

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Dilan YÜCEL

**ILIMLI KURU İKLİM BÖLGESİNDE ENERJİ ETKİN KONUT
TASARIMI: NİĞDE ÖRNEĞİ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

ADANA-2022

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ILIMLI KURU İKLİM BÖLGESİNDE ENERJİ ETKİN KONUT TASARIMI: NİĞDE ÖRNEĞİ

Ayşe Dilan YÜCEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
Yıl : 2022 Sayfa :173
Jüri : Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Doç. Dr. Arif ÖZBEK
: Dr. Öğr. Üyesi Elif Elvan ÖZDEMİR

Dünya nüfusunun ve teknolojik gelişmelerin artması ile enerji kaynakları her geçen gün daha büyük bir hızla tükenmektedir. Enerji kullanımında büyük paya sahip olan yapı sektörü için enerji etkin tasarım arayışları kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu çalışmada, enerji sorununa çözüm geliştirmek ana hedefinden yola çıkılarak enerji etkin yapı kavramının gelişimine katkı sağlanmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, tez çalışmasında enerji kavramı ele alınmış, enerji etkin yapı tasarım parametreleri derlenmiş, ulusal ve uluslararası olmak üzere on adet konut projesi incelenmiş ve çalışma alanı olarak belirlenen Niğde ilinde ılımlı kuru iklim bölgesi için enerji etkin konut modeli oluşturulmuştur.

Model konutun BEP TR 2 yazılımında yapılan enerji performans analizlerinden elde edilen verilere göre;

- Yapının ısıtma ihtiyacı duyduğu gün sayısı (158) meteorolojinin bölge için belirlediği ısıtma ihtiyacı duyulan gün sayısından (201) az bulunmuştur.
- Yapının enerji sınıfı B seviyesinde çıkmıştır.
- Yapılan hesapları sonucunda PV panel sayısının artırılması durumunda yapının enerji sınıfı A0 seviyesine yükselmiştir.

Sonuç olarak, tek tip yapı anlayışının terkedilmesi ve tasarım aşamasında bölgesel şartlara göre kararlar alınması ile enerji etkin yapı projelerinin oluşturulabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Etkin Yapı, Konut, Ilımlı Kuru İklim, Niğde

ABSTRACT

MSc. THESIS

ENERGY EFFICIENT HOUSING DESIGN IN THE MODERATE DRY CLIMATE REGION: THE CASE OF NIGDE

Ayşe Dilan YÜCEL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Serpil ÇERÇİ
Year : 2022 Page :173
Jury : Assoc. Prof. Dr. Serpil ÇERÇİ
: Assoc. Prof. Dr. Arif ÖZBEK
: Asst. Prof. Dr. Elif Elvan ÖZDEMİR

Through the increase in the world population and technological developments, energy resources are being depleted at a faster rate day by day. The search for energy efficient design has become inevitable for the building sector, which has a large share in energy use. In this study, it is aimed to contribute to the development of the concept of energy efficient building, starting from the main goal of developing a solution to the energy problem. In this respect, the concept of energy was discussed, energy efficient building design parameters were compiled, ten national and international housing projects were examined and an energy efficient housing model was created for the moderate dry climate region in the province of Niğde, which was determined as the study area in thesis study.

According to the data obtained from the energy performance analyzes made in the BEP TR 2 software of the model house;

- The number of days (158) that the building needs heating was found to be less than the number of days (201) that the meteorology determined for the region.
- The energy class of the building is at B level.
- As a result of the calculations, if the number of PV panels is increased, the energy class of the building has increased to the A0 level.

Consequently, it has been revealed that energy efficient building projects can be created by abandoning the concept of uniform building and taking decisions according to regional conditions at the design stage.

Keywords: Energy, Energy Efficient Building, Housing, Moderate Dry Climate, Niğde

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Hızlı nüfus artışı ile enerjiye olan ihtiyaç tüm dünyada yükselmektedir. İnsanoğlunun temel ihtiyaçlarından biri olan barınma ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda yapı sektörünün enerji tüketiminde büyük oranda pay sahibi olduğu söylenebilmektedir. Bu soruna bağlı olarak yapı alanında enerji etkin çözümler geliştirme ihtiyacı oluşmuştur. Enerji etkin yapı tasarımının gelişimine katkı sağlamayı amaçlayan bu tez kapsamında:

- Enerji kavramı ve enerji kaynakları ele alınmış, enerji etkin yapı ilkeleri belirlenmiştir.
- Enerji etkin yapı tasarımını etkileyen kriterler, iklimsel, çevresel ve yapısal parametreler olarak üç ana başlıkta toplanmıştır. İklimsel parametreler, güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği, rüzgar başlıkları üzerinden incelenmiş ve Türkiye’de görülen beş iklim sınıfına (sıcak nemli, sıcak kuru, ılımlı nemli, ılımlı kuru, soğuk) ait veriler derlenmiştir. Çevresel parametreler, topografya ve yakın çevre yapılaşması başlıkları üzerinden incelenmiş ve termal konfor kavramı ele alınarak farklı iklim bölgeleri için en uygun yerleşim noktaları belirtilmiştir. Yapısal parametreler, yapı yeri, yapı yönü, yapı formu, mekan organizasyonu, yapı kabuğu ve yenilenebilir enerji kullanımı başlıkları üzerinden incelenmiş ve bu parametreler Türkiye’de görülen iklim tiplerine göre özelleştirilmiştir.
- Enerji etkin yapı tasarım parametreleri üzerinden ulusal ve uluslararası olmak üzere toplam on adet konut projesi incelenmiş, proje verileri tablo haline getirilerek enerji etkin yapı tasarımında referans alınabilecek yapısal özellikler ortaya konmuştur.
- Enerji etkin yapı tasarım parametreleri, çalışma alanı olarak seçilen Niğde İli, Merkez İlçesi, Hamamlı Mahallesi’nde belirlenen arazi üstünde uygulanarak ılımlı-kuru iklim tipi için enerji etkin konut proje modeli

oluşturulmuştur. Model çalışmasında, iklimsel parametreler üzerinden meteorolojik veriler derlenmiş ve bölgenin ılımlı-kuru iklim sınıfında olduğu görülmüştür. Çevresel parametreler üzerinden topografik veriler derlenmiş ve yapı için en uygun yerleşim aralığı belirlenmiştir. Yapısal parametreler üzerinden, yapının yeri, yönü, formu, mekan organizasyonu, kabuk özellikleri ve yapıda kullanılacak yenilenebilir enerji kaynakları belirlenerek model tamamlanmıştır.

- Proje modelinin, ulusal yapı enerji performansı yazılımı olan BEP-TR 2 ile analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda enerji etkin yapı tasarım parametrelerine göre oluşturulan model yapının enerji performansının B seviyesine ulaştığı görülmüştür. Bu sonucun üzerine binanın yenilenebilir enerji kaynağı olan PV panel sayısı ısıtma ihtiyacı hesabına göre artırılarak analiz tekrarlanmış ve yapının enerji performansı A seviyesine çıkartılmıştır. Bu anlamda tasarım aşamasında verilen kararların denetlenebilmesi için bilgisayar destekli enerji performans programı kullanımının önemi görülmüştür.

Çalışma sonucunda, ılımlı-kuru iklim tipi için konut modeli sağlanmış ve enerji etkin yapı tasarım parametrelerinin uygulanması ile yüksek performanslı yapı hedefine ulaşılacağı ortaya konmuştur.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, bilgi ve tecrübelerini esirgemediği yol gösteren, zarif kişiliği ve bilim insanı kimliği ile her daim örnek aldığım kıymetli danışman hocam sayın Doç. Dr. Serpil ÇERÇİ 'ye ve bir parçası olmaktan gurur duyduğum Çukurova Üniversitesi'nin saygıdeğer hocalarına teşekkürlerimi sunarım.

Naçizane yaptığım bu çalışmayı, dünyayı daha güzel bir yer haline getirmeye çalışan tüm insanlara, sahip olduğum için her daim şükrettiğim sevgili ailemden; üzerimde en çok emeği bulunan ve ilk öğretmenim olan annem Mürvet Orman'a, hayatım boyunca aldığım her kararda yanımda duran ve dünya görüşü ile bana ilham veren babam Yaşar Koç'a, tüm zorluklara karşı mücadeleci ruhu ve duruşu ile varlığından güç aldığım yol arkadaşım Ramazan Yücel'e ve kalbimi büyük bir sevgiyle dolduran, dünyaya gelişini umutla beklediğim kızım İdil Yücel'e ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
KISALTMA LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal	11
3.2. Yöntem.....	11
4. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIMI.....	13
4.1. Enerji.....	13
4.1.1. Enerji Kaynakları.....	13
4.1.1.1. Fosil Yakıtlar.....	13
4.1.1.2. Nükleer Enerji	14
4.1.1.3. Yenilenebilir Enerji.....	15
4.1.2. Enerji Verimliliği.....	17
4.2. Enerji Etkin Yapı	18
4.3. Enerji Etkin Yapı Tasarım Parametreleri.....	19
4.3.1. İklimsel Parametreler.....	19
4.3.1.1. Güneş Işınımı	21
4.3.1.2. Dış Hava Sıcaklığı	21
4.3.1.3. Dış Hava Nemliliği	22

4.3.1.4. Rüzgar	23
4.3.2. Çevresel Parametreler	23
4.3.2.1. Topografya	23
4.3.2.2. Yakın Çevre Yapılaşması	25
4.3.3. Yapısal Parametreler	26
4.3.3.1. Yapı Yeri	26
4.3.3.2. Yapı Yönü	28
4.3.3.3. Yapı Formu	30
4.3.3.4. Mekân Organizasyonu	33
4.3.3.5. Yapı Kabuğu	34
4.3.3.6. Yenilenebilir Enerji Kullanımı	45
4.4. Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Yapı Performans Analizi	58
4.4.1. Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Yapı Performans Analizi Yapan Yazılımlar	59
4.4.2. Çalışmada Kullanılacak Yazılım Programı BEP-TR 2	64
4.5. Enerji Etkin Yapı Tasarımı Yapısal Parametrelerine Göre Örnek Konut Projelerinin İncelenmesi	65
4.5.1. Kadıovacık Biyoevi	66
4.5.2. Diyarbakır Güneş Evi	68
4.5.3. Eko Yamaç Evi	70
4.5.4. Bambou House	72
4.5.5. Plus Energy Passive House	74
4.5.6. Home for Life	76
4.5.7. ReYard	79
4.5.8. BedZed	81
4.5.9. Equinox House	83
4.5.10. Passive House Che	85

5. BULGULAR VE TARTIŞMA	89
5.1. Ilımlı Kuru İklim Tipine Göre Geliştirilmiş Enerji Etkin Konut Tasarım Modelinin Oluşturulması.....	89
5.1.1. İklimsel Verilerin Derlenmesi	90
5.1.1.1. Güneş Işınımı Verilerinin Derlenmesi	91
5.1.1.2. Dış Hava Sıcaklığı Verilerinin Derlenmesi	92
5.1.1.3. Dış Hava Nemliliği Verilerinin Derlenmesi	93
5.1.1.4. Rüzgar Verilerinin Derlenmesi	94
5.1.2. Çevresel Verilerin Derlenmesi	96
5.1.2.1. Topografik Verilerin Derlenmesi.....	96
5.1.2.2. Yakın Çevredeki Yapılaşma Verilerinin Derlenmesi	99
5.1.3. Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi	100
5.1.3.1. Yapı Yerinin Belirlenmesi	100
5.1.3.2. Yapı Yönünün Belirlenmesi	102
5.1.3.3. Yapı Formunun Belirlenmesi.....	105
5.1.3.4. Mekan Organizasyonunun Oluşturulması.....	106
5.1.3.5. Yapı Kabuğunun Tasarlanması.....	108
5.1.3.6. Yenilenebilir Enerji Kullanımı.....	119
5.2. Model Konutun Enerji Performans Hesabı	125
5.2.1. Bina Özelliklerinin Girilmesi	126
5.2.2. Projenin Çizimi ve Katman Verilerinin Girilmesi.....	131
5.2.3. Projenin Sonuç Raporunun Çıkarılması	136
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	141
KAYNAKLAR	143
ÖZGEÇMİŞ	155
EKLER.....	156



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Dünyadaki İşletme Ve İnşaat Halinde Bulunan Nükleer Enerji Santralleri ve Ülke Bazında Nükleer Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı	15
Çizelge 4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	16
Çizelge 4.3. İklim Bölgelerinin Genel Özellikleri İller	20
Çizelge 4.4. Türkiye'nin Beş İklim Bölgesine Göre Uygun Yapı Yönlendirilişi	29
Çizelge 4.5. Türkiye'nin Beş İklim Bölgesine Göre Uygun Yapı Formları	32
Çizelge 4.6. İklim Tipine Göre Uygun Yapı Kabuk Özellikleri	35
Çizelge 4.7. Derece Gün Bölgelerine Göre Tavsiye Edilen U Değerleri.....	39
Çizelge 4.8. Güneş Hücrelerinin Verimlilikleri	54
Çizelge 4.9. Enerji Etkin Yapı Tasarımında Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Yazılımlar	59
Çizelge 4.10. Kadıovacık Biyoevi	66
Çizelge 4.11. Diyarbakır Güneş Evi	68
Çizelge 4.12. Eko Yamaç Evi	70
Çizelge 4.13. Bambou House	72
Çizelge 4.14. Plus Energy Passive House	74
Çizelge 4.15. Home for Life	76
Çizelge 4.16. ReYard	79
Çizelge 4.17. BedZed	81
Çizelge 4.18. Equinox House	83
Çizelge 4.19. Equinox House	85
Çizelge 5. 1. Niğde İli İçin Yıllık Güneşlenme Süresi	91
Çizelge 5.2. Niğde İli Aylara Göre Ortalama Sıcaklık Değerleri	92
Çizelge 5.3. Niğde İli Aylara Göre Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri.....	93
Çizelge 5.4. Niğde İli Aylara Göre Yağış Değerleri	94

Çizelge 5.5. Yapı Kabuğunda Kullanılacak Malzeme Türleri ve Değerleri	114
Çizelge 5.6. TS 825'e Göre En Fazla U-Değerleri ve Model Yapıda Hesaplanan U Değerleri.....	119
Çizelge 5.7. Model Yapının İhtiyacı Olan Kollektör Hesabı İçin Gerekli Veriler	122
Çizelge 5.8. Model Konutun Haftalık Elektrik Enerjisi İhtiyacı.....	123
Çizelge 5.9. Model Yapının Bina Bilgileri	127
Çizelge 5.10. Model Yapının Sızdırmazlık Bilgileri	127
Çizelge 5.11. Model Yapı Isı Köprüleri.....	128
Çizelge 5.12. Yazılım Görüntüsü Lejantı	129
Çizelge 5.13. Model Yapı Fotovoltaik Sistem Bilgileri.....	129
Çizelge 5.14. Model Mekanik Isıtma Sistem Bilgileri.....	130
Çizelge 5.15. Model Yapı Mekanik Sıcak Su Sistem Bilgileri.....	130
Çizelge 5.16. Model Yapı Kat Katmanı Bilgileri	132
Çizelge 5.17. Model Yapı Bölge Katmanı Bilgileri.....	133
Çizelge 5.18. Model Yapı Duvar Katmanı Bilgileri	134
Çizelge 5.19. Model Yapı Döşeme Katmanı Bilgileri	135
Çizelge 5.20. Model Yapı Pencere Katmanı Bilgileri.....	135
Çizelge 5.21. Model Yapı Kapı Katmanı Bilgileri	136
Çizelge 5.22. Model Yapı Çatı Katmanı Bilgileri.....	136
Çizelge 5.23. Model Yapı Fotovoltaik Sistem Bilgileri-Revizyon.....	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 4.1.	Türkiye İklim Bölgeleri Haritası	19
Şekil 4.2.	Eğimli ve Düz Alanda Arazi Kullanımı	24
Şekil 4.3.	Termal Kuşak İklim Bölgeleri İlişkisi	25
Şekil 4.4.	Farklı İklim Tiplerine Göre Yerleşime En Uygun Arazi Noktaları	27
Şekil 4.5.	Aynı Hacme Sahip Farklı Geometrik Formların Dış Yüzey Alanlarına Bağlı Olarak Isı Kayıpları.....	30
Şekil 4.6.	Konutlarda Mekân Organizasyon Şeması	33
Şekil 4.7.	Yapı Bölümlerine Göre Isı Transfer Oranları.....	36
Şekil 4.8.	Yapıda Isı Geçiş Türleri	37
Şekil 4.9.	Gölgeleme Elemanı Örnekleri	41
Şekil 4.10.	Isıl Kütlenin Isıtma ve Soğutma Dönemlerinde Kullanımı	42
Şekil 4.11.	Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri.....	47
Şekil 4.12.	Trombe Duvarı Çalışma Sistemi	48
Şekil 4.13.	Güneş Odası Çalışma Prensibi	49
Şekil 4.14.	Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri	50
Şekil 4.15.	Pasif Güneş Sistemlerinde Soğutma Şekilleri	51
Şekil 4.16.	Düzlemsel ve vakum borulu güneş kolektörü	52
Şekil 4.17.	PV Panel Elemanları	54
Şekil 4.18.	a. Çift Tabakalı Cephe Uygulaması Çalışma Prensibi b.Galeri ve Atriumlarda Baca Etkili Havalandırma Sistemi	57
Şekil 4.19.	Rüzgar Bacası Çalışma Prensibi	57
Şekil 5.1.	Bölge Üzerinde İşaretlenmiş Çalışma Alanı	90
Şekil 5.2.	Niğde İli İçin Yıllık ve Aylık Radyasyon Tabloları	91
Şekil 5.3.	Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi.....	92
Şekil 5.4.	Niğde İli Rüzgar Hızı Verileri	94
Şekil 5.5.	Niğde İli Rüzgar Yönü Verileri	95

Şekil 5.6.	Çalışma Alanı Arazi Kesiti.....	97
Şekil 5.7.	Ilımlı Kuru İklim Bölgesi İçin Uygun Yerleşim Aralığının Arazi Kesiti Üzerine İşlenmesi	98
Şekil 5.8.	Ilımlı Kuru İklim Bölgesi İçin Uygun Yerleşim Aralığının Uydu Haritası Üzerine İşlenmesi	98
Şekil 5.9.	Yakın Çevre Yapılaşması	99
Şekil 5.10.	Harita Üzerinde Yapı Yeri	101
Şekil 5.11.	Arazi Kesiti Üzerinde Yapı Yeri	101
Şekil 5.12.	Çalışma Alanı Plankotesi	102
Şekil 5.13.	Yapı Yönü Diyagramı	104
Şekil 5.14.	Model Konut Yapı Formu	106
Şekil 5.15.	Model Yapı Kat Planları.....	107
Şekil 5.16.	Model Yapıya Ait Pencere Yerleşimleri	109
Şekil 5.17.	Model Yapıya Ait Pencere-Hareketli Panel İlişkisi	110
Şekil 5.18.	Pencere Panellerinin Açık Şekilde Konumlandırılması	111
Şekil 5.19.	Pencere Panellerinin Kapalı Şekilde Konumlandırılması	111
Şekil 5.20.	Model Yapı Güneş Odası Çalışma Prensibi	121
Şekil 5.21.	Modelin BEP-TR 2 Ortamında Çizilmiş Hali	131
Şekil 5.22.	Model Yapı Ön Hesap Raporu	137
Şekil 6.1.	Model Yapı Şeması	141

KISALTMA LİSTESİ

EPBD	: Binalarda Enerji Performansı Direktifi
TS	: Türk Standardı
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
BEP-TR	: Bina Enerji Performansı Türkiye
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
MW	: MegaWatt
KW	: KiloWatt
°C	: Santigrad Derece
m	: Metre
m ²	: Metrekare
cm ²	: Santimetrekare



1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve artan insan nüfusunun etkisi ile günümüzde enerjiye olan talep, küresel bazda yükselmektedir. Birleşmiş Milletlerin 2019 yılında yayınladığı dünya nüfusuna ilişkin beklentilerini gösteren rapora göre mevcutta 7,7 milyar olan nüfusun önümüzdeki 30 yıl içinde 2 milyarlık bir artış göstererek 2050 yılında 9,7 milyara ulaşması beklenmektedir (Yüzbaşıoğlu, 2020). Artan nüfusa bağlı olarak en çok başvurulan enerji kaynağı olan fosil yakıtlar, yenilenemez yapılarından dolayı günden güne tükenmektedir (Öz, 2015). Bu çerçevede, dünyanın muhtemel bir enerji kıtlığına doğru sürüklendiği söylenebilmektedir.

Avrupa genelinde enerji tüketiminin %40'lık bölümünün yapı kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Sağlam, Yılmaz, 2015). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2018 yılına ait Türkiye'de toplam enerji tüketimi dağılımı verilerine göre mesken ve hizmetler grubu toplam enerji tüketiminin %23'ünden sorumludur. Diğer gruplar olan sanayi, ulaştırma, tarım ve hayvancılık başlıklarında yer alan binalar da göz önünde bulundurulduğunda bu alanda yapı sektörünün payı artmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Buna göre, enerji tüketiminin büyük bir bölümünden sorumlu olan inşaat endüstrisinin bu sorunun öncelikli muhatabı olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılarda enerji ihtiyaçlarının belirlenmesi, enerji kimlik belgesi oluşturulması ve bu sayede yapılarda enerji verimliliğinin teşviki için 2002 yılında Avrupa Parlamentosu 2002/91/EC sayılı Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) yayımlamıştır. 2010 yılında ise güncel ihtiyaçlara göre tekrar düzenlenerek 2010/31/EU sayılı "EPBD-Recast" ismi ile yayımlanmıştır. Revize direktifte, Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin ulusal şartlarına göre kendi hesaplama yöntemlerini oluşturarak binalarda enerji performans ihtiyaçlarının optimum seviyelerini belirlemesi zorunlu tutulmuştur. Türkiye de 2008 yılında EPBD kapsamında "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yayımlamış, geliştirilen

BEP-TR 2 hesap yöntemi ile tüm binalara enerji kimlik belgesi verilmesini zorunlu tutmuştur (Sağlam, Yılmaz, 2015).

Uluslararası Enerji ajansının verilerine göre yapılarda yıllık harcanan enerjinin %52'sini ısıtma ve soğutma enerjisi oluşturmaktadır (Taştanir, 2020). Bu bağlamda, yapının yer aldığı bölgenin iklim özelliklerine göre ilgili yapısal parametrelere uyularak tasarlanması ısıtma ve soğutma için ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını azaltacağı söylenebilmektedir. Fakat Türkiye’de mevcut yapılaşma ele alındığında, inşa edilen birçok projede iklime göre şekillenmeyen tek tip tasarımlar görülmektedir. Farklı ısıtma ve soğutma ihtiyacına sahip bölgelerdeki binaların aynı yapısal özelliklere sahip olması gereksiz enerji harcamalarına sebep olmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada, yukarıda belirtilen sorunlara bir çözüm arayışı olarak, enerji kavramının incelenmesi, enerji etkin yapı tasarımında izlenecek adımların derlenmesi ve ılımlı-kuru iklim tipi için konut modeli oluşturulması ile enerji etkin tasarımın gelişimine katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda tez kapsamında enerji etkin konut tasarımına ilişkin kavramlar ortaya konmuş, bu kavramlar üzerinden örnek proje incelemeleri yapılmış, ılımlı-kuru iklim tipine göre model konut projesi tasarlanmış ve bu model konutun bilgisayar destekli enerji performans analizleri yapılmıştır. Bu bağlamda, çalışma kapsamının aşamaları aşağıdaki gibidir;

- Enerji tanımı, enerji kaynakları ve enerji verimliliği kavramları incelenmiştir.
- Enerji etkin yapı kavramı incelenmiştir.

- Enerji etkin yapı tasarım parametreleri, iklimsel, çevresel ve yapısal parametreler kategorilerinde incelenmiştir. Bu parametrelere göre enerji etkin yapı tasarımında izlenecek yol haritası belirlenmiştir.
- Yapısal parametreler olan, yapı yeri, yönü, formu, mekan organizasyonu, yapı kabuğu ve yenilenebilir enerji kullanımı başlıkları üzerinden on adet enerji etkin konut projesi incelemesi yapılmıştır.
- Enerji etkin yapı tasarımında çizilen yol haritası üzerinden ılımlı kuru iklim tipine göre geliştirilmiş enerji etkin konut tasarım modeli oluşturulmuştur. Model için çalışma alanı olarak Niğde İli Merkez İlçesi Hamamlı Mahallesi 120 ada 10 parsel seçilmiştir. Seçilen alan üzerinde enerji etkin yapı tasarım parametrelerinin adımları uygulanarak ılımlı-kuru iklim tipine göre bir model konut oluşturulmuştur.
- Geliştirilen konut projesi, ulusal enerji performans yazılımı olan BEP-TR 2’de aşamalar halinde modellenerek analiz edilmiştir.
- Çalışma sonuçları değerlendirilerek enerji etkin yapı tasarımı gelişimine katkı sağlaması amaçlanan öneriler sunulmuştur.

Bu tez vasıtası ile elde edilen verilerin enerji etkin yapı tasarımı ile ilgili yapılacak çalışmalar için bilgi birikimine katkı sağlaması açısından yol gösterici olması beklenmektedir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, tezde yararlanmak üzere incelenen çok sayıda literatür çalışmasının sadece bir kısmı genel hatları ile açıklanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen konut modelinin kurulmasına referans olarak seçilen bu bilimsel yayınlar içeriğine göre genelden özele doğru sıralanmıştır.

Nilgün Sultan YÜCEER tarafından 2015 yılında hazırlanan Yapıda Çevre ve Enerji adlı kitabında; yapı ve enerji konusu, ekoloji, çevre, enerji, iklim, güneş ışıınımı, yapıda ısı konfor, bina kabuğu, yapı elemanları, gün ışığı ve bilgisayar destekli enerji etkin bina tasarımı başlıkları üzerinden ele alınmıştır. Kitap, alanındaki kavramlara geniş açıklamalar getirerek enerji etkin bina tasarımının ilkelerini belirlemektedir. Kavramsal çalışmaların yanında yapı elemanlarının enerji etkinliğindeki rolünü inceleyen çalışma son bölümde enerji etkin bina tasarımında kullanılan yazılımları detaylı bir şekilde açıklayarak konu hakkında uygulama çalışmalarına yer vermektedir. Bu uygulama çalışmalarında enerji etkin bina tasarım unsurları bilgisayar yazılımları üzerinden değerlendirilmiştir.

Jerusha NGUNGUİ, Zeltia BLANCO, Anthony AGEVİ tarafından 2017 yılında hazırlanan Sustainable Building For Hot And Arid Areas adlı el kitabında; Marsabit County şehri üzerinden sıcak-kurak iklim bölgesi için sürdürülebilir bina tasarımı ele alınmıştır. Çalışmada şehrin iklimsel verileri analiz edilmiş ve iklime göre bina yönü, bina formu, bina kabuğu, aktif ve pasif sistem kullanımı gibi bina tasarım parametreleri belirlenmiştir. Sürdürülebilirlik başlığı altında yenilenebilir enerji kaynakları, su yönetimi, katı atık yönetimi başlıklarını da ele alan çalışma sonucunda sıcak-kurak iklim tipi için bölgesel bir tasarım rehberi oluşturulmuştur.

İbrahim Agah TAŞTEMİR tarafından 2020 yılında hazırlanan Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunda Isıl Kütlenin Bina Enerji Etkinliğine Ve Isıl Konforuna Olan Etkisi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Türkiye'nin beş

iklim bölgesi olan sıcak-kuru, sıcak-nemli, ılıman-kuru, ılıman-nemli ve soğuk iklim bölgeleri için konut işlevli yapılarda kabukta ısıtma kütlesi kullanımının enerji etkinliğine ve ısıtma konforuna etkisi ele alınmıştır. Çalışmada 27 farklı duvar tasarlanarak yapı kabuğu alternatifleri sağlanmıştır. Çalışma sonucunda çeşitli enerji simülasyonu yazılımları kullanılarak farklı iklim bölgeleri için tasarlanan yapı kabuklarının ısıtma kabiliyetleri ölçülmüş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Melis SAVAS tarafından 2019 yılında hazırlanan Mikro Konutlarda Mekan Organizasyonunun İklimsel Tasarım Parametreleri Üzerinden İncelenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; sıcak, soğuk ve ılıman iklim bölgelerine göre tasarım parametreleri belirlenmiş ve 60 m²'den küçük olarak sınırlandırılan mikro konutlar incelenmiştir. Çalışma içerisinde öncelikle iklim türleri, farklı iklimlerin mekan organizasyonuna olan etkisine dair veriler derlenerek iklim ile mekan tasarımı arasında bağ kurulmuştur. İkinci basamak olarak farklı iklim kuşaklarından seçilen altı adet mikro konut örneği iklimsel parametreler ve fiziksel konfor koşulları bakımından incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler tablolastırılarak sunulmuş ve ilgili parametrelerin mekan tasarımında etkisi saptanmıştır.

Chro Ali Hama RADHA tarafından 2018 yılında hazırlanan Sustainable Renovation Of Residential Buildings in Subtropical Climate Zone adlı doktora tez çalışmasında; subtropikal iklim bölgelerindeki konut yapılarının sürdürülebilir olarak yenilenmesi ele alınmıştır. İki bölüm olarak ayrılan çalışmanın birinci bölümünde iklim, iklim türleri, enerji, sürdürülebilirlik, yenileme gibi kavramlar açıklanmış ve binaların sürdürülebilir olarak yenilenme stratejileri maddeler halinde belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, Sabunkaran bölgesindeki mevcut binaların analizleri yapılmış, sürdürülebilir yenilemeye uygun olanlar tespit edilmiş ve bu doğrultuda beş konut tipi geliştirilmiştir. Konut tipleri yazılım programlarında simüle edilerek enerji verimlilikleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, yapıların morfolojik özelliklerinin,

yapı malzemeleri ve yapım tekniklerinin enerji performansına olan etkisi görülmüştür.

Selma USLUSOY tarafından 2012 yılında hazırlanan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; ekolojik tasarım kriterleri ele alınarak yapı bileşeni ölçeğinde alternatif çözümler sunulmuştur. Çalışmada fosil yakıtlara karşı yenilenebilir enerji kaynaklarına dair veriler derlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr ve jeotermal enerjinin, cephe, çatı, döşeme gibi yapı bileşenleri üzerinde kullanım sistemlerini detaylı olarak açıklayan çalışmada, yurtiçi ve yurtdışından derlenen 21 projeyi bu sistemlerin kullanımı yönünden incelenmiştir. Çalışma sonucunda yenilenebilir enerji sistemlerinin çok katlı yapılarda dahi yapı bileşenine entegre edilerek sistemin bir parçası olabileceği görülmüştür. Ayrıca incelenen örneklerden elde edilen verilere dayandırılarak temiz enerji sistemi kullanımlarının Türkiye’de yaygın görülmediği sonucuna varılmıştır.

