^2 < 270,070 \text{ m}^2 = \text{KAKS UYGUNDUR}$ |                       |                      |                             |                              |                              |

#### 4.2.3 Doğal Havalandırma Düzeni

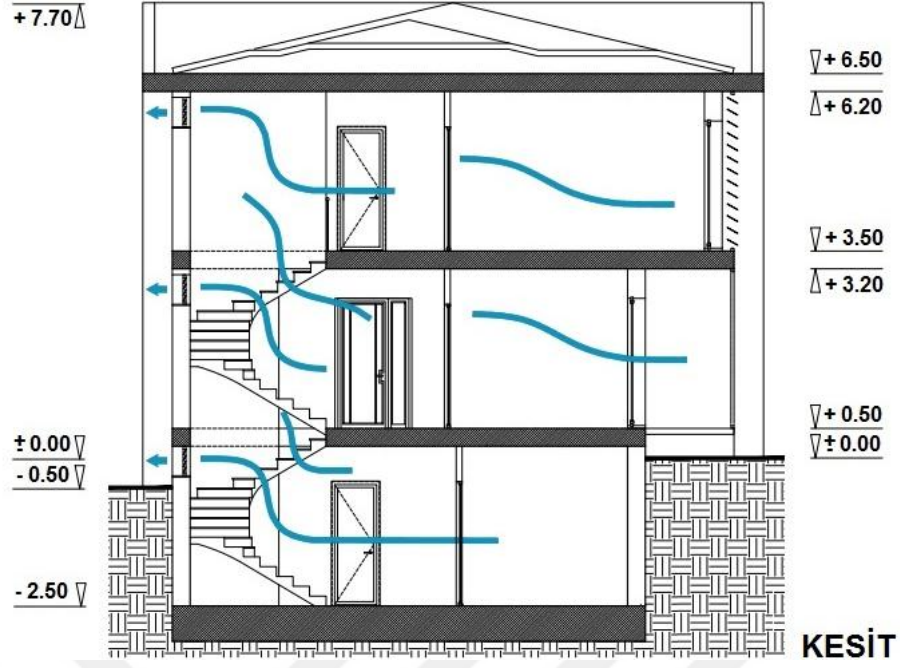
Doğal havalandırma düzeni planlanırken, yöresel rüzgarın karakterine bağlı olarak, doğal havalandırma etkinliğini sağlayan ana ilkeler takip edilmiştir. Birincil hakim rüzgar yönünün kuzeydoğu, ikincil hakim rüzgar yönünün güneybatı olduğu bölgede, yapının güneybatıya yönlendirilmesi (Şekil 4.8), rüzgarın ana mekanlar içerisine alınabilmesi için avantaj sağlamaktadır.

Bölüm 2.3.6'da da açıklandığı gibi doğal havalandırmanın etkinliği, yapı içerisine alınan havanın değişim miktarına, akış hızına ve yönlendirilmesine bağlıdır. Hava değişim miktarı giriş - çıkış açıklıklarının sayısı ve boyutuyla, hava akımlarının hızı basınç farkı miktarıyla, yönü ise basınç bölgelerinin yeri ile ilişkilidir [4]. Tasarlanan konutta hava değişim miktarının yeterli düzeyde sağlanabilmesi için, pencere açıklıkları mekanın büyüklüğüne uygun olarak boyutlandırılmıştır. Pencerelelerin farklı cephe yönlerinde konumlandırılmasıyla, hava dolaşımını kolaylaştırmak hedeflenmiştir.



Şekil 4.13 Zemin kat ve 1.kat doğal havalandırma düzeni

Mekanları birbirine bağlayan ve ısıl dengeyi koruyan dolaşım alanlarının doğal yollarla havalandırılması sağlanmıştır. Dolaşım alanlarının merkezindeki merdiven kovanının üst kotlarında konumlandırılan açıklıklarla, baca etkisi oluşturularak hava dolaşım etkinliğinin arttırılması amaçlanmıştır.



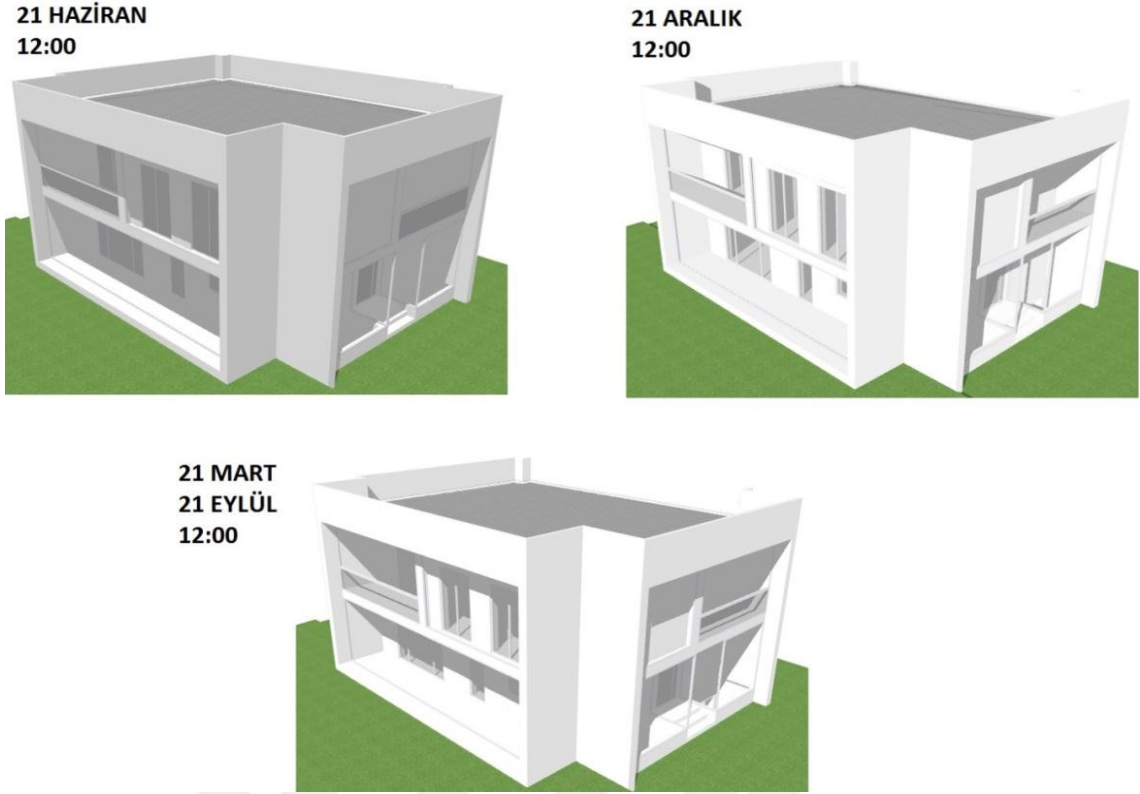
Şekil 4.14 Doğal havalandırma ve baca etkisi

#### 4.2.4 Güneş Kontrolü

Güneş kontrolü için geleneksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Zemin katın gölgelendirilmesinde birinci kattaki çıkmalardan, birinci katın gölgelendirilmesinde ise balkonlardan ve çatı saçağından yararlanılmıştır. Güneş kontrolü için alınan önlemler aşağıda özetlenmektedir.

- Zemin katta, güneybatıya yönlendirilmiş salon ve mutfak gibi kullanım sıklığı ve kullanıcı sayısı fazla olan mekanlar, üst katta yapılan çıkma ile
- Birinci katta, güneybatıya yönlendirilmiş ebeveyn yatak odası, mekan önünde planlanan balkon ile
- Birinci katta, güneybatıya yönlendirilmiş yatak odaları, çatı saçağı ile
- Zemin katta, güneydoğuya yönlendirilmiş giriş alanı, üst katta yapılan çıkma ile
- Birinci katta, güneydoğuya yönlendirilmiş hol, mekan önünde planlanan balkon ile

gölgede bırakılmıştır. Yaz döneminde güneş denetimi sağlayan düzenlemeler, kış döneminde eğik gelen güneş ışınımına engel teşkil etmemektedir.



Şekil 4.15 Yapı yüzeylerinin güneşlenme durumu

#### 4.2.5 Yapı Kabuğu

İklimle dengeli yapı tasarımı, enerji etkinliğinin sağlanmasındaki en önemli faktör, yapının çevresiyle kurduğu ilişkidir. Yapının çevresel etkenlerle uyum halinde olması, iç ortam konfor koşullarının daha düşük enerjiyle karşılanmasını sağlamaktadır. Yapının çevresiyle olan uyumunun artırılmasında, iklimle dengeli yapı tasarım parametreleri arasından, çevre ile sürekli iletişim halinde olan yapı kabuğu öne çıkmaktadır.

Tez çalışması kapsamında tasarlanan konut yapısında, çevresel uyumun artırılarak enerji performansının yükseltilmesi adına, mevsimsel koşullara göre ısı direncinde değişken özellik sergileyen yapı kabuğu kurgusu oluşturulmuştur. Değişken yapı kabuğunun, yapının ısı performansına etkisini ortaya koyabilmek amacıyla sabit yapı kabuğu alternatifleri oluşturularak karşılaştırmalar yapılmıştır. Değişken ve sabit yapı kabuğuna ilişkin detaylı açıklama 4.3'te yer almaktadır.

Yapı kabukları için yapılan belirlemelerde, TS 825'te önerilen U değerleri göz önünde bulundurulmuş ve malzeme detay bilgileri için TS 825 EK-E'deki tablodan yararlanılmıştır.

### 4.3 Konut Önerisinde Yapı Kabuğuna İlişkin Yaklaşımlar

Bu bölümde, konut önerisinde uygulanan değişken yapı kabuğu ve değişken yapı kabuğunun ısıl performansını değerlendirmek üzere üretilen sabit yapı kabuğu alternatifleri açıklanmaktadır.



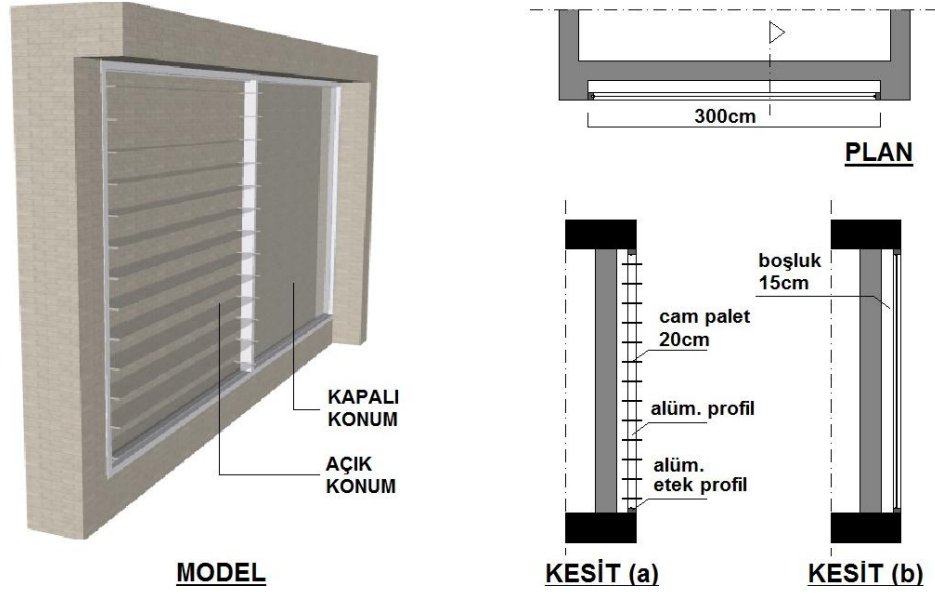
Şekil 4.16 Yapı kabuğu yaklaşımları

#### 4.3.1 Değişken Yapı Kabuğu Yaklaşımı

##### 4.3.1.1 Değişken Yapı Kabuğu Tasarımı

Değişken yapı kabuğu yaklaşımında ana hedef, mevsimlik ve saatlik olarak farklılaşan dış çevre koşulları karşısında, giysilerin ısı geçirme direncini değiştirme mantığını yapıya aktararak, yapının ısıl performansını arttırmaktır. Bu doğrultuda, ısıtma döneminde yapıyı saran, soğutma döneminde ise yapıdan sıyrılan saydam bir cidar sistemi kurgulanmıştır.