Ejup DULLINJA tarafından 2012 yılında hazırlanan Edirne Kaleiçi Bölgesindeki Evlerin Ekolojik Verilerinin Analizi adlı yüksek lisans tez çalışmasında; Türk Evi’nin karakteristik niteliklerini taşıyan 90 adet konutun ekolojik mimarlık kriterlerine göre değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada, Geleneksel Türk Evi’nde tasarım kriterleri, arazi verileri, yerleşim, yeşil doku, yön seçimi gibi başlıklar ile ekolojik mimari özellikler incelenmiş; kökeni, özellikleri, plan tipleri ve oluşumunu etkileyen faktörlere bağlı olarak Geleneksel Türk Evi’nin teorik zemini oluşturulmuştur. Bu veriler üzerinden seçilen çalışma alanındaki yapılar incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Edirne Kaleiçi Bölgesi’nde yer alan Geleneksel Türk Evleri’nin tasarımında ekolojik mimarlık kriterlerinin çoğunluğunun dikkate alındığı sonucuna ulaşılmıştır.

Banu Bahar ÖZDEMİR tarafından 2005 yılında hazırlanan Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması adlı yüksek lisans tez çalışmasında; sürdürülebilir çevre amacıyla

yapıların enerji etkin pasif sistemler yoluyla tasarlanması ele alınmıştır. Çalışma, enerji korunumunun ve enerji etkin bina tasarımının önemini vurgulamakta, Türkiye’de kullanılabilecek aktif ve pasif güneş enerjisi sistemlerini açıklamaktadır. Çalışmada enerji etkin bina tasarım parametreleri iklim, kullanıcı ve yapı başlıklarıyla ele alınmıştır. İlgili tasarım parametrelerine dayanarak yapı model alternatifleri oluşturan çalışma, en etkin enerji maliyetini sağlayan alternatif uygulama projesi üzerinden açıklamaktadır. Ayrıca çalışmanın ekler bölümünde Türkiye’nin beş iklim bölgesi için enerji etkin tasarım ilkelerini özetleyen bilgiler içeren tablolar sunulmuştur.

Serpil ÇERÇİ tarafından 2016 yılında hazırlanan Sıcak Ve Nemli İklim Bölgeleri İçin Sürdürülebilir Bir Konut Modeli adlı bireysel araştırma projesi sonuç raporunda; iklimsel tasarım ilkeleri doğrultusunda sıcak ve nemli iklim bölgesi için bir konut modeli geliştirilmiştir. Çevresel şartların ve iklimin binaların yerleşimi, büyüklüğü ve yönlenmesi üzerindeki etkisi termal konfor ve enerji korunumu bakımından incelenmiştir. Çalışmada, iklimsel veriler ve konu ile ilgili yönetmelikler incelenmiş, pasif tasarım kavramları analiz edilmiş, model konut binalar ve yerleşke tasarlanmıştır. Planlama aşamasında belirlenen stratejiler üzerinden gelecek çalışmalara kaynaklık edebilecek bir kontrol listesi oluşturan çalışma, sıcak ve nemli iklim bölgeleri için sürdürülebilir konut tasarım rehberi niteliği taşımaktadır.

Pranav Anant PİSE, D.B. DESAI ve J.S. LAMBE tarafından 2021 yılında hazırlanan Net Zero Energy Building: Design Strategies adlı makale; kullanıcı konforundan ödün vermeden enerji verimliliğinin sağlanması ve enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması olarak tanımlanan net sıfır enerjili binaların tasarım stratejilerini ele almaktadır. Çalışma bu tasarım stratejilerini, yapı özellikleri, yeşil malzeme kullanımı, verimli ekipman ve sistem kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı olmak üzere dört ana başlıkta incelemektedir. Çalışma sonucunda, güneş, rüzgar, ışık ve mikro iklimsel unsurların iklime özgü tasarımda etken olarak kullanılabilirliği, yeşil malzeme ve

mekanik ekipman türleri ortaya konmuştur ve bütün enerji etkin tasarım stratejileri uygulandıktan sonra kalan enerji açığını dengelemek üzere yenilenebilir enerji kullanılması gerektiği savunulmuştur.

Eşher BERKÖZ, Zerrin YILMAZ AYGÜN, Mehmet KÜÇÜKDOĞU ve arkadaşları tarafından 1995 yılında hazırlanan Enerji Etkin Konut Ve Yerleşme Tasarımı adlı TUBITAK INTAG 201 no’lu araştırma projesi sonuç raporunda; enerji korunumunda, binaları tanımlamada etkili olan tasarım parametreleri ele alınmıştır. Bu parametreler, yer, yön, bina biçimi, hacim ebatları, bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, binalar arası uzaklıklar, yerleşme türü, doğal havalandırma düzeni olarak başlıklandırılmıştır. Çalışma içerisinde bu parametrelerin değerlerinin belirlenmesi ve tasarım sürecine ait yöntemler detaylı olarak açıklanmaktadır. Çalışma sonucunda, Türkiye’nin beş iklim bölgesinden seçilen Ankara, İstanbul, Erzurum, Antalya ve Diyarbakır pilot şehirleri için, uygun bina kabuğu termofiziksel özellikleri, cephe bileşenleri, yönlendiriş durumu, bina formu, doğal ventilasyon için cephe yüzey boşluk oranları, bina aralıkları, arazi parçası özellikleri, aydınlatma enerjisi için pencere ebatları, saydamlık, yutuculuk, geçirgenlik oranları ile ilgili kombinasyonlar tablolar halinde sunulmuştur.

Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL tarafından 2016 yılında hazırlanan Enerji Verimli Bina Stratejileri adlı el kitabı; içeriği üç temel bölümde sınıflandırılmıştır. Birinci bölümde, bütüncül yapı tasarımı yaklaşımı, performansa dayalı yaklaşım ve yönetmelikler ile ilgili teorik bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde, enerji etkin bina tasarım stratejileri yerleşim planlaması ve mikroklima denetimi ve bina kabuğu tasarımı olarak iki ana başlıkta toplanmıştır. Bu başlıklar altında doğal havalandırma, güneş kontrolü, ısı yalıtımı, ısıl kütle, ısı köprüleri ve hava sızdırmazlık, pencere ve gölge elemanlarının tasarımı, ısıl konfor ve kullanıcı faktörü kavramlarına açıklık getirilmiştir. Üçüncü bölümde, bina performans simülasyon programlarının işleyişi ve program türleri hakkında veriler sağlanmıştır. El kitabı formatında olan bu kaynak enerji etkin bina tasarımında tasarımcılara rehber niteliği taşımaktadır.

Türk Standartları Enstitüsü'nün Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu tarafından 2008 yılında hazırlanan TS 825 adlı standart kitapçığı; binaların ısıtılması için duyulan net enerji ihtiyacının hesaplanma kuralları ve binalar için izin verilecek en yüksek ısıtma enerjisi değerinin tespitine yönelik verileri kapsamaktadır. Çalışma Türkiye'yi dört derece gün bölgesine ayırarak bu bölgelere göre uyulması gereken standartları belirler. Özellikle bina kabuğu tasarımında kullanılan yapı bileşen ve malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değeri, birim hacim kütlesi ve su buharı difüzyon direnç faktörü değerleri tablo halinde sunulmaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi hesabının örnek projeler üzerinden yapılarak açıklandığı çalışma, içerdiği hesap metotları ve standartlarıyla enerji etkin yapı projesi tasarımlarında başvurulacak bir kaynak olarak kabul görmektedir.

Çalışmada, enerji etkin bina tasarımına dair günümüzde çok sayıda yapılmış bilimsel yayın incelenmiş olmakla birlikte, bu bölümde, konut modelinin kurulmasına referans olabilecek araştırmaların sadece bir kısmına yer verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan materyaller üç farklı grupta kategorize edilmiştir.

- Birincisi; çalışmanın teorik kısmında yer alan enerji, enerji etkin yapı ve enerji etkin yapı tasarım parametreleri konuları hakkında verilerin derlenmesi için başvuru kitaplar, ulusal hakemli dergilerde yayınlanmış makaleler, web adresleri, yüksek lisans ve doktora tezlerini kapsayan yazılı belgelerdir.
- İkincisi; çalışmanın örnek inceleme bölümünde yer alan ulusal ve uluslararası enerji etkin konut projeleridir. Bu projelerin enerji etkin tasarım yaklaşımları, çalışmada oluşturulan model konutun şekillenmesinde rol oynamıştır. Örnek projelerden referans alınan tasarım yaklaşımına Ilımlı-Kuru İklim Tipine Göre Geliştirilmiş Enerji Etkin Konut Tasarım Modelinin Oluşturulması bölümünde yer verilmiştir.
- Üçüncüsü; 1. ve 2. aşamadan referans alınarak oluşturulan model konutun enerji performans analizinin yapılmasında kullanılan ulusal enerji performansı hesaplama yazılımı BEP-TR 2'dir. Bu çalışmadaki hesaplama yazılımı, Konya Mimarlar Odası Şubesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın düzenlediği yazılım yetkinliği eğitimine katılan ve "Enerji Kimlik Belgesi Uzmanı" olan yazar tarafından yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmada kullanılan yöntemler sırasıyla üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

- İlk olarak, kavramların açıklanarak teorik zeminin oluşturulması için literatür taraması yapılmıştır.

- İkinci olarak, literatür taraması sonucunda elde edilen verilerin uygulanması ile ılımlı-kuru iklim tipini temsilen Niğde İli Merkez İlçesi Hamamlı Mahallesi içinde seçilen çalışma alanı üzerine model konut projesi oluşturulmuştur.
- Son aşamada, oluşturulan model konut projesinin ulusal yazılım BEP-TR 2 ortamında bilgisayar destekli enerji performans analizi yapılmıştır. Programın kullanım şekli ile ilgili bilgiler “Model Konutun Enerji Performans Hesabı” bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır.



4. ENERJİ ETKİN YAPI TASARIMI

4.1. Enerji

Boles ve Çengel'e göre enerji, "değişikliğe yol açan etken" olarak tanımlanmaktadır. Enerji bilimini karşılayan termodinamik kavramı latince kökenli olup therme (ısı) ve dynamis (güç) kelimelerinin bir araya gelmesinden türetilmiştir. Bu anlamda termodinamik kavramı, eski dönemlerden bu yana devam eden ısıнын işe dönüştürülmesi çabasını ifade eden bir tanım olarak kabul görmektedir.

Termodinamiğin birinci yasası enerjinin korunumu ilkesini ifade eder. Doğanın en temel yasalarından biri enerjinin korunumu ilkesidir. Bu yasa, bir etkileşim sırasında enerjinin bir biçimden başka bir biçime dönüşebileceğini, fakat toplam miktarının sabit kalacağını belirtir. Başka bir deyişle enerji yaratılamaz veya yok edilemez. Termodinamiğin ikinci yasası, enerjinin niceliğinin (miktarının) yanında niteliğinin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koyar ve doğadaki değişimlerin enerjinin niteliğini azaltan yönde gerçekleştiğini belirtir (Boles, Çengel, 1996: 2).

Endüstri devrinden önce enerji ihtiyacı odun, rüzgar, su gibi doğada var olan kaynaklar ve canlıların kas gücünden sağlanmakta iken sanayileşme ile birlikte kömür yakıtlı buhar makinelerinin icadı enerji kaynaklarının değişmesine sebep olmuştur. Çağımızda enerji politikaları, mevcut enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve bu kaynakları verimli kullanma ilkelerine dayanmaktadır (Külekçi, 2009).

4.1.1. Enerji Kaynakları

4.1.1.1. Fosil Yakıtlar

2018 yılı itibarıyla dünyanın birincil enerji kaynaklarını %85'lik bir oranla fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Bunlar, petrol (%34), kömür (%27) ve doğal gaz (%24) olarak sıralanmaktadır (BP, 2019).

Petrol, 252 ila 66 milyon yıl önce Mezozoik dönemde plankton, alg ve diğer maddelerin antik denizlerin dibine gömülmesi sonucu oluşmuştur. Esas olarak karbon ve hidrojenden oluşan bir sıvı olan ham petrol, genellikle siyah olmakla birlikte kimyasal bileşimine bağlı olarak çeşitli özelliklerde bulunabilir. Kara ve deniz kuyularından çıkarılan ham petrol, benzin, dizel ve ısıtma yağı dahil olmak üzere çeşitli petrol ürünlerine dönüştürülmektedir. Küresel düzeydeki karbon emisyonlarının yaklaşık üçte birine petrol ürünleri sebep olmaktadır (Nunez, 2019).

Kömür, yüksek miktarda karbon içeren siyah veya kahverengimsi-siyah renkli tortul bir kayadır. Yüz milyonlarca yıl önce bataklık ormanlarında yaşayan bitkilerin depolanan enerjisini içeren kömür yenilenemez enerji kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır (U.S. Energy Information Administration, 2020). Yanan kömürden kaynaklanan karbondioksit emisyonları, sanayi devri sonrasında meydana gelen küresel sıcaklık artışının en büyük kaynağı olarak görülmektedir.

Esas olarak metandan oluşan kokusuz bir gaz olan doğal gaz, milyonlarca yıl önce çürüyen bitki maddesi ve organizmalardan oluşan tortularda bulunur. Doğal gaz, emisyonlar açısından kömür ve petrolden daha temiz olmakla birlikte küresel düzeydeki karbon emisyonlarının yaklaşık beşte birini oluşturmaktadır (Nunez, 2019).

Fosil yakıtların yakılması ile yılda yaklaşık 35 milyar ton karbondioksit oluşmaktadır (Jillian, 2020). Bu veriden fosil yakıt kullanımının ciddi çevresel zararlara yol açtığı sonucu çıkarılabilmektedir.

4.1.1.2. Nükleer Enerji

Nükleer enerji, atom çekirdeğinden elde edilmektedir. Atom çekirdeğindeki bağların kırılması ile ortaya çıkan nükleer enerji, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır (Harmanda, 2020).

Dünya’da ilk nükleer reaksiyon 2 Aralık 1942 tarihinde, University of Chicago’da gerçekleştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı’nı takip eden dönemde, ABD

ve SSCB arasındaki rekabetin etkisiyle, 20 Aralık 1951 tarihinde ABD'nin Idaho Eyaletinde inşa edilen “Experimental Breeder Reactor-I” adlı santral ile ilk defa nükleer enerjiye dayalı elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. SSCB’de ise, ilk sivil amaçlı nükleer enerjiye dayalı elektrik üretimi 27 Haziran 1954 tarihinde Obninsk, Kaluga Oblast reaktöründen elde edilmiştir (Öcal, 2020: 78). Çizelge 4.1’de dünyadaki işletme ve inşaat halinde bulunan nükleer enerji santralleri ve ülke bazında nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payı verilmiştir.

Çizelge 4.1. Dünyadaki İşletme Ve İnşaat Halinde Bulunan Nükleer Enerji Santralleri ve Ülke Bazında Nükleer Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı (Öcal, 2020: 78)

Ülkeler	İşletmedeki Nükleer Santral Sayısı	İnşaat Aşamasındaki Santral Sayısı	Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı (%)
ABD	99	2	20,00
Fransa	58	1	71,60
Japonya	42	2	(*)
Çin	39	18	4,00
Rusya	37	6	17,80
Güney Kore	24	4	27,00
Hindistan	22	7	3,20
Kanada	19		14,60
Birleşik Krallık	15		19,30

(*) Fukuşima kazası sonrası Japonya’da güvenlik testleri için nükleer güç santralleri kısa süreliğine kapatılmıştır. Ancak, 17 nükleer santralin tekrar açılması ile ilgili süreç başlatılmıştır.

4.1.1.3. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, tüketiminden daha kısa zamanda yenilenen ve güneş, rüzgar gibi dünyanın varoluşundan beri süregelen doğa olayları yoluyla üretilen enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekli kendini yenilemesi, çevresel

etkilerinin ve sistem giderlerinin düşük olması özellikleri ile önem kazanmıştır. Bu kaynaklar yedi sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 4.2).

Bu bölümde yenilenebilir enerji türlerinden güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerji başlıkları açıklanmıştır.

Çizelge 4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları (Bayram, 2020: 31)

Yenilenebilir Enerji Türü	Yenilenebilir Enerji Kaynağı
Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
Güneş Enerjisi	Güneş
Dalga Enerjisi	Deniz ve Okyanuslar
Hidrojen Enerjisi	Hidrojen
Hidrolik Enerjisi	Nehirler ve Akarsular
Jeotermal Enerjisi	Yeraltı Suları
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar

1) Güneş Enerjisi

Güneş dünyanın en önemli enerji kaynağıdır. Olumsuz çevresel etkileri bulunmayan ve bu yönüyle fosil yakıtlara karşı alternatif olarak kabul edilen güneş enerjisinden ısıtma ve elektrik elde etme amacıyla faydalanılmaktadır (Yılmaz, 2012: 44). Güneş enerjisi, güneş çekirdeğindeki hidrojen gazının helyum gazına dönüşümünü gerçekleştiren füzyon tepkimesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu enerji dünyaya güneş ışınları yoluyla ulaşmaktadır. (Kaya ve Koç, 2015). Güneş enerjisi doğrudan ısı enerjisine ya da dolaylı olarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde fotovoltaik güneş pilleri kullanılmaktadır (Tutaşı, 2018).

2) Rüzgar Enerjisi

Güneş ışınlarının yer yüzeyindeki noktaları farklı derecelerde ısıtması basınç farklarına, basınç farkları ise havanın hareket etmesine sebep olmaktadır.

Havanın yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareketi rüzgar olarak tanımlanmaktadır. Rüzgar enerjisi yenilenebilir niteliktedir ve çevresel kirliliğe sebep olmaz. Üretimi için yüksek teknoloji gerekmeyen rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde rüzgar türbinleri kullanılmaktadır (Koç ve Şenel, 2015).

3) Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin doğal ısısı olup, yer kabuğunun derinliklerinde birikmiş olan basınç altındaki sıcak akışkan (su buharı, gaz) ve sıcak kuru kayaların içerdiği termal enerjidir. Türkiye’de yaklaşık olarak 1000 adet doğal sıcak su kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar ile elektrik üretiminde kullanılmak üzere 610MW, ısıtma amacıyla kullanılmak üzere 31500 MW’lık jeotermal enerji potansiyeli bulunmaktadır. Türkiye, yakın gelecekte jeotermal elektrik enerjisi potansiyelinin tamamından faydalanmayı hedeflemektedir (Kaya ve Koç, 2015: 41).

4.1.2. Enerji Verimliliği

Verimlilik kavramı, üretime dahil edilen girdiler ile süreç sonucunda elde edilen çıktılar arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Verimlilik, kaynakların en iyi şekilde değerlendirilerek üretim sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram farklı çalışma disiplinleri tarafından çeşitli şekillerde yorumlanırken mühendisler için verimlilik, bir makinenin etkin çalışması anlamına gelmektedir (Atağan ve Yükçü, 2009).

Enerji verimliliği, yaşam standardından, enerjinin kalitesi ve performansından taviz vermeden, teknolojik cihazlardan da faydalanarak enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Öz, 2015: 7). Enerji verimliliğinde yapılan iyileştirmeler enerji tasarrufunu sağlamaktadır. Sera gazı emisyonlarını azaltmaya katkı sağlayan enerji verimliliği, toplumda sürdürülebilirliği sağlamanın temeli olarak görülmektedir (Mulugeta, 2020).

Enerji verimliliği potansiyeli, çeşitli önlemler neticesinde enerjide sağlanabilecek toplam azalmadır. Ülkemizde, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20, ulaşım sektöründe ise %15 enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır (Öz, 2015: 8).

4.2. Enerji Etkin Yapı

Yapılarda çevreci yaklaşıma sahip tasarımların ana hedeflerinin: iklim ve doğal çevre ile uyumlu, inşaat ve malzeme seçimi, kullanım, bakım, tadilat, yıkım ve atıkların yok edilmesi sürecinde, beşikten beşiğe yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilir, enerji etkin ve yenilenebilir kaynakları kullanarak dünyaya en az düzeyde zarar veren veya iz bırakan binayı oluşturmak olduğu söylenebilmektedir. Enerji etkin yapı, kullanım süreci boyunca yapının, özellikle pasif yöntemlerle tasarımı, konfor ve sağlık koşullarının sağlanmasında en az düzeyde enerji harcamasını gerçekleştirerek, aktif yöntemlere ihtiyacı azaltan ve ihtiyacı mümkün olduğunca yenilenebilir kaynaklar ile karşılayan yapılar olarak tanımlanabilir (Elbi, 2019: 5).

Enerji etkin yapılar;

- Bina tasarımı aşamasında verilen kararlar ile enerji ihtiyacı azaltılan,
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan,
- Enerji verimliliği sağlayarak düşük seviyede salınımda bulunan binalar olarak tanımlanmaktadır.

Binanın bulunduğu çevrenin iklimsel özellikleri, arazi şartları, bina tipi, kabuğu, mekan organizasyonu gibi özellikler tasarım bağlamında enerji performansını belirleyen başlıklar olarak değerlendirilmektedir (Harputlugil, 2016: 16).

4.3. Enerji Etkin Yapı Tasarım Parametreleri

4.3.1. İklimsel Parametreler

İklim, minimum 30 yıllık periyottaki sıcaklık, rüzgar, nem ve güneş radyasyonu verileri gibi atmosferik olayların ortaya çıkardığı bir veri bütünü olarak tanımlanmaktadır (Savaş, 2019: 71).

İklimi oluşturan sıcaklık, nem, yağış, güneş ışıınımı, rüzgar gibi ölçütlerde görülen değişiklikler farklı iklim sınıflarının oluşmasına sebep olmaktadır. Türkiye özelinde yapılan mimari ve iklim alanındaki çalışmalarda sıcak-kuru, sıcak-nemli, ılıman-kuru, ılıman-nemli ve soğuk olmak üzere 5 iklim tipi belirlenmiştir (Kısa, 2019). Şekil 4.1’de bu iklim tiplerinin yer aldığı bölgeler görülmektedir.



Şekil 4.1. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası (Kısa, 2019: 56)

Türkiye’nin beş iklim bölgesine ait genel özellikler ve bu iklim bölgelerine bağlı olan iller Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. İklim Bölgelerinin Genel Özellikleri İller (Kısa, 2019)

İklim Bölgesi	Genel İklim Özellikleri	İller
Sıcak-Kuru İklim Bölgesi	Yazları fazla sıcak ve kurak olan bölgede kışları soğuk geçmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 16.4°C ve en yüksek sıcaklık ortalaması yaklaşık 40°C'dir. Nem oranını düşüktür ve buna bağlı olarak yaz-kış, gece-gündüz sıcaklık farkları fazladır.	Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kahramanmaraş, Kilis, Mardin, Siirt, Şırnak, Urfa
Sıcak-Nemli İklim Bölgesi	Nemin ve yağışın yoğun olduğu bu bölgelerde yaz ayları ile kış ayları arasındaki sıcaklık farkı düşüktür. Kış aylarının yağışlı geçtiği bölgenin karakteristik özelliği yüksek sıcaklıklardır.	Adana, Antalya, Aydın, Denizli, Hatay, İzmir, Manisa, Mersin, Muğla, Osmaniye
Ilıman-Kuru İklim Bölgesi	Gece-gündüz arasında fazla sıcaklık farkı olan bölgede genellikle soğuk iklim bölgesine yakın özellikler görülmektedir. Etrafı dağlar ile çevrili olan bu bölgelere denizin ılımanlaştırıcı etkisi ulaşmamaktadır. Bu nedenle ortalama sıcaklık -5°C ila 30°C arasında değişkenlik göstermektedir.	Afyon, Aksaray, Ankara, Burdur, Çankırı, Çorum, Elazığ, Erzincan, Eskişehir, Iğdır, Isparta, Karaman, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Kütahya, Uşak, Malatya, Nevşehir, Niğde
Ilıman-Nemli İklim Bölgesi	Yazları ayları ılımlı, kış ayları soğuk geçmektedir. Yağışın ve nemin yüksek olduğu bu bölgede yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkı düşüktür. Buna bağlı olarak çok soğuk kışlar ve çok sıcak yazlar görülmemektedir.	Amasya, Artvin, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Düzce, Edirne, Giresun, İstanbul, Karabük, Kırklareli, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Yalova, Zonguldak
Soğuk İklim Bölgesi	Uzun ve şiddetli kışlar görülmektedir. Minimum ortalama sıcaklık -20°C'dir. Yaz aylarında yağmur, kış aylarında kar yağışlıdır. Kışın uzun sürmesine karşın yazları kısa ve serindir. Bağıl nem düşük ve rüzgar etkisi serttir.	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bitlis, Bingöl, Bolu, Erzurum, Gümüşhane, Hakkari, Kastamonu, Kars, Muş, Sivas, Tunceli, Van, Yozgat

Çizelge 4.3'ten elde edilen verilere göre model konut tasarımının yer aldığı ılımlı-kuru iklim bölgesinde gece ve gündüz sıcaklık farkı fazladır ve soğuk iklime yakın özellikler gösterir. Çizelgeye ek olarak ılımlı-kuru iklim bölgesinde yer alan şehirlerde yaz ayları sıcak ve kurak geçerken kış ayları soğuk ve kar yağışlıdır.

İklimle uyumlu yapıların tasarlanabilmesi için güneş ışıınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgâr gibi atmosferik verilerin belirlenmesi gerekmektedir (Taştımır, 2020). Çalışmada bu bölümler başlıklar halinde ele alınmıştır.

4.3.1.1. Güneş Işınımı

Güneş enerjisi dünyaya farklı dalga boylarındaki ışınlar yoluyla gelmektedir (Kallioğlu, 2014). Yeryüzüne ulaşan güneş ışıınım şiddeti atmosfer koşullarına, güneş açısına ve yerin denize göre yüksekliğine göre farklılık göstermektedir. Güneş ışınları ulaştığı çevrede sıcaklık artışı oluşturur. Bu nedenle yapılarda ısıtmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde güneş ışıınımı kazancı sağlayacak, soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde ise güneş ışıınımından korunacak çözümler geliştirilmelidir (Sojoudihassanlouei, 2019).

4.3.1.2. Dış Hava Sıcaklığı

Dış hava sıcaklığı yapıların ısıtmaya ve soğutmaya ihtiyaç duyduğu dönemlerin tespiti için en belirleyici faktörlerden biridir. Isıl konforun sağlanmaya çalışıldığı iç mekan ile dış ortam arasında hava sirkülasyonu ve yapı kabuğu yoluyla ısı geçişleri yaşanmaktadır. Isı, sıcak ortamdan soğuk ortama doğru akmaktadır. Isıtmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde düşük olan dış hava sıcaklığı iç mekanda ısı kayıplarına sebep olur (Işın, 2016). Bu veriden referansla, soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde ise yüksek olan dış hava sıcaklığı nedeniyle iç mekanda istenmeyen sıcaklık artışının yaşanacağı söylenebilmektedir. Bu nedenle ısıtma ve soğutma günlerinin belirlenerek yapı tasarımında bu verilerin göz önünde bulundurulması gereklidir.

1) Isıtma Gün Dereceleri

Isıtma Gün Dereceleri (Heating Degree Days – HDD), 24 saatlik döngünün ne kadarlık bir bölümünün sıcak ve ne kadarlık bir bölümünün soğuk geçtiğini ölçmeye yarayan bir birimdir ve belirli zamandaki (gün, ay, yıl) soğukun şiddetini açıklar. Uluslararası bir kullanım oluşturmak için Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi, HDD'nin hesabı için aşağıdaki yöntemi önermektedir.

$$HDD = (18\text{ }^{\circ}\text{C} - T_m) \times d$$

T_m = Günlük ortalama sıcaklık, d = Gün sayısıdır.

Eğer $T_m > 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ısıtma eşiği) ise $HDD = 0$

Hesaplama günlük bazda yapılır. Aylık ve yıllık gün dereceleri bunların toplanması ile bulunur.

2) Soğutma Gün Dereceleri

Soğutma Gün Dereceleri (Cooling Degree Days – CDD), Dış ortam sıcaklığını hesaba katarak belirli bir zamandaki (gün, ay, yıl) sıcaklığın şiddetini açıklar. Resmi olarak belirlenmiş bir sınır sıcaklık yoktur fakat inşaat sektörü enerji alanındaki çalışmalarında sınır sıcaklığı 22°C olarak alınır. Buna göre:

$$CDD = (T_m - 22) \times d$$

Eğer $T_m \leq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (soğutma eşiği) ise $HDD = 0$

Binaların ısıtılması veya soğutulması için gerekli enerji ihtiyacının tespiti için ısıtma ve soğutma gün derecelerinin bilinmesi gereklidir (Eken ve ark, 2007).

4.3.1.3. Dış Hava Nemliliği

Nem; yeryüzündeki suların buharlaşması sonucu atmosferde yayılı halde olan su buharı olarak tanımlanmaktadır (Yelekçi, 2019). Yüksek nem oranına sahip bölgelerde bulutların etkisiyle güneş ışınımı etkisi azalır. Düşük nem oranına sahip kuru iklim bölgelerinde gündüz sıcaklıkları daha yüksek, gece sıcaklıkları ise daha düşük seyretmektedir (Özüer, 2012).

Kuru hava kadar yüksek nem oranları da kullanıcı konforu için olumsuz etki göstermektedir. Bu nedenle mekândaki hava sirkülasyonunu arttıracak yönde

yapı tasarımları geliştirilmelidir. Yapı elemanları için de zararlı etkileri olan neme karşı yapı kabuğunda tedbirler alması gereklidir (Işın, 2016).

4.3.1.4. Rüzgar

Rüzgâr, “Yeryüzü ile ilişkili olarak, genellikle yatay olarak gelişen hava hareketi” , hâkim rüzgâr ise “Gün, ay, mevsim veya yıl gibi belirli bir periyotta, diğerlerine göre en sık, en fazla esen rüzgârın yönü için kullanılan terim” olarak tanımlanmaktadır (Yelekçi, 2019: 7).

Soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybını engellemek için rüzgârdan korunmak, sıcak iklim bölgelerinde ise rüzgarın soğutucu etkisinden faydalanmak amaçlanır. Soğuk iklim bölgelerinde yapının uzun kenarı hâkim rüzgârdan etkilenmeyecek şekilde konumlandırılırken sıcak iklim bölgelerinde ise yapının büyük bir bölümü rüzgârı içine alacak şekilde tasarlanır. Çevre yapılaşmasında da rüzgâr etkisi göz önünde bulundurulmaktadır (Savaş, 2019).

4.3.2. Çevresel Parametreler

Çevresel parametreler enerji etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle yapısal tasarıma başlarken çevre analizleri ile elde edilen veriler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bölümde, çevresel parametrelerden topografya ve yakın çevre yapılaşması başlıkları ele alınmıştır.

4.3.2.1. Topografya

Topoğrafya, “arazinin sahip olduğu doğal engebe ve özelliklerinin kâğıt üzerinde gösterilmesi” olarak tanımlanmaktadır. Etimolojik olarak yunanca, topos (yer) ve graphein (yazmak) sözcüklerinin bir araya gelmesinden oluşmuştur.