Kabuğun ana gövde elemanı ile bütünleştirilen hareketli saydam cidar, yapı kabuğunun ısı geçirme direncinin dış ortam koşullarına göre değiştirilebilir olmasını sağlamaktadır. Kullanıcı kontrolünde yapı kabuğuna dahil edilebilen bu hareketli cidar, bir tür saydam yalıtım olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Hareketli saydam cidar sistemi

Hareketli saydam cidar sistemi, çerçevesiz cam paletlerden ve taşıyıcı alüminyum profillerden oluşmaktadır. Profiller, 250-300cm aralıklarla, kabuğun ana gövde elemanına temas etmeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Profil aralarına, 20cm genişliğe ve 6mm kalınlığa sahip Low-E camlardan oluşan, hareketli paletler yerleştirilmiştir. Cam paletler, aksel olarak hareket etmekte ve manuel olarak düğmeyle kontrol edilmektedir.

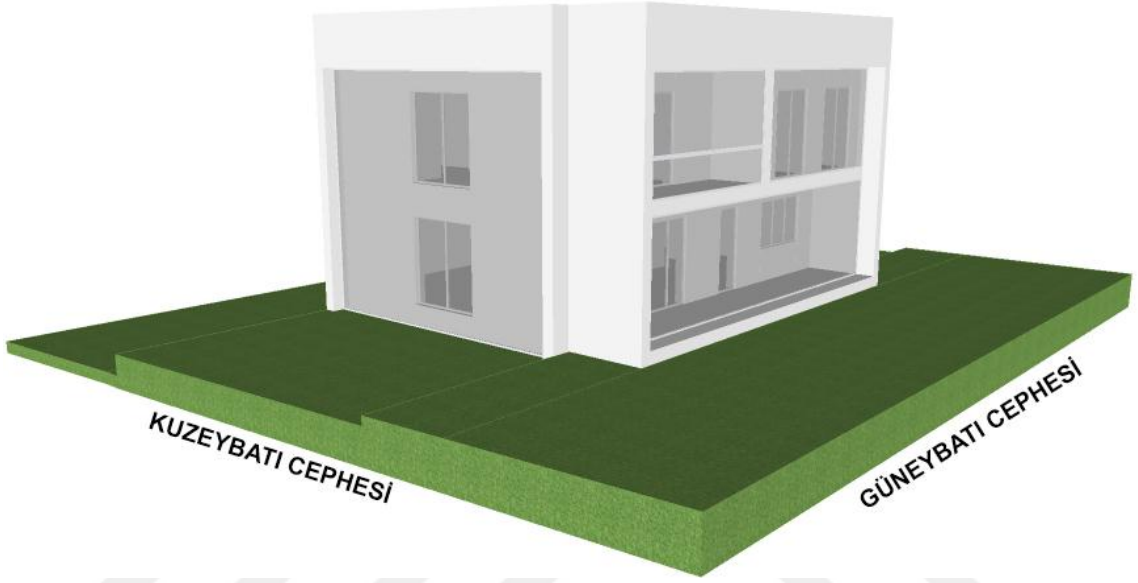
Cam paletler kapalı konumdayken, en dışta cam katman, arada hava boşluğu ve içte duvar elemanı bulunan bir yapı kabuğu kesiti elde edilmektedir. Cam elemanlar sayesinde, yapı kabuğu yalıtımlı hale gelerek ısı direnci artmakta ve aynı zamanda, cephede sera etkisi yaratılarak güneşten ısı kazanımı sağlanmaktadır. Cam paletler açık konumdayken, yalıtım etkisiz bırakılarak cephe havalandırılmakta ve kabuk yüzeyindeki ısı birikiminin önüne geçilmektedir.

Hareketli sistem yapı kabuğu için yalıtım cidarı oluşturmanın yanı sıra, balkon ve veranda gibi ikincil mekanları çevreleyerek, iç ortam ve dış ortam arasında tampon alan oluşturmaktadır.

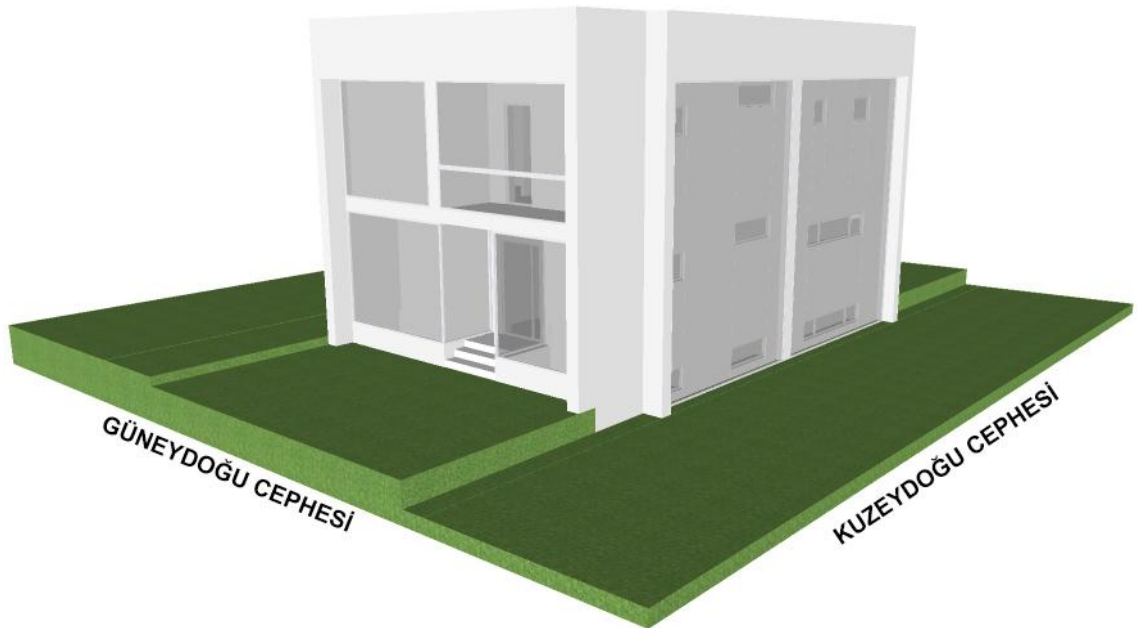
Herhangi bir otomasyon sistemine bağlı olmadığı düşünülen cam elemanların konumu; ısıtma döneminde kapalı, soğutma döneminde açık olacak şekilde kullanıcı kontrolünde değişmektedir.

**Isıtma Dönemi (Kapalı Konum):**

Cam elemanlar, ısıtmanın istendiği dönemde kapalı konuma getirilmektedir. Kapalı konumdayken, kabuğun ana gövde elemanı ısı depolayan duvar, güney doğu ve güney batıda yer alan balkonlar ve veranda ise hem ısı depolayan hem de iç mekandan ısı kaybını azaltan tampon alan olarak çalışarak ısıtma yükünü düşürmektedir (Şekil 4.18-4.19).



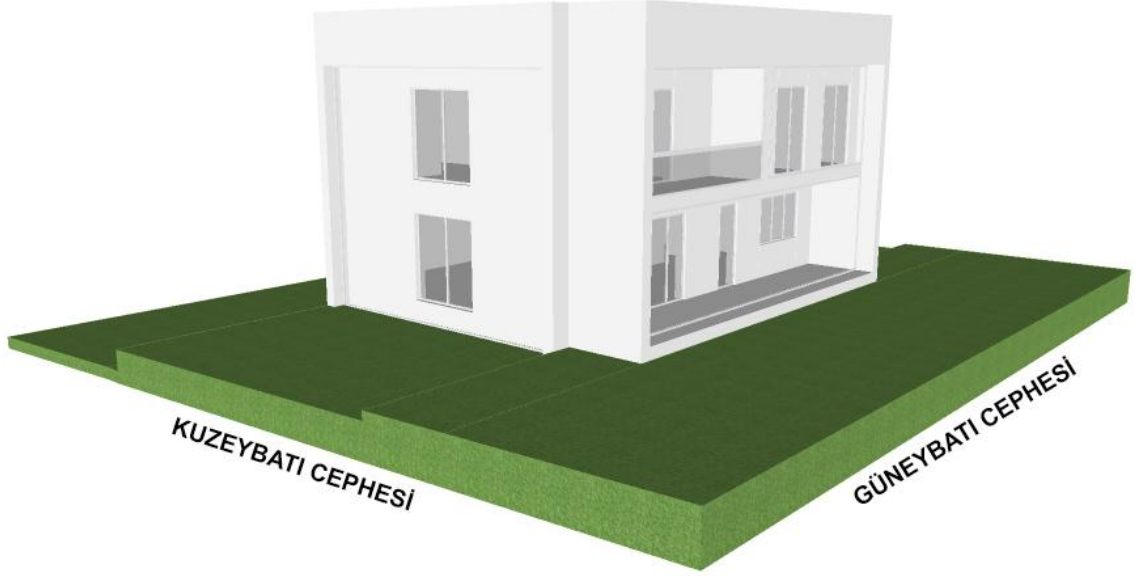
Şekil 4.18 Isıtma döneminde güneybatı ve kuzeybatı cephesindeki cam elemanların konumu



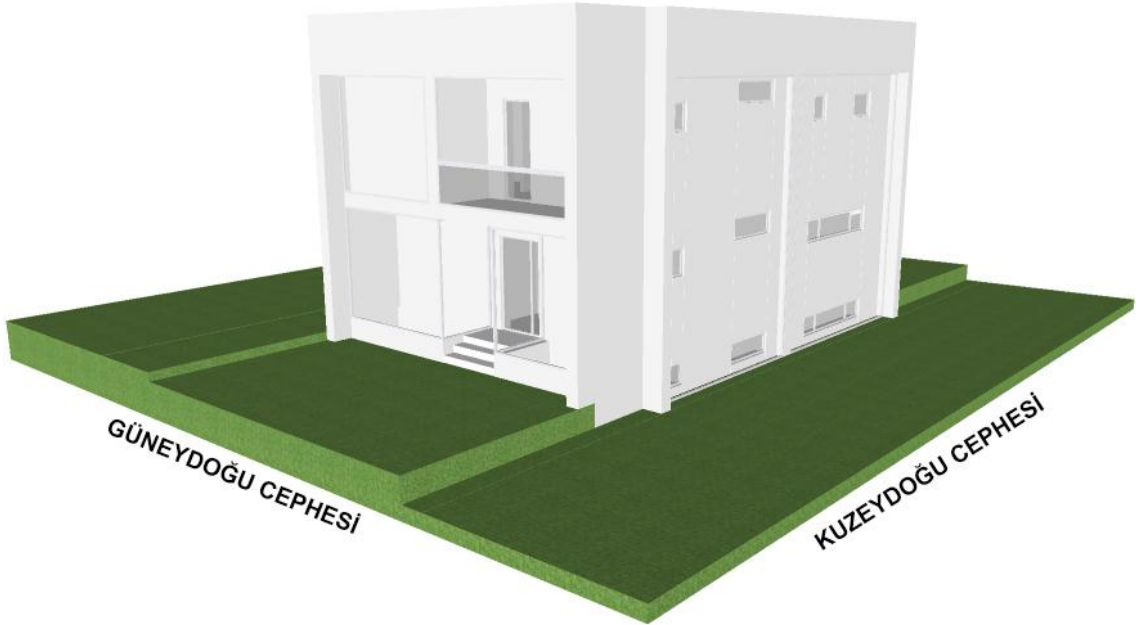
Şekil 4.19 Isıtma döneminde güneydoğu ve kuzeydoğu cephesindeki cam elemanların konumu

**Soğutma Dönemi (Açık Konum):**

Cam elemanlar soğutmanın istendiği dönemde açık konuma getirilmektedir. Cam katmanın etkisiz hale gelmesiyle, soğutma döneminde güneşten aşırı ısı kazancı önlenmektedir (Şekil 4.20-4.21).



Şekil 4.20 Soğutma döneminde güneybatı ve kuzeybatı cephesindeki cam elemanların konumu



Şekil 4.21 Soğutma döneminde güneydoğu ve kuzeydoğu cephesindeki cam elemanların konumu

#### 4.3.1.2 Değişken Yapı Kabuğunun Termofiziksel Özellikleri

Yapı kabuğunda öncelikli olarak, cephelerdeki saydamlık oranlarına karar verilmiş, sonrasında yapı kabuğunu meydana getiren opak ve saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayısı değerleri ve bu değerleri sağlayan malzemelerin katmanlaşma detayları belirlenmiştir.

##### **Saydamlık Oranı:**

Yapının konumu ve yönlenme durumu anlatılırken de belirtildiği üzere, yapının güneybatı ve kuzeybatı cepheleri manzarayla, güneydoğu ve kuzeydoğu cepheleri ise komşu parsellerle görsel ilişkidedir. Ayrıca yapının kuzeydoğu ve güneybatı cepheleri, birincil ve ikincil hakim rüzgarın etkisi altındadır. Bu bilgiler doğrultusunda manzaraya açılma, mahremiyeti sağlama, gün ışığından ve doğal havalandırmadan yararlanma, güneşten ısı kazancı elde etme gibi parametreler göz önünde bulundurularak saydamlık oranları belirlenmiştir.