Yapının arazideki konumuna göre sıcaklık, gölgelenme, rüzgâr hızı gibi değerleri değişiklik göstermektedir. Yüksek kotlara çıktıkça rüzgâr hızı ve ısınım şiddeti artarken sıcaklık azalmaktadır. Güneşten faydalanmak istenen durumlarda arazinin güney, güneydoğu, güneybatı yönlerine konumlanırken, gölge istenen durumlarda kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğu yönleri seçilmektedir.

Şekil 4.2’de yer alan eskizde de belirtildiği gibi, düzlük alanlar tarım arazisi olarak bırakılmalı, yapılaşma için ise yamaç ve tepeler kullanılmalıdır. Tasarımcılar tarafından eğimli araziler için yapılaşma çözümleri geliştirilerek alan kazanımı sağlanmalıdır. Osmanlı şehir yerleşimi de bu yaklaşımı destekler niteliktedir. Osmanlı kentlerinde ovalar tarım alanı olarak bırakılmış ve yamaçlara yerleşilmiştir. Yamaçlar, manzaraya hakim olması, eğimden dolayı yapıların birbirinin önünü kesmemesi, serinletici rüzgarlara açık olması gibi imkanlarından dolayı yerleşim yeri olarak tercih edilmiştir (Saçık, 2018).

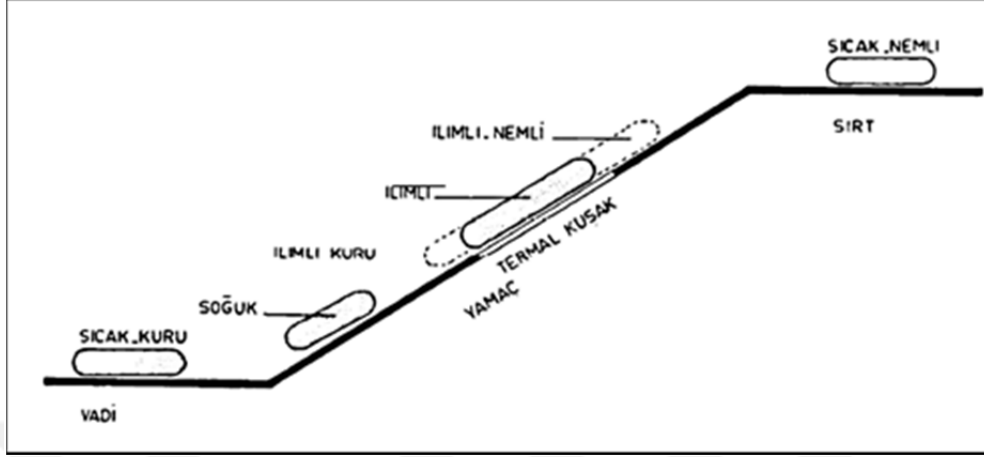
Topografik veriler yörenin bağlı olduğu ilçe belediyesinin arşivinde yer alan hâlihazır haritalardan elde edilebilmektedir. Buna ek olarak, yeryüzünü kuş bakışı gösteren Google Earth programı da veri elde etme yöntemi olarak kullanılabilir. Günden güne kullanımı yaygınlaşan program, çekim tarihi, görüntü çözünürlüğü gibi değişkenlere bağlı olsa da göreceli olarak yüksek doğruluk vermektedir. Elde edilen konumsal doğruluklar ile program birçok “Coğrafi Bilgi Sistemi” uygulaması için yeterli görülmektedir (Atak, 2019).



Şekil 4.2. Eğimli ve Düz Alanda Arazi Kullanımı (Saçık, 2018:10)

1) Termal Kuşak

Herhangi bir bölgede en düşük kot olarak kabul edilen vadi tabanı ile en yüksek kot olarak kabul edilen tepe arasında kalan kota sahip yamaçlar termal kuşak olarak ifade edilmektedir. İklimsel açıdan yamacın en ılımlı özelliği gösteren parçasına termal kuşak denmektedir (Işın, 2016). Farklı iklim bölgeleri için yerleşmeye en uygun arazi konumları Şekil 4.3’te görülmektedir.



Şekil 4.3. Termal Kuşak İklim Bölgeleri İlişkisi (Dullinja, 2012:16)

4.3.2.2. Yakın Çevre Yapılaşması

Bir kentsel yerleşimde temel kaygı, hava hareketleri ve güneş ışımasını etkilerinin sağlanmasıdır. Bu nedenle kentsel yerleşimdeki enerji verimliliğini sağlamak için güneş hareketlerinin ve hakim rüzgarların analizi çok önemlidir. Sokakların yönelimi ve yerleşim düzeni yapıların çevresindeki mikro iklim üzerinde oldukça etkilidir. Çevre yapılaşması mikro iklimi dengeleyebilir ve kullanıcılar için uygun konfor koşullarını iyileştirebilmektedir (Agevi ve ark, 2017).

Berköz ve arkadaşlarının 1995 yılında yapmış oldukları çalışmaya göre, güneş ışınmından en üst seviyede yararlanmak istenilen durumlarda yapı aralıkları çevre yapılardan gelen en uzun gölgeli derinlik kadar veya bu derinlikten daha fazla olmalıdır. Yapılar birbirlerinin güneşlerini kestikleri gibi rüzgâr engeli de oluştururlar. Yapılar arası mesafe azaldıkça sirküle eden rüzgâr hızı da azalmaktadır (Berköz ve ark, 1995). Buna göre istenen rüzgâr akışı yoğunluğuna göre yapılaşma aralıklarının değişkenlik göstereceği söylenebilmektedir.

4.3.3. Yapısal Parametreler

Binanın bütününi oluşturan yapısal parametreler ile ilgili tasarım aşamasında verilen kararlar enerji etkinliğinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada, yapısal parametreler; yapı yeri, yapı yönü, yapı formu, mekân organizasyonu, yapı kabuğu, gibi pasif tasarım yöntemleri ile yenilenebilir enerji kullanımı olan hem pasif hem aktif sistemlere dair başlıklar üzerinden ele alınmıştır.

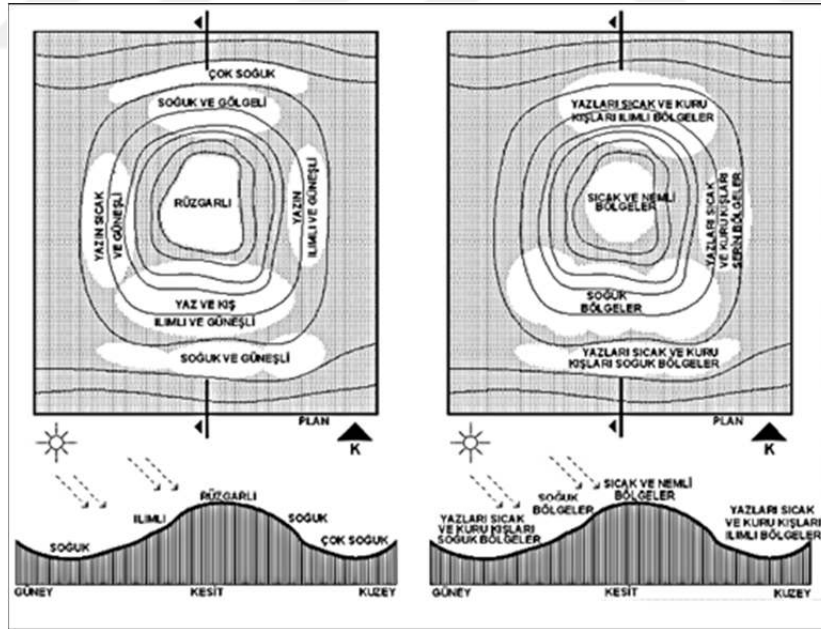
4.3.3.1. Yapı Yeri

Yapı yeri, güneşin ve rüzgarın yapı üzerindeki etkisi bakımından önemli bir parametredir. Yerleşimin yapıldığı arazi parçasının konumu, yönü ve eğimi yapıyı doğrudan etkilemektedir. Yerleşim bölgesi seçilirken iklim tiplerinin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak en uygun konumlar belirlenmelidir (Yüksel, 2020).

İklim bölgelerine göre uygun yerleşim yerleri şu şekildedir:

- **Sıcak-kuru iklim bölgelerinde**, nem ihtiyacından dolayı kuru yaz rüzgârlarının kullanıcı konforuna olumlu bir etkisi yoktur. Ancak orman, göl gibi nemli alanlardan geçerek karakteristiği değişen rüzgârlardan faydalanılabilir. Geceleri vadi tabanlarında oluşan soğuk hava gölleri binaların serinlemesini sağlamaktadır. Gece oluşan serinlik etkisi gündüz de devam eder. Bu nedenle, sıcak-kuru iklim bölgeleri için en uygun yerleşim yeri vadi tabanlarıdır.
- **Sıcak-nemli iklim bölgelerinde**, nemin kullanıcı konforuna olumsuz etkisini azaltmak için rüzgârdan en üst seviyede yararlanılmalıdır. Bu bölgelerde yapılar birbirine engel oluşturmada rüzgâra açık bir şekilde konumlandırılmalıdır. Yamaçların tepe noktaları rüzgâr etkisinin en yoğun görüldüğü yerlerdir. Bu nedenle, sıcak-nemli iklim bölgeleri için en uygun yerleşim yeri tepe noktalarıdır.

- **Ilımlı-kuru iklim bölgelerinde**, ısıtma ihtiyacı duyulan günlerde rüzgârın serinletici etkisinden korunulmalıdır. Yamaçların orta alt kısımları rüzgâr etkisine üst kısımlardan daha kapalı olduğu gibi eğimden dolayı güneş ışınımı kazancı da sağlamaktadır. Bu nedenle, ılımlı-kuru iklim bölgeleri için en uygun yerleşim yeri yamacın orta noktasının altında bulunan alanlardır.
- **Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde**, yaz aylarında nem kullanıcı konforuna olumsuz etki oluşturmaktadır. Nem etkisini azaltmak için kısmi olarak rüzgârdan faydalanılmalıdır. Bu nedenle, ılımlı-nemli iklim bölgeleri için en uygun yerleşim yeri yamacın orta noktasının üstünde bulunan alanlardır.
- **Soğuk iklim bölgelerinde**, gece saatlerinde düşen sıcaklıklara bağlı olarak yoğunluğu artan soğuk hava, çukurlarda birikmektedir. Bu iklim tipinde çukur bölgelerden kaçınmak gerekir. Yamaçların alt kısımları rüzgârın serinletici etkisine fazla maruz kalmaz ve bu bölgede güneş ışınımı kazancı düz alanlara nispeten daha fazladır. Bu nedenle, soğuk iklim bölgeleri için en uygun yerleşim yeri yamaçların alt noktalarıdır (Şekil 4.4) (Özdemir, 2005).



Şekil 4.4. Farklı İklim Tiplerine Göre Yerleşime En Uygun Arazi Noktaları (Özdemir, 2005: 44)

4.3.3.2. Yapı Yönü

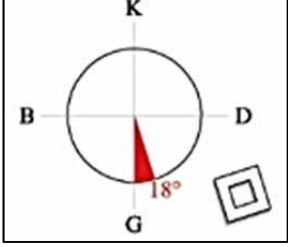
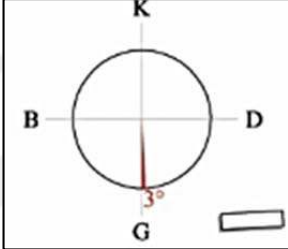
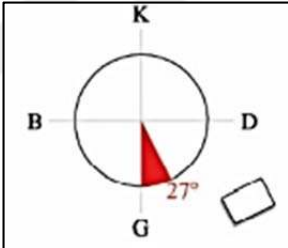
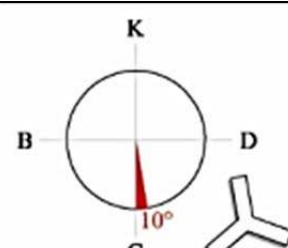
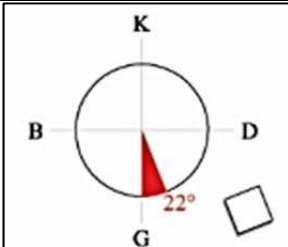
Yapı yönü, cephelerde gerçekleşen ısı kayıp ve kazançlarını doğrudan etkilemesinden dolayı enerji etkin yapı tasarımında en önemli yapısal parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir (Yüksel, 2020).

Yapının yönlendirilişi, eğim, güneş ışıınımı, rüzgar, manzara, mahremiyet ve gürültü gibi etkenlere bağlıdır. Enerji etkin tasarımda yapı yönü belirlenirken ana düşünce, ısıtma ihtiyacı olan günlerde güneş ışıınımından maksimum fayda sağlamak, soğutma ihtiyacı duyulan günlerde ise güneş ışıınımından korunmaktadır. Türkiye'nin coğrafi konumu göz önünde bulundurulduğunda yapılar güney ve güneyle dar açı yapacak cephelere yönlendirilmelidir. Kış aylarında özellikle 09.00-15.00 saatleri arasında güneş ışıınlarının bir engelle çarpmadan binaya ulaşması sağlanmalıdır. Ayrıca hakim rüzgar yönü dikkate alınarak soğutma istenen dönemlerde rüzgarın serinletici etkisinden faydalanılmalı, ısıtma istenen dönemlerde ise soğuk rüzgar etkisinden kaçınılmalıdır (Işın, 2016).

Rüzgar nedeniyle oluşabilecek ısı kayıplarını azaltmak için yapının kısa cephelerinin kuzey ve batıya yönlendirilmesi ve bu cephelerde açıklıkların azaltılması önerilmektedir (Dullinja, 2012).

Türkiye'deki beş iklim bölgesine göre uygun yapı yönlendirilişi Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Buna göre, model konutun tasarlanacağı ılımlı-kuru iklim bölgesinde uygun yönlenme güneyden doğuya doğru 27°'dir.

Çizelge 4.4. Türkiye'nin Beş İklim Bölgesine Göre Uygun Yapı Yönlendirilişi
(Özdemir, 2005: 51)

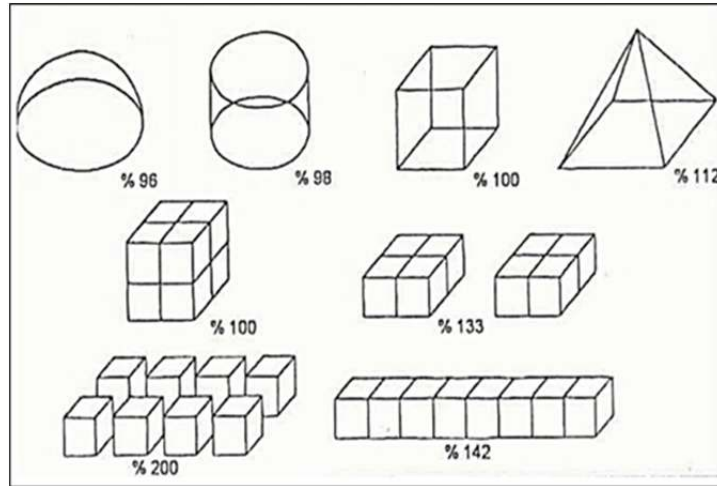
İklim Bölgeleri	Uygun Yapı Yönü
Sıcak- Kuru İklim Bölgesi Güneyden Doğuya 18°	
Sıcak- Nemli İklim Bölgesi Güneyden Doğuya 3°	
Ilımlı- Kuru İklim Bölgesi Güneyden Doğuya 27°	
Ilımlı- Nemli İklim Bölgesi Güneyden Doğuya 10°	
Soğuk İklim Bölgesi Güneyden Doğuya 22°	

4.3.3.3. Yapı Formu

Berköz ve arkadaşlarının 1995 yılında yaptığı çalışmaya göre yapı biçimi,

- Biçim faktörü (yapı uzunluğu/ yapı derinliği)
- Yapı yüksekliği
- Çatı türü (düz,beşik ve kırma çatı)
- Cephe eğimi
- Çatı eğimi gibi yapıya ait geometrik parametreler yoluyla tanımlanmaktadır (Berköz ve ark., 1995:19).

Yapı formu, tasarımın ön aşamalarında ele alınan ve binanın enerji tüketiminde güçlü etkisi olan önemli bir parametredir (Radha, 2018). Form, yüzeye düşen güneş ışınım miktarını ve rüzgârın yönünü etkiler. Yapı formunun uygun şekilde tasarlanması kışın güneş ışınlamından edilen faydayı en üst seviyelere çıkarabilmektedir (Desai ve ark., 2021). Şekil 4.5'te aynı hacme sahip farklı geometrik formların dış yüzey alanlarına bağlı olarak ısı kayıpları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Buna göre dış yüzey alanı arttıkça ısı kaybının da yükseldiği görülmektedir.



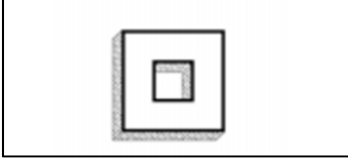
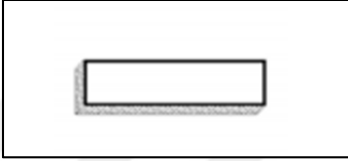
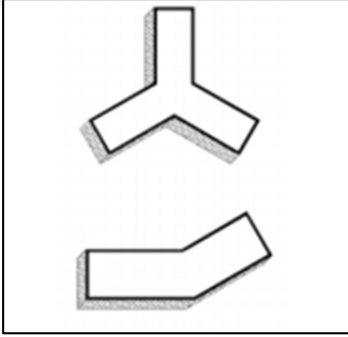
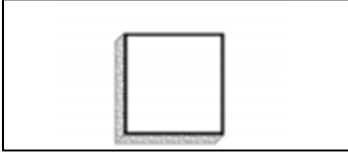
Şekil 4.5. Aynı Hacme Sahip Farklı Geometrik Formların Dış Yüzey Alanlarına Bağlı Olarak Isı Kayıpları (Dullinja, 2012:28)

İklim bölgelerine göre uygun yapı formu tasarımları şu şekildedir:

- **Sıcak-kuru iklim bölgelerinde,** güneş ışığının aşırı sıcaklıklara neden olmasını engellemek için gölgeli alanlar sağlanmalıdır. Yapı formu olarak, kareye yakın avlulu tasarımlar tercih edilmelidir. Yağışın az olduğu bu bölgede ısı yalıtımlı düz çatılar kullanılabilir. Çatı saçağı ise yazın dik gelen güneş ışınlarını engelleyecek şekilde uzun tutulmalıdır (Savaş, 2019).
- **Sıcak-nemli iklim bölgelerinde,** yapıyı güneş ışığından kısmi olarak koruyan ve rüzgara açıklık veren formlar tercih edilmelidir (Taştanir, 2020). Çatılar nemli iklim bölgelerinde fazla olan yağış miktarına uygun olarak eğimli, hafif ve geniş saçaklı tasarlanmalıdır. Saçakları uzun tutmak güneş ışığının ısıtıcı etkisini azaltmak açısından da faydalı olacaktır.
- **Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde,** mümkün olduğunca değişken ve esnek yerleşimler tasarlanmalıdır. Nemin etkilerini azaltmak amacıyla güneşin iç mekâna ulaşmasına imkan veren yapı derinlikleri tercih edilmelidir (Savaş, 2019).
- **Ilımlı-kuru iklim bölgelerinde,** ısıtma istenen dönemlerde, soğuk rüzgâr etkisinden korunmak amacıyla dikdörtgene yakın kompakt formlar tercih edilmelidir (Taştanir, 2020). Çatılar, eğimli, yalıtımlı ve geniş saçaklı olarak tasarlanmalıdır.
- **Soğuk iklim bölgelerinde,** mümkün olduğunca kompakt bir tasarım yapılarak cephe açıklıkları minimum seviyede bırakılmalıdır. Burada amaç, cephe yüzey alanını azaltarak soğuk rüzgâr etkisinden kaçınmaktır. Çatılar kar birikimine izin vermeyecek şekilde eğimli tasarlanmalıdır. Saçaklar güneş ışığının bina içine girmesine izin verecek ve gölge oluşumuna neden olmayacak şekilde kısa tutulmalıdır (Savaş, 2019).

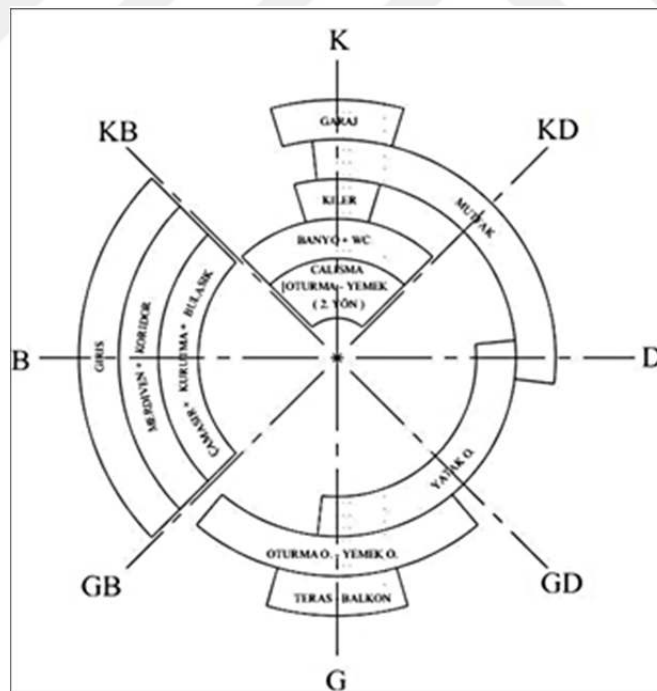
Türkiye'deki beş iklim bölgesine göre uygun yapı formları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Buna göre, model konutun tasarlanacağı ılımlı-kuru iklim bölgesi için soğuk dönemlerde yapının ısı kaybetmesini engelleyecek ve hâkim rüzgârdan korunmayı sağlayacak dikdörtgene yakın kompakt formlar tercih edilmelidir. Yine bu bölge için eğimli ve saçaklı çatı tasarımları uygun olacaktır.

Çizelge 4.5. Türkiye'nin Beş İklim Bölgesine Göre Uygun Yapı Formları (Özdemir, 2005)

İklim Bölgeleri	Uygun Yapı Formu
Sıcak- Kuru İklim Bölgesi Kare tabanlı, avlulu formlar	
Sıcak- Nemli İklim Bölgesi Dikdörtgen şeklinde rüzgara geniş cephe veren formlar	
Ilımlı- Kuru İklim Bölgesi Rüzgar geçişine imkan vermeyen kareye yakın kompakt formlar	
Ilımlı- Nemli İklim Bölgesi Dikdörtgen ve ya serbest şekilde, rüzgara geniş açıklık veren formlar	
Soğuk İklim Bölgesi Kompakt kare şekilde, rüzgara kapalı, ısı geçişini azaltacak yapı yüzey oranı düşük formlar	

4.3.3.4. Mekân Organizasyonu

Mekân organizasyonu, enerji etkin yapı tasarımını etkileyen parametrelerden biridir. Doğru organizasyonun temel yönlendiricilerinden biri ise bölgeleme yapmaktır. Yapı tasarımında benzer ısıl özellik gösteren mekânlar birlikte çözülerek aynı bölgede toplanmalıdır. Farklı ısıl özellikler gösteren alanlar arasına ise ısı kaybını azaltmak amacıyla tampon bölge konulmalıdır. Bu amaçla daha az kullanılan sirkülasyon alanları ve ıslak hacimler kuzey cepheye yerleştirilerek dış alan ile yapı arasında tampon bölge sağlanabilir. Buna karşın ısıtma ihtiyacının fazla olduğu günlük kullanım mekânları yapının güney cephelerine konumlandırılmalıdır (Motor, 2017). Türkiye'nin coğrafi şartları göz önünde bulundurulduğunda bölgeleme yapmanın tüm iklim tipleri için geçerli bir yöntem olduğu söylenebilmektedir. Konut kullanımlı yapılar için mekân organizasyonu Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Konutlarda Mekân Organizasyon Şeması (Motor, 2017: 46)

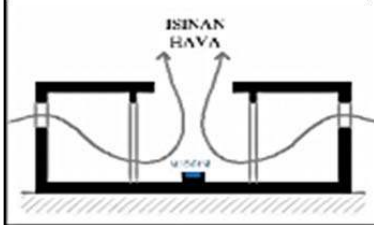
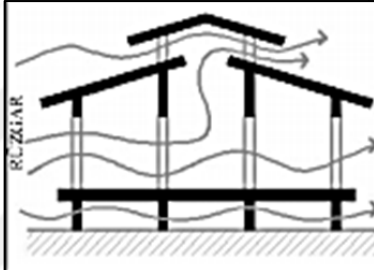
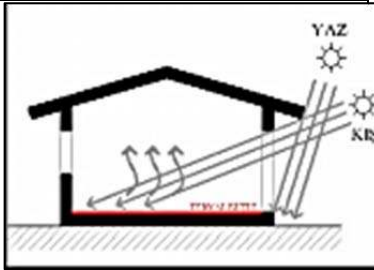
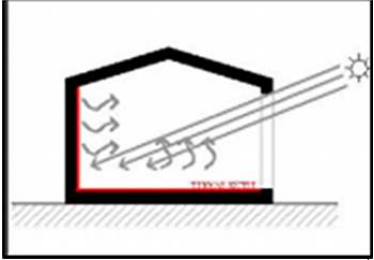
4.3.3.5. Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu, yapının dış çevre ve iklim ile olan etkileşiminin gerçekleştiği katmandır. Güneş ve rüzgâr etkisine en çok maruz kalan bölge olan yapı kabuğu yoluyla ısı kazanç ve kayıpları kontrol edilebilmektedir (Radha, 2018). Kabuk, iklimsel gereksinimlere göre özelleşmelidir. Bu anlamda iklim bölgelerine göre kabuk tasarımının temel prensipleri şu şekildedir:

- **Soğuk iklim bölgelerinde**, ısıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısının soğutmaya ihtiyaç duyulan gün sayısından fazla olması sebebiyle yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri ısıtma dönemine göre belirlenmelidir.
- **Sıcak iklim bölgelerinde**, soğutmaya ihtiyaç duyulan gün sayısının ısıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısından fazla olması sebebiyle yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri soğutma dönemine göre belirlenmelidir.
- **Ilımlı iklim bölgelerinde**, ısıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısı ile soğutmaya ihtiyaç duyulan gün sayısının yakın olması sebebiyle yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri her iki dönemin ihtiyacına göre belirlenmelidir (Işın, 2016).

Türkiye'deki iklim bölgelerine göre uygun yapı kabuğu tasarımı yaklaşımları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. İklim Tipine Göre Uygun Yapı Kabuk Özellikleri (Işın, 2016)

İklim Bölgeleri	Uygun Yapı Kabuğu
Sıcak- Kuru İklim Bölgesi Sıcaklık farklarının fazla olması sebebiyle ısı kütle etkisi sağlayan masif duvarlar tercih edilmelidir. Dış cephede küçük, avluya bakan cephelerde ise büyük pencereler kullanılmalıdır. Güneş ışınlamı yoluyla ısı artışına engel olabilecek düz çatılar tasarlanmalıdır.	
Sıcak- Nemli İklim Bölgesi Sıcaklık artışını engellemek için ısı depolama kapasitesi düşük, açık renkli, yansıtıcı özellik gösteren duvarlar tercih edilmelidir. Pencerelerde yaz aylarında dik gelen güneş ışınlamalarından korunmak için gölgeleme elemanları kullanılmalıdır. Pencereler aynı zamanda nem etkisini azaltmak amacıyla hava akımını sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Çatı eğimli ve hava akımına izin verecek şekilde tasarlanmalıdır.	
Ilımlı İklim Bölgesi İç mekan konforunu sağlayacak yalıtımlı duvarlar tercih edilmelidir. İhtiyaca göre ısı kontrolüne imkan veren pencereler tasarlanmalıdır. Yalıtımlı ve eğimli çatılar kullanılmalıdır.	
Soğuk İklim Bölgesi Düşük hava sıcaklıklarına karşı ısı kütle özelliği gösteren duvarlar tercih edilmelidir. Isı izolasyonlu ve ihtiyaca göre çok katmanlı pencereler seçilmelidir. Isı yalıtımlı ve eğimli çatılar kullanılmalıdır.	

1) Yapı Kabuğunda Isı Geçişi

Isı geçişi veya ısı, sıcaklık farkından kaynaklanan, bir ortamdan diğer ortama geçen enerji aktarımıdır. Binadaki ısıtma, soğutma işlemlerinde ısıtmanın mümkün olan en iyi ve ucuz biçimde geçişi veya bu geçişin yalıtım ile önlenmesi için gerekli bilgileri ısı geçişi konusu sağlar (Yüceer, 2015: 228).

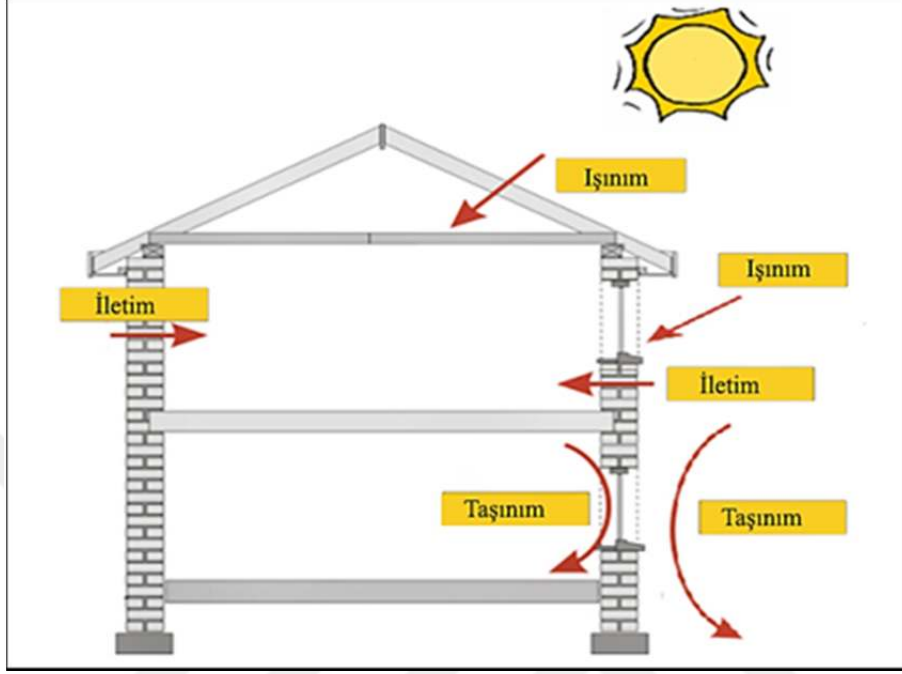
Yapı bölümlerine göre ısıtmanın yaklaşık:

- %25-%30'u duvarlardan,
- %30-%35'i çatıdan,
- %15'i pencerelerden,
- %30-%35'i çatıdan,
- %7-%10'u zeminden,
- %25'i havalandırma deliklerinden ve kapılardan aktarılır (Şekil 4.7)(Salih, 2015).



Şekil 4.7. Yapı Bölümlerine Göre Isı Transfer Oranları (Salih, 2015:25)

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi yapıdaki ısı geçişleri; iletim, taşınım ve ışıınım olarak 3 şekilde olmaktadır.



Şekil 4.8. Yapıda Isı Geçiş Türleri (Salih, 2015:24)

a) Işınım

Isı geçişinin fotonlar veya elektromanyetik dalgalar yoluyla gerçekleştiği transfer şekline ısınım denir. Bir cismin uzaya yaydığı toplam ısınım enerjisi (G), başka bir cisme rastladığında üç olay meydana gelir. Enerjinin bir kısmı (R) cismin yüzeyinden yansyarak uzaya dağılır, bir kısmı (τ) cismin içinden geçerek diğer yerlere akar, bir kısmı da (A) cismin içinde yutulur. Bu durumda,

$$G = R + \tau + A \text{ yazılabilir.}$$

Bu denklemde bütün terimler G ile bölünürse,

$$\rho = R/G: \text{ışınım yansıtma oranı, yansıtılan ısınımın gelen ısınıma oranı}$$

$$\alpha = A/G: \text{ışınım yutma oranı, yutulan ısınımın gelen ısınıma oranı}$$

$$\tau = \tau/G: \text{ışınım geçirme oranı, geçirilen ısınımın gelen ısınıma oranı olmak üzere,}$$

üzere,

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \text{ bağıntısı elde edilir. (url-1)}$$

b) İletim

Bir maddenin parçacıklarının temas ettiği diğer parçacıklarla enerji alışverişine ısı iletimi denir. Katı cisimlerde veya sabit duran akışkanlar arasında görülmektedir. Isı iletim oranı, “ λ ” sembolü ile gösterilen ısı iletkenlik katsayısına bağlıdır. Isı iletkenlik katsayısı, homojen bir malzemenin denge koşulları altında, iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğu zaman 1 saatte 1m^2 alan ve bu alana dik yönde 1 m kalınlığından geçen ısı miktarıdır. (Yüceer, 2015: 229)

TS-825’e göre ısı iletimine ait bazı temel hesap metotları aşağıda verilmiştir.

Tek tabakalı yapı bileşenlerinde Isıl geçirgenlik direncinin (R) hesaplanması:

$$R=d/\lambda_h$$

Burada;

R: Isıl geçirgenlik direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$),

d: Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h : Isı iletkenlik hesap değeri ($\text{W}/\text{m.K}$)

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde Isıl geçirgenlik direncinin (R) hesaplanması:

$$R=d_1/\lambda_{h1} + d_2/\lambda_{h2} + \dots + d_n/\lambda_{hn}$$

Toplam ısıl geçirgenlik direncinin (1/U) hesaplanması:

$$1/U=R_i + R + R_e$$

Burada;

1/U: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$),

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$),

R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)’dir.

Toplam ısıl geçirgenlik katsayısının (U) hesaplanması:

$$U=1/(R_i + R + R_e)$$

Burada; U: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)'dır (TS 825, 2008: 6,7).

Ek 1'de TS825'e göre ısıl iletim direnç değeri (R_i, R_e), Ek 2'de yapı malzeme ve bileşenlerinin ısıl iletkenlik hesap değeri (λ_h) listesi yer almaktadır. Buradan ilgili sabitler alınarak yukarıda formülleri verilen değerler hesaplanabilmektedir.

Yapı kabuğunu oluşturan tüm yapı elemanlarında ısıl korunum sağlanmalıdır. Bu amaçla, yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayıları belirli değerlerin altında tutulmalıdır. TS 825 Isı Yalıtım Standardına göre Türkiye dört derece gün bölgesine ayrılmıştır (Ek-3). Her bölge için Çizelge 4.7'de verilen yapı bileşenlerine ait üst sınır U değerleri belirlenmiştir. Bileşenin hesaplanan U değeri yer aldığı bölgedeki sınır değerden fazla çıkarsa, bileşenin ısıl geçirgenlik direncini artırarak U değerini düşürecek çözümler sağlanmalıdır (Harputlugil, 2016).

Çizelge 4.7. Derece Gün Bölgelerine Göre Tavsiye Edilen U Değerleri (TS-825, 2008:30)

Bölge	U_D ($\text{W/m}^2\text{K}$)	U_T ($\text{W/m}^2\text{K}$)	U_i ($\text{W/m}^2\text{K}$)	U_p ($\text{W/m}^2\text{K}$)
1.Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2.Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3.Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4.Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Burada:

U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı

U_T : Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı

U_i : Zemine oturan tabanın/döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı

U_p : Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısıdır. (TS-825, 2008)

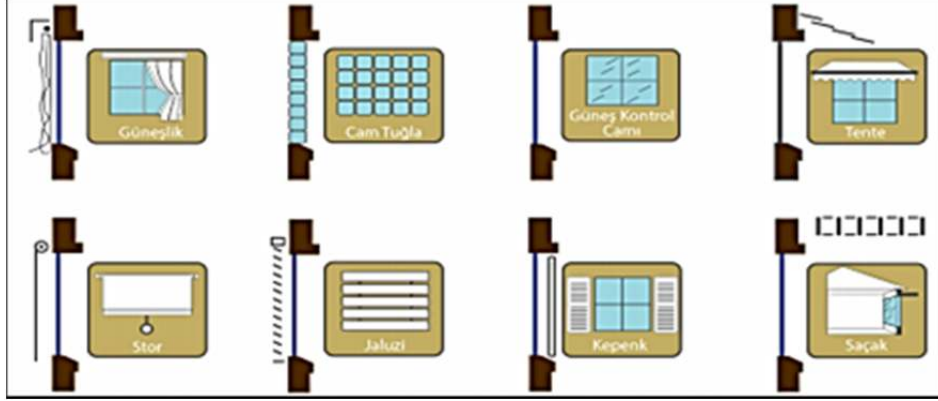
c) Taşınım

Taşınım cismin üst yüzeyi ile hareketli bir molekül arasındaki ısı taşınması veya bir sıvı, gaz veya karışım içinde bir yerden başka bir yere molekül hareketidir. Taşınımda yüzey ile hareketli bir ortam arasında ısı alışverişi gerçekleşmektedir. Isı davranış olarak yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine doğru akar. Bu nedenle sıcaklık farkının yükselmesi taşınan ısı miktarını da artırır. Isınan hava genişler, hafifler ve yükselir. Bu hareket sonucuna doğal hava akımı oluşur. Taşınımı sağlayan akım kendiliğinden olabileceği gibi vantilatör, pompa gibi makineler yoluyla da sağlanabilir (Yüceer, 2015).

2) Pencere ve Gölgeleme Elemanlarının Tasarımı

Pencereler, gün ışığını ve gerektiğinde yapı içinde hava akışını sağlayan elemanlardır. Enerji etkin tasarım perspektifinden bina pencereleri, iklimlendirme yüklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Desai ve ark., 2021). Pencerelerde bulunan saydam yüzeyler, ısı dirençlerinin düşük olması sebebiyle soğuk dönemlerde ısı kaybına sıcak dönemlerde ise sera etkisi ile aşırı ısınmalara sebep olabilir. Bu açıdan, enerji etkin yapı tasarımında pencere sayısı ve boyutlarının en uygun değerlerde tutulması büyük önem taşımaktadır. Pencere elemanlarının enerji performansını etkileyecek özellikleri şu şekildedir:

- Saydam materyal (cam) özellikleri: Camın türü, ısı iletim ve gölgeleme katsayısı, katman adeti, katmanlar arası dolgu maddesi,
- Doğrama malzemesi: Doğramanın kalınlığı ve boşluklar arasındaki dolgu maddesi,
- Gölgeleme aracı tasarımı: Güneşin yaz ve kış dönemlerindeki konumu, güneş ışınımının istenip istenmediği saatler etkili olmaktadır (Şekil 4.9) (Harputlugil, 2016).



Şekil 4.9. Gölgeleme Elemanı Örnekleri (Harputlugil, 2016:29)

3) Isıl kütle

Isıl kütle, bir yapı içindeki ısıl konfor üzerinde önemli etkileri olan fiziksel bir özelliktir. Bu yöntemde yapı yüzeyi ısıl enerji deposu olarak kullanılmaktadır (Mirakbari ve ark., 2019). Taş, toprak, tuğla ve beton gibi malzemeler yüksek ısıl kütle özelliği göstermektedir. Bu malzemeler ile yapı kabuğunda ısıl kütle oluşturulması, istenen iç ortam sıcaklıklarının sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Tokuç, 2018).

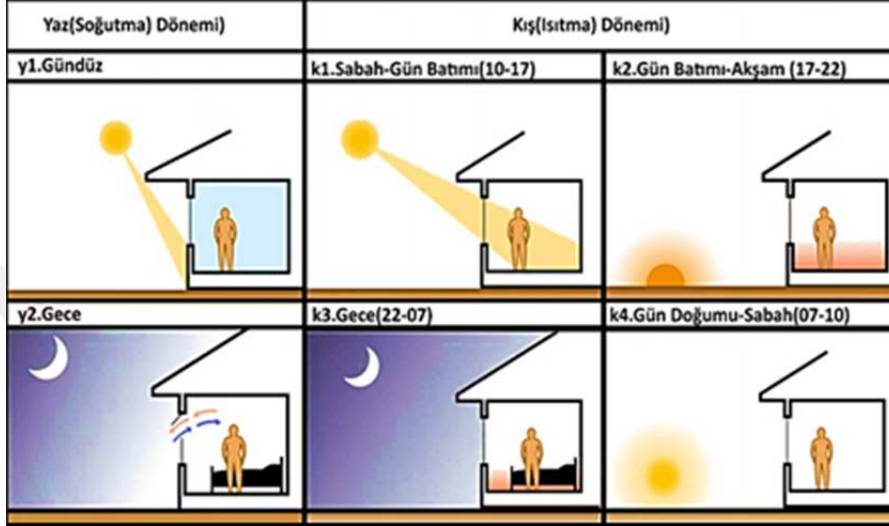
Kış döneminde ısıl kütle kullanımı aşağıdaki gibidir:

- Güneş ışınlamının yapıya direkt ulaştığı saatler arasında ısıtım yoluyla elde edilen ısı yapı kabuğunda depolanır.
- Güneş battıktan sonra gündüz depolanmış olan ısı yapı bünyesinde tutulur ve ısıtma sistemi ile birlikte iç mekan konfor sıcaklığının istenilen seviyede tutulmasına yardımcı olur.
- Gündüzün ilk saatlerine doğru ısıl kütlenin etkisi azalır.

Yaz döneminde ısıl kütle kullanımı aşağıdaki gibidir:

- Güneş ışınlamının yapıya direkt ulaştığı saatler arasında ısıtım yoluyla elde edilen ısı yapı kabuğunda toplanarak iç mekanın aşırı ısınmasını önler.

- Güneş battıktan sonra gündüz depolanmış olan ısı, sıcaklık farkı ile dışarıya verilerek ısı konforu sağlamaya yardımcı olur (Şekil 4.10) (Taştanir, 2020).



Şekil 4.10. Isıl Kütlenin Isıtma ve Soğutma Dönemlerinde Kullanımı (Taştanir, 2020:25)

4) Yapı Kabuğunda Yerel Malzeme Kullanımı

Enerji etkin kabuk tasarımında malzeme kullanımının önemli bir yeri vardır. Malzemenin işlevsel özelliklerinin yanı sıra temin edilmesinden kullanımına kadar geçen süreç içindeki enerji verimliliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu anlamda yapının bulunduğu bölgenin iklim özelliklerine uygun yerel malzeme kullanımı ön plana çıkmaktadır (Koca, 2006).

Son yıllarda, enerji verimli ekolojik yaklaşımlarla üretilen yapılara bakıldığında yerel malzeme olarak genellikle geleneksel malzemelerden ahşap, taş, tuğla, kerpiç, kireç sıva, bitkisel kökenli (saman, saz kamışı) malzemeler ve camın kullanıldığı görülmektedir (Tekin, 2012). Yerel malzeme kullanımının birçok avantajı vardır. Bunlar, tedarik kolaylığı, düşük çevresel etkiler, iklimle uyumluluk ve uygun maliyet olarak sıralanabilir (Agevive ark., 2017). Malzemelerin yöreden

temin edilmesi yerel ekonomiyi de desteklemektedir (Gökçen, 2020).

Çalışmada yerel malzemelerden toprak, taş, tuğla ve ahşap ele alınmıştır.

Toprağın kullanımı: Toprak, insanlık tarihi boyunca kullanılagelmiş doğal bir kaynaktır. Toprağın farklı malzemelerle birleşiminden oluşan kerpiç, üretim anından tüketime kadar az enerji tüketen ve doğaya zarar vermeyen bir yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Bütün bileşenleri doğadan elde edilebilen ve yapının birçok bölümünde kullanılabilen kerpiç düşük maliyetli bir malzemedir. İlk çağlardan bugüne kadar kullanılan kerpiç yüksek ısı yalıtım değeri ile enerji etkin yapı tasarımında tercih edilmektedir (Tekin, 2012).

Taşın kullanımı: Taş, tarihteki en eski yapı malzemelerdendir. Geri dönüştürülebilir bir malzeme olan taş, üretiminde ve kullanımında çevresine zarar vermemektedir (Alemdağ ve Aydın, 2014). Taşın ısıyı soğurma özelliği yüksektir. Bu nedenle kabukta kullanıldığında yapının aşırı ısınmasını ve soğumasını engellemektedir (Tekin, 2012). Dayanıklılığından dolayı taşıyıcı özellik gösteren taş kütle halinde veya parçalı olarak kullanılabilir. Yapının inşa edileceği yörede yer alan doğal taşların kullanımı günümüz mimari eserlerinde de oldukça yaygındır (Fettahoğlu ve Yalçınkaya, 2021).

Tuğla kullanımı: Hammaddesi kil olan tuğla, kullanım kolaylığı ve ekonomik oluşu bakımından oldukça tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra ısı yalıtımı yüksek olan tuğla doğru teknik şartlarda üretildiğinde dış etkenlere karşı oldukça dayanıklıdır (Akyol ve Eroğlu, 2017). Geri dönüştürülebilir bir yapı malzemesi olan tuğla sağladığı uzun kullanım ömrü sayesinde ile de günümüz mimarlığında oldukça tercih edilmektedir (İriş, 2019).

Ahşap kullanımı: Ahşap, temin edilmesi ve işlenmesi yönünden kolay bir doğal yapı malzemesidir (Berber, 2012). Nemden ve böcekten korunduğu takdirde uzun bir kullanım ömrüne sahip olan ahşap malzeme aynı zamanda ekonomiktir. Yüke karşı esnek davranış sergileyen ahşap bükülmeye karşı mukavemetini korumaktadır. Dikey yönde sıkılaştırma yapılarak güçlendirilebilir (Iqbal ve Swapnil, 2017). Geri dönüştürülebilir bir malzeme olan ahşap çevreye zarar

vermemektedir (Alemdağ ve Aydın, 2014). Geleneksel bir yapı malzemesi olan ahşap geliştirilen modern mühendislik çözümleri ile günümüzde de hala tercih edilmektedir (Temel, 2021).

5) Isı Yalıtımı

Isı, sıcaklığın yüksek olduğu ortamdan düşük olduğu ortama doğru akan bir enerji türüdür. Yapı kabuğunda ek malzemeler kullanarak ısıtma ihtiyacı olan dönemlerde iç mekândaki sıcak havanın dışarıya, soğutma ihtiyacı olan dönemlerde ise dışardaki sıcak havanın iç mekâna geçişini önleme işlemine ısı yalıtımı denmektedir. Avrupa Standartları'na göre ısı iletkenlik katsayısı $\lambda=0,065$ W/mK'den daha fazla olan malzemeler yapı malzemesi olarak adlandırılırken bu değerin altında kalan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilir. Isı yalıtım malzemesinde istenen nitelikler şu şekildedir:

- Isı iletim katsayısı düşük, kalınlığı yeterli olmalı
- Su buharına karşı geçirgen olmalı
- Yangında tutuşma özelliği göstermemeli ve alevleri hızlandırmamalı
- Neme karşı dayanıklı olmalı
- Hafif olmalı ve kolay işlenebilmeli
- Sağlık için olumsuz etkiler taşımamalı
- Ekonomik olmalı (Ünal, 2016).

Isı yalıtım tasarımında dikkat edilecek hususlar şu şekildedir:

- Yalıtım yüzeyin daha sıcak olan tarafına yapılmalıdır (Isıtma istenen durumda yalıtım iç tarafa, soğutma istenen durumda ise yalıtım dış tarafa yapılmalıdır.) (Desai ve ark, 2021).
- Tesisat kanalları ısı yalıtımının sıcak olan tarafında bulunmalıdır

- Duvarlarda, döşemelerde ve çatıda yalıtım miktarı en uygun seviyede tutulmalıdır
- Yalıtım sistemi ile uyumlu ısıtma sistemi tercih edilmelidir (Harputlugil, 2016).

4.3.3.6. Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Çalışmanın bu bölümünde yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılarda sıklıkla kullanılan güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin, yapılarda kullanım yöntemleri incelenmiştir.

1) Güneş Enerjisinin Yapılarda Kullanımı - Pasif ve Aktif Sistemler

Güneş enerjisi en sık kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Yapılarda güneş enerjisinden ısıtma, soğutma, elektrik üretimi gibi farklı amaçlar için yararlanılmaktadır. Mimaride güneş enerjisi kullanımı aktif güneş enerjisi sistemleri ve pasif güneş enerjisi sistemleri şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Pasif sistemlerde yapı tasarımı esnasında verilen kararlar ile güneş enerjisinden fayda sağlanırken aktif sistemlerde mekanik donanımlar kullanılmaktadır (Uslusoy, 2012).

a) Pasif Güneş Enerjisi Sistemleri

Pasif sistemler, mekanik ve elektrik sistem kullanılmadan yapı elemanlarının tasarımıyla oluşturulan sistemlerdir. Yapıların kış aylarında ısıtılması ve yaz aylarında soğutulmasında pasif sistemlerden yararlanılmaktadır. Pasif sistemlerin işleyişi dört aşamadan oluşur. Bunlar; toplama, depolama, emici ve dağıtımadır.

Toplama: Güneş ışınlarının yönünde tasarlanan saydam yüzeyler yoluyla güneş enerjisinin yapı içine alınmasıdır.

Depolama: Yapıya ulaşan ısının bir bölümü kullanılırken bir kısmı da daha sonra kullanılmak üzere zemin, duvar gibi yapı elemanlarında depolanır. Bunun

için taş, tuğla, su gibi ısı depolama özelliği olan malzemelerden yararlanılmaktadır.

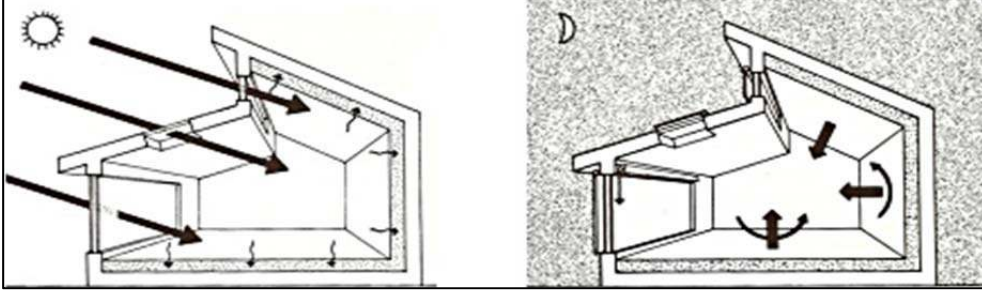
Emici: Depolama elemanının güneş ışınlarına temas eden koyu renkli yüzeyi emici olarak adlandırılır. Güneş ışınları emici alan üzerine düşerek ısıya dönüşür.

Dağıtma: Yapı malzemelerinde depolanan ısıнын bir kısmının ısınım ve taşıma yoluyla mekâna aktarılması dağıtma olarak adlandırılır. Dağıtma, ısıнын kendiliğinden yayılması ile gerçekleşebileceği gibi fan, vantilatör gibi mekanik sistemler yardımıyla da sağlanabilir (Özaydoğdu, 2015).

- **Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri**

Doğrudan pasif güneş sistemlerinde güneş ışıınımları doğrudan içeri alınarak yapı kütlesi ısıtılmaktadır. Ek bir mekanizmanın kullanılmadığı bu sistemde yapı kabuğu güneş toplayıcı işlevi görmektedir. Güneş ışınları saydam yüzeylerden yapı içine girerek zemin, duvar gibi elemanlarda depolanır (Looman, 2012).

Şekil 4.11’de çalışma prensibi verilen bu sistemlerde sera etkisi oluşturulduğu söylenebilmektedir. Bu sistemlerin en önemli elemanı olan saydam yüzeyler, gündüz saatlerinde güneş ışınları yoluyla ısı kazancı sağlarken gece saatlerinde ısı kaybına neden olmaktadır. Bu sebeple, ısıtma ihtiyacı olan bölgelerde güney yönlü pencereler büyük, kuzey yönlü pencereler ise olabildiğince küçük tutulmalıdır. Ayrıca ısı kaybını engelleyecek yalıtımlı malzeme tercih edilmelidir. Doğrudan pasif sistemler tasarım aşamasında alınan kararlar ile sağlanabildiğinden ek bir maliyet gerektirmez (Demircan ve Gültekin, 2017).



Şekil 4.11. Doğrudan Pasif Güneş Sistemleri (Demircan ve Gültekin, 2017:40)

- **Dolaylı Pasif Güneş Sistemleri**

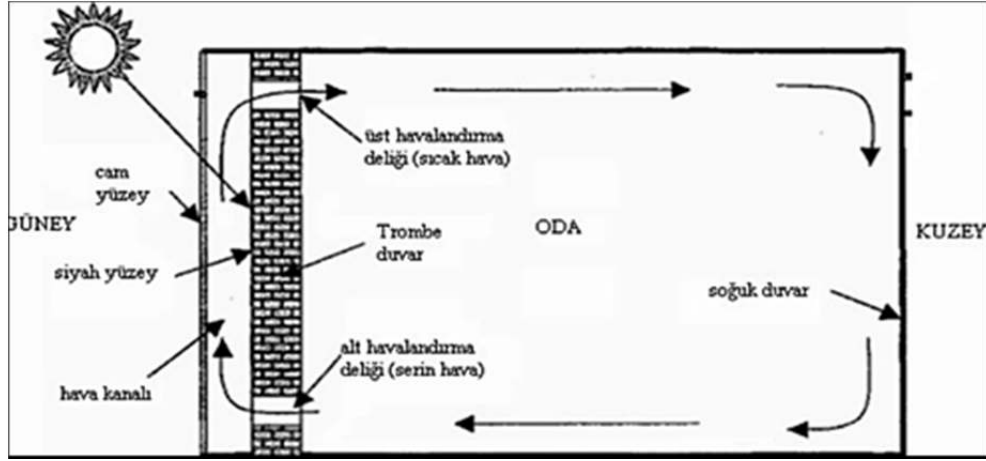
Dolaylı pasif güneş sistemleri temelde saydam yüzey ve bu yüzeyin arkasında yer alan ısıl kütleden oluşmaktadır. Sistem saydam yüzeyden geçen güneş ışınlarının ısıl kütlede depolanması ve ısıtım ya da taşınım yoluyla iç ortama aktarılması prensibi ile çalışmaktadır. Sıydam yüzey olarak cam, ısıl kütle olarak ise koyu renkli tuğla, taş veya beton gibi ısı depolayıcı malzemeler kullanılır. Gündüz saatlerinde ısıl kütlede depolanan ısı, akşam saatlerinde de iç mekana yayılmaya devam eder. Bu şekilde yapı soğumamaktadır. Isıl kütlenin ısınma süresinin uzun olması ve ısı akışının kontrol edilememesi sistemin olumsuz taraflarıdır. Akşam saatlerinde ısı kaybını engellemek amacıyla perdeleme elemanları, yaz gündüzlerinde ise fazla ısınmadan korunmak amacıyla gölgeleme elemanları tercih edilmelidir (Demircan ve Gültekin, 2017).

Bu bölümde dolaylı pasif güneş sistemlerinden güneş duvarı, çatı havuzu ve güneş odası sistemleri incelenmiştir

Güneş Duvarı (Trombe Duvarı): Güneş duvarı, aralarında hava boşluğu bulunan koyu renkli bir duvar ve cam tabakasından oluşmaktadır. Duvarın alt ve üst bölümlerinde açılıp kapanabilen havalandırma kanalları yer almaktadır (Looman, 2012). Bu sistemde cam tarafından içeri alınan güneş ışınlarının enerjisi trombe duvarında emilir ve depolanır. Ara yüzeyde kalan hava da bu yolla ısınmaktadır. Isındığı için genişleyen ve hafifleyen hava yükselerek üst kanaldan iç mekâna aktarılır. İçerideki soğuk hava ise duvarın altında yer alan hava kanalından

ara yüzeye çekilir. Burada ısınan havanın yükselerek tekrar odaya iletilmesi ile sirkülasyon devam eder.

Bu sayede kış aylarının gündüz saatlerinde yapıya ısı kazancı sağlanır. Şekil 4.12’de güneş duvarının çalışma prensibi gösterilmiştir. Gündüz, sirkülasyon için hava kanalları açık tutulurken gece, bu kanallar kapaklar yoluyla kapatılarak sadece duvardan odaya ısı transferi sağlanır. Güneş duvarı, güneşlenme süresi ve şiddeti fazla olan ve ısıtma ihtiyacı duyulan iklim bölgelerinde kullanmaya elverişli bir sistemdir (Doğan ve Pırasacı, 2009).

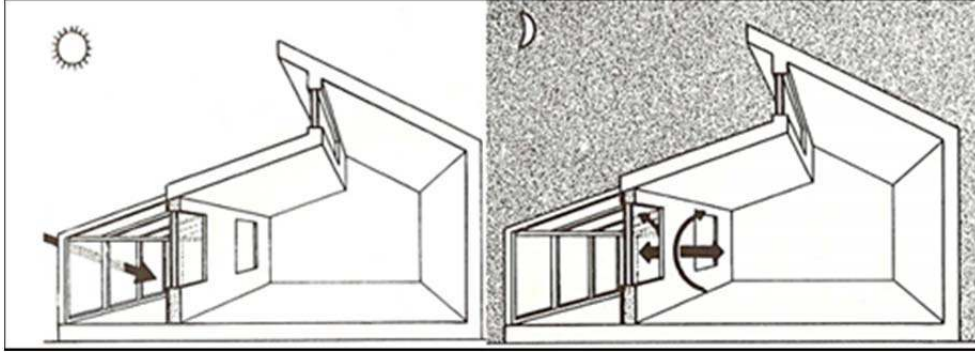


Şekil 4.12. Trombe Duvarı Çalışma Sistemi (Doğan ve Pırasacı, 2009:42)

Çatı Havuzu: Bu sistem teras çatı üzerine yerleştirilen su dolu bir havuzdan ve yalıtım malzemesinden oluşmaktadır. Gündüz güneş ışınları yoluyla suda depolanan ısı, geceleri yalıtım malzemesi ile kapatılan havuzda korunmaktadır. Bu şekilde suyun ısısı tavandan iç ortama geçmektedir. Gündüzleri ise yalıtım malzemesi açılarak suyun ısınması sağlanmaktadır. Isıtma ihtiyacı duyulan dönemlerde bu şekilde çalışan sistem soğutmaya ihtiyaç duyulan dönemlerde tam tersi şekilde çalışmaktadır. Isı yalıtım malzemesi gündüz kapatılarak suyun ısınması engellenirken, geceleri açılarak iç mekânın serinlemesi sağlanmaktadır (Aşıkoğlu, 2014).

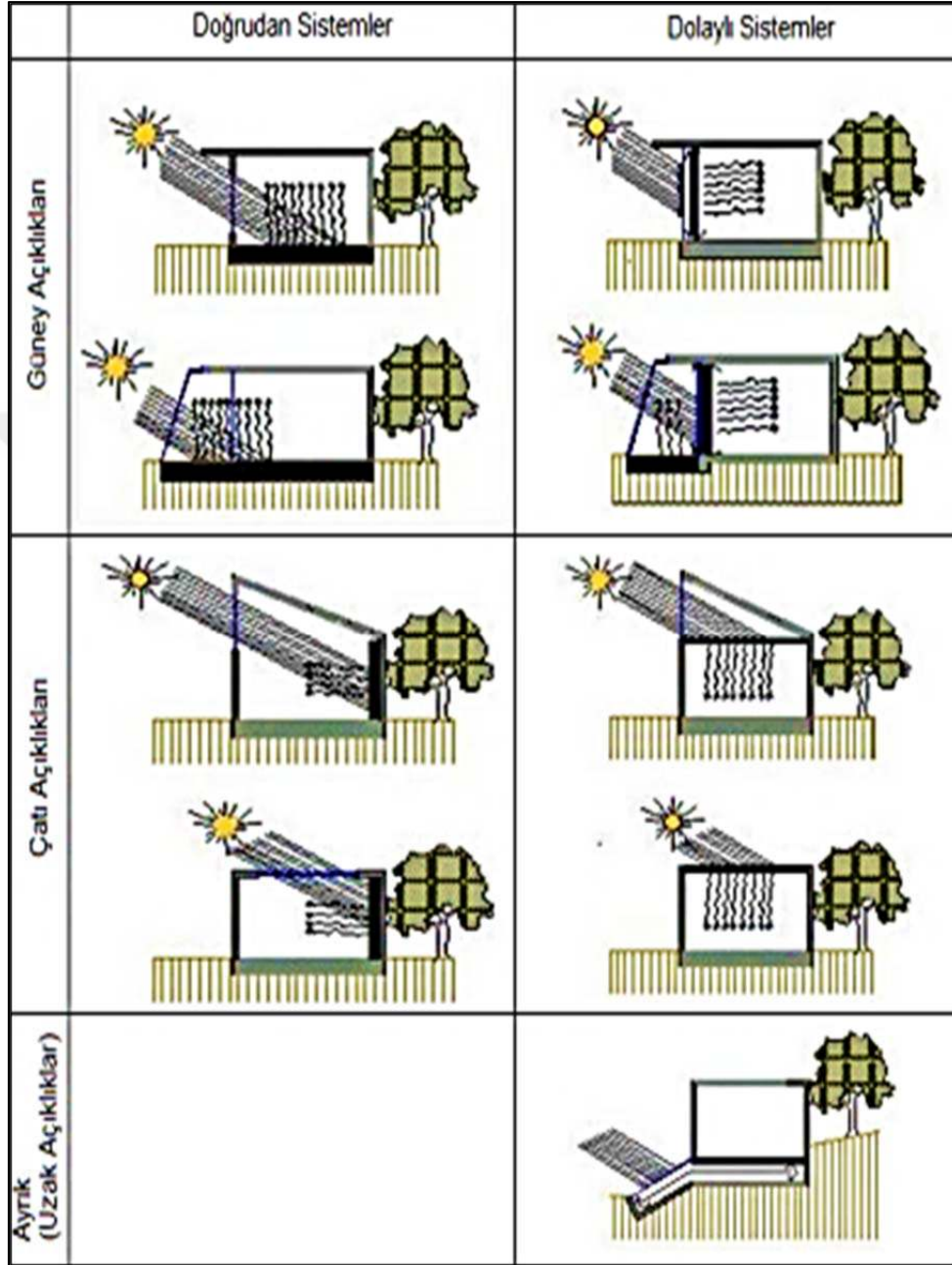
Güneş Odası (Sera): Güneş odası, yapı kabuğunun dışına yerleştirilmiş şeffaf yüzeylerden oluşan, sera, kış bahçesi olarak da adlandırılan bir güneş alanıdır. Gün boyunca ısınan güneş odası ısıl bölge işlevi görmektedir. Güneş duvarına benzer bir çalışma prensibine sahip olan güneş odaları yaşam alanı olarak da kullanılabilecek büyüklüklerdedir (Looman, 2012).