Çizelge 4.5'ten de anlaşılacağı gibi saydamlık oranı, güneybatı ve kuzeybatı cephelerinde yüksek, kuzeydoğu cephesinde minimum tutulmuştur. Güneydoğu cephesinde ise yalnızca kapı alanları tasarlanmıştır.

Çizelge 4.5 Cephelerde belirlenen saydamlık oranı

| Cephe Yönü           | GB  | KB  | KD  |
|----------------------|-----|-----|-----|
| Saydamlık Oranı (SO) | %30 | %18 | %10 |

##### **Saydam Bileşenlerin U değeri:**

2. iklim bölgesinde yer alan İstanbul'da saydam bileşenler için TS 825'te önerilen en yüksek  $U_p$  değeri  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Önerilen bu değer, pencerenin toplam ısı geçirme katsayısıdır. Enerji hesaplamalarının yapılacağı Design Builder programında, camın ve doğramanın ısı geçirme katsayısı ( $U_c$  ve  $U_{do}$ ) ayrı ayrı ele alındığından, önerilen  $U_p$  değerini sağlayan  $U_c$  ve  $U_{do}$  değerlerini belirlemek için TS 2164'ten yararlanılmıştır. Saydam bileşenler için ele alınacak olan  $U_p$  değeri Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

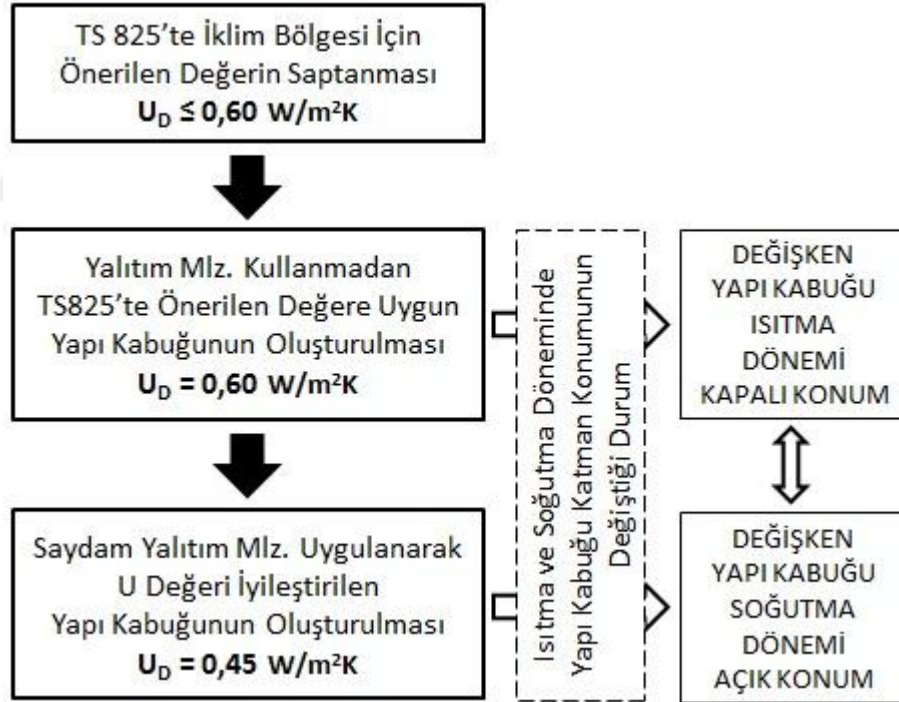
Çizelge 4.6 Saydam Bileşenlerin U Değeri

| SAYDAM BİLEŞEN |                                     | $U_c$<br>(W/m <sup>2</sup> K) | $U_{do}$<br>(W/m <sup>2</sup> K) | $U_p$<br>(W/m <sup>2</sup> K) | TS 825 $U_p$<br>(W/m <sup>2</sup> K) |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| PENCERELER     | LowE Cam 4-16-4 mm<br>Ahşap Doğrama | 1,9                           | 3,4                              | 2,3                           | 2,4                                  |

**Opak Bileşenlerin U değeri:**

TS 825'te 2. iklim bölgesi için önerilen ısı geçirme katsayıları; tabanda 0,60 W/m<sup>2</sup>K, tavanda 0,40 W/m<sup>2</sup>K, duvarda ise 0,60 W/m<sup>2</sup>K'dir. Konut önerisinin opak bileşenlerine ait kesitler belirlenirken bu değerler göz önünde bulundurulmuştur.

Yapının taşıyıcı sistemi betonarme karkas, örtü elamanı eğimli ahşap çatı olarak belirlenmiştir. Yapı kabuğunun opak alanları oluşturulurken izlenen adımlar Şekil 4.22'de gösterilmektedir.



Şekil 4.22 Değişken yapı kabuğunda U değerinin belirlenmesi

Dış ortam koşullarına göre, kullanıcı kontrolünde yalıtımlı ya da yalıtımsız hale getirilebilen değişken yapı kabuğunda, TS 825'te önerilen sınır değer aşılması için, yalın haliyle U değeri 0,60 W/m<sup>2</sup>K olan bir duvar kesiti oluşturulmuştur. Saydam yalıtımın eklenmesiyle U değeri iyileştirilerek 0,45 W/m<sup>2</sup>K 'e düşürülmüştür.

Değişken yapı kabuğunun opak bileşen detayları ve malzeme özellikleri Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7 Değişken yapı kabuğu bileşenlerinin U değerleri ve malzeme özellikleri

| OPAK BİLEŞEN                                                                                                                                                                                                                                                        |                  | KATMAN DETAYI |                             |          |                           |                           | U<br>(W/m <sup>2</sup> K) | TS825<br>U<br>(W/m <sup>2</sup> K) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  | Kesit         | Malzeme                     | d<br>(m) | ρ<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | λ<br>(W/m <sup>0</sup> K) |                           |                                    |
| TABAN                                                                                                                                                                                                                                                               | Zemine Oturan D. |               | Parke                       | 0,01     | 600                       | 0,13                      | 0,56                      | 0,60                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Çimento Harçlı Şap          | 0,02     | 2000                      | 1,40                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | EPS                         | 0,04     | 30                        | 0,03                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Polimer Bitümlü Su Yalıtımı | 0,01     | 3000                      | 0,19                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Tesviye Şapı                | 0,03     | 2000                      | 1,40                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Hafif Beton                 | 0,10     | 2200                      | 1,65                      |                           |                                    |
| TAVAN                                                                                                                                                                                                                                                               | Üstü Çatılı D.   |               | Çatı Örtüsü                 | (ihmal)  | -                         | -                         | 0,37                      | 0,40                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | MW Cam Yünü                 | 0,10     | 12                        | 0,04                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Betonarme                   | 0,12     | 2400                      | 2,50                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Kireçli Alçı Sıva           | 0,02     | 1400                      | 0,70                      |                           |                                    |
| DUVAR                                                                                                                                                                                                                                                               | Hava temaslı     |               | Kireçli Alçı Sıva           | 0,02     | 1400                      | 0,70                      | *<br>0,45<br>&<br>0,60    | 0,60                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Gaz beton                   | 0,19     | 400                       | 0,13                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Çimento Harçlı Sıva         | 0,01     | 2000                      | 1,60                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Hava Boşluğu                | 0,15     | -                         | -                         |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | LowE Cam                    | 0,006    | -                         | -                         |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     | Toprak Temaslı   |               | Kireçli Alçı Sıva           | 0,02     | 0,02                      | 1400                      | **<br>1,20<br>x<br>0,5    |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Beton Blok                  | 0,20     | 1200                      | 0,35                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Çimento Harçlı Sıva         | 0,01     | 2000                      | 1,60                      |                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |               | Polimer Bitümlü Su Yalıtımı | 0,01     | 0,01                      | 3000                      |                           |                                    |
| <p>* 0,60: değişken yapı kabuğu sisteminde, cam elemanların açık olduğu durumdur<br/>0,45: değişken yapı kabuğu sisteminde, cam elemanların kapalı olduğu durumdur<br/>** 0,5: TS 825'te toprak temaslı yüzeyler için, U değerini hesaplamada kullanılan çarpan</p> |                  |               |                             |          |                           |                           |                           |                                    |

#### 4.3.2 Sabit Yapı Kabuğu Yaklaşımı

##### 4.3.2.1 Sabit Yapı Kabuğu Tasarımı

Sabit yapı kabuğu yaklaşımında, mevsimsel olarak değişkenlik gösteren kabuk yaklaşımının aksine, yıl boyunca yapı kabuğunun özellikleri sabit tutulmuş, ısıtma ve soğutma döneminde ısıl direnci değiştirmeye yönelik ayrı bir senaryo geliştirilmemiştir.

- **Yalın Kabuk:**

Kabuğun ana gövde elemanının yalın bırakılmasıyla elde edilen kesittir. Opak ve saydam yalıtımın, ısıtma ve soğutma dönemlerindeki davranışını karşılaştırmalı olarak inceleyebilmek üzere oluşturulmuştur. Bu kesit, değişken yapı kabuğu için kurgulanan hareketli cam sisteminde, cam elemanların yıl boyunca açık konumda olduğu duruma eş değer olarak kabul edilmektedir.

- **Saydam Yalıtımlı Kabuk:**

Kabuğun ana gövde elemanının önüne saydam yalıtımın (Low-E cam) uygulanmasıyla elde edilen kesittir. Bu kesit, değişken yapı kabuğu için kurgulanan hareketli cam sisteminde, cam elemanların yıl boyunca kapalı konumda olduğu duruma eş değer olarak kabul edilmektedir.

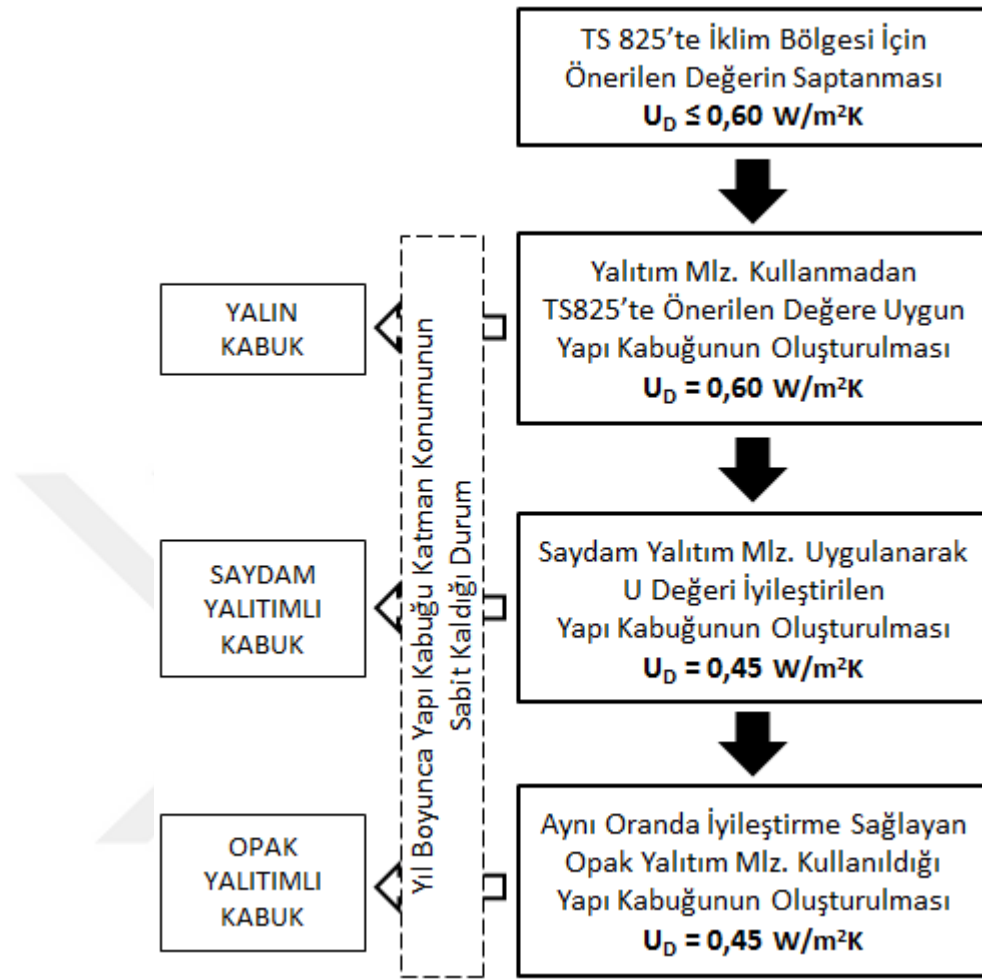
- **Opak Yalıtımlı Kabuk:**

Kabuğun ana gövde elemanına opak yalıtım malzemesinin (EPS) uygulanmasıyla elde edilen kesittir.