Güneş odasında döşeme ve duvarlar ısı toplayıcı elemanlardır ve ahşap, beton gibi ısıl kütle özelliği gösteren koyu renkli malzemelerden oluşurlar. Depolanan enerji Şekil 4.13'te görüldüğü gibi taşınım yolu ile iç ortama aktarılır. Isının iç mekâna daha hızlı geçişini sağlamak amacıyla odanın derinliği az, depolayıcı yüzey geniş tutulmalıdır. Duvarın alt ve üst bölümlerinde hava kanalları açılması da ısı aktarımını hızlandıracak çözümlerdendir (Yüre, 2007). Güney yönlü güneş ışınlarının yeryüzü ile 27° 'lik bir açı yapması sebebiyle güneş odası cam yüzeyleri için en verimli açı 63° olarak belirlenmiştir (Çerçi, 2016).

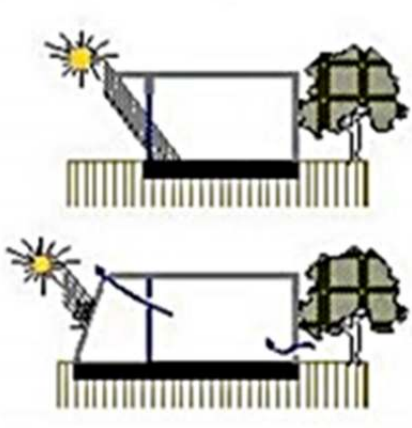
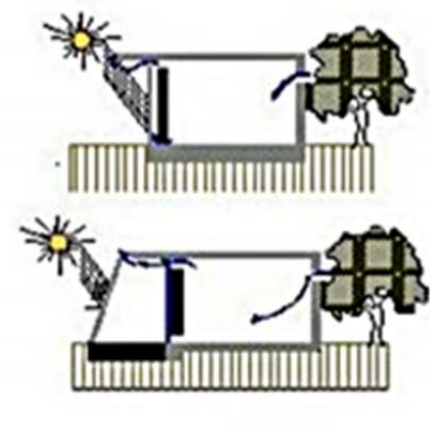
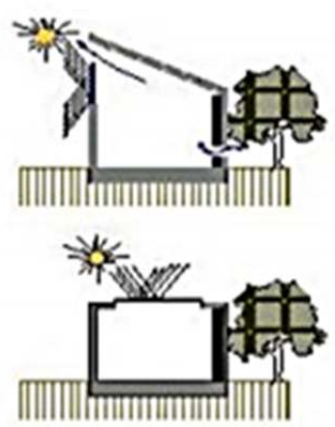
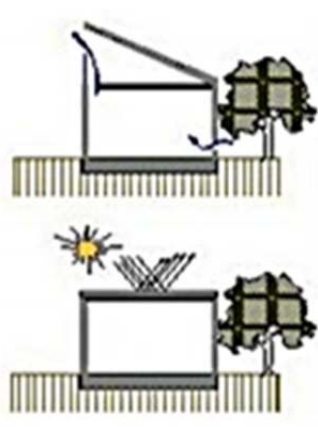
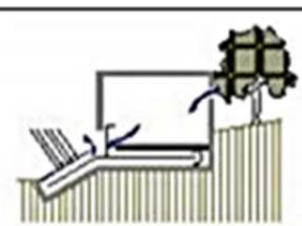


Şekil 4.13. Güneş Odası Çalışma Prensibi (Yüre, 2007:13)

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de pasif güneş sistemlerinde ısıtma ve soğutma şekli görülmektedir.



Şekil 4.14. Pasif Güneş Sistemlerinde Isıtma Şekilleri (Demircan ve Gültekin, 2017:39)

	Doğrudan Sistemler	Dolaylı Sistemler
Güney Açıklıkları		
Çatı Açıklıkları		
Aynık (Uzak Açıklıklar)		

Şekil 4.15. Pasif Güneş Sistemlerinde Soğutma Şekilleri (Demircan ve Gültekin, 2017:40)

b) Aktif Güneş Sistemleri

Binalarda güneş enerjisinden faydalanmak için mekanik donanım ve ek ısı depolayıcı önlemler ile desteklenmesi, ısı dağılımının otomatik olarak denetlenmesi, su-hava toplayıcılarının uygulanması ile yüksek verimli toplayıcılar ve güneş pillerinin kullanılması aktif güneş sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemlerde temel amaç, güneş ışınlarını tutmak ve ihtiyaç duyulan durumlarda kullanmak üzere depolamaktır (Dağoğlu, 2019: 22). Bu bölümde aktif güneş sistemlerinden güneş kolektörleri ve güneş pilleri incelenecektir.

Güneş Kolektörü: Güneş kolektörleri güneş ışınlarından sağlanan enerji ile bünyesinde bulunan suyu ısıtarak yapılara sıcak su sağlamaktadır. Güneş kolektörleri Şekil 4.16’da görüldüğü gibi düzlemsel güneş kolektörü ve vakum borulu güneş kolektörü olmak üzere iki tiptedir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde bulunan cam örtü nedeniyle ısı kayıpları yaşanmaktadır. Vakum borulu sistemler ise borular arası vakumlama sistemi ile ısı kaybına engel olmaktadır. Bu nedenle düzlemsel kolektörlere göre verimleri daha yüksektir (Altınöz ve Mıhlayanlar, 2019).



Şekil 4.16. Düzlemsel ve vakum borulu güneş kolektörü (Altınöz, Mıhlayanlar, 2019: 325)

- Güneş Enerjisi Kolektör Hesabı

Kolektör hesabı, kişi başına ihtiyaç duyulan günlük sıcak su üzerinden yapılmaktadır. Bu hesapta, konutlarda kişi başına düşen günlük sıcak su ihtiyacı 35-50 litre su sıcaklığı ise 45°C olarak kabul edilmektedir.

Hesap formülü şu şekildedir:

$$Q = m \times V_b \times (T_{su} - T_{şehir}) \times e$$

$$Q_k = R \times F \times S \times n_k$$

$$K = Q_i / Q_k$$

Q_i : Günlük toplam enerji ihtiyacı (kcal/gün)

m : Kullanıcı sayısı (kişi)

V_b : Kullanıcı başına günlük sıcak su ihtiyacı (litre/kişi. Gün)

$T_{şehir}$: Şebeke suyunun ortalama sıcaklık değeri (C)

T_{su} : Tüketilen kullanım sıcak suyunun referans değeri (C)

Q_k : Kolektör tarafından tüketilen faydalı enerji (kcal/gün. kolektör)

R : Yatay yüzeye gelen güneş ışımasını (kcal/m².gün)

F : Kolektör montaj eğim açısına göre düzeltme faktörü (boyutsuz sayı)

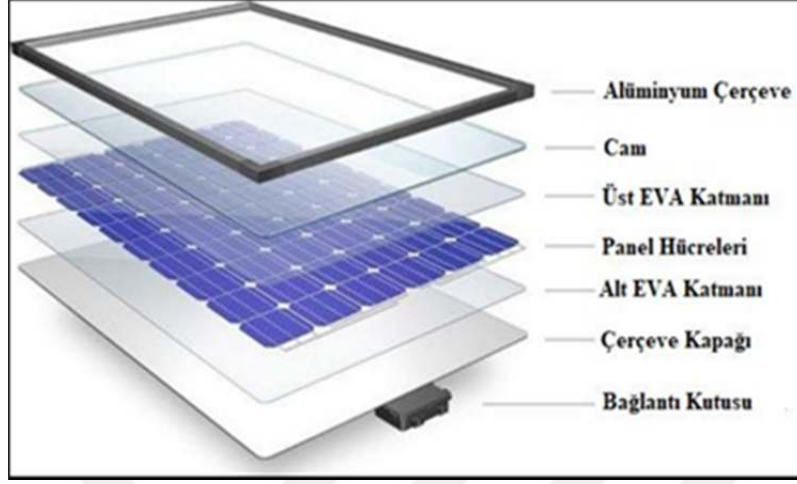
S : Kolektör ışın emici (absorber) net yüzeyi (m²/kolektör)

n_k : Kolektör ortalama verim değeri (boyutsuz sayı)

e : Enerji kayıplarına karşı emniyet faktörü (boyutsuz sayı)

K : İhtiyaç duyulan kolektör miktarı (adet) (Tesisat, 2016)

Fotovoltaik Panel (PV/Güneş Pilleri): Fotovoltaik paneller, güneş enerjisi ile elektrik üretimi sağlayan sistemlerdir. Bu elektrik yapıda ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi farklı amaçlarla kullanılabilir. Elektrik enerjisi üretirken karbon salınımına neden olmayan sistemde, güneş ışığını elektriğe çevirirken hammadde olarak silisyum kullanılmaktadır (Altınöz, Mıhlıyanlar, 2019). Şekil 4.17’de PV panel elemanları görülmektedir.



Şekil 4.17. PV Panel Elemanları (Delibaş, 2021:3)

Fotovoltaik panel sistemleri şebekeye bağlı (on grid) ve şebekeden bağımsız (off grid) olmak üzere iki tipte kullanılmaktadır. Şebekeye bağlı sistemlerde bağımsız sistemlere ek olarak akü grubu bulunmaktadır. Bu sistemde ihtiyaçtan fazla enerji üretildiği durumlarda şebekeye enerji verilirken yeterli enerji sağlanamadığında ise şebekeden enerji çekilir (Alkan ve ark., 2014).

Fotovoltaik hücrelerde yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır. Çizelge 4.8’de malzemelerine göre fotovoltaik hücre türlerinin laboratuvar şartlarında ölçülen verimleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Güneş Hücrelerinin Verimlilikleri (Aygün, 2012)

Fotovoltaik Hücre Türü	Alan cm ²	Verimlilik %
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4
Amorf Silisyum	1	14,7
Cu/In, GaSe ₂	0,4	17,7
CdTe/CdS	*	15,8
GaAs Tek Kristal	1	23,9

(* ilgili kaynakta bu bölüm boş bırakılmıştır.)

- Fotovoltaik Panel Hesabı

Konut yapılarında enerji ihtiyacı günlere göre değişmektedir. Bu sebeple bir haftalık enerji tüketimi hesaplanarak çıkan sonuç gün sayısı olan yediye bölünerek günlük ortalama enerji tüketimi bulunmaktadır.

Fotovoltaik sistemlerde kullanılan cihazların çalışma verimlerine göre enerji kayıpları meydana gelmektedir. Aşağıda bu cihazların yaklaşık verimlilik yüzdeleri verilmiştir.

Güneş paneli (η_{pv}): % 80,

Akü verimliliği ($\eta_{akü}$): % 80

İnverter verimliliği (η_{inv}): % 90

Denklem 1’de yer alan formüle göre örnek bir sistem verimliliği hesaplanabilmektedir.

$$\eta_{sis} = \eta_{pv} \cdot \eta_{akü} \cdot \eta_{inv} \quad (4.1)$$

Sistemdeki yükün enerjisi (YE), üretilmesi gereken enerji (ÜGE) ile sistemin verimliliğinin (η_{sis}) çarpımına eşit olmalıdır. (Denklem 2)

$$YE = \ddot{U}GE \cdot \eta_{sis} \quad (4.2)$$

Buradan yükün enerjisinin sistemin verimliliğine bölünmesi ile üretilmesi gereken enerji hesaplanmaktadır.(Denklem 3)

$$\ddot{U}GE = YE / \eta_{sis} \quad (4.3)$$

İhtiyaç duyulan panel sayısı (PS), üretilmesi gereken enerjiye, güneş panelinin gücüne ve güneşlenme süresine bağlıdır. Panel sayısı denklem 4’te belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$PS = \text{üretilmesi gereken enerji} / [(\text{bir güneş panelinin gücü}) * (\text{güneşlenme süresi})]$. (4) (Alkan ve ark., 2014: 78).

1) Rüzgâr Enerjisinin Yapılarda Kullanımı

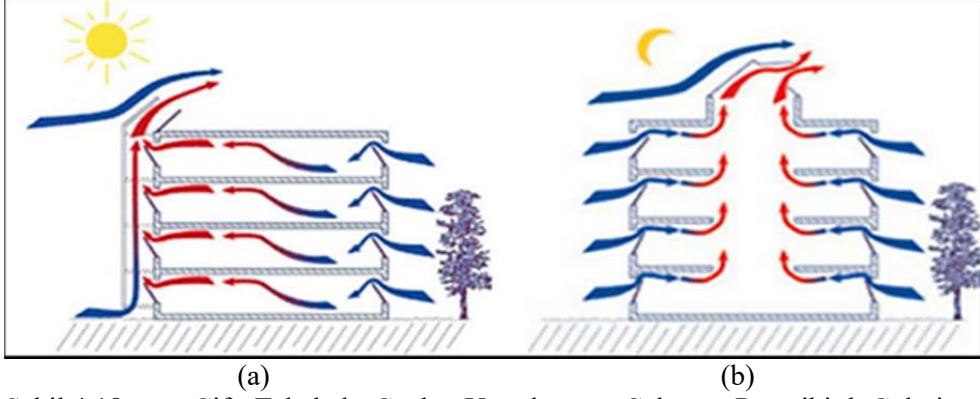
Yapılarda rüzgâr enerjisi kullanımı pasif rüzgâr enerji sistemleri ve aktif rüzgâr enerji sistemleri olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir (Uslusoy, 2012).

a) Pasif Rüzgâr Enerji Sistemleri

Mekanik sistemlere ihtiyaç duymadan tasarım kararları ile rüzgâr enerjisinden faydalanılan sistemlerdir. Bu uygulamalarda yapıda kullanılan havanın rüzgâr yoluyla dış ortama aktarılması ile sirkülasyon sağlanmaktadır (Uslusoy, 2012). Bu bölümde pasif rüzgâr enerjisi sistemlerinden çift tabakalı cephe, galeri ve atriumlarda baca etkili havalandırma ve rüzgâr bacası sistemleri incelenecektir.

Çift Tabakalı Cephe: Çift tabakalı cephe sistemlerinde yapının ana cephesinin önüne ikinci bir cam cephe bağlanarak yüzeyler arası hava boşluğu oluşturulur. Asıl cephe güneş kontrollü çift cam, eklenen cephe ise tek cam olarak tasarlanmaktadır (Başaran ve İnan, 2014). Cepheler arasındaki hava ısıl kütle oluşturarak güneş kontrolü sağlar. Çift tabakalı cepheler enerji kontrolünü sağlamak amacıyla mevcut yapılara da entegre edilebilir. Bir rüzgâr kulesi gibi çalışan bu sistemde ısınan havanın yükselmesi ile Şekil 4.18’de gösterildiği gibi hava sirkülasyonu oluşmaktadır (Radha, 2018).

Galeri ve Atriumlarda Baca Etkili Havalandırma: Bu sistemde iç mekânda biriken kirli havanın galeri ve atriumlarda oluşan hava kanalı yoluyla yükselerek çatı penceresinden egzoz edilmesi ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Cephede yer alan pencerelerden alınan temiz havanın yapıda dolaşarak ısınması ve sonrasında yükselmesi ile sirkülasyon devam eder (Şekil 4.18)(Engin, 2012).



Şekil 4.18. a. Çift Tabakalı Cephe Uygulaması Çalışma Prensibi b. Galeri ve Atriumlarda Baca Etkili Havalandırma Sistemi (url-2)

Rüzgâr Bacası: Güneşin ve rüzgârın bir arada kullanıldığı bir sistem olan rüzgar bacası iç ortamda doğal havalandırma ile ısı konfor sağlamaktadır. Genellikle sıcak-nemli ve sıcak kuru iklim özellikleri gösteren ortadoğu ülkelerinin geleneksel yapılarında kullanılmıştır. Rüzgâr akışının karşısındaki hava girişinde yüksek basınç, ters tarafta ise düşük basınç oluşmaktadır. Bu ilke ile baca içinde hava dolaşımı sağlanmaktadır. İç mekânda ise ısınan hava yükselerek rüzgârla aynı yöndeki baca çıkışlarından dış ortama atılır (Şekil 4.19) (Ali ve Özer, 2012).



Şekil 4.19. Rüzgar Bacası Çalışma Prensibi (Ali ve Özer, 2012:33)

2) Aktif Rüzgâr Enerji Sistemleri

Doğada serbest halde var olan hava akımının mekanik donanım vasıtasıyla elektrik enerjisi üretimi aktif sistemlerle sağlanır. Bu sistemlerde rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Türbinler rüzgâr gücünü kanatlar yoluyla dönme kuvvetine dönüştüren cihazlardır. Rüzgâr türbini temelde hava akımı etkisiyle hareket eden bir pervane ve jeneratörden oluşmaktadır. Elde edilen enerji miktarı kanat yüzey alanı, hava yoğunluğu ve rüzgâr hızına bağlıdır. Kanat açıklığı ile kazanılan enerji arasında doğru orantı vardır. Mimaride rüzgar türbini kullanımına cephe, çatı gibi yapı elemanlarında yâda peyzajda yer verilmektedir (Çevirici, 2017).

4.4. Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Yapı Performans Analizi

Yapı enerji performansı simülasyon programları, yapıda yıl boyunca gerçekleşecek ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, kullanım sıcak suyu gibi farklı ihtiyaçlar için harcanacak enerji miktarının tahmini için kullanılan araçlardır (Kalaycıoğlu ve Yılmaz, 2019:1462).

Yapılarda enerji performans analizi çok yönlü bir konudur. Birçok çalışmada ele alındığı üzere; yapıların enerji ihtiyacını azaltmak için tasarım aşamasında verilen kararlar ve yapıya eklenen mekanik sistemler etkili olmaktadır. Fakat uygulanan her bir yöntem, iklim koşulu, bina tipi, bina için alınan diğer kararlarla olan ilişki gibi değişkenlere bağlı olarak farklı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, meydana gelecek yapının performansını tahmin etmek amacıyla tasarım sürecinin farklı basamaklarında uygulanabilecek birçok hesap yöntemi ve araç geliştirilmiştir (Tokuç, 2009). Yapının yıllık enerji tüketimini çıkaran, enerji sistemlerinin çalışma şekli ile ilgili analiz sonuçları veren, eksik noktaları bulan ve çözüm üretmeye yardımcı olarak enerji performansını yükseltmeye katkı sağlayan simülasyon programlarının kullanımı günümüzde bir gereklilik haline gelmiştir (Kalaycıoğlu, Yılmaz, 2019).

4.4.1. Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Yapı Performans Analizi Yapan Yazılımlar

Bilgisayar destekli enerji etkin yapı performans analizi yapan bir çok yazılım mevcuttur. Yüceer, 2010 yılında yayınlanan çalışmasında enerji etkin yapı tasarımında sıklıkla kullanılan yazılımları işlev, yüklenen girdiler, alınan çıktılar ve bilgisayar ortamı başlıkları üzerinden inceleyip sonuçları Çizelge 4.9’da verildiği şekilde sunmuştur.

Çizelge 4.9. Enerji Etkin Yapı Tasarımında Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Yazılımlar (Yüceer, 2010:2-4)

Program	İşlev	Yüklenen Girdiler	Alınan Çıktılar	Bilgisayar Ortamı
Apache	Enerji korunmasına yönelik tasarımlar yapan EIS isimli bir dizi programın bir parçasıdır. Enerji çözümlemesi, iklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve örneklenmesi.	İklim verileri, enlem, boylam, CAD ve DXF biçiminde binanın çizimleri, malzeme seçenekleri ve standartları.	Binanın ısı verimliliği (Termal performansı), İklimlendirme düzeneklerinin hacmi, gölge elemanı örneklemesi ile ilgili çizim ve çizelgeler.	95, 98 ve Windows üzeri, NT
Awn shade	Pencere ve gölge elemanı tasarımı.	Enlem, boylam, pencere ölçüleri, gölge elemanı ölçüleri.	Yatay, düşey ve her türlü gölge elemanının yıllık gölgeleme verimi.	Dos-IBM, Windows

Climate 1	Menüsünde 1200'den fazla yerleşim yerinin iklim verisi bulunur (Ankara, İstanbul dahil). İklim verileri başka bir programa aktırılabilir.	Menüsünde ASCII formatında yüklü 1200'ün üstünde yerleşimin iklim verileri üzerinden seçim yapılır.	Yıllık, aylık ve saatlik olmak üzere; sıcaklık, güneş ışıınımı, nem, yağış, rüzgâr değerleri ve çizelgeleri. Topografik ve iklim haritaları.	Windows
Daylight	İç mekândaki gün ışığı faktörünü (DF) ve aydınlanma düzeyini hesaplar.	Menüde çizili duvar ve pencere üstünde istenen boyutlar girilir.	Girilen pencere ve duvar ölçüleri doğrultusunda iç mekândaki gün ışığı faktörünü (DF) ve aydınlanma düzeyini hesaplar.	Win., MAC
Doe -2	Binada enerji çözümlemesi ve enerji verimliliği sağlanması.	İklim verileri, enlem ve boylam. Malzeme seçenekleri ve standartları menüde bulunmaktadır.	Binanın ısı verimliliği, duvar, pencere ve gölge elemanı örnekleme ile ilgili çizim ve çizelgeler, uygun yönlendirme seçenekleri.	Dos-IBM, Win.

Ecotect	Binada enerji verimliliği, aydınlatma, akustik gibi fiziksel çevre tasarımı ve örnekleme. İklim çözümü. Menüsünde ASCII formatında yüklü 20 yerleşim yerinin iklim verileri bulunur.	İklim verileri, enlem, boylam, CAD ve DXF biçiminde binanın çizimleri, malzeme seçenekleri ve standartları menüde var. Kütüphaneye yeni malzemeler yüklenebilir.	İklim çözümü ile ilgili değerler ve çizelgeler. Binanın ısı verimliliği, akustik, aydınlatma, duvar, pencere ve gölge elemanı örnekleme ile ilgili çizim ve çizelgeler, uygun yönlenme seçenekleri	Windows , MAC
Eco Lumen	Binanın aydınlatma yükü, elektrik sarfıyatı ve enerji verimliliğini hesaplanır.	İç mekânın en, boy ve yükseklik ölçüleri. ISI standartları kapsamında aydınlatma değerleri, elektrik fiyatları	Binanın aydınlatma yükü, elektrik sarfıyatı ve enerji verimliliği ile ilgili çıktılar.	Win.
ESP -R	Binada enerji verimliliği, aydınlatma ve İklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve örnekleme.	İklim verileri, enlem, boylam, CAD ve DXF biçiminde binanın çizimleri, malzeme seçenekleri ve standartları menüde var. Kütüphaneye yeni malzemeler yüklenebilir.	İklim çözümü ile ilgili değerler ve çizelgeler. Binanın ısı verimliliği, aydınlatma, örnekleme ile ilgili çizim ve çizelgeler, uygun yönlenme seçenekleri.	Windows ,MAC, Sun

Free-Runner	Bu program Binanın biçimine ve konumuna bağlı olarak iç mekân konforunun belirlenmesinde kullanılır.	Binanın ölçüleri, camlama tipleri, malzemeler ve saydam ve sağır yüzeyinin yönlere göre oranları	İstenen tarih ve sıcaklığa bağlı olarak iç mekândaki konfor düzeyini gösteren çizelge	Windows
Heat 2	Binadaki ısı geçişleri, köprüleri ve iletiminin hesaplanması ve örneklenmesi	İklim verileri, enlem, boylam, CAD biçiminde binanın çizimleri, malzeme seçenekleri ve standartları.	İklim çözümleme ile ilgili değerler ve çizelgeler. Binadaki ısı verimliliği ve ısı geçişlerinin örneklemesi ile ilgili çizim ve çizelgeler,	
Heed	Binada enerji verimliliği ve İklimlendirme sistemlerinin yakıt sarfiyatı ve enerji verimliliği hesaplanır (ASHREA standardına göre).	Menüde 3 farklı yerleşimin iklim verileri yüklü, başka iklim verileri girilebilir. Binanın 3 boyutlu çizimi. Yakıt fiyatları (elektrik, gaz, doğalgaz ve kömür.	İklim çözümleme ile ilgili değerler ve çizelgeler. Çizilen binaya göre her bir yakıt için karşılaştırılmalı yıllık maliye	Windows
Ipse	Enerji verimliliği ve edilgen güneş kullanımı (pasif sistemler) konusunda eğitim programı.	PP sunu şeklinde enerji etkin bina tasarımı anlatılıyor. Herhangi bir girdi gerektirmiyor.	PP sunuda bina ve yapı bileşenlerinin çizimleri üzerinden konu açıklamaları.	Win.

Opaque	Çatı ve duvar malzemelerinin ısı iletkenliklerini hesaplar.	İklim verileri. Duvar ve malzeme katmanları ve malzemelerin ısı iletim katsayıları	Duvar ve malzeme katmanlarının kesitleri, ısı kaybı ve ısı kazancı çizelgeleri. Güneş ışıınımı çizelgeleri.	Win.
Parasol	Günişığı ile camlama, doğrama, iç. dış ve yüzey gölge elmanı ile tasarımı	İklim verileri, enlem, boylam, pencere ölçüleri, gölge elemanı ölçüleri ve cam cinsleri	Pencerenin ve gölge elemanlarının aydınlatma düzeyini ve yıllık güneş ışıınımı geçirgenliğini gösteren çizelgeler	Win.
Solar Tool	Pencere ve her çeşit gölge elemanı tasarımı.	Enlem, boylam, pencere ölçüleri, gölge elemanı ölçüleri.	Yatay, düşey ve her türlü gölge elemanının yıllık gölgeleme verimi	Windows, MAC
Trnsys	Enerji simülasyonu, çözümlemesi, iklimlendirme sistemlerinin tasarımı ve örneklenmesi.	İklim verileri, enlem, boylam, CAD ve DXF biçiminde binanın çizimleri, malzeme seçenekleri ve standartları.	Binanın ısı verimliliği (Termal performansı), İklimlendirme düzeneklerinin hacmi, gölge elemanı örneklemesi ile ilgili çizim ve çizelgeler.	Windows
Weather Data Viewer	ASHRAE standardına uyumlu Psikometrik çizelge üzerinden iklim çözümleme ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımı.	Menüsünde bulunan 1444 yerleşim iklim verileri üzerinden seçim yapılır.	Psikometrik çizelge üzerinden iklim çözümleme ve iklimlendirme sistemlerinin yük hesabı.	Windows

4.4.2. Çalışmada Kullanılacak Yazılım Programı BEP-TR 2

BEP-TR 2, bir yapının minimum enerji gereksinimi, enerji tüketim sınıfı, yalıtım değerleri ve ısıtma, soğutma sistemlerinin verimine dair bilgilerin yer aldığı enerji kimlik belgesinin düzenlenebilmesi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın sitesinden erişim sağlanarak kullanılan yazılım programıdır. (Çevre ve Şehircilik Bak., 2018)

BEP-TR 2 yazılımı;

- Isıtma ve soğutma,
- Hava sirkülasyonu,
- Aydınlatma,
- Sıhhi sıcak için gereken enerji miktarının hesaplamasını kapsar.

BEP-TR 2 yazılımında, ısıtma ve soğutma için gerekli enerji miktarının hesaplanmasında TS EN ISO 13790 standardı temel alınmıştır (Harputlugil, 2014: 26). Yazılım, basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi kullanmaktadır. Bu yöntem; yapı için gerekli enerji ihtiyacının ve bu ihtiyacı karşılamak amacıyla yerleştirilen sistemlerin enerji tüketiminin saatlik bazda hesaplanmasına dayanır.

BEP-TR 2 hesabı için yapının;

- Tapu bilgileri,
- Tipolojisi,
- Yer aldığı bölgenin iklim verileri,
- Geometrisi,
- Havalandırma sistemi,
- Isıl özellikleri,
- Aydınlatma sistemi,
- Kabuğunun ve elemanlarının malzemeleri,

- Bileşen tanımı,
- İç konfor şartları,
- Zon verilerinin sisteme girilmesi gereklidir.

Yazılım, yapılan analizler sonucu yapının toplam CO₂ salımını hesaplar. Çıkan değer Bakanlık tarafından belirlenen referans yapı değerleri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda yapı, enerji performansına göre A ile G arasında bir harf ile sınıflandırılır. (A en yüksek, G en düşük performans sınıfını simgelemektedir) 2017 sonrası ruhsat alan yapılar için C sınıfı ve üstü performansta olma zorunluluğu getirilmiştir (İslamoğlu, 2017).

4.5. Enerji Etkin Yapı Tasarımı Yapısal Parametrelerine Göre Örnek Konut Projelerinin İncelenmesi

Bu bölümde, enerji etkin yapı tasarımının yapısal parametreleri olan; yapı yeri, yapı yönü, yapı formu, mekan organizasyonu, yapı kabuğu özellikleri ve yenilenebilir enerji kullanımı alt başlıkları üzerinden farklı iklim bölgelerinde yer alan on adet konut projesi incelenmiştir. İncelenen projelerdeki enerji etkin tasarım yaklaşımları çalışmanın 5.Bölümünde oluşturulan model konut tasarımına referans olmuştur.

4.5.1. Kadıovacık Biyoevi

Çizelge 4.10. Kadıovacık Biyoevi (url-3, url-4, url-5)

Özellikler	Kadıovacık Biyoevi
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Türkiye/İzmir 2016 Eds-a Mimarlık
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje, İzmir kentinin Urla'ya bağlı Karaburun Yarımadası'ndaki Kadıovacık isimli dağ köyünde yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı, sıcak-nemli iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Yapının ana aksında geniş cepheler kuzey-güney yönlü yerleştirilmiş olup bu aksa bağlı 2 kolda yer alan geniş cepheler ise doğu-batı yönlü konumlandırılmıştır.
Yapı Formu	Yapı düşeyde tek kat olarak tasarlanmıştır. Planda, ince uzun ana aksı oluşturan bir dikdörtgen forma, merkezde yarı açık bir avlu oluşturacak şekilde takılan 2 dikdörtgen birimin eklenmesi ile cephe uzunluğu fazla, dışarıyla ilişkisi yüksek bir form oluşturulmuştur. Ana aksın üstünde kuzey-güney eğimli beşik çatı kullanılırken kanatlarda yeşil teras çatı tasarlanmıştır.
Mekan Organizasyon u	Plan şemasında görüldüğü üzere doğu tarafındaki kanat enstitüye, batı yönündeki kanat çalışma ve konaklama ihtiyaçlarına hizmet edecek şekilde diğer kullanıcıya ayrılmış, bu 2 kanat arasında kalan merkez birim ise ana kullanıcının konaklama bölümü olarak tasarlanmıştır.

Plan Şeması	
Yapı Kabuğu	Yapıda cephelere bağlı ısı yalıtımı ve ısı depolama ihtiyaçları göz önüne alınarak 4 farklı duvar detayı tasarlanmıştır. Kuzeydoğu cephe duvarı U değeri $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, güneybatı cephe duvarı U değeri $1,17 \text{ W/m}^2\text{K}$, güneydoğu cephe duvarı U değeri $1,07 \text{ W/m}^2\text{K}$, kuzeybatı cephe duvarı U değeri: $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmıştır. Kuzey-doğu cephesinde 5 cm kalınlığında saz kamış ile ısı yalıtımı sağlanırken güney-batı cephesinde bu yalıtımın yerine ısı depolayıcı özelliği yüksek olan kerpiç bloklar 15 cm kalınlığında kullanılmıştır. Aynı prensipte kuzey-batı cephesinde ısı yalıtımı kullanılırken güney batı cephesinde bu yalıtıma yer verilmemiştir. Betonarme şerit temeller kullanılan yapıda toprağa müdahaleyi ve beton kullanımını en az seviyede tutmak esas alınmıştır. Döşemede ahşap ızgara arası ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Beşik çatıda kaplama malzemesi olarak titanyum çinko metal kaplaması, ısı yalıtım malzemesi olarak ise kağıt atıklarının geri dönüşümü ile üretilmiş olan celluBOR ürünü kullanılmıştır. Yeşil çatı tasarımında ise herhangi bir bitki aşılması yapılmamış olup iklimin ve yerel bitki örtüsünün oluşturacağı ürünler için zemin hazırlanması amaçlanmıştır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Evin ısıtılmasında iklim duvarları adı verilen güneş enerjisine dayalı bir sistem geliştirilmiştir. Güney-doğu yönünde konumlandırılmış olan fotovoltaik paneller ile üretilen doğru akımın iç mekan yüzeylerindeki toprak sıva içerisine konumlandırılmış olan rezistanslara iletilmesi ile evin ısıtılması planlanmıştır. Yavaş ısıtma ve yavaş soğutmaya dayalı olan bu sistemin mevsimlik kullanımlara uygun olmadığı sürekli kullanılan döngülerde verimli çalıştığı belirtilmiştir. Yapının havalandırılması ve yazın serin tutulması için kuzey-güney aksında esen rüzgar baz alınarak vasistas sistemli kepenkler ile çapraz havalandırma sağlanmıştır. Bu pencereler insan boyunun üstünde yüksek bir konumda planlanmış ve ısınan havanın yükselmesi prensibine dayandırılmıştır.

4.5.2. Diyarbakır Güneş Evi

Çizelge 4.11. Diyarbakır Güneş Evi (url-6, url-7, url-8)

Özellikler	Diyarbakır Güneş Evi
Proje Yeri	Türkiye/Diyarbakır
Yılı	2008
Mimari Proje Ekibi	Çelik ERENGEZGİN
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Diyarbakır şehrinde yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı sıcak-kuru iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Yapı kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiştir.
Yapı Formu	Zemin kat ve asma kattan oluşan yapının genel formu birbirine yakın kenar uzunluklarına sahip dikdörtgen plan üzerine kuzey-güney yönlü ve farklı kotlarda tasarlanan beşik çatının oturtulması ile oluşmuştur.
Mekan Organizasyonu	Plan şemasında görüldüğü üzere güney cephesinde sera ve veranda tasarlanmış olup yine bu cepheye bakan yaşam alanları planlanmıştır. Kuzeyde eğitim alanı, ıslak hacimler ve depolama alanları konumlandırılmıştır. Asma kattaki oda ise güneyde galeri boşluğu bırakacak şekilde kuzey cephede çözülmüştür.

Plan Şeması	
Yapı Kabuğu	Yapı strüktürü ve kaplama malzemeleri ağırlıklı olarak ahşaptan oluşmaktadır. Duvarlarda ve tavanda selüloz ve bor karışımından elde edilen bir izolasyon malzemesi kullanılmıştır. İç yüzeyler yangın engelleyici özellik taşıyan alçı levhalar ile kaplanmıştır. Farklı malzemelerin deneyimlenmesi amacıyla çatının bir kısmında serbest perlit bir kısmında geleneksel mimariye dayanan kil ve kamış kullanılmıştır. Isı depo kütlesi olarak kum kullanılan trombe duvarı sistemi ile kışın ısıtma, yazın ise menfezlerdeki hava sirkülasyonu vasıtasıyla soğutma sağlanması amaçlanmıştır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Güney cepheye bakan 40° ve 17° eğimli çatılar üzerine yerleştirilen ve toplam 3.88 KW güçte 24 adet fotovoltaik panel ile güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çatıda bulunan 2 adet güneş kolektörü ile sıcak su ihtiyacına karşılık verecek şekilde planlanmıştır. Yapıda pasif havalandırma elemanları olarak venturi bacası ve rüzgar kepçesi kullanılmıştır. Rüzgâr kepçesinde geniş ağızlı bir kepçe ile yakalanan dış mekân havası daha sonra dar bir boruya iletilerek hızının artırılması yoluyla mekâna temiz hava girişini sağlamaktadır. Venturi bacası da benzer bir prensipte iç mekânda toplanan pis havanın daralan bir borudan geçerken rüzgârın oluşturduğu vakum etkisi ile dışarı atılmasını sağlamaktadır.

4.5.3. Eko Yamaç Evi

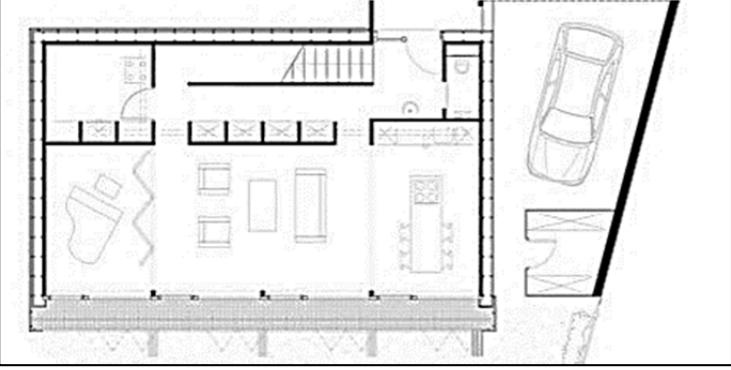
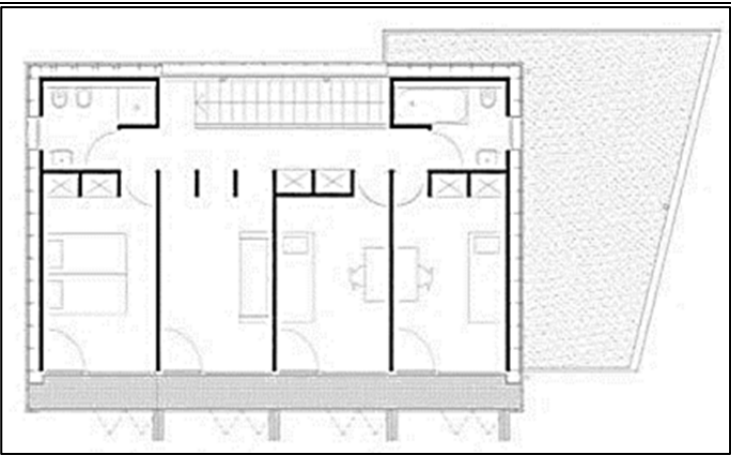
Çizelge 4.12. Eko Yamaç Evi (url-9, url-10, url-11)

Özellikler	Eko Yamaç Evi
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Sanal/Kurgu Proje 2000 Çelik ERENGEZGİN
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje, kurgusal bir arsa üzerine planlanmıştır. Arsanın güneye bakan %25 eğimli bir yamaçta olduğu varsayılmıştır. Mimar, bu ön kabul ile ova yapılaşmalarına bir alternatif tasarım sunmaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı için iklim tipi kabulü yapıldığına dair bir veri bulunamamıştır. Fakat yapının kısmen dikdörtgen formda olması ve yamaca konumlandırılması nedeni ile ılımlı iklim tipi için çalışıldığı varsayımına ulaşılmıştır.
Yapı Yönü	Yapı kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmiş olup kuzey cephesi toprağa gömülürken güney cephesi açığa çıkarılmıştır.
Yapı Formu	2 kat olarak tasarlanan yapı zemin katta yamacın sırtına yaslanmış olup 1.katta eğimden açığa çıkan alana doğru büyümüştür. Planda yaklaşık bir dikdörtgene benzeyen yapı, yamaca dik yaslanan sırtı ve 45 derece eğimli çatısıyla kesit bakış açısından ucu kesilmiş bir üçgen formundadır.
Mekan Organizasyonu	Yapı orta aksta kesişen 2 eş konuttan oluşmaktadır. Perspektif şemada görüldüğü üzere, yaşam alanı ve mutfak birimleri güney cepheye konumlandırılmış olup yatak odası doğu ve batı cephelerine bakacak ve bir üst kottaki eğimle bütünleşecek şekilde tasarlanmıştır. Mutfağın doğu cephesindeki eğime teraslama yapılarak sebze yetiştirmeye uygun bahçeler kurgulanmıştır. Islak hacimler, kullanıcının isteklerini de göz

4.5.4. Bambou House

Çizelge 4.13. Bambou House (url-12, url-13, url-14, url-15)

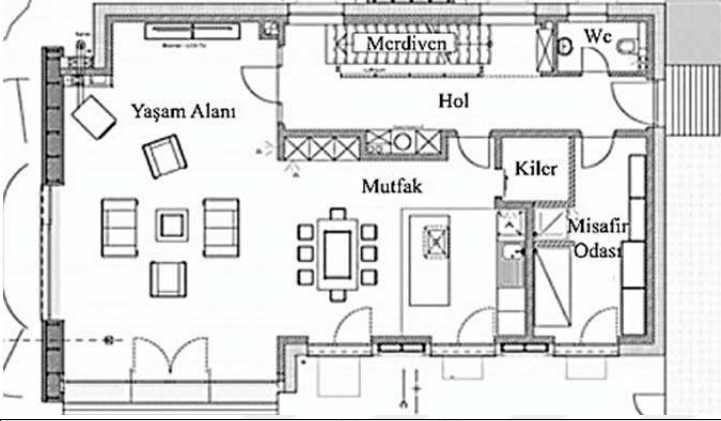
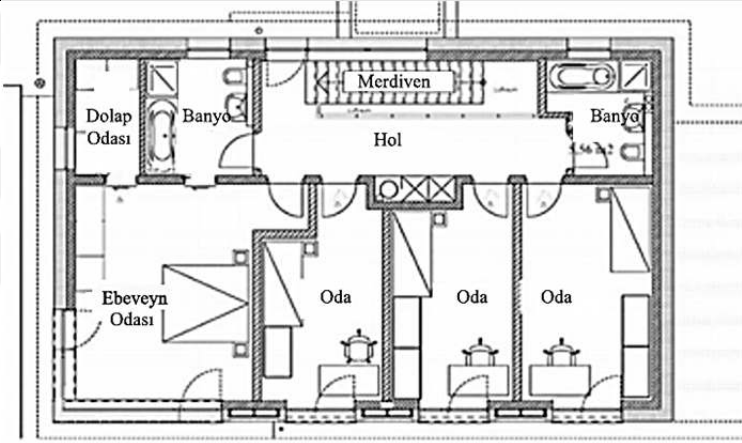
Özellikler	Bambou House
Proje Yeri	Fransa/ Val d'Oise
Yılı	2009
Mimari	Karawitz Mimarlık
Proje Ekibi	
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje, Val d'Oise'e bağlı küçük bir yerleşim yeri olan Bessancourt'un merkezinde, eski ve yeni şehrin tam kesişiminde yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı ılıman iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Güneş ışığından ve ısısından faydalanmak amacıyla yapı geniş cephe açıklıkları ile güney yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir.
Yapı Formu	2 katlı ve dikdörtgen olan yapı formunda yer aldığı bölgenin yürürlükteki şehir planına uyumlu kalarak kuzey ve güney yönlü beşik çatı kullanılmıştır.
Mekan Organizasyonu	Plan şemasında görüldüğü üzere mutfak, yaşam alanı, yatak odaları gibi aktif kullanılan mahaller güney cephede yönlendirilmiş olup ıslak mahaller ve sirkülasyon alanları gibi nispeten daha az kullanılan mahaller kuzey yönünde yerleştirilmiştir.

Plan Şeması (Zemin Kat)	
Plan Şeması (1. Kat)	
Yapı Kabuğu	Ahşap strüktüre sahip olan evin dış duvarları bambu malzemeden yapılmıştır. Selüloz izolasyonlu masif ahşap paneller ve işlenmemiş bambudan oluşan dış duvarların U değeri: $0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir. Betonarme sistem ile yapılmış Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük - Expanded Polystyren Foam (EPS) ile izole edilmiş temelin U değeri $0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir. Masif ahşap yapı, selüloz dolgu ve ahşap yünü izolasyonundan oluşan çatı bölümünün U değeri: $0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir. Yapı kabuğunun hava sızdırmazlığı $n50 = 0.48/\text{h}$ olarak belirtilmiştir.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Planda yer alan açıklık organizasyonu dışında doğal vantilasyona dair bir veri bulunamayan yapıda ısı geri kazanımlı ve entegre ısı pompalı çift akışlı havalandırma ünitesi kullanılmıştır. Cephede kullanılan açılır kapanır bambu kaplamalar, yaz mevsiminde güneş kırıcı görevini görürken kış mevsiminde kapatılarak geniş açıklıklardan ısı kaybını engellemektedir. Çatıda kullanılan 18 m^2 alanında fotovoltaik panelleri ise yapının kendi enerjisini üretmesini sağlamaktadır.

4.5.5. Plus Energy Passive House

Çizelge 4.14. Plus Energy Passive House (url-16, url-17, Şengezer,2011)

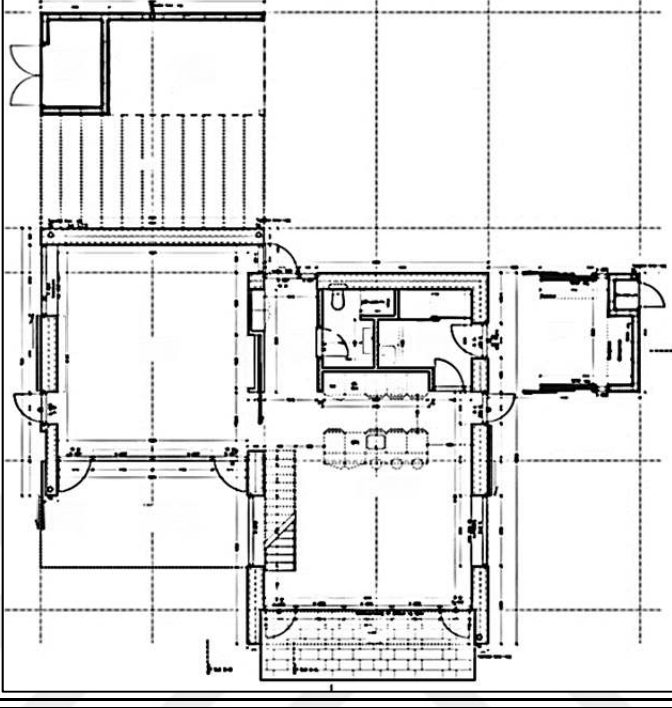
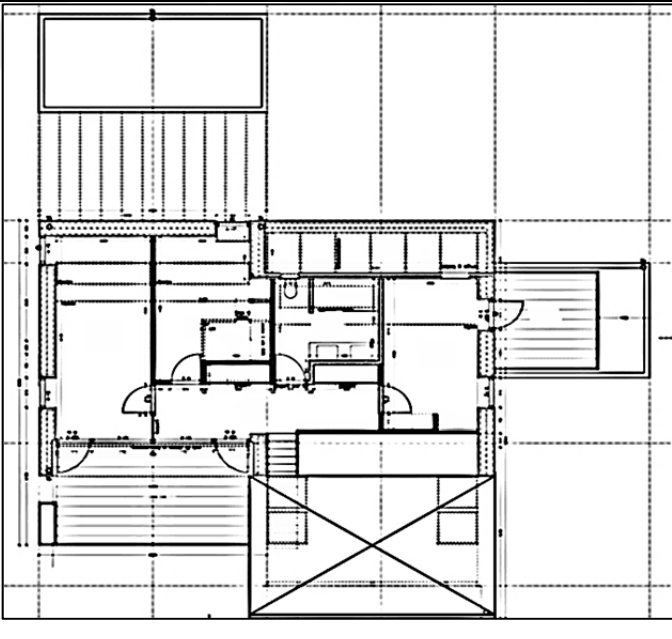
Özellikler	Plus Energy Passive House
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Almanya/Augsburg 2006 Werner Friedl
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje Augsburg kentinin yüksek bir bölgesinde yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı ılıman iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Yapı geniş kenarı güney yöne cephe verecek şekilde yönlendirilmiştir.
Yapı Formu	Bodrum kat ile birlikte toplamda 3 katlı olan yapının genel formu dikdörtgen plan üzerine kavisli bir çatının oturtulması ile oluşturulmuştur.
Mekan Organizasyonu	Plan şemasında görüldüğü üzere aktif olarak kullanılan yaşam alanları güney cephede organize edilirken ıslak hacimler ve sirkülasyon alanları kuzey cepheye yerleştirilmiştir.

Plan Şeması (Zemin Kat)	
Plan Şeması (1. Kat)	
Yapı Kabuğu	Yapının dış kabuğu yalıtılmış olup hava sızdırmaz özelliktedir. Dış duvarlarda kompozit ısı yalıtım sistemi kullanılmıştır ve U değeri $0.103 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir. Isı ve su yalıtımlı beton temelin U değeri $0.103 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir. Ahşap kiriş konstrüksiyonlu dalga formu çatının kaplamasında 2 kat hava geçirmez tabaka kullanılmıştır ve U değeri $0.076 \text{ W/m}^2\text{K}$'dir.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Güney cephede kullanılan güneş kırıcılar ile yapıya giren güneş ışığının kontrol altına alınması sağlanmıştır. Bunun yanı sıra dalga formu çatı yüzeyinde yer alan esnek fotovoltaik paneller ile güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Planda yer alan açıklık organizasyonu dışında doğal vantilasyona dair bir veri bulunamayan yapıda havalandırma, içeride toplanan kirli havanın ısısının dışarıdan gelen temiz havaya aktarılması prensibine dayanan ısı eşanjörü ile sağlanmaktadır.

4.5.6. Home for Life

Çizelge 4.15. Home for Life (url-18,url-19, url-20)

Özellikler	Home for Life
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Danimarka/ Aarhus 2008 Aart Architects
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje, Danimarka'nın ikinci büyük şehri olan Aarhus kentine bağlı Lystrup kasabasında yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı ılımlı iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Yapı geniş kenarı güney yöne cephe verecek şekilde yönlendirilmiştir.
Yapı Formu	2 katlı yapının genel formu dikdörtgen plan üzerine eğimli bir çatının oturtulması ile oluşturulmuştur.
Mekan Organizasyonu	Plan şemasında görüldüğü üzere aktif olarak kullanılan yaşam alanları güney cephede organize edilirken ıslak hacimler ve sirkülasyon alanları kuzey cepheye yerleştirilmiştir.

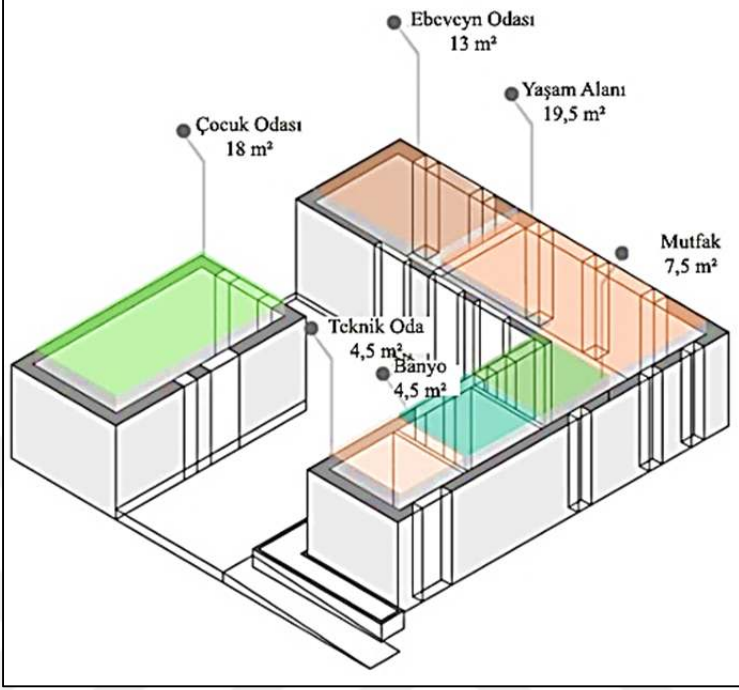
Plan Şeması (Zemin Kat)	
Plan Şeması (1. Kat)	

Yapı Kabuğu	Yapının dış kabuğu ahşap ve doğal arduvazla kaplanmış cephelerden oluşmuştur. Yapının yüzey alanının %40'ı pencerelerden oluşmaktadır. Bu oran geleneksel evlerin 2 katı büyüklüğündedir. Geniş açıklıklarla gün ışığının ve güneş ısısinin yapı içine alınması hedeflenmiştir. Isı kaybını engellemek için enerji tasarrufu sağlayan cam teknolojisinden faydalanılmıştır. Temel üstü döşemede ısıtma ve izolasyon sistemi kullanılmıştır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Güneş enerjisi ile kurulan en önemli ilişkilerden biri yapıda kullanılan geniş açıklıklardır. Cephede yer verilen açıklıklardan gelen güneş ışığı ve ısısına karşı yaz ve kış mevsimine bağlı olarak değişen güneş açısı baz alınarak saçak sistemi kurgulanmıştır. Yapıda güney cephesindeki açıklık oranı kuzey cephesinden fazla tutulmuştur. Aynı prensiple yapıda beşik çatı ortadan değil güney cephenin yüzey alanı daha fazla olacak şekilde bölünmüştür. Bu cephede yer alan fotovoltaik panellere yapının enerji ihtiyacının bir bölümünün karşılanması sağlanmıştır.

4.5.7. ReYard

Çizelge 4.16. ReYard (url-21, url-22, url-23)

Özellikler	ReYard
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Fas,Ben Guerir 2019 Team Bosphorus
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Proje, güneş enerjisini kullanan yapı tasarımlarını teşvik eden uluslararası bir yarışma olan Solar Decathlon Afrika için hazırlanmıştır. Proje konum olarak Fas özelinde olup Afrika geneli için öneri niteliği taşımaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı sıcak kuru iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Bölge için prototip olarak geliştirilen projede net bir yapı yönü belirtilmese de iklime göre tasarım göz önünde bulundurulduğunda güneş etkisinden korunacak şekilde yönlenme yapıldığı varsayılmıştır.
Yapı Formu	Tek katlı olarak tasarlanan yapı bir adet L formulu ve bir adet dikdörtgen formulu kütlelerin aralarında avlu oluşturacak şekilde bir araya gelmesinden oluşur. Kütlelerin üstü teras çatı ile örtülürken avlunun negatif iklimsel etkilerden korunması ve mahremiyetin sağlanması amacıyla bu iki kütleyle oturan 15° eğimli bir kanopi tasarlanmıştır.
Mekân Organizasyonu	Yapının mekân organizasyonunda sıcak-kuru iklimli Geleneksel Türk Evi ve Fas Evi tipolojisi temel alınmıştır. Mahremiyetin ön planda olduğu bu tipte korunaklı avlu ön plana çıkmış ve mahaller bu avluya baktırılmıştır.

Perspektif Şema	
Yapı Kabuğu	Yapı kabuğunda alker yönteminden yola çıkan sıkıştırılmış toprak bazlı panellerden kullanılmıştır. Bambu malzeme ile izolasyonu sağlanan boşluklu ahşap panel üzerine iki taraflı olarak yerleştirilen toprak bazlı panellerle dış duvarlar oluşturulmuştur. Avlunun kütlelerle sarılmayan ve açıkta kalan kısımları ise aralıklarla yerleştirilmiş ahşap çitalar ile sarılmıştır. Yapının güney ve batı cephelerinde saydam malzeme kullanılmamıştır. Bunun yanı sıra yapı, modüler olarak tasarlanmış olup sökülüp takılabilir özelliktedir.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	15° eğimli kanopinin üzerine fotovoltaik paneller eklenmiştir. Ayrıca yapının ısıtma ve soğutma ihtiyacı termal güneş sistemi destekli hava kaynaklı bir ısı pompası tarafından karşılanmaktadır. Ahşap çitalardan oluşan seperatör duvarlar aralıklı sistemiyle avludan rüzgar geçişini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca avlu üzerinde konumlanan sundurma ile teras çatı arasındaki boşluk rüzgârın avlu içerisine alınmasını sağlamaktadır.

4.5.8. BedZed

Çizelge 4.17. BedZed (url-24, url-25, url-26, Utkutuğ, 2005)

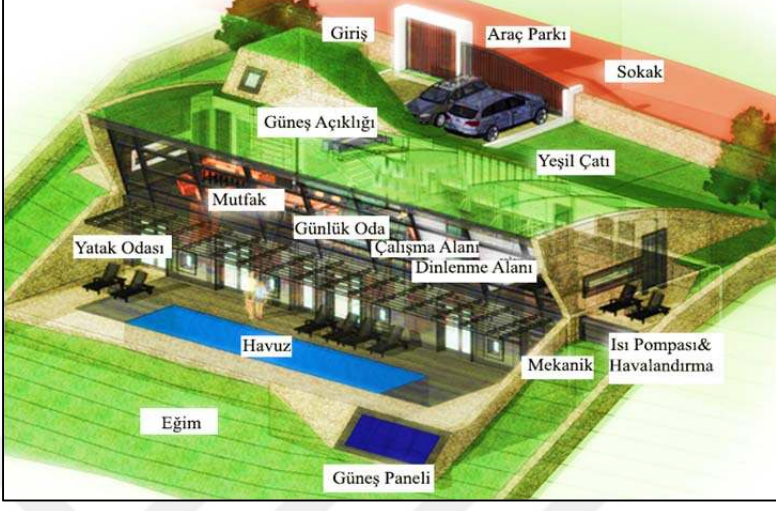
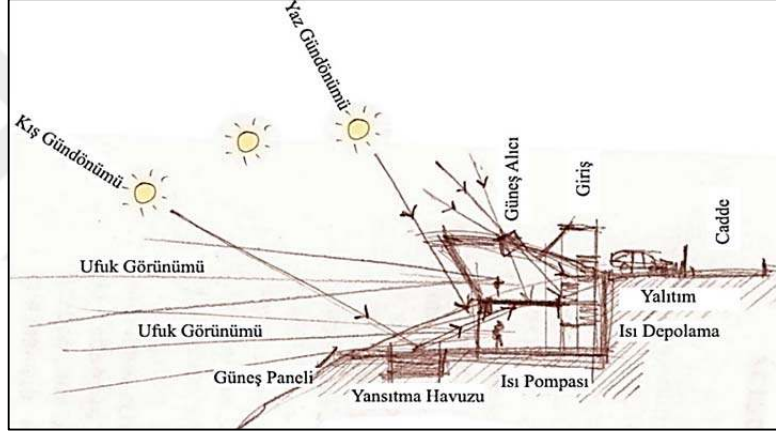
Özellikler	BedZed
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Birleşik Krallık, Londra 2002 Bill Dunster
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Konut, ofis, sağlık tesisi, spor alanları, kreş, restoran gibi bir çok fonksiyonu kapsayan yerleşke projesi Londra'nın güneyinde, ekolojik bir değeri olmayan ve çöplük olarak kullanılan bir bölgede tasarlanmıştır.
İklim Tipi	Proje alanı ılımlı iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Google Earth programı kullanılarak yapılan yerleşim incelemesine göre proje, güneydoğu, kuzeybatı aksında olup güneydoğuya doğru yönlendirilmiştir.
Yapı Formu	Dikdörtgen bloklar halinde projelendirilen yapı, kuzey cephede tek katlı, orta aksta 2 katlı ve güney cephede üç katlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu üç bölümü de örtecek oval formlu çatıda hem güney hem de kuzey cepheye doğru eğim verilmiştir.
Mekân Organizasyonu	Tipik kat planları ve kesit şeması incelendiğinde blokların işlevlerine göre üç temel bölüme ayrıldığı görülmektedir. Güney cephesinde yaşam alanları, orta aksta sirkülasyon alanları ve ıslak hacimler, kuzey cephede de çalışma alanları kurgulanmıştır.

Plan Şeması	
Kesit Şeması	- Güneşe bakan termal kütle - Yazın - proses soğutma - Kışın - pasif ısı kazancı - İyi yalıtım = 0.1 W/m²K - Pencereler = uçlu pencere - Hava sızdırmazlık = 2 AC/HR @50Pa. - Güneşe bakan cephe = çift pencere - İş - Sirkülasyon - Ev - Güneşe bakan cephe - Kuzeye bakan pencere - İyi gün ışığı - Minimum ısı kazancı - Güneye bakan ve cephede pasif ısı kazancı - Minimum kuzey cephe penceresi (gün ışığı için)
Yapı Kabuğu	Kabukta, enerji performansını yüksek tutmak amacıyla yapılan ısı yalıtım uygulamaları ön plana çıkmaktadır. U değeri 0.11 W/m²K olan dış duvarlarda içerden dışarı doğru, beton blok, taş yünü ve tuğla katmanları kullanılmıştır. Çatılarda U değeri 0.10 W/m²K olan 30 cm sert köpük zeminde ise U değeri 0.10 W/m²K olan 30 cm polistren malzeme kullanılmıştır. Yapının pencerelerinde argon dolgulu düşük emisyonlu 3 katman cam ve U değeri 1.20 W/m²K olan ahşap çerçeve kullanılmıştır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Yapıda ısı kazancı sağlamak amacıyla güneş odaları ve havalandırma esnasında ısı kaybını engelleyen rüzgâr bacaları kullanılan pasif sistemlerdendir. Yıllık sıcak su tüketiminin %45'ini sağlayan güneş kolektörleri ve elektrik üretimine katkıda bulunan fotovoltaik piller ise yapıda kullanılan aktif sistemler arasındadır.