##### 4.3.2.2 Sabit Yapı Kabuğu Alternatiflerinin Termofiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Sabit yapı kabuğu yaklaşımında, duvar özelliklerine ilişkin, kabuğun ana gövde elemanının yalın bırakıldığı ve saydam ya da opak yalıtımın uygulandığı farklı alternatifler oluşturulmuştur. Dolayısıyla, önceden belirlenen saydamlık oranı, saydam bileşen özellikleri, tavan, taban ve toprak temaslı duvar bileşenlerinin özellikleri değiştirilmemiştir.

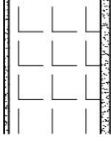
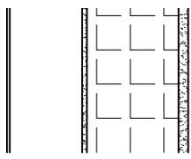
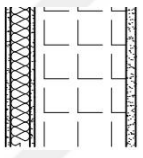
Sabit yapı kabuğu alternatiflerinin U değerleri belirlenirken uygulanan yöntem, Şekil 4.23’de şematik olarak özetlenmektedir.



Şekil 4.23 Sabit yapı kabuğu alternatiflerinin oluşturulması

Bölüm 4.3.2.1’de belirtildiği gibi yalın kabuk, değişken yapı kabuğunda hareketli cam elemanların yıl boyunca açık olduğu duruma, saydam yalıtımlı kabuk ise, hareketli cam elemanların yıl boyunca kapalı olduğu duruma eş değerdir. Dolayısıyla U değerleri de değişken yapı kabuğunun U değerleri ile aynıdır (yalın kabuk = açık konum =  $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ , saydam yalıtımlı kabuk = kapalı konum =  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Opak yalıtımlı kabuk, saydam yalıtımlı kabuk ile aynı U değerini sağlayacak şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 4.8 Sabit yapı kabuğu bileşenlerinin U değerleri ve malzeme özellikleri

| YAPI KABUĞU<br>ALTERNATİFİ |                        | KATMAN DETAYI                                                                      |                     |          |                           |                           | U<br>(W/m <sup>2</sup> K) |
|----------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                            |                        | Kesit                                                                              | Malzeme             | d<br>(m) | ρ<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | λ<br>(W/m <sup>0</sup> K) |                           |
| SABİT YAPI KABUĞU          | K1<br>YALIN            |   | Kireçli Alçı Sıva   | 0,02     | 1400                      | 0,70                      | 0,60                      |
|                            |                        |                                                                                    | Gaz beton           | 0,19     | 400                       | 0,13                      |                           |
|                            |                        |                                                                                    | Çimento Harçlı Sıva | 0,01     | 2000                      | 1,60                      |                           |
|                            | K2<br>SAYDAM YALITIMLI |   | Kireçli Alçı Sıva   | 0,02     | 1400                      | 0,70                      | 0,45                      |
|                            |                        |                                                                                    | Gaz Beton           | 0,19     | 400                       | 0,13                      |                           |
|                            |                        |                                                                                    | Çimento Harçlı Sıva | 0,01     | 2000                      | 1,60                      |                           |
|                            |                        |                                                                                    | Hava Boşluğu        | 0,15     | -                         | -                         |                           |
|                            |                        |                                                                                    | LowE Cam            | 0,006    | -                         | -                         |                           |
|                            | K3<br>OPAKYALITIMLI    |  | Kireçli Alçı Sıva   | 0,02     | 1400                      | 0,70                      | 0,45                      |
|                            |                        |                                                                                    | Gaz Beton           | 0,19     | 400                       | 0,13                      |                           |
|                            |                        |                                                                                    | EPS                 | 0,018    | 30                        | 0,03                      |                           |
|                            |                        |                                                                                    | Çimento Harçlı Sıva | 0,01     | 2000                      | 1,60                      |                           |

#### 4.4 Konut Önerisinde Enerji Yüklerinin Hesaplanması, Karşılaştırılması ve Isıl Performansın Değerlendirilmesi

Ilıman nemli iklim bölgesi ele alınarak tasarlanan konut yapısında, değişken yapı kabuğu tasarımı gerçekleştirilmiş ve kabuğun değişkenlik özelliğinin ısı performansına katkısını değerlendirmek üzere sabit yapı kabuğu alternatifleri üretilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında, yapı kabuğuna ilişkin her bir yaklaşım için konut yapısının enerji yükleri hesaplanmış, hesaplama sonuçlarına göre enerji yükleri karşılaştırılarak, yapı kabuklarının ısı performansı değerlendirilmiştir.

##### 4.4.1 Enerji Yüklerinin Hesaplanması

Bu adımda, konut yapısında uygulanan değişken yapı kabuğunun (K0) ve alternatif olarak üretilen sabit yapı kabuklarının (K1,K2,K3) enerji yüklerinin hesaplama yöntemi açıklanmış ve hesaplama sonuçları grafiklerle aktarılmıştır.

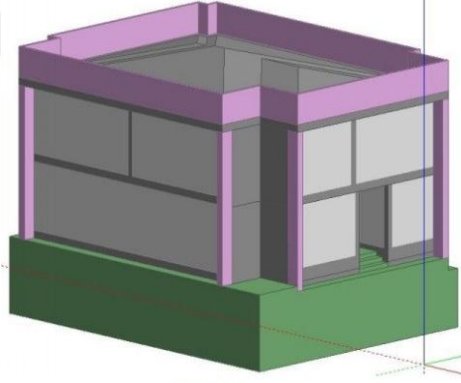
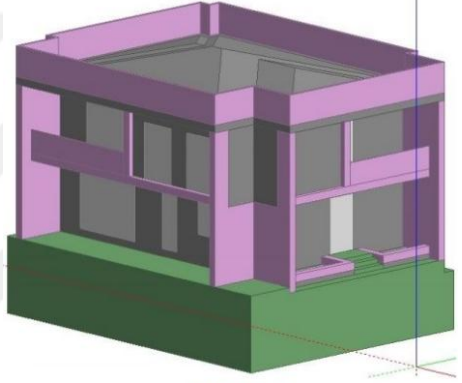
#### 4.4.1.1 Enerji Yüklerinin Hesaplanmasında Kullanılan Program ve Yapılan Kabuller

Ilıman nemli iklim bölgesi için geliştirilen konut önerisinin enerji yükleri, Design Builder programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Design Builder, simülasyon motoru olarak bütünlük bir simülasyon programı olan Energy Plus programını kullanan, kullanıcı kolaylığı için geliştirilmiş görsel ara yüz programıdır [47].

Programda yapının enerji hesaplamaları 3 adımda gerçekleştirilmiştir.

- Yapı Modelinin Oluşturulması: Konut önerisinde farklı yapı kabuğu yaklaşımlarının enerji hesaplamalarını yapabilmek için iki farklı modelleme yapılmıştır.

Çizelge 4.9 Konut önerisinde kullanılan modellemeler

|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                        |                                                                    |
| <b>MODEL 1</b><br>Değişken Yapı Kabuğunda,<br>- Cam Elemanların Kapalı Olduğu Durum<br>Sabit Yapı Kabuğunda,<br>- Saydam Yalıtımlı Durum | <b>MODEL 2</b><br>Değişken Yapı Kabuğunda,<br>- Cam Elemanların Açık Olduğu Durum<br>Sabit Yapı Kabuğunda,<br>- Yalın Durum<br>- Opak Yalıtımlı Durum |

- Programa Verilerin Tanımlanması: Programda, yapının bulunduğu il, yapının kullanım amacı ve kullanım şekli, kullanıcı sayısı, mekansal işlevler, yapı kabuğundaki opak ve saydam bileşenlerinin katman detayı, malzeme özellikleri gibi yapıyı tanımlayan yapısal ve işletimsel veriler tanımlanabilmektedir. Tez çalışması kapsamında tasarlanan konut yapısı için programa tanımlanan veriler aşağıda açıklanmıştır.
  - Yapının bulunduğu il İstanbul olarak seçilmiştir. İstanbul'a ait coğrafi konum bilgileri ve iklimsel veriler program tarafından otomatik olarak atanmıştır. Bu iklimsel veriler, İstanbul merkezinin iklim özelliklerini yansıtan ortalama

değerlerdir. Çalışma arazisinin bulunduğu Şile ilçesi, yapılaşma yoğunluğunun az olduğu kesimde yer aldığı için, rüzgarın bölge üzerindeki etkinlik düzeyi (rüzgara açık bölge) ve çevre örtüsünü oluşturan yüzey malzemeleri (yeşil alan) manuel olarak seçilmiştir.

- Fonksiyonu konut olarak belirlenen yapıda, her bir mekanın işlevi (salon, yatak odası, banyo vb) programa tanıtılmıştır. Balkonlar, kış bahçesi ve çatı, ısıtma ve soğutmanın yapılmadığı alanlar olarak kabul edilmiştir.
- Yapının kullanıcı sayısı 4, kullanıcıların aktivite düzeyi 0,9 met, kışlık giysi yalıtım değeri 1 clo, yazlık giysi yalıtım değeri 0,5 clo'dur.
- Yapının ısıtma sisteminde kullanılan enerji kaynağı doğal gaz, soğutma sisteminde elektriktir. Tüm mekanlarda ısıtma sistemi aktifken, soğutma sistemi banyo ve WC alanlarında aktif edilmemiştir. İç ortamda sağlanması gereken konfor koşulları, ASHRAE 55-2013 standardında yer alan değerlere göre belirlenmiştir. Isıtma dönemi için iç hava sıcaklığı konfor değeri 20<sup>0</sup>C, geri ısıtma sıcaklığı 12<sup>0</sup>C, soğutma döneminde ise iç hava sıcaklığı konfor değeri 25<sup>0</sup>C, geri soğutma sıcaklığı 28<sup>0</sup>C'dir.
- Tüm mekanlar için doğal havalandırma sistemi aktif edilmiştir. Doğal havalandırma için belirlenen minimum sıcaklık kontrol değeri 24<sup>0</sup>C'dir.
- Sıcak su mutfak, banyo ve WC alanlarında kullanılmaktadır. Sıcak su kullanım limiti 0.85 CoP, ısıtma değeri 65<sup>0</sup>C'dir.
- Yapılan aktivitelere göre salon, yatak odaları, mutfak ve çamaşır odasında elektrikli ev aletleri kullanımı hesaplamalara dahil edilmiştir.
- Aydınlatma elemanı olarak LED kullanılmıştır. İhtiyaç duyulan ortalama aydınlık düzeyi salon ve yatak odaları için 200lüx, mutfak ve banyolar için 300lüx, dolaşım alanları için 100 lüx olarak belirlenmiştir.
- Enerji Simülasyonu: Yapının toplam enerji harcamaları ve birim alana düşen enerji yükü dağılımı (ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su ve elektrikli ev aletleri) hesaplatılmıştır.