4.5.9. Equinox House

Çizelge 4.18. Equinox House (url-27, url-28, url-29, url-30, url-31)

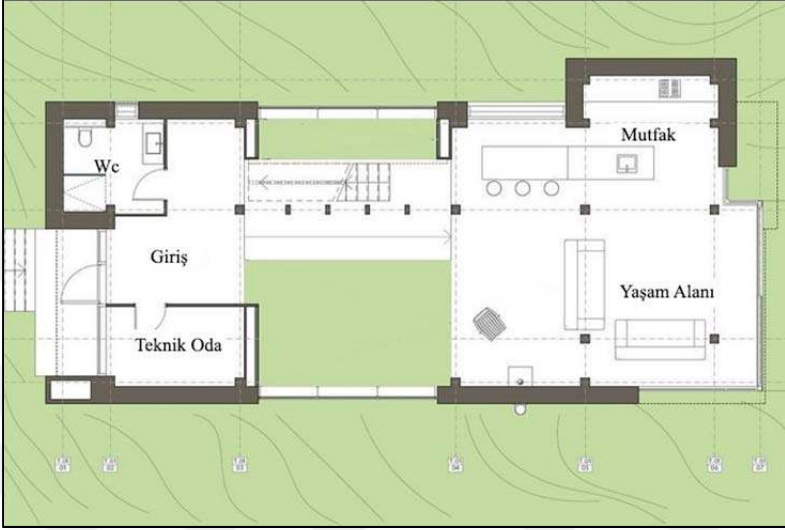
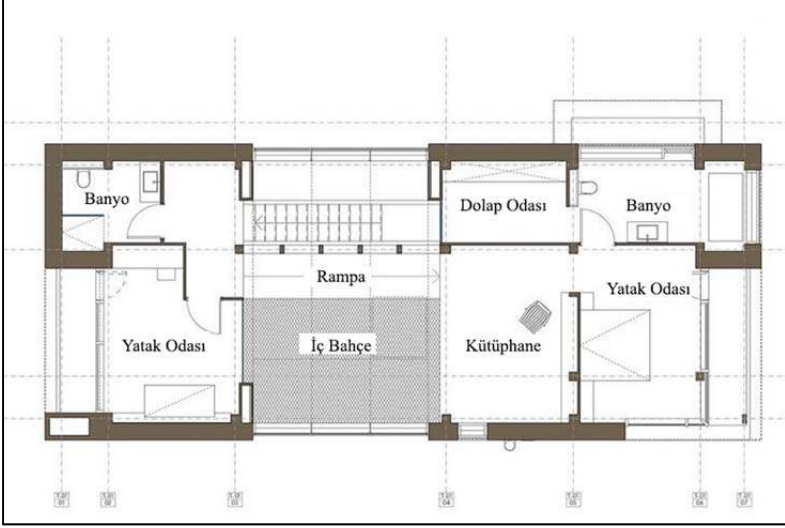
Özellikler	Equinox House
Proje Yeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Bulgaristan, Kavarna 2012 Ignatov Architects
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Doğa ile bütünleşme konsepti taşıyan Equinox Evi, Bulgaristan'ın karadeniz kıyısındaki Kavarna şehrinde bir yamaç üzerine konumlandırılmıştır.
İklim Tipi	Proje alanı ılımlı iklim tipi sınıfındadır.
Yapı Yönü	Kuzey-güney aksında planlanan yapının hâkim cephesi deniz manzarasına da sahip olan güney yönündedir.
Yapı Formu	Dikdörtgen formda tasarlanmış olan yapı kompakt iki kattan ve en üstte sokak ile bağlantıyı sağlamak üzere sadece sirkülasyon fonksiyonu taşıyan kısmi bir kattan oluşmaktadır. İlk iki katta da kuzey kenarı toprağa gömülü olup cephe vermemektedir. Birinci katın güney yönlü duvarı yaz mevsimi güneş ışınlamalarını engelleyecek şekilde zemine doğru eğimli biçimde tasarlanmıştır. Yapıyı örten oval formlu yeşil çatı kuzey yönünde zemin ile birleşirken güney yönünde açılarak duvar ile birleşim yapmaktadır.
Mekân Organizasyon	Plan ve perspektif şemalarında görüldüğü üzere, her iki katta da yaşam alanları güney cephesine, sirkülasyon alanları ve ıslak hacimler toprağa gömülü olan kuzey yönüne yerleştirilmiştir.

Plan Şeması	
Kesit Şeması	
Yapı Kabuğu	Kabukta taş ve ahşap gibi yerel malzemeler kullanılmıştır. Yüksek ısı yalıtımına sahip kabukta, duvarların U değeri $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, çatının U değeri $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve üç katmanlı camların U değeri $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$'dır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Kesit şemasında görüldüğü üzere tasarım aşamasında verilen kararlar ile kış mevsiminde güneş ışınımını tamamen içeri alacak yaz mevsiminde ise dik gelen güneş ışınımının etkisinden korunacak şekilde geliştirilen yapıda doğrudan pasif güneş sistemlerinden yararlanılmaktadır. Çatıda ve zeminde yer alan fotovoltaik panelleri ve toprak kaynaklı ısı pompası ile güneş ve jeotermal enerjiden aktif olarak yararlanılmaktadır.

4.5.10. Passive House Che

Çizelge 4.19. Equinox House (url-32, url-33, url-34, url-35, url-36)

Özellikler	Passive House Che
ProjeYeri Yılı Mimari Proje Ekibi	Romanya/ Suceava 2014 TECTO Mimarlık
Genel Görünüm	
Yapı Yeri	Çevreye en az müdahale prensibiyle tasarlanan proje, Romanya'nın kuzeyinde Suceava şehrinin ormanlık bölümünde yer almaktadır.
İklim Tipi	Proje alanı soğuk iklim tipi sınıfındadır
Yapı Yönü	Kuzey-Güney aksında yönlendirilen yapıda, ormanla iç içe olma konsepti gereği her yöne açıklık verilmiş olup hakim bir cepheden söz edilememektedir.
Yapı Formu	Dikdörtgen formda olan yapı iki kattan oluşmaktadır. Temelde kompakt olan kütlelerin ortasında şeffaf duvarlı bir avlu-iç bahçe oluşturulmuştur. İç bahçenin iki yanında kalan kütleler farklı kotlarda olup bu bölümün gördüğü rampa işleviyle birbirine bağlanmaktadır. Zeminde yer alan bu eğim çatıda da tekrar ettirilmiştir. Arkada kalan kütlelerin çatısı iç bahçenin çatısının eğimini takip ederken önde kalan kütlelerin çatısı bu eğimin simetrisini almıştır. Bu şekilde her iki cepheye de bakan iç büyük bir çatı tasarlanmıştır.

Mekan Organizasyonu	Kat planlarından okunduğu üzere zemin katta ilk kütle girişe, teknik ve ıslak hacimlere ayrılırken, ikinci kütle mutfak ve yaşam alanlarına ayrılmıştır. İç avluda ise sadece sirkülasyona yer verilmiş olup kalan alan, zemin katta iç bahçe birinci katta galeri boşluğu olarak bırakılmıştır. Her iki kütle de birinci kat şahsi odalara ve ıslak hacimlere ayrılmıştır.
Plan Şeması	
Kesit Şeması	

Yapı Kabuğu	Kabukta, düşük karbonlu beton ve ısıtma işlem görmüş ahşap gibi yenilikçi malzemeler kullanılmıştır. Isı yalıtımında geri dönüştürülmüş perlit şap, ahşap ve selüloz malzemeleri tercih edilmiştir. Islak hacimler ve teknik mahal hariç tüm kabukta yüksek performanslı alüminyum çerçeveli pencereler kullanılmıştır. Yapıda, dış duvarların, U değeri 0.11 W/m ² K, temelin U değeri 0.12 W/m ² K, pencerelerin U değeri 0.63 W/m ² K, dış kapıların U değeri 0.10 W/m ² K'dır.
Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Yapıda, standarttan 4 kat daha fazla oranda kullanılan cam cephelerle doğrudan pasif güneş enerjisinden üst düzeyde yararlanılmaktadır. Eğimli çatıda yer verilecek olan güneş kolektörleriyle sıcak su ihtiyacının, güneş pilleri ile de elektrik ihtiyacının karşılanması planlanmıştır. Zeminde yer alan ısı pompası ile de jeotermal enerjiden faydalanılması hedeflenmiştir.

Bu bölümde, enerji etkin tasarımın yapısal parametreleri olan; Yapı yeri, yapı yönü, yapı formu, mekan organizasyonu, yapı kabuğu özellikleri ve yenilenebilir enerji kullanımı alt başlıklar üzerinden farklı iklim bölgelerinde yer alan konut projelerine ait yaklaşımlar çalışmanın 5.bölümünde oluşturulan model konut tasarımına referans olmuştur.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı olarak belirlenen Niğde İli, İç Anadolu Bölgesi'nin güney kısmında yer almakta olup Aksaray, Nevşehir, Kayseri, Adana, Mersin ve Konya şehirlerine sınır komşusudur.

Yapılan arkeolojik kazılara göre şehirdeki yerleşik hayatın 10.000 yıl öncesine uzandığı sonucuna ulaşılmıştır. Hitit, Bizans, Selçuklu, Osmanlı gibi önemli medeniyetlere ev sahipliği yapan şehir, Gümüşler Manastırı, Roma Havuzu, Kemerhisar Su Kemerleri, Sungurbey Camii, Mehmet Paşa Kervansarayı gibi mimari eserler barındırmaktadır (Şimşek,2020).

Bağ, bahçe evi kültürünün yoğun olduğu şehirde müstakil konutlara olan talep oldukça fazladır. Kent merkezinin civarında bulunan bu yapılarda enerjiyi etkin kullanma kaygısından söz edilememektedir. Sayısı her geçen gün artan yapılar dünyadaki enerji sorununun artmasında rol oynamaktadır. Bu çalışma ile iklimle uyumlu enerji etkin konut modeli yaklaşımının kentteki yeni yapılara örnek teşkil etmesi hedeflenmektedir.

5.1. Ilımlı Kuru İklim Tipine Göre Geliştirilmiş Enerji Etkin Konut Tasarım Modelinin Oluşturulması

Çalışma alanı olarak Niğde İlinin Merkez İlçesine bağlı Hamamlı ve Ahmetpınarı Mahalleleri içinde kalan Şekil 5.1 üzerinde işaretlenmiş bölge seçilmiştir.



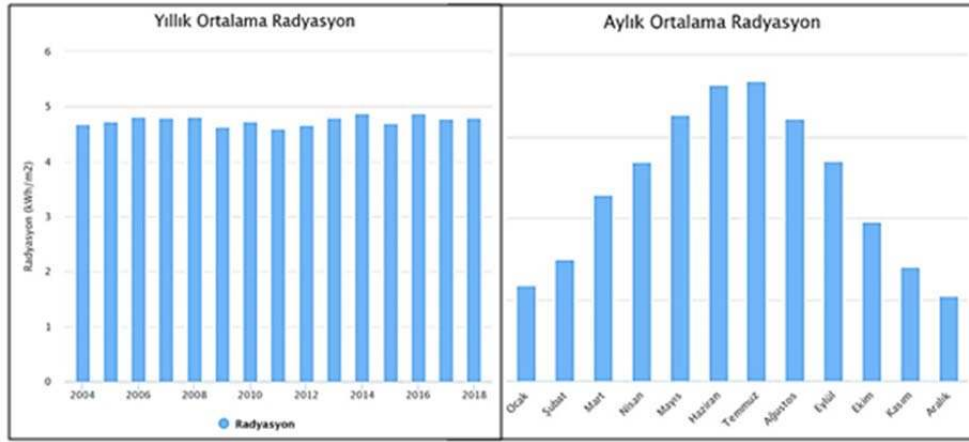
şekil 5.1. Bölge Üzerinde İşaretlenmiş Çalışma Alanı

5.1.1. İklimsel Verilerin Derlenmesi

Bu bölümde, 4. Bölümde yer alan “İklimsel Parametreler” alt başlığı altında incelenen konular üzerinden çalışma alanı olarak seçilen Niğde ilinin iklimsel verileri derlenmiştir.

5.1.1.1. Güneş Işınımı Verilerinin Derlenmesi

Meteroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen verilere göre Niğde ilinin güneşlenme değerleri Şekil 5.2’de verilmiştir. Bu verilere dayanarak Niğde ili için en yüksek güneş ışıınım değerinin Temmuz ayında, en düşük güneş ışıınım değerinin ise Aralık ayında görüldüğü söylenebilmektedir.



Şekil 5.2. Niğde İli İçin Yıllık ve Aylık Radyasyon Tabloları (url-37)

Meteroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen verilere göre Niğde ilinin güneşlenme süresi Çizelge 5.1 ve Şekil 5.3’teki gibidir.

Çizelge 5.1. Niğde İli İçin Yıllık Güneşlenme Süresi (1935-2020) (url-38)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıl lık
saat	3. 7	4. 8	5. 8	6. 9	8. 5	10. 4	11. 6	11. 3	9. 9	7. 3	5. 4	3. 7	7. 4



Şekil 5.3. Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988-2017) (url-39)

Çizelge 5.1 ve Şekil 5.3'teki verilere dayanarak Niğde'nin Türkiye genelinde güneş enerjisi potansiyeli yüksek şehirlerden biri olduğu söylenebilmektedir.

5.1.1.2. Dış Hava Sıcaklığı Verilerinin Derlenmesi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre Niğde ilinin dış hava sıcaklığı değerleri Çizelge 5.2'de verildiği gibidir.

Çizelge 5.2. Niğde İli Aylara Göre Ortalama Sıcaklık Değerleri (1935-2020)(url-40)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıl
a.	-0.3	1.1	5.1	10.6	15.1	19.2	22.5	22.3	18.1	12.5	6.5	1.8	11.2
b.	4.8	6.4	11.0	16.7	21.5	25.8	29.4	29.6	25.7	19.7	13.0	7.1	17.6
c.	-4.6	-3.4	-0.2	4.4	8.4	11.9	14.8	14.5	10.4	6.0	1.1	-2.5	5.1

a.Ortalama (°C) Sıcaklık b.Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) c. Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)

Meteroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre Niğde ilinin aylara göre ısıtma ve soğutma gün dereceleri Çizelge 5.3'te verildiği gibidir.

Çizelge 5.3. Niğde İli Aylara Göre Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri (2020)(url-41)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
HDD	544	461	339	216	103	7				16	368	424	2478
T $\leq$ 15°C	31	29	31	28	15	2				4	30	31	201
CDD					6	5	81	33	25	0			150
T $>$ 22°C					6	9	29	19	14	2			79

Çizelge 5.3. verilerine göre Niğde ilinde yıllık ısıtma ihtiyacı duyulan gün sayısı 201, yıllık soğutma ihtiyacı duyulan gün sayısı 79'dur.

5.1.1.3. Dış Hava Nemliliği Verilerinin Derlenmesi

Meteroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre Niğde ilinin aylara göre yağış değerleri Çizelge 5.4'te verildiği gibidir. Niğde valiliğinden elde edilen verilere göre, Niğde'de ortalama nisbi nem % 56'dır. Nemin en fazla olduğu ay % 80 ile Şubat, en düşük olduğu ay % 28 ile Ağustos ayıdır.

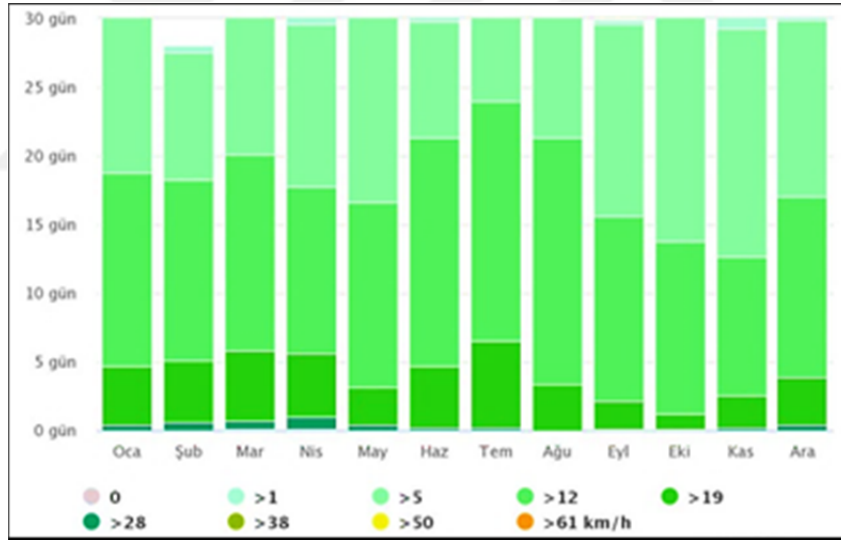
Çizelge 5.4. Niğde İli Aylara Göre Yağış Değerleri (1935-2020) (url-42)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıl lık
a	12	11.	13.	13.	14.	9	2.	2.	4.	7.	8.	11.	111.2
		4	2	7	3		9	3	3	9	8	4	
b	35.	33.	36.	41.	48.	27.	5.	6.	10.	26.	31.	41.	344.2
	3	2	0	7	9	9	2	6	4	5	3	2	

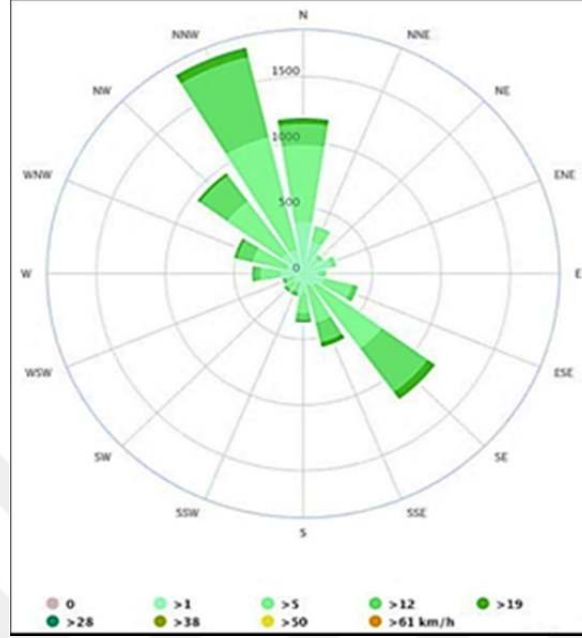
a.Ortalama Yağışlı Gün Sayısı b. Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)

5.1.1.4. Rüzgar Verilerinin Derlenmesi

Meteoblue sitesinden elde edilen verilere göre Niğde ilinin rüzgar hızı değerleri Şekil 5.4'te; rüzgar yönü değerleri Şekil 5.5'te verildiği gibidir.



Şekil 5.4. Niğde İli Rüzgar Hızı Verileri (url-43)



Şekil 5.5. Niğde İli Rüzgar Yönü Verileri (url-43)

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 verilerine göre Niğde ilinde ayın ortalama 25 gününde rüzgâr hızı 5 km/h ile 19 km/h arasındadır. Hakim rüzgar yönü kuzey-batı olup 2. sırada güney-doğu yönlü rüzgar etkisi görülmektedir.

Yukarıdaki veriler ışığında, çalışmanın 4. bölümünde açıklanan iklim sınıflandırmasına göre Niğde İli, ılımlı-kuru iklim bölgesi içinde yer almaktadır. Çizelge 4.3'te yer alan ılımlı-kuru iklim bölgesi genel özelliklerinden aşağıda yer alan maddeler, Niğde ili iklimi ile örtüşmektedir.

- Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır,
- Soğuk iklim koşullarına yakın iklim özellikleri görülmektedir,
- Ortalama dış sıcaklık -5°C ile $+30^{\circ}\text{C}$ arasındadır,
- Denizin yazın serinletici kışın ılımanlaştırıcı etkisini engelleyen dağlar bulunmaktadır,
- Yaz geceleri serin geçmektedir.

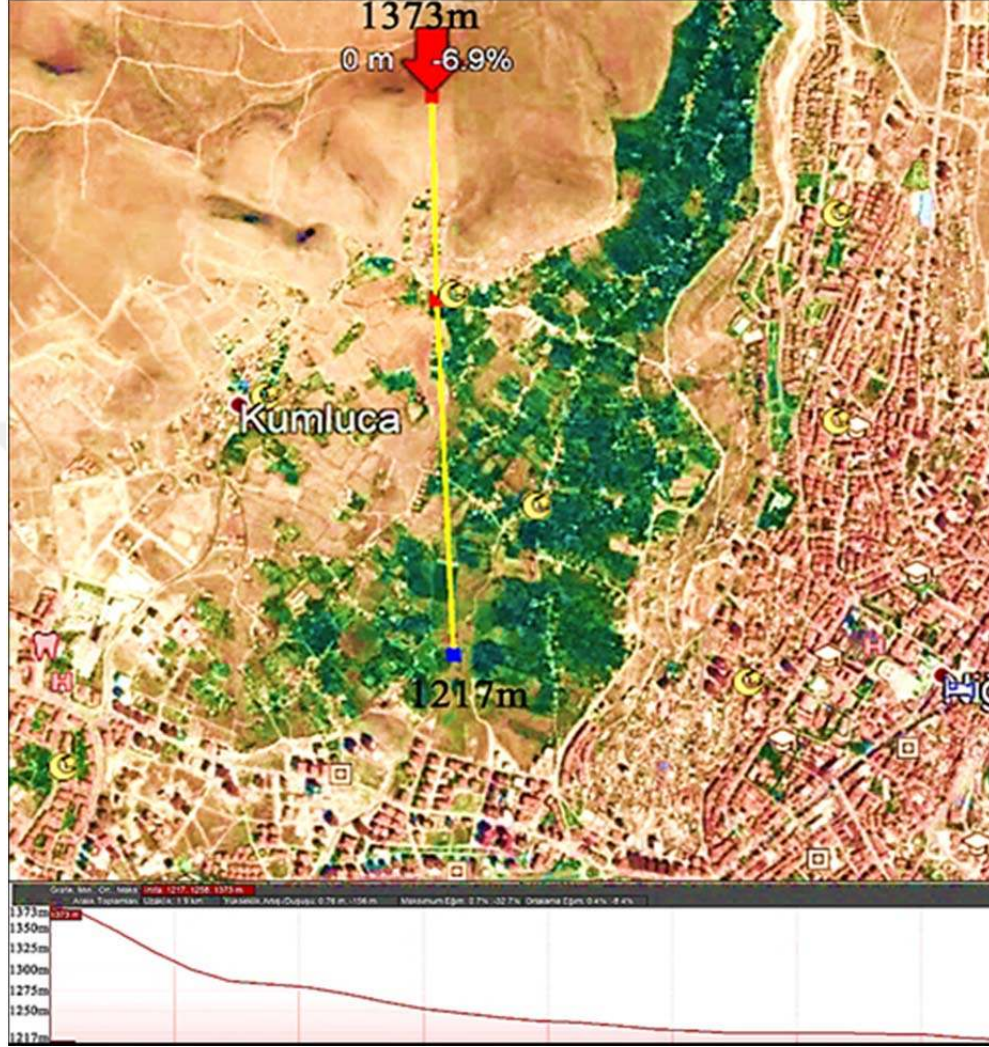
Bu nedenle Niğde ilinin iklimsel karakteri ılımlı-kuru olarak belirlenmiş olup, enerji etkin yapı tasarım modeli bu kabule göre oluşturulacaktır.

5.1.2. Çevresel Verilerin Derlenmesi

Bu bölümde, 4. Bölümde yer alan Çevresel Parametreler alt başlığı altında elde edilen bilgiler üzerinden çalışma alanına ait veriler derlenmiştir.

5.1.2.1. Topografik Verilerin Derlenmesi

Topografik verilerin derlenmesinin ilk aşamasında, arazi gezisi yapılarak seçilen bölgedeki yamaç ve vadi oluşumları gözlemlenmiştir. Gezi sırasında çalışmaya veri oluşturabilecek arazi noktaları uydu haritası vasıtasıyla işaretlenmiştir. Alan gözlemi ve yerinde işaretlemelerden elde edilen veriler ile “Google Earth Pro” uygulamasında yamacın en yüksek noktası olan tepe ile en düşük noktası olan vadi tabanı arasında çizilen kuzey-güney yönlü bir aks üzerinden arazi kesiti çıkarılmıştır.

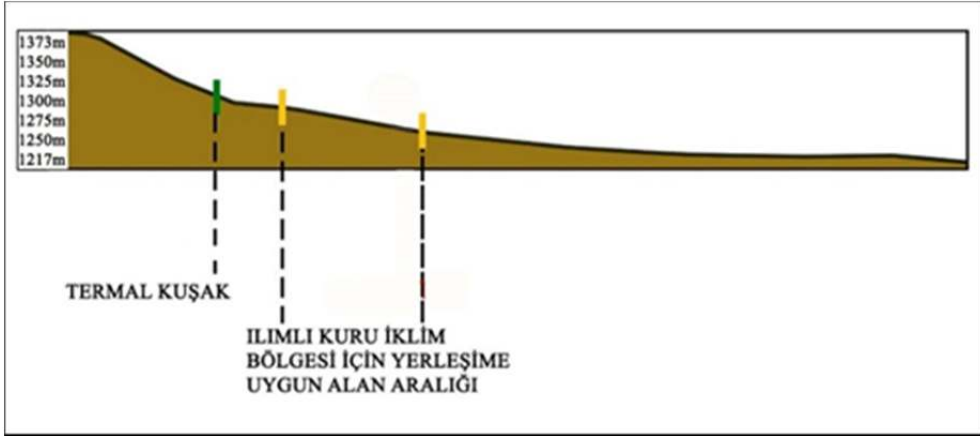


Şekil 5.6. Çalışma Alanı Arazi Kesiti

Arazi kesitine göre aks üzerindeki yamacın en yüksek nokta yüksekliği 1375m, en düşük nokta yüksekliği 1217m olarak belirlenmiştir. Termal kuşak üzerinde bu iki noktanın ortalaması 1295m kotu iklimsel açıdan en ılımlı nokta olarak kabul edilmiştir. 4.bölümde yer alan Şekil 4.3'ten referansla, ılımlı kuru iklim bölgesi için uygun yerleşim aralığı 1280m kotu ile 1240m kotu arasında belirlenerek Şekil 5.7 üzerinde arazi kesitine, Şekil 5.8 üzerinde uydu haritasına işlenmiştir.



Şekil 5.7. Ilımlı Kuru İklim Bölgesi İçin Uygun Yerleşim Aralığının Arazi Kesiti Üzerine İşlenmesi



Şekil 5.8. Ilımlı Kuru İklim Bölgesi İçin Uygun Yerleşim Aralığının Uydu Haritası Üzerine İşlenmesi

5.1.2.2. Yakın Çevredeki Yapılaşma Verilerinin Derlenmesi

Niğde ilindeki özel bir harita mühendisliği bürosundan alınan halihazır harita üzerine kat yükseklikleri işlenerek Şekil 5.9. oluşturulmuştur. Buna göre, yapılar çoğunlukla tek katlı olup, üçten daha yüksek katlı yapılara rastlanmamıştır. Alandaki seyrek yapılaşma ve kütleler arasındaki mesafe nedeni ile yapıların birbirine karşı güneş ışımasını ve rüzgar engeli oluşturmadığı söylenebilmektedir. Mevcut yapı yoğunluğu göz önünde bulundurulduğunda, alanda potansiyel bir ısı adası oluşumundan da söz edilememektedir.



Şekil 5.9. Yakın Çevre Yapılaşması

5.1.3. Yapısal Parametrelerin Belirlenmesi

5.1.3.1. Yapı Yerinin Belirlenmesi

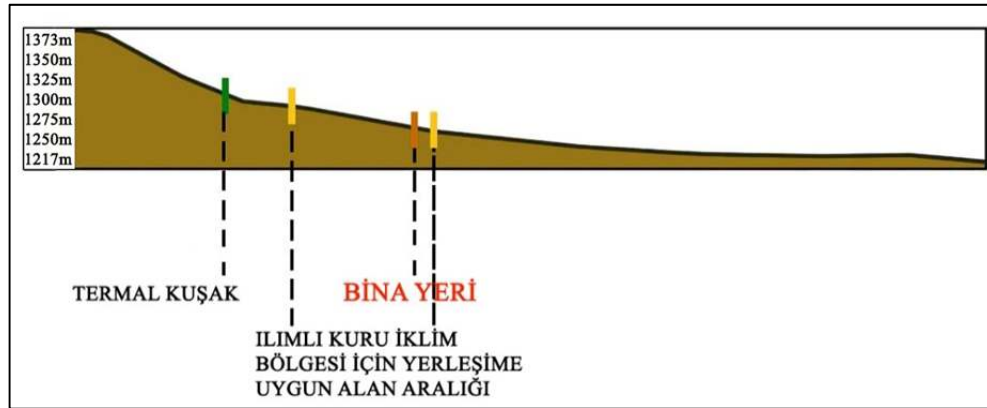
Yukarıda açıklanan iklimsel ve çevresel verilerden elde edilen bilgiler ışığında çalışma alanı için en uygun şartları taşıyan parsel, model yapının konumlanacağı yer olarak tespit edilmiştir. Parsel seçimi için izlenen adımlar aşağıdaki gibidir.

- Yukarıda yer alan iklimsel verilere göre bölgede ısıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısının, soğutmaya ihtiyaç duyulan gün sayısından fazla olması nedeniyle, güneşten daha fazla yararlanılacak olan güney yönlü yamaçlar seçilmelidir.
- 4. bölümde açıklanan termal kuşak verilerine göre Şekil 5.7’de yer alan kotlar arasında seçim yapılmalıdır.
- Termal kuşağa göre yamaçların alt kısımları güneş ısısından daha fazla yararlanmakta ve soğuk hava akımının etkisini yaşamamaktadır. Bu nedenle ılımlı-kuru iklim bölgesi için belirlenen kot aralıklarından yamacın alt kısmına yakın olan kotlar arasından seçim yapılmalıdır.
- Güneşten maksimum fayda sağlanabilmesi için güney yönünde engel bulunduran yerlerden kaçınılmalıdır.
- Isıtma döneminde rüzgarın soğutucu etkisinden korunabilmelidir.
- Mevcut yeşil dokuya zarar vermemelidir.

Bu adımların izlenmesi sonucunda, yapı yeri olarak 120 ada 10 parsel seçilmiştir. Yapı yeri Şekil 5.10’da harita, Şekil 5.11’de arazi kesiti üzerine işlenmiştir.