#### 4.4.1.2 Değişken Yapı Kabuğu Yaklaşımı İçin Enerji Yüklerinin Hesaplanması

Değişken yapı kabuğu yaklaşımı için öncelikli olarak yapıyı çevreleyen cam elemanların konum değiştireceği ısıtma ve soğutma dönemleri belirlenmiştir. Cam elemanların açık konumda (K0-1) ve kapalı konumda (K0-2) olduğu durumlardaki ısıtma - soğutma yükleri aylık bazda hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Her iki durumun aylık toplam ısıtma – soğutma yükleri karşılaştırılarak cam elemanların hangi konumda daha az enerjiye ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10 Değişken yapı kabuğunda, cam elemanların açık (K0-1) ve kapalı (K0-2) olduğu durumlar için hesaplanan aylık ısıtma ve soğutma yükleri

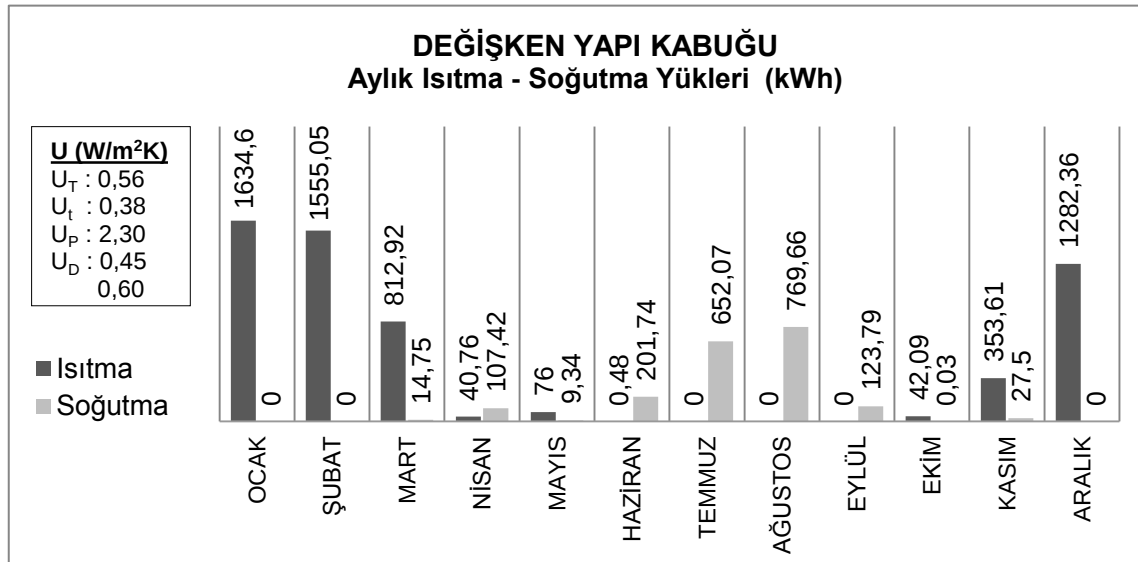
|                     |         | Oc.     | Şu.     | Ma.     | Ni.     | My.     | Ha.  | Tm.    | Ağ.     | Ey. | Ek.    | Ks.     | Ar.     |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|--------|---------|-----|--------|---------|---------|
|                     |         | ISITMA  | SOĞUTMA | I+S     | ISITMA  | SOĞUTMA | I+S  | ISITMA | SOĞUTMA | I+S | ISITMA | SOĞUTMA | I+S     |
| K0-1 (Açık Konum)   | I+S     | 1634,60 | 0       | 1555,05 | 812,92  | 40,76   | 0    | 0      | 0       | 0   | 0      | 353,61  | 1282,36 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
| K0-2 (Kapalı Konum) | I+S     | 1634,60 | 0       | 1555,05 | 812,92  | 40,76   | 0    | 0      | 0       | 0   | 0      | 353,61  | 1282,36 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | I+S     | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | ISITMA  | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |
|                     | SOĞUTMA | 2075,51 | 0       | 2174,36 | 1699,15 | 539,84  | 76,0 | 0      | 0       | 0   | 42,09  | 816,03  | 1698,97 |

Çizelgeye göre;

- Cam elemanların kapalı konuma getirileceği ısıtma dönemini yansıtan aylar; Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım, Aralık
- Cam elemanların açık konuma getirileceği soğutma dönemini yansıtan aylar; Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim

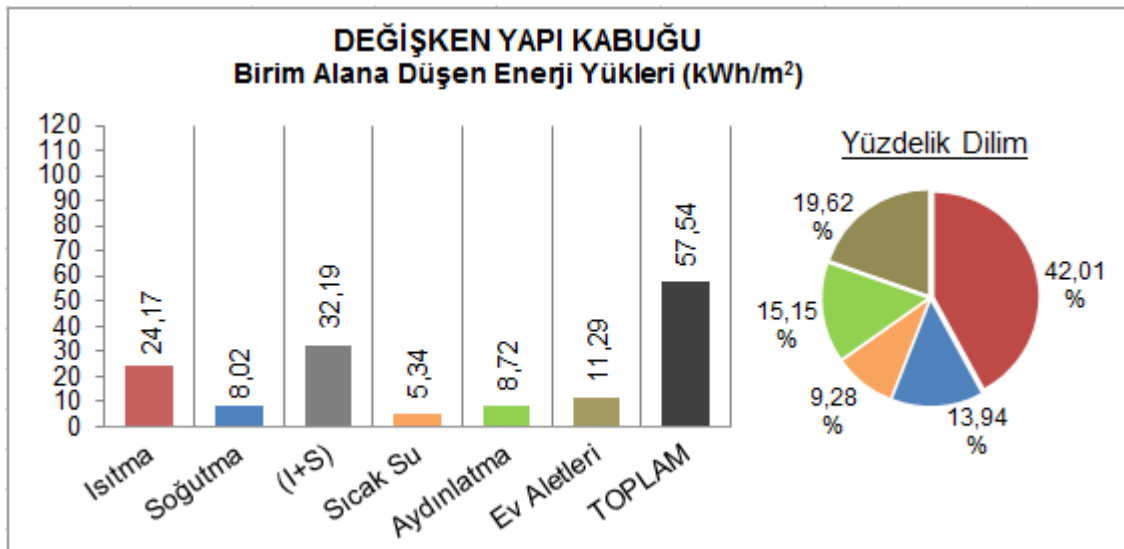
olarak belirlenmiş, ısıtma ve soğutma dönemi için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır.

Değişken kabuğunun yıllık toplam ısıtma yükü 5797.87kWh, yıllık toplam soğutma yükü 1906.30kWh, ısıtma ve soğutma yükü toplamı ise 7704.17kWh olarak hesaplanmıştır. Aylık ısıtma ve soğutma yükü dağılımı Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



Şekil 4.24 Değişken yapı kabuğunun aylık ısıtma ve soğutma yükleri

Değişken yapı kabuğunun ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerini kapsayan yıllık toplam enerji yükü 13755.41kWh'tir. Birim alana düşen enerji yükleri dağılımı ve yüzdelik dilimleri Şekil 4.25'te gösterilmektedir.

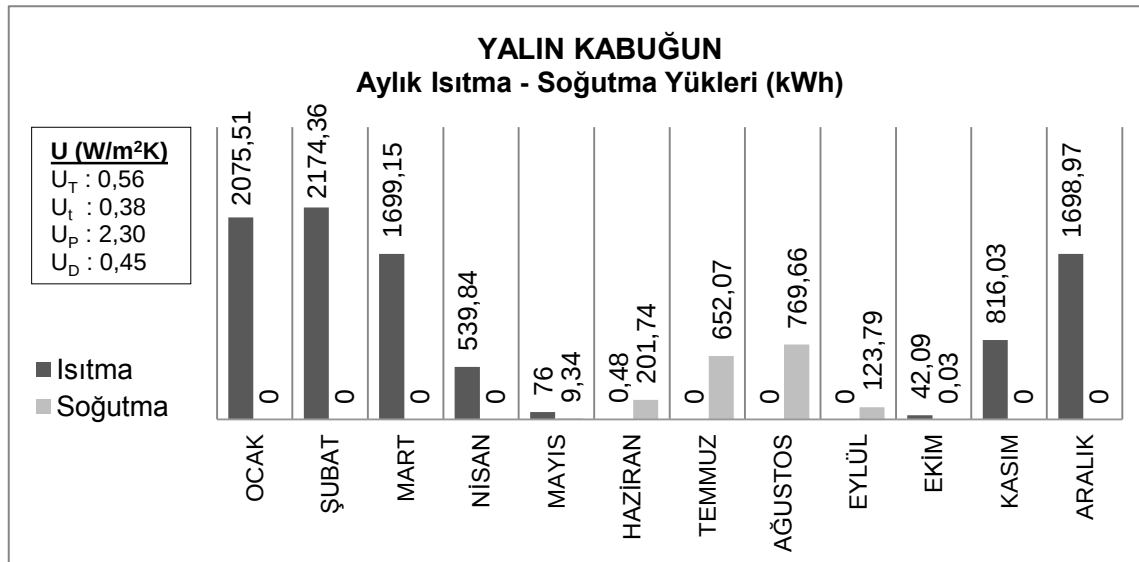


Şekil 4.25 Değişken yapı kabuğunda birim alana düşen enerji yükleri

#### 4.4.1.3 Sabit Yapı Kabuğu Yaklaşımı İçin Enerji Yüklerinin Hesaplanması

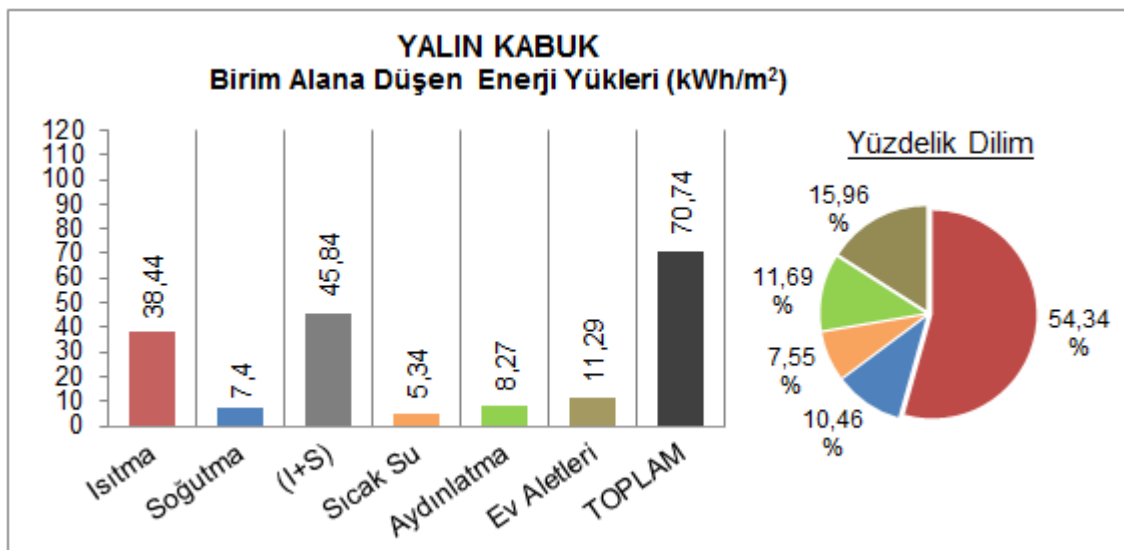
##### Yalın Kabuk:

Yalın kabuğunun yıllık toplam ısıtma yükü 9122.43kWh, yıllık toplam soğutma yükü 1756.63kWh, ısıtma ve soğutma yükü toplamı ise 10879.06kWh olarak hesaplanmıştır. Aylık ısıtma ve soğutma yükü dağılımı Şekil 4.26’da gösterilmektedir.



Şekil 4.26 Yalın kabuğun aylık ısıtma ve soğutma yükleri

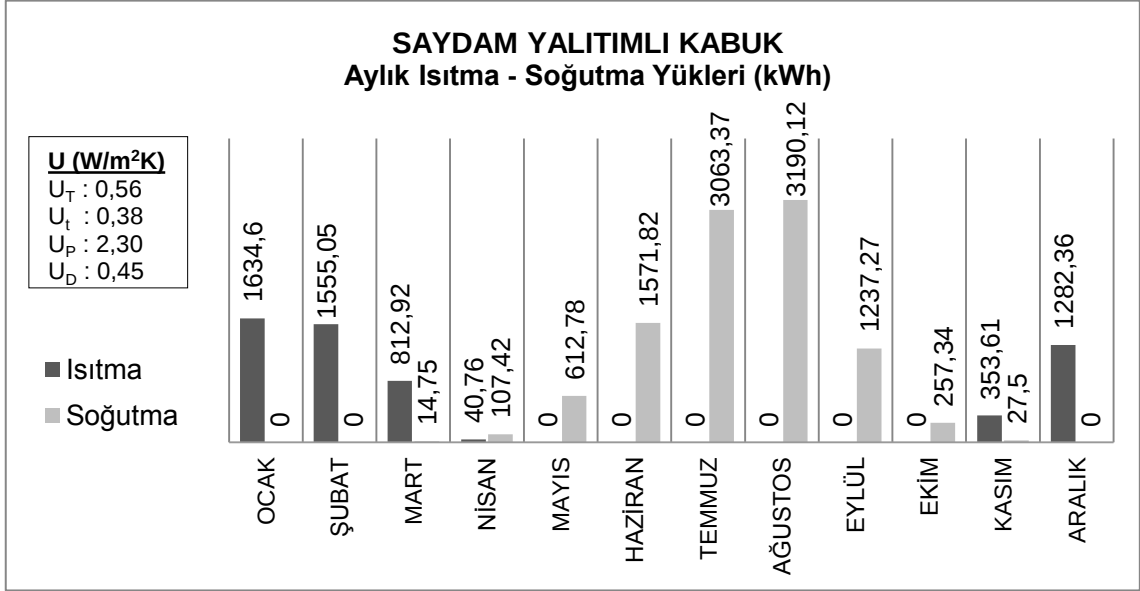
Yalın kabuğun ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerini kapsayan yıllık toplam enerji yükü 16787.20kWh’tir. Birim alana düşen enerji yükleri dağılımı ve yüzdelik dilimleri Şekil 4.27’de gösterilmektedir.



Şekil 4.27 Yalın kabukta birim alana düşen enerji yükleri

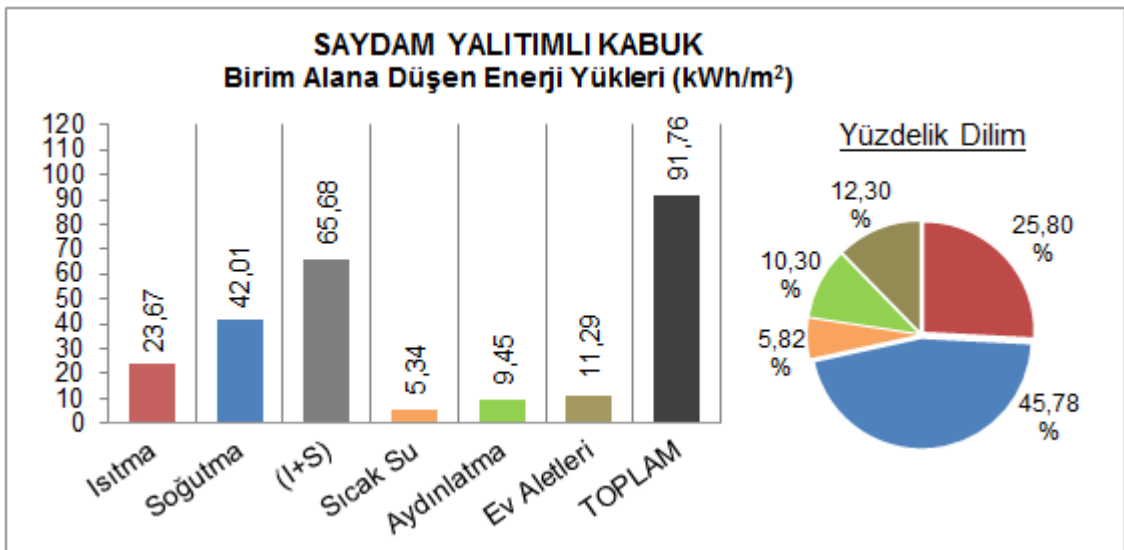
### Saydam Yalıtımlı Kabuk:

Saydam yalıtımlı kabuğun yıllık toplam ısıtma yükü 5679.30kWh, yıllık toplam soğutma yükü 10082.37kWh, ısıtma ve soğutma yükü toplamı ise 15761.67kWh olarak hesaplanmıştır. Aylık ısıtma ve soğutma yükü dağılımı Şekil 4.28’de gösterilmektedir.



Şekil 4.28 Saydam yalıtımlı kabuğun yıllık enerji yükleri

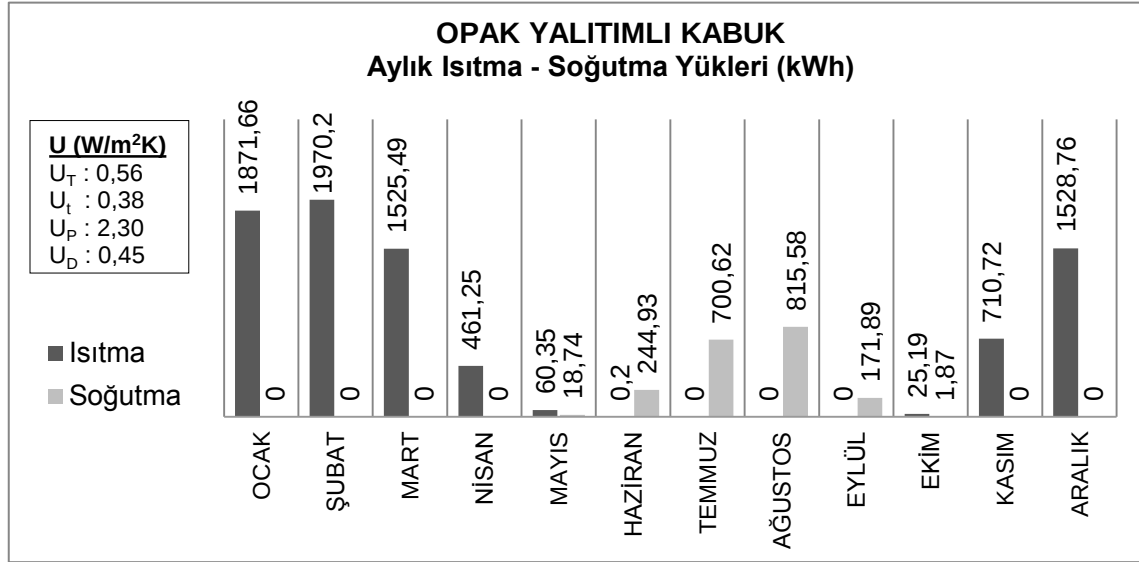
Saydam yalıtımlı kabuğun ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerini kapsayan yıllık toplam enerji yükü 22021.44kWh’tir. Birim alana düşen enerji yükleri dağılımı ve yüzdeler Şekil 4.29’da gösterilmektedir.



Şekil 4.29 Saydam yalıtımlı kabukta birim alana düşen enerji yükleri

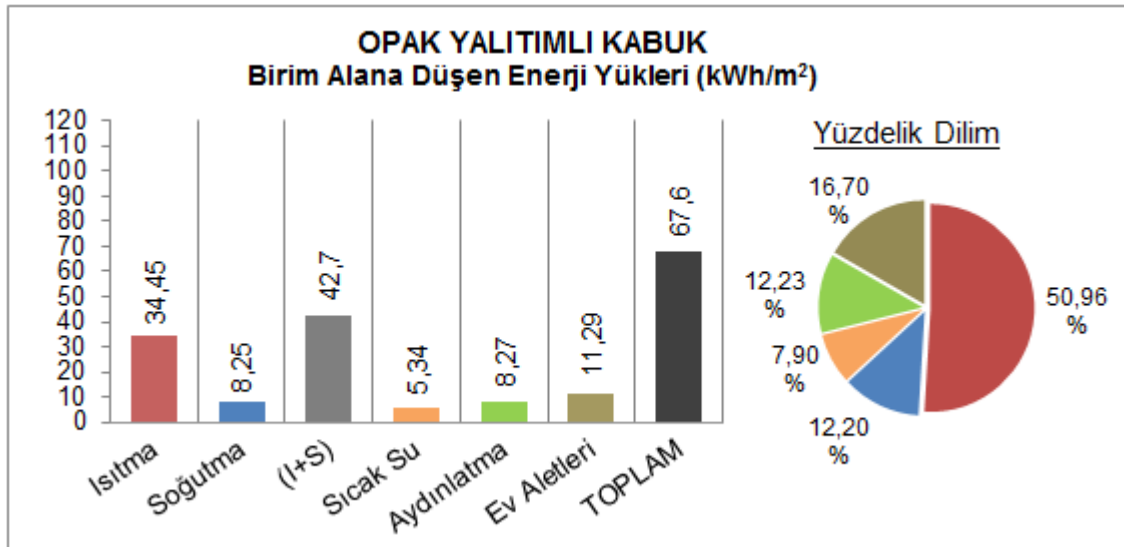
### Opak Yalıtımlı Kabuk:

Opak yalıtımlı kabuğun yıllık toplam ısıtma yükü 8153.82kWh, yıllık toplam soğutma yükü 1953.63kWh, ısıtma ve soğutma yükü toplamı ise 10107.45kWh olarak hesaplanmıştır. Aylık ısıtma ve soğutma yükü dağılımı Şekil 4.30’da gösterilmektedir.



Şekil 4.30 Opak yalıtımlı kabuğun aylık ısıtma ve soğutma yükleri

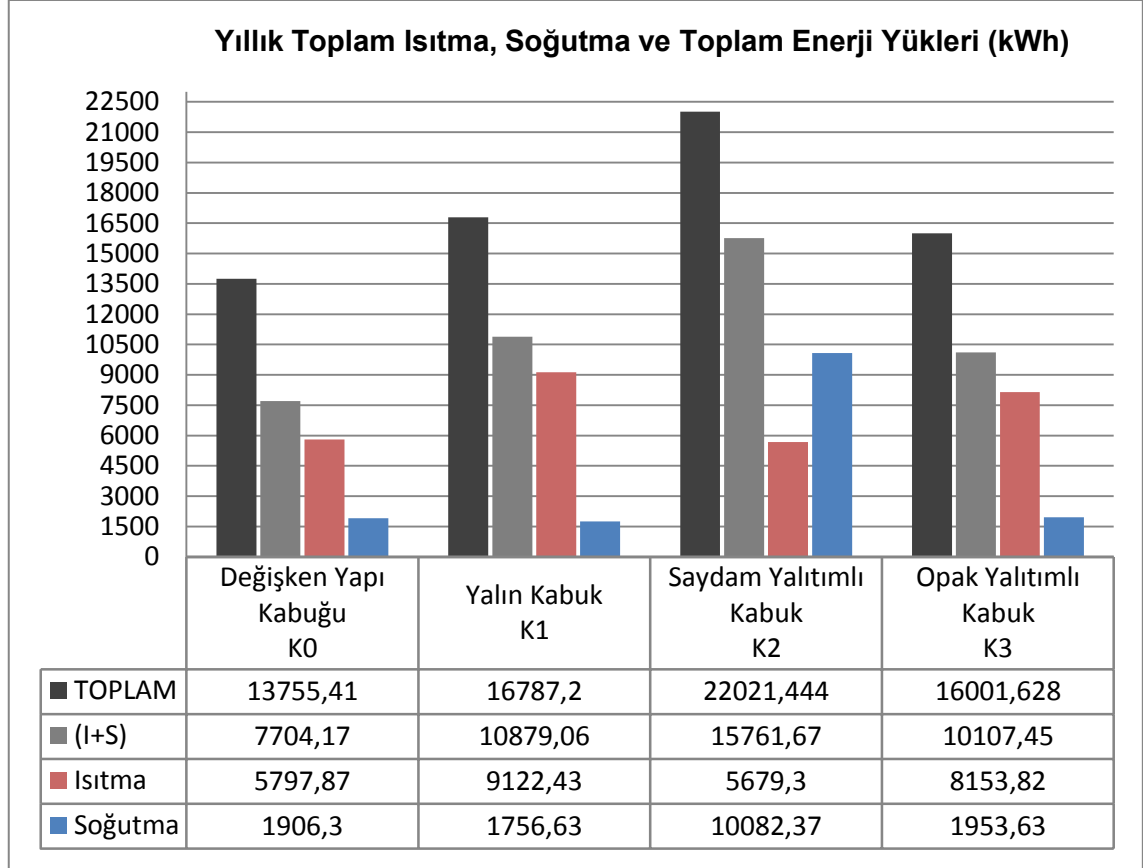
Opak yalıtımlı kabuğun ısıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerini kapsayan yıllık toplam enerji yükü 16001.63kWh’tir. Birim alana düşen enerji yükleri dağılımı ve yüzdeler dilimleri Şekil 4.31’de gösterilmektedir.



Şekil 4.31 Opak yalıtımlı kabukta birim alana düşen enerji yükleri

#### 4.4.2 Enerji Yüklerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, konut önerisinde uygulanan değişken yapı kabuğunun (K0) ve alternatif olarak üretilen sabit yapı kabuklarının (K1,K2,K3) enerji yükleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.32 Yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yüklerinin karşılaştırılması

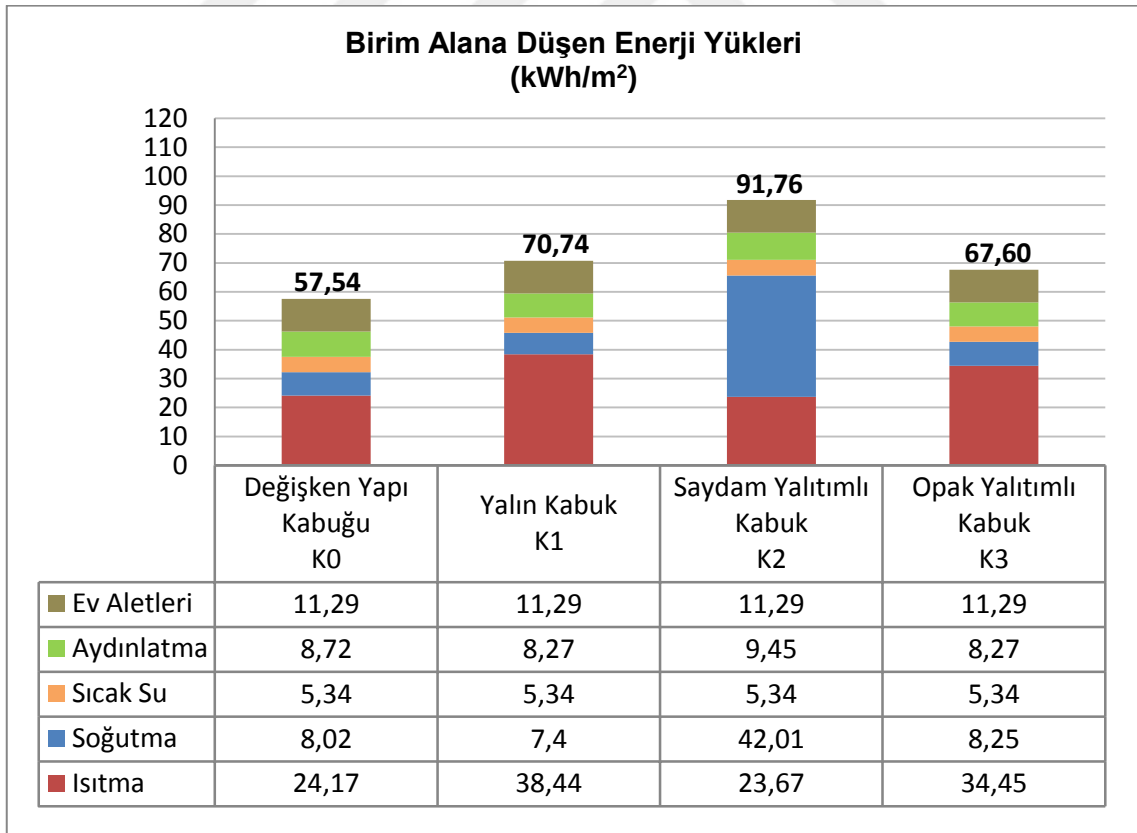
- Yıllık toplam ısıtma yükleri karşılaştırıldığında; sıralama  $K1 > K3 > K0 > K2$  şeklindedir. Isıtma yükü en yüksek olan alternatif, U değeri yalıtımlı kabuklardan daha büyük olan yalın kabuktur ( $U:0.60W/m^2K$ ). Yalıtım malzemesi kullanılarak U değeri iyileştirildiğinde, ısıtma yüklerinde azalma sağlanmaktadır. Opak yalıtımlı ve saydam yalıtımlı kabuklar aynı U değerine ( $U:0.45W/m^2K$ ) sahip olmalarına karşın, güneşten ısı kazancı sağlayan saydam yalıtımlı kabuğun, opak yalıtımlı kabuktan daha avantajlı olduğu görülmektedir.
- Yıllık toplam soğutma yükleri karşılaştırıldığında; sıralama  $K2 > K3 > K0 > K1$  şeklindedir. Soğutma yükü en yüksek olan alternatif, yazın cephede yüksek oranda ısı birikimine neden olduğundan, saydam yalıtımlı kabuktur. Yapı kabuğuna yalıtım

malzemesi uygulanmadığı durumda (K1), soğutma yüklerinin azaltılması açısından avantaj elde edildiği gözlemlenmektedir.

- Yıllık ısıtma ve soğutma yükleri toplamı karşılaştırıldığında;  $K2 > K1 > K3 > K0$  şeklinde sıralanmaktadır. Soğutma yükleri diğer alternatiflerden önemli ölçüde yüksek olan saydam yalıtımlı kabuk, ısıtma ve soğutma yükleri bir arada değerlendirildiğinde de dezavantajlı durumdadır. Buna karşılık, yıl içinde yalıtım özelliği farklılık gösteren değişken yapı kabuğu en avantajlı alternatiftir.
- Yıllık toplam enerji karşılaştırıldığında; sıralama  $K2 > K1 > K3 > K0$  şeklindedir. Isıtma ve soğutma yükleri, yapının toplam enerji harcamalarının en büyük kısmını oluşturduğundan, değişken yapı kabuğu bu aşamada da en avantajlı alternatiftir.

#### 4.4.3 Isıl Performansın Değerlendirilmesi

Bu bölümde, ılıman nemli iklim bölgesi için tasarlanan konut yapısının, yapı kabuğu yaklaşımlarının ısı performansları değerlendirilmiştir.



Şekil 4.33 Birim alana düşen enerji yüklerinin karşılaştırılması

Konut yapısının birim alanına düşen yıllık ısıtma yükleri ve toplam enerji yükleri, düşük enerjili yapılar için kabul edilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında;

- Birim alana düşen yıllık toplam ısıtma yükleri; tüm yapı kabuğu alternatiflerinde, düşük enerjili yapılarda üst sınır olarak kabul edilen  $70\text{kWh/m}^2$  değerinin altında,
- Birim alana düşen enerji yükleri toplamı, tüm yapı kabuğu alternatiflerinde, düşük enerjili yapılar için üst sınır olarak kabul edilen  $120\text{kWh/m}^2$  değerinin altında,

olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.33). Hesaplama sonuçlarından yola çıkarak, çalışma kapsamında tasarlanan konut yapısını, düşük enerjili yapılar kategorisinde değerlendirmek mümkündür.

TS 825'te önerilen değerler aşılmadan oluşturulan yapı kabukları içerisinde, yapının ısı performansının en yüksek olduğu durum, öngörüldüğü gibi değişken yapı kabuğudur. Konut önerisinde uygulanan değişken yapı kabuğunun ısı performansı, sabit yapı kabuğu alternatifleriyle karşılaştırıldığında görülmektedir ki;

- Yıllık toplam ısıtma yükü açısından; değişken yapı kabuğunun performansı yalın kabuktan %59, opak yalıtımlı kabuktan %42.5 daha yüksek iken, yalnızca saydam yalıtımlı kabuktan %2 daha düşüktür. Bu düşüş, değişken kabuğun bölüm 4.4.2.1'de açıklanan aylık uygulama senaryosu dikkate alındığında önemsenmeyecek bir orandır.
- Yıllık toplam soğutma yükü açısından; değişken yapı kabuğunun performansı yalın kabuktan %7.7 daha düşük iken, opak yalıtımlı kabuktan %2.9, saydam yalıtımlı kabuktan %424 daha yüksektir.
- Yıllık toplam ısıtma ve soğutma yükünün toplamına bakıldığında; değişken yapı kabuğunun performansı yalın kabuktan %45.4, opak yalıtımlı kabuktan %32.6, saydam yalıtımlı kabuktan %104 daha yüksektir.
- Yıllık toplam enerji yükleri açısından; değişken yapı kabuğunun performansı yalın kabuktan %23, opak yalıtımlı kabuktan %17,4, saydam yalıtımlı kabuktan %59,5 daha yüksektir. Bu durumda, değişken yapı kabuğunun ısı performansı tüm seçenekler arasında oldukça iyi durumdadır.

### SONUÇ

Sanayi ve teknoloji alanındaki gelişmelerin ivme kazanması, artan dünya nüfusu ile birlikte enerji tüketimindeki artışı da beraberinde getirmiştir. İhtiyaç duyulan enerjinin yenilenemeyen kaynaklardan elde edilmesi, enerji harcamalarındaki artışa bağlı olarak kaynakların giderek azalmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Yapılan bilimsel araştırmalar, enerji tüketiminin büyük bir bölümünün yapılardan kaynaklandığını göstermektedir.

Yapıların işletim süresince harcadığı enerji miktarını kontrol altına alabilmek adına, uluslararası platformlarda çözüm arayışları gündeme gelmiş, birçok ülkede konuyla ilgili çeşitli yasalar, yönetmelikler, standartlar ve bunlara ek olarak gönüllü sertifika sistemleri oluşturulmuştur. Yürürlükteki düzenlemelerde altı çizilen ortak nokta; yapıların öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilen pasif sistemler olarak tasarlanması gerektiğidir. Bu anlamda, iklimle dengeli tasarım ilkeleri takip edilerek yapının arazi içindeki konumu, yönlenişi, formu, doğal havalandırma düzeni ve güneş kontrolü gibi tasarım parametrelerinin çevre koşullarına göre belirlenmesine ve mevcut koşullardan yararlanmaya ya da korunmaya yönelik yaklaşımların uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Çevresel etkenlerle sürekli iletişim halinde olan, dış ortamla iç ortam arasında filtre görevi üstlenen yapı kabuğuna ilişkin yaklaşımlar, yapının enerji etkinliği üzerinde oldukça önemli rol oynamaktadır.

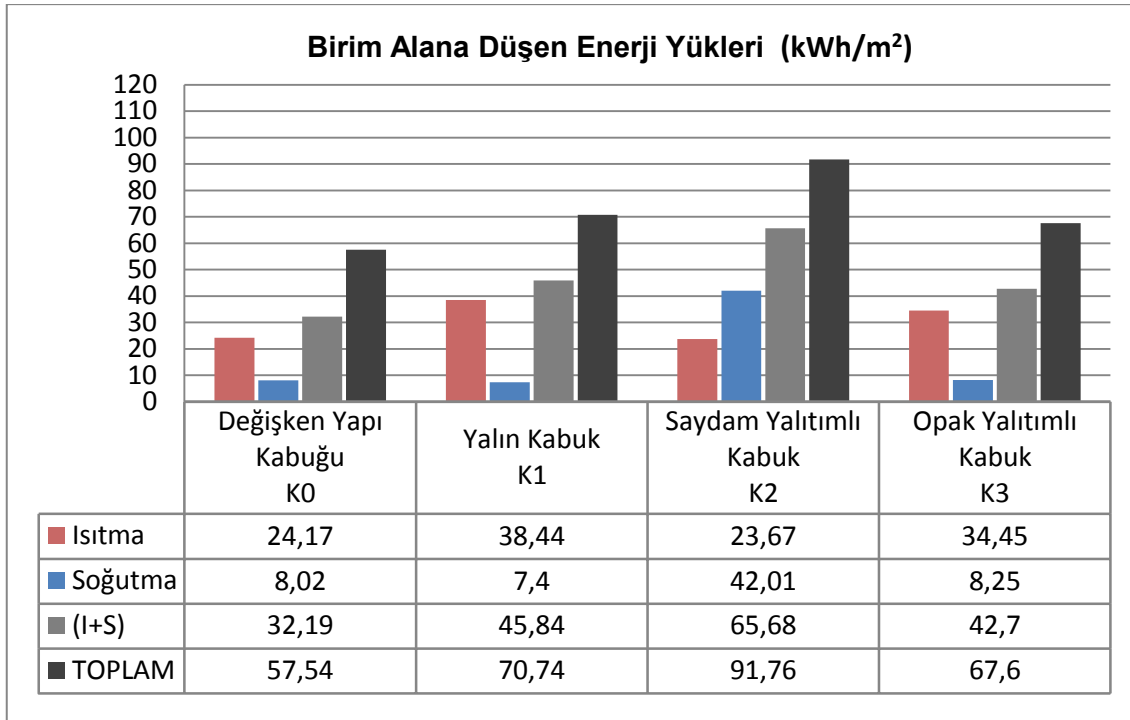
Bu tez çalışmasında, değişken yapı kabuğu aracılığıyla iklim koşullarına uyum sağlayabilen bir konut yapısı tasarlamak ve değişken yapı kabuğunun ısıl performans katkısını değerlendirmek amaçlanmıştır. Çalışmanın başlangıcında, iç ortam konfor koşullarının minimum yapma enerjiyle karşılanmasında etkili olan tasarım ilkeleri

ortaya konmuş ve yapının enerji etkinliğini arttırmak için yapı kabuğunda uygulanan pasif yaklaşımlar incelenmiştir. Devamında, ılıman nemli iklim bölgesi ele alınarak bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulama çalışması kapsamında öncelikle tasarlanan konut yapısının özellikleri aktarılmış ve yapı kabuğuna ilişkin yaklaşımlar (değişken yapı kabuğu yaklaşımı ve sabit yapı kabuğu yaklaşımı) açıklanmıştır. Sonrasında, tüm yapı kabuğu alternatifleri için, yapının yıllık enerji yükleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak ısı performansları değerlendirilmiştir.

Uygulama çalışmasında, diğer çalışmalardan farklı olarak gerçek arazi verileri kullanılmıştır. İklimle dengeli tasarım ilkeleri ana ölçüt olarak kabul edilerek, arsa koşullarının ve imar durumunun sınırlamaları çerçevesinde konut tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapıyı oluşturan opak ve saydam bileşenlerin özellikleri, TS825'teki sınır değerler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Yapı kabuğu tasarımında, öncelikli olarak cephelerdeki saydamlık oranlarına karar verilmiş, sonrasında yapı kabuğunu meydana getiren opak ve saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayısı değerleri ve bu değerleri sağlayan malzemelerin katmanlaşma detayları belirlenmiştir. Mevsimlik ve saatlik olarak farklılaşan iklimsel koşullar karşısında giysilerin ısı direncini değiştirme mantığından yola çıkılarak, ısıtma döneminde yapıyı saran, soğutma döneminde yapıdan sıyrılan saydam bir yalıtım cidarı kurgulanmıştır. Kullanıcı kontrolünde yapı kabuğuna dahil edilebilen bu açılır-kapanır cidar sayesinde, yapı kabuğunun ısı direnci ortam koşullarına göre arttırılabilmekte, dolayısıyla yapı kabuğu değişken özellik sergileyebilmektedir. Değişken yapı kabuğuna alternatif olarak üretilen sabit yapı kabuğu için, kabuğun ana gövde elemanının yalın bırakıldığı, saydam ya da opak yalıtım malzemelerinin kullanıldığı alternatifler oluşturulmuştur. Alternatiflerde, ısıtma ve soğutma dönemine ait ayrı senaryolar geliştirilmeyerek, yıl boyunca kabuk özellikleri sabit tutulmuştur.

Konut yapısının yıllık enerji yükleri, Design Builder programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Hesaplama yapılmadan önce, çalışma arazisinin bulunduğu bölgeye ilişkin veriler ile yapıyı tanımlayan yapısal ve işletimsel veriler programa tanıtılmıştır. İç ortamda sağlanması gereken konfor koşulları, ASHRAE 55-2013 standardında yer alan değerlere göre belirlenerek kaydedilmiştir.



Şekil 5.1 Birim alana düşen enerji yükleri

Hesaplamalardan elde edilen veriler doğrultusunda;

- Tüm yapı kabuğu alternatiflerinin birim alana düşen yıllık toplam enerji yükleri, düşük enerjili yapılar için sınır değer olarak kabul edilen 120kWh/m<sup>2</sup> değerinin altındadır. Buradan anlaşılmaktadır ki, tasarım aşamasında uygun arazi seçimi, yönelme, yapı formu ve yapı kabuğu gibi özelliklerin iklim bölgesine göre belirlenmesiyle ve ihtiyaçlar doğrultusunda güneş denetimi ve doğal havalandırma düzeninin sağlanmasıyla, düşük enerjili yapı elde etmek mümkündür.
- Yalın kabuk; ısıtma yükleri açısından en düşük, soğutma yükleri açısından en yüksek performansı sergileyen alternatiftir. Yalın kabuğa, opak ya da saydam yalıtım malzemesi uygulandığında, ısıtma yüklerinde azalma sağlanmasına karşın, soğutma yüklerinde artış gözlenmiştir. Bu artış ve azalış, yalıtım malzemesinin özelliğine bağlı olarak farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Isıtma yüklerindeki azalma; opak yalıtımlı kabukta %10.4, saydam yalıtımlı kabukta %38.4 oranında, soğutma yüklerindeki artış ise; opak yalıtımlı kabukta %11.5, saydam yalıtımlı kabukta %467.7 oranındadır. Bu verilerden yola çıkılarak, aynı U değeri sağlanmasına karşın, kullanılan yalıtım malzemesinin optik ve termofiziksel özelliklerine bağlı olarak ısıtma ve soğutma yükleri açısından farklı sonuçların ortaya çıktığı

bulgusuna ulaşılmaktadır. Bu nedenle yalıtım malzemesi seçilirken, ısıtma ve soğutma dönemlerindeki etkileri göz önünde bulundurularak tercih yapılması önemlidir.

- Saydam yalıtımlı kabuk; ısıtma yükleri açısından en yüksek, soğutma yükleri açısından en düşük performansa sahiptir. Isıtma döneminde hem ısı korunumu hem de güneşten ısı kazancı elde edilmesini sağlayan bu alternatifte, soğutma döneminde saydam yüzeylerin gölgelendirilmesine ve doğal yollarla havalandırılmasına rağmen cephedeki aşırı ısı birikiminin önüne geçilememiştir. Bu nedenle, yapı kabuğunda saydam yalıtım malzemesi kullanıldığı durumlarda ek önlemler alınmasına dikkat edilmelidir.
- Genel olarak değişken yapı kabuğu; ısıtma döneminde en yüksek performansa sahip saydam yalıtımlı kabuk ile soğutma döneminde en yüksek performansa sahip yalın kabuğun bir arada kullanıldığı durum olarak düşünülebilir. Dolayısıyla, ısıtma ve soğutma yüklerinin toplamı değerlendirildiğinde en avantajlı durum, yıl içinde yalıtım özelliği farklılık gösterebilen, değişken yapı kabuğu ile elde edilmektedir.

Özetle, hesaplamalardan elde edilen bulgular, farklılaşan iklim koşullarına göre değişken özellik sergileyen yapı kabuğunun, yapının ısı performansını arttırdığını ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında, değişken yapı kabuğunun ısı performansına katkısı değerlendirilmiş ancak maliyet hesapları yapılmamıştır. Enerji-maliyet araştırması yapılarak, değişken yapı kabuğu ile sabit yapı kabuğu yaklaşımları bu perspektifle yeniden değerlendirilebilir.

Bu uygulama çalışmasının, ılıman nemli iklim bölgesi için ele alındığı ve diğer iklim bölgelerinde farklı sonuçlar elde edilebileceği unutulmamalıdır. Gelecek çalışmalarda, maliyetler de göz önünde bulundurularak, diğer iklim bölgeleri için değişken yapı kabuğunun uygun olup olmadığı incelenebilir.

Diğer yandan, tasarım aşamasında pasif yaklaşımlar uygulanarak düşük enerjili yapı standartlarının elde edildiği konut yapısının, aktif sistemlerle desteklenerek daha performanslı hale getirilmesi mümkündür. Bu doğrultuda, pasif ev ya da sıfır enerjili ev standartlarının sağlanabildiği aktif sistemler araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Yeang, K., (2012). Eko Tasarım, YEM yayınları 193, İstanbul
- [2] Feist, W., (1997). "Life-Cycle Energy Analysis: Comparisan Of Low-Energy House, Passive House, Self-Sufficient House", Passive House Institut, Darmstadt.
- [3] Yılmaz, Z., (2006). "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 91, s 7-15
- [4] Özdemir, B.B., (2005). Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] Türktaş, M.H., (2014). Sıcak Nemli İklim Bölgesi İçin İklimsel Tasarım Parametrelerinin Isıl Performansa Etkisini Değerlendirme Bir Konut Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [6] Gazioğlu, A., (2012). Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [7] Yolaçan, D., (2002). Yıllık Enerji Hesaplamalarının Azaltılmasını Hedefleyen Bina Dış Kabuğu Alternatiflerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [8] Karamanlioğlu, Ş., (2011). Enerji Etkin Bina Cephe Sistemlerine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [9] Oral, G. ve Manioğlu, Ç., (2010). "Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı", 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 15-16 Nisan 2010, İzmir
- [10] Ünalın, H., (2003). Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımının İrdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları İyileştirme Projesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- [11] Soysal, S., (2008). Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketim İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

- [12] Kundakçı, B., (2004). Mevcut Bina Kabuğunun Dolaylı Kazanımlı Güneş Enerjisi Sistemi ile İyileştirilmesi için Bir Yaklaşım Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [13] Alakavuk, E., (2010). Sıcak İklim Bölgelerinde Çift Kabuk Cam Cephe Sistemlerinin Tasarımı İçin Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [14] Gür, N.V., (2014). “Nefes Alan Yapı Kabukları”, 7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 3-4 Nisan 2014, İstanbul
- [15] ANSI/ASHRAE Standard 55, 2013. “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”, ASHRAE, Atlanta.
- [16] ISO 7730, 2005. “Ergonomics Of The Thermal Environment-Analytical Determination And Interpretation Of Thermal Comfort Using Calculation Of The PMV And PPD Indices And Local Thermal Comfort Criteria”, ISO, Geneva.
- [17] Ovalı, P.K., (2009). Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematığının Oluşturulması “Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi”, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [18] Demirtaş, A. (2011). Farklı İklim Bölgelerinde Otel Yapılarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [19] Özçiftçi, S.A., (2010). Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [20] Yasan, A.S., (2011). Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [21] Kum, G., (2006). Göztepe, Kandilli ve Şile Sıcaklık Verileri Kullanılarak İstanbul’da Şehir Isı Adası Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- [22] Gülten, A., (2014). Kentsel Yüzeylerde Isı Adası Etkisinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [23] Mevzuat, İmar Kanunu, <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3194.pdf> , 2 Ocak 2017
- [24] Şerefhanoglu Sözen, M., (2010). Yapı Yüzeylerinin Güneşlenme Durumları, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, İstanbul
- [25] Maçka, S., (2008). Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- [26] Utkutuğ, G.S., Ayçam, İ. (1999). “Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performansının İncelenmesi ve Enerji Etkin Pencere Seçimi”, 4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir

- [27] Ünalın, H., (2003). Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımının İrdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları İyileştirme Projesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- [28] Berber, F., (2012). Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri Ve Ekolojik Malzemeyle Mimari Konut Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [29] Gür, N.V., (2007). Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [30] Foster and Partners, Microelectronic Centre,  
<http://www.fosterandpartners.com/projects/microelectronic-centre/>,  
19 Aralık 2016
- [31] Schneider Schumacher, J. Walter Thompson Office Building  
<http://www.schneider-schumacher.com/projects/project-details/95-j-walter-thompson-office-building/project.pdf> , 19 Aralık 2016
- [32] Sahraei, S., (2013). Az Katlı Ofis Binaları İçin Modüler Çift Kabuk Cephe Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [33] Örkmez, A.S., (2012). Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [34] Mulligan M., 2008, performative Double Layered Systems: The Debis Tower by Renzo Piano,  
<http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic502069.files/debistower.pdf> , 20 Aralık 2016
- [35] Behnisch Architekten, Bayerische Vereinsbank,  
<http://behnisch.com/work/projects/0029> , 21 Aralık 2016
- [36] Altın, M., Orhon, A.V., (2014). “Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik”, 7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 3 - 4 Nisan 2014, YTÜ İstanbul
- [37] SIERRA The National Magazine of the SIERRA Club, Algae Haus  
<http://www.sierraclub.org/sierra/2013-6-november-december/innovate/algae-haus> , 20 Aralık 2016
- [38] Şile Belediyesi, Doğal Çevre Özellikleri,  
<http://www.sile.bel.tr/Page/Detail/5867> , 11 Aralık 2016
- [39] İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Coğrafi Konum Ve Stratejik Önem,  
[http://ibb.gov.tr/sites/ks/tr-TR/0-Istanbul-Tanitim/konum/Pages/Cografi\\_Konum\\_ve\\_Stratejik\\_Onem.aspx](http://ibb.gov.tr/sites/ks/tr-TR/0-Istanbul-Tanitim/konum/Pages/Cografi_Konum_ve_Stratejik_Onem.aspx) , 10 Aralık 2016
- [40] Berköz, E. vd., (1995), Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TUBİTAK Proje No: İntag 201, İstanbul
- [41] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllerimize Ait İstatistik Veriler,  
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL> , 23 Şubat 2017

- [42] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/ISTANBUL-REPA> , 24 Şubat 2017
- [43] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx> , 24 Şubat 2017
- [44] Google Earth, İstanbul, <https://earth.google.com/web/> , 3 Ocak 2017
- [45] Google Earth, Şile Balibey mahallesi, <https://earth.google.com/web/> , 3 Ocak 2017
- [46] Şile Belediyesi, E-İmar, <https://kentrehberi.sile.bel.tr/imardurumu/imar.aspx?parselid=4443> , 9 Mayıs 2016
- [47] Design Builder, Software, [www.designbuilder.co.uk](http://www.designbuilder.co.uk) , 2 şubat 2017



## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : SedaDEMİR  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 02.06.1987 İstanbul  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : seda\_dmr87@hotmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan            | Okul/Üniversite           | Mezuniyet Yılı |
|--------|-----------------|---------------------------|----------------|
| Lisans | Mimarlık        | Karabük Üniversitesi      | 2011           |
| Lise   | Fen - Matematik | Habire Yahşi Lisesi (YDA) | 2004           |

### İŞ TECRÜBESİ

| Yıl         | Firma/Kurum                | Görevi                |
|-------------|----------------------------|-----------------------|
| 2014 - 2016 | Arcadia Mimarlık           | Proje Sorumlusu Mimar |
| 2012 - 2013 | Ada Mimarlık               | Proje Sorumlusu Mimar |
| 2011 - 2012 | Çeper Mimarlık Mühendislik | Mimar                 |

## YAYINLARI

### Bildiri

1. Demir, S. ve Zorer Gedik, G. (2017). “İklimle Dengeli Tasarım Kapsamında Iliman Nemli İklim Bölgesi İçin Değişken Yapi Kabuğu Performansinin Değerlendirilmesi: Bir Konut Örneği”, 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, 12-13 Mayıs, Kocaeli