Şekil 5.10. Harita Üzerinde Yapı Yeri

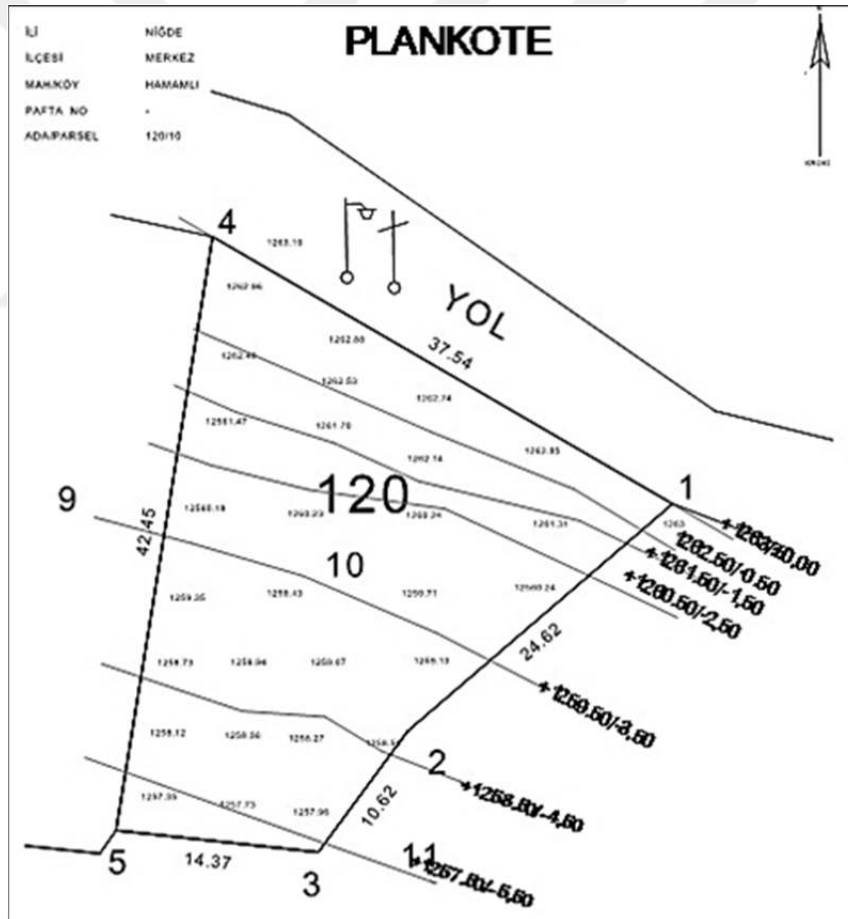


Şekil 5.11. Arazi Kesiti Üzerinde Yapı Yeri

5.1.3.2. Yapı Yönünün Belirlenmesi

Yapının yönlendiriliş durumunu etkileyen faktörlerden; arazi eğimi, güneş ışıınımı, rüzgâr, gürültü, manzara, mahremiyet durumuna göre yönelim aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir.

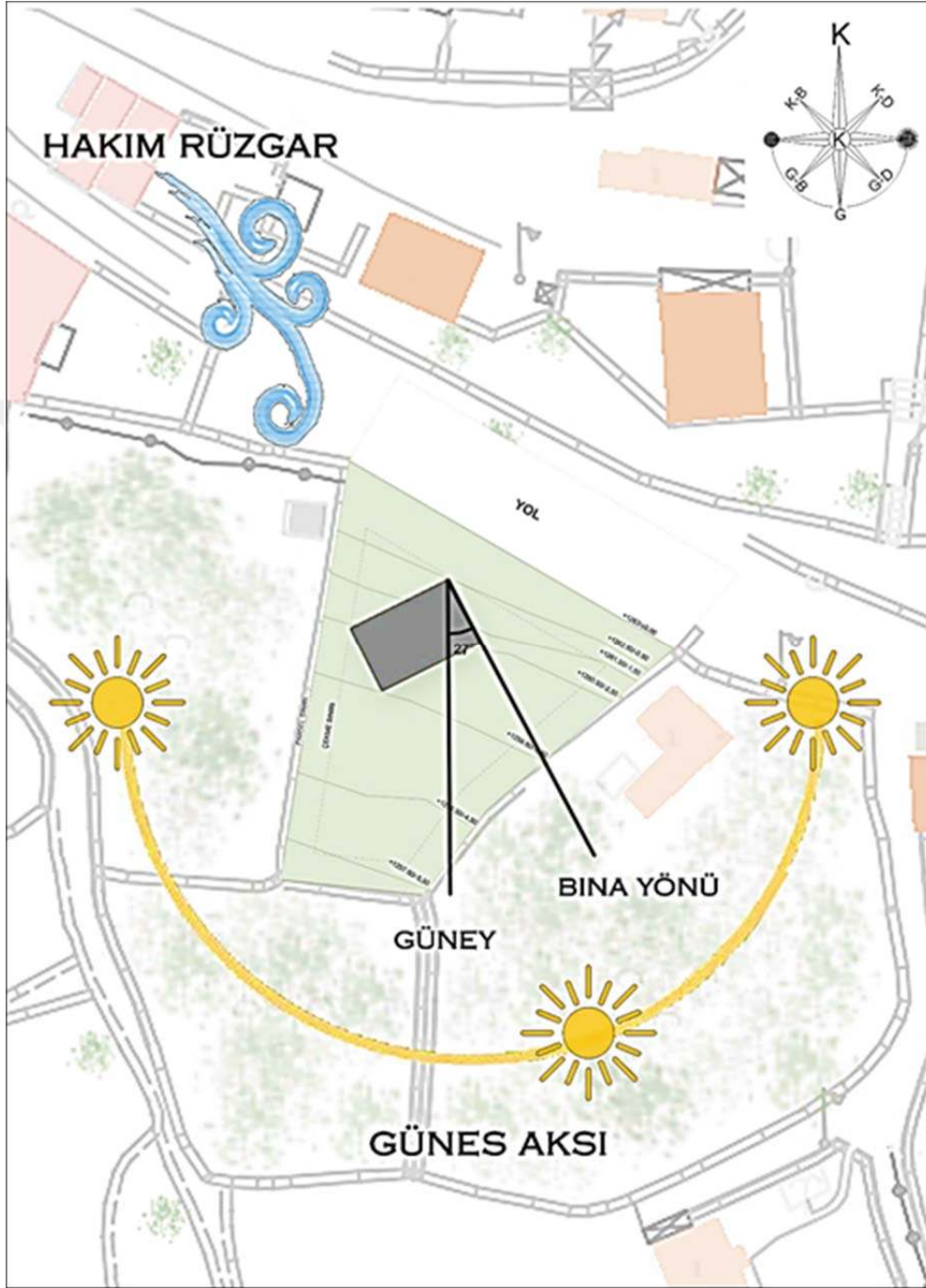
- Arazi eğimi: Harita bürosundan elde edilen plankote verilerine göre parsel üzerinde kuzey güney yönünde %16 eğim ve 5, 5 metre kot farkı vardır. (Şekil 5.12) Topografyaya müdahaleyi ve enerji kaybını en aza indirmek amacıyla yapı parsel eğimi ile uyumlu olacak şekilde yönlendirilmelidir.



Şekil 5.12. Çalışma Alanı Plankotesi

- Güneş ışıınımı: 4. bölümde yer alan Çizelge 4.4'te belirtildiği üzere ılımlı kuru iklim bölgesi için optimum yapı yönü güneyden doğuya doğru 27°'dir. Yapı, güneş ışıınımından maksimum fayda sağlamak amacıyla bu açıyla yönlendirilmiştir.
- Rüzgar: Şekil 5.5'te belirtildiği üzere bölgede hâkim sert rüzgar yönü kuzey-batıdır. Yapı, bir önceki maddede açıklandığı gibi güneyden doğuya doğru 27° ile yönlendirildiğinde birbirine paralel olan iki cepheden biri güneşten maksimum fayda sağlayacak şekilde konumlanırken diğer cephe hâkim rüzgâr yönünde kalmaktadır. Güneşten faydalanma konusunda avantajlı hakim sert rüzgar bakımından dezavantajlı olan bu duruma karşın çalışmada belirlenen optimum yönlenme göz önünde bulundurulduğunda 27°'lik açının korunması ve hakim sert rüzgara karşı kuzey batı cephesinde minimum açıklık verilerek çözüm geliştirilmesi öngörülmüştür.
- Gürültü ve mahremiyet: gürültüden en az etkilenmek ve mahremiyet sağlamak amacıyla yapı yola en az cephe verecek şekilde yönlendirilmiştir.
- Manzara: bölgede hakim manzara güney doğu yönündedir.

Yukarıdaki değerlendirmelerin sonucunda yapı yönü Şekil 5.13'teki gibi belirlenmiştir.



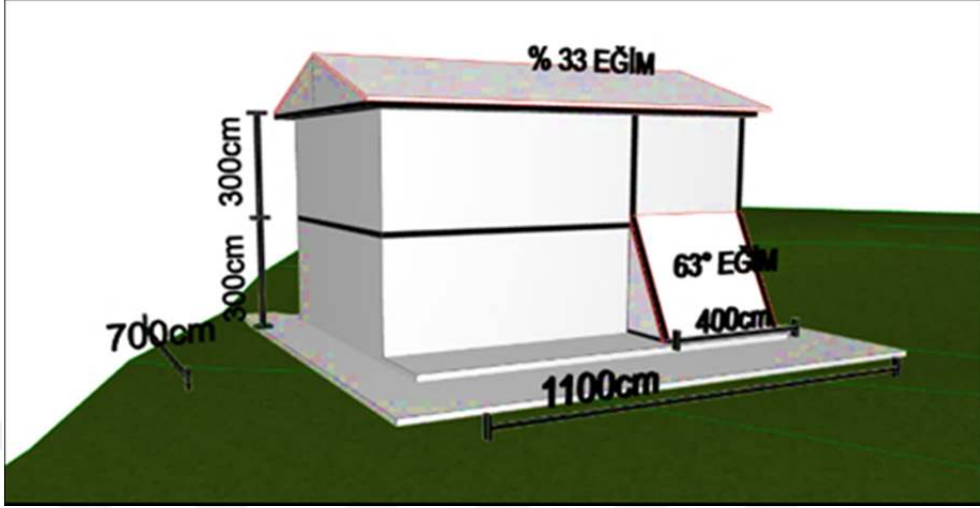
Şekil 5.13. Yapı Yönü Diyagramı

5.1.3.3. Yapı Formunun Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde, Niğde ilinin geleneksel mimarisi de göz önünde bulundurularak ılımlı – kuru iklim tipinin koşullarına uygun enerji etkin bir yapı formu tasarımı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

4 kişilik bir ailenin kullanımı için tasarlanacak bu yapının brüt alanı 150m² olarak belirlenmiştir. Bu alan nihai olmayıp tasarım sürecinde $\pm 10 \text{ m}^2$ değişiklik gösterilebilir. Şekil 5.14'te verilen yapı formu, 4. Bölümde yer alan yapı formu başlığındaki verilerden referansla aşağıdaki gelişim süreci takip edilerek oluşturulmuştur.

- Çizelge 4.5'te yer alan verilere göre ılımlı-kuru iklim tipine uygun olarak 1100 cm x 700 cm ölçülerinde kompakt bir kütle tasarlanmıştır.
- Taban oturma alanını düşük tutmak ve güney cepheden maksimum fayda sağlamak amacı ile kütle tek kat yerine iki katlı çözülmüştür. Bu sayede günlük kullanılan tüm mekânların güney cepheli planlanmasının önü açılmıştır.
- Güneş odası sisteminden faydalanabilmek amacıyla kütlede güney doğu yönünde en uygun açı değeri olarak belirlenen 63° eğimli çıkma tasarlanmıştır.
- Isıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısı soğutmaya ihtiyaç duyulan gün sayısından fazla olan bu bölgede, ısı kayıplarını engellemek amacıyla yapı yüzey alanının yapı hacmine oranı düşük tutulmuştur. Kat yüksekliği de bu bağlamda değerlendirilerek zemin kat döşeme üstünden birinci kat döşeme üstüne 300 cm olarak belirlenmiştir.
- Yapıda, ılımlı-kuru iklim tipinin karakteristiğine uygun olarak kırma çatı kullanılmıştır. Çatı eğimi, güneş panellerinde verim sağlayacak optimum açı olması sebebiyle bölgenin mevcut dokusuna da uyumlu olarak %33 olarak belirlenmiştir.



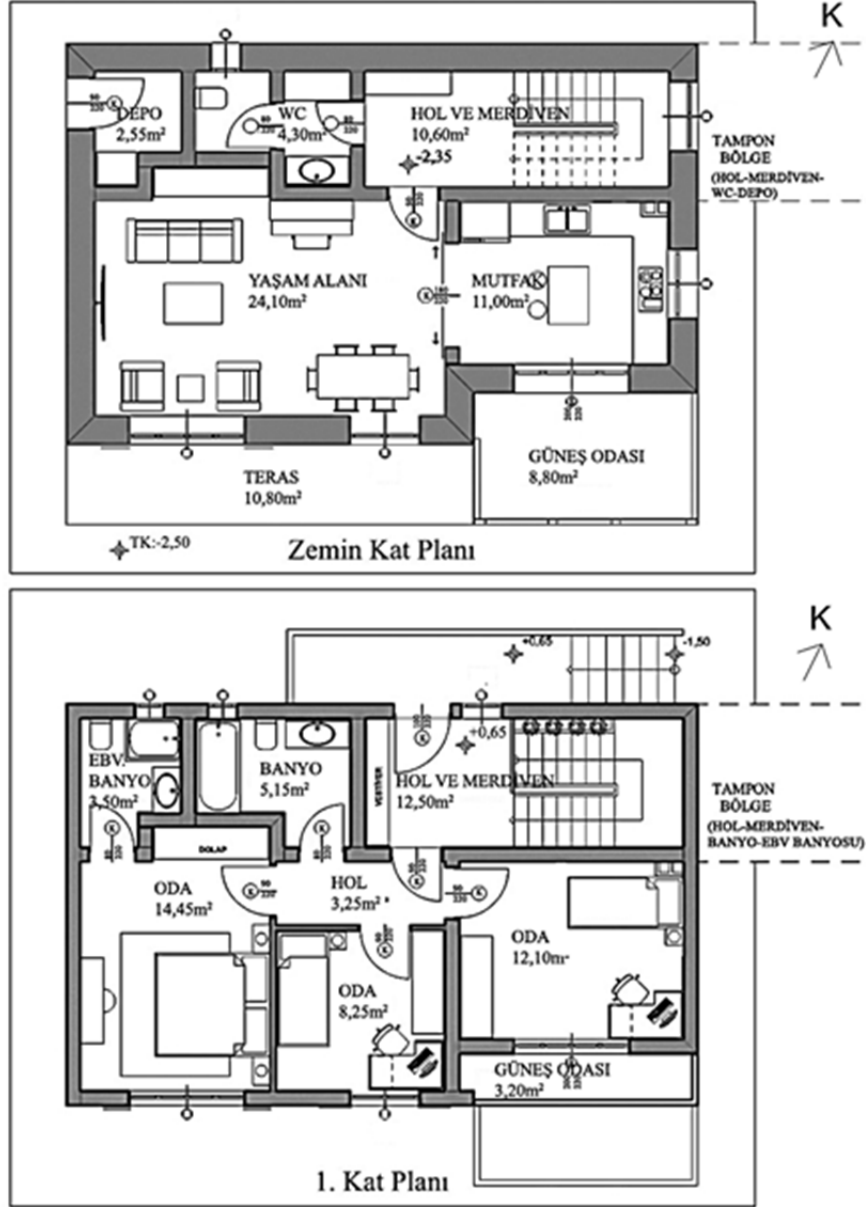
Şekil 5.14.Model Konut Yapı Formu

5.1.3.4. Mekan Organizasyonunun Oluşturulması

4 kişilik bir aile için tasarlanacak yapıda asgari ihtiyaç duyulan mekanlar, 1'er adet mutfak, yaşam alanı, ebeveyn odası, wc, depo, 2'şer adet çocuk odası, banyo, ısı depolama alanları ve sirkülasyon alanları olarak belirlenmiştir. Bu mekânların organizasyonunda 4. bölümde yer alan mekân organizasyonu başlığındaki verilerden referansla aşağıdaki ilkeler oluşturulmuştur:

- Kullanım süresi daha az olan ve ısıtmaya daha az ihtiyaç duyulan mekanlar (wc, banyo, depo, sirkülasyon alanları) kuzey batı cephesine konumlandırılarak tampon bölge tasarlanmıştır.
- Isı depolama alanlarına güney doğu cephesinde yer verilmiştir.
- Yaşama alanı, mutfak ve odalar kuzey batı cephesindeki tampon bölge ve güney doğu cephesindeki ısı depolama bölgesi arasında güney doğu yönüne cephe verecek şekilde konumlandırılmıştır.
- Enerji korunumu yönünden mekân büyüklükleri ihtiyacı karşılayacak şekilde asgari seviyede tutulmuştur.

Yukarıdaki değerlendirmelerin sonucunda mekân organizasyonu Şekil 5.15'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 5.15. Model Yapı Kat Planları

5.1.3.5. Yapı Kabuğunun Tasarlanması

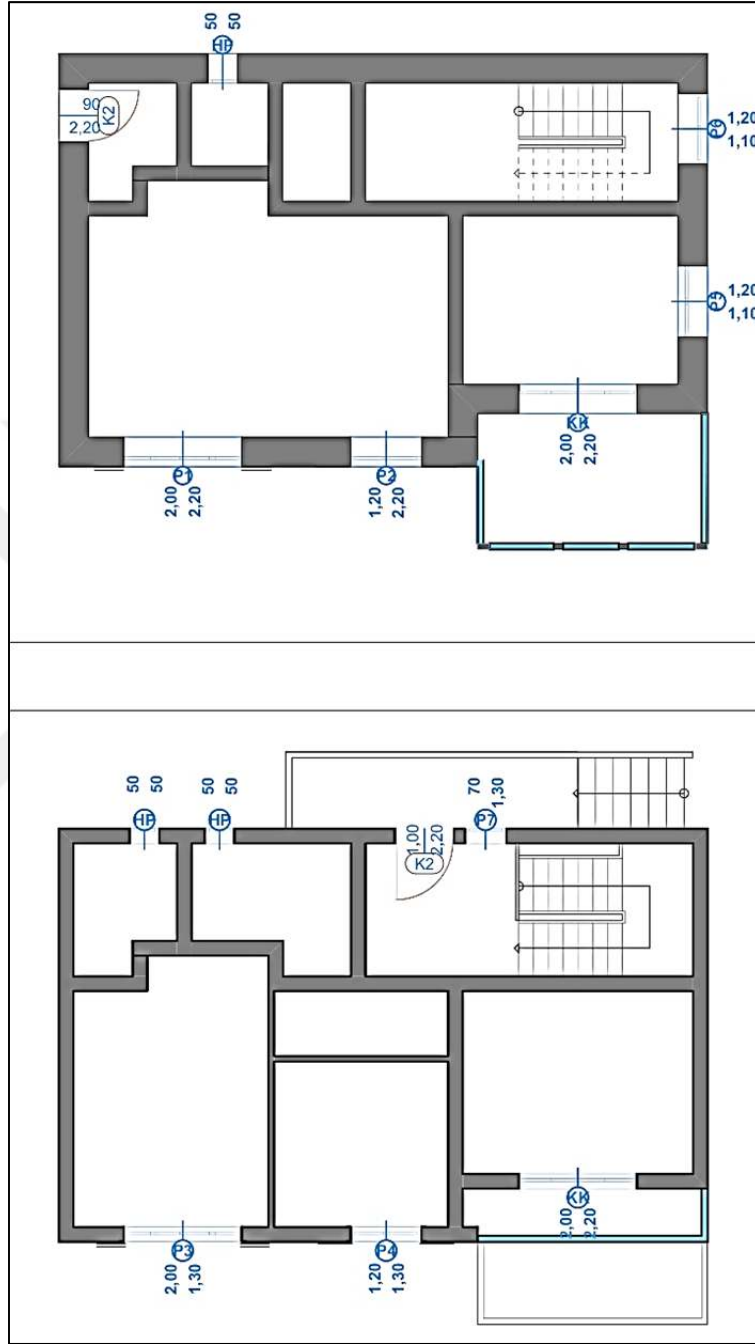
Çalışmanın 4. bölümünde de belirtildiği gibi, her iklim bölgesinin kendi içinde ısıtmaya ve soğutmaya ihtiyaç duyduğu zaman aralıkları, yıl bazında aylara, gün bazında saatlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle tek bir kabuk tasarımı tüm iklim bölgelerinin ihtiyaçlarını karşılayamadığı gibi, sabit bir kabuk tasarımı da ait olduğu iklim bölgesinin ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalacaktır. Bu kabule dayanarak model çalışmada sabit bir kabuk tasarımı yerine iklimsel ihtiyaca bağlı olarak değişiklik gösterebilecek dinamik bir kabuk tasarımı yapılacaktır.

Niğde iline ait meteorolojiden alınan veriler ışığında belirlenen iklimsel karakteristiğe göre:

- Yıl içerisinde ağırlıklı olarak ısıtmaya ihtiyaç duyulan aylar ocak, şubat, mart, nisan, kasım, aralık; ağırlıklı olarak soğutmaya ihtiyaç duyulan aylar, temmuz, ağustos, eylül olarak tespit edilmiştir.
- Gün içerisinde güneş ışınımının yüksek olduğu saat aralığı ise 09.00-17.00 olarak belirlenmiştir.

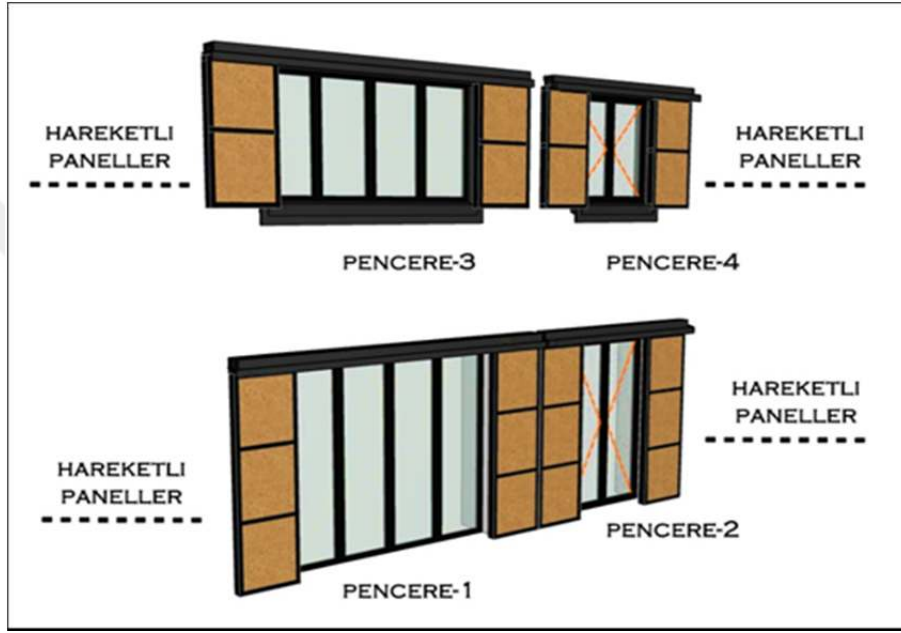
Yapı kabuğunda pencere konumlandırması ve saydamlık oranı için geliştirilen temel stratejiler aşağıda açıklanmıştır:

- Güneş ışığından faydalanmak ve hakim rüzgar etkisinden kaçınmak amacı ile pencere yoğunluğu güney yönlü olarak planlanmıştır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Model Yapıya Ait Pencere Yerleşimleri

- Güneş ışığını kontrol etmek amacı ile güney yöndeki P1, P2, P3, P4 pencerelerinde hareketli paneller tasarlanmıştır (Şekil 5.17). Bu panellerin tasarımında 4. Bölümde incelenen örnek projelerden ‘Bambou House’da kullanılan hareketli paneller referans alınmıştır.



Şekil 5.17. Model Yapıya Ait Pencere-Hareketli Panel İlişkisi

- Isıtmaya ihtiyaç duyulan günler için; güneş ışıınının yüksek olduğu saatlerde ışıınım yoluyla ısı kazancı sağlamak amacıyla paneller açık pozisyona getirilerek saydıamlık oranı maksimum seviyede, güneş ışıınının düşük olduğu saatlerde iletım yoluyla ısı kaybını engellemek amacıyla paneller kapalı pozisyona getirilerek saydıamlık oranı minimum seviyede tutulacaktır. Soğutmaya ihtiyaç duyulan günler için; güneş ışıınının yüksek olduğu saatlerde ışıınım kaynaklı ısı kazanımını engellemek amacıyla paneller kapalı pozisyona getirilerek saydıamlık oranı minimum seviyede, güneş ışıınının düşük olduğu saatlerde paneller açık pozisyona getirilerek saydıamlık oranı maksimum seviyede tutulacaktır (Şekil 5.18 ve Şekil 5.19).



Şekil 5.18. Pencere Panellerinin Açık Şekilde Konumlandırılması



Şekil 5.19. Pencere Panellerinin Kapalı Şekilde Konumlandırılması

- Yapının güney-doğu yönünde güneş odası tasarımına imkan verecek şekilde çelik konstrüksiyonlu hareketli cam paneller kullanılmıştır. Güneş odası tasarımı “Pasif Güneş Enerjisinin Model Yapıda Kullanımı” isimli bölümde detaylandırılacaktır.

Yapı kabuğunda malzeme türünün kullanımı aşağıdaki gibidir:

Dış Duvarlarda: Çalışmanın 4. Bölümünde yer alan “Yapı Kabuğunda Yerel Malzeme Kullanımı” başlığında ele alındığı üzere, geri dönüştürülebilir ve bölgeden temin edilebilen malzemelere yer verilmesi enerji etkin yapı tasarımı kriterleri arasındadır. Bu nedenle yapıda geri dönüştürülemeyen bir malzeme olan beton kullanımının minimum seviyede, geri dönüştürülebilir ve aynı zamanda yörenin geleneksel malzemesi olan taş ve tuğla kullanımının maksimum seviyede tutulması hedeflenmiştir. Buna bağlı olarak iki katlı olan ve geniş açıklıklar bulundurmeyen yapıda betonarme sistem yerine, yığma kagir sistem tercih edilerek yapının zemin kat duvarlarında moloz taş, birinci kat duvarlarında tuğla malzeme kullanılmıştır. Her iki malzeme de yerel kaynaklardan temin edilebilir olup ulaştırma için ek enerji sarfiyatına sebep olmamaktadır. Ayrıca iki malzeme de geri dönüşüme ve tekrar kullanıma uygun olduğu için uzun vadede enerji etkin tasarım prensibini desteklemektedir. Ek olarak, bütün dış duvarlara taş yünü malzemesi ile yapılacak iç yalıtım ile ısıl performans önemli ölçüde katkı sağlanmıştır. Çalışmanın 4.bölümünde yer alan “Isı Yalıtımı” başlığında belirtildiği üzere, yalıtım, yapının daha sıcakta kalan yüzeyine yapılmalıdır. Soğutma istenen bölgelerde dış yüzeyden yalıtım yapılırken; çalışma alanında olduğu gibi, ısıtma istenen gün sayısı fazla olan bölgelerde yalıtımın iç yüzeyden yapılması tercih edilmiştir. Bu şekilde taş ve tuğla malzemenin yüzeyi kapatılmayarak bölgenin cephe karakteri de korunmuştur.

Döşemelerde: Bütün döşemeler 15 cm kalınlığında betonarme plak sistemde olup en son çıkan TS 500 (2000) standardına uygun olarak doğal agrega kullanılarak yapılmış beton kullanılmıştır. Yapıda beton kullanımına sadece bu

bölümlerde yer verilmiştir. Çatı ve toprak temaslı döşemede taş yünü ısı yalıtım malzemesi ile ısıl performans desteklenmiştir.

Pencerelerde: Pencere çerçevesi olarak yerel ve geri dönüştürülebilir olması sebebiyle ahşap malzeme kullanılmıştır. Saydam materyal olarak TS 825’e göre “2007 Sonrası Isı ve Güneş Kontrollü Yalıtım Camları” (4 mm cam + 16 mm hava + 4 mm cam) kullanılmıştır. En çok ısı kaybının yaşandığı yer olan saydam bileşenlerde ısı ve güneş kontrollü ve düşük emisyonlu modern cam teknolojilerinden yararlanılmıştır.

Pencere Panellerinde: Güneş ışığı istenmeyen dönemlerde gölge elemanı, iletim yoluyla ısı kaybının istenmediği dönemlerde ise ısıl kütle özelliği taşıyacak olan bu paneller için dolgu malzemesi olarak kerpiç, çerçeve malzemesi olarak ahşap kullanılmıştır. Kerpiç, yerel, geri dönüştürülebilir ve ısıl kütle özelliği taşıyan bir yapı malzemesi olması sebebiyle tercih edilmiştir.

Çatı Örtüsünde: Çatı katmanları olarak sırasıyla; su yalıtımı, taşıyıcı olarak yerel ahşap ve kaplama için arduvaz taşı kullanılmıştır.

Yapı kabuğunda kullanılacak olan malzeme veya bileşen çeşidi Ek-2’de yer alan TS 825 listesinden seçilmiş olup malzeme sıra no, ısıl iletkenlik değeri ve “Yapı Kabuğunda Isı Geçişi” bölümünde açıklanan hesap yöntemi ile R ısıl geçirgenlik direnci ve U değeri hesaplanarak Çizelge 5.5’e eklenmiştir.

$$R = d_1/\lambda_{h1} + d_2/\lambda_{h2} + \dots + d_n/\lambda_{hn}$$

$$U = 1/(R_i + R + R_e)$$

Tüm katmanlar için R_i : 0,13 m² K/W

Toprak temaslı döşeme hariç katmanlar için R_e : 0,04 m² K/W

Toprak temaslı döşeme için R_e : 0 (Ek-1)

Çizelge 5.5. Yapı Kabuğunda Kullanılacak Malzeme Türleri ve Değerleri

Yapı Bileşeni	Malzeme veya Bileşenin Çeşidi	TS 825 Malzeme Sıra No	λ : TS825 Isıl İletkenlik Değeri (W/m.K)	d: Malzeme Kalınlığı (m)	R: Isıl Geçirgenlik Direnci (m ² .K/W)	U Değeri (W/m ² .K)
Zemin Kat Kagir Dış Duvar	1)Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvar	1)7.6	1)2,56	1)0,50	1)0,19	
	2)Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	2)4.4	2)0,51	2)0,01	2)0,019	
	3) Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10'ye uygun	3)10.5	3)0,04	3)0,1	3)2,5	
	4)Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	4)4.4	4)0,51	4)0,01	4)0,019	
Toplam					R= 2,728	U= 0,345
1.Kat Kagir Dış Duvar	1) TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562)	1)7.1.1.	1)1,2	1)0,25	1)0,20	

	seramik klinker (TS 2902) 2)Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	2)4.4	2)0,51	2)0,01	2)0,019	
	3) Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10)'ye uygun	3)10.5	3)0,04	3)0,1	3)2,5	
	4)Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	4)4.4	4)0,51	4)0,01	4)0,019	
Toplam					R= 2,738	U= 0,343
Kiriş	1)Çimento Harçlı Şap	1)4.6	1)1,4	1)0,03	1)0,02	
	2) Donatılı beton-Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	2)5.1	2)2,5	2)0,15	2)0,06	
	3) Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam - taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10)'ye uygun	3)10.5	3)0,04	3)0,1	3)2,5	
	4) Sadece	4)4.4.	4)0,51	4)0,03	4)0,05	

	alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva					
Toplam					R= 2,63	U= 0,357
Pencereler	1)Ahşap çerçeve 2)2007 sonrası ısı ve güneş kontrollü yalıtım camları	1)- 2)-	1)- 2)4+16mm Hava+4	1)- 2)-	1)- 2)-	1)- 2)1,3
Toplam					-	-
Toprak Temaslı Döşeme	1)Sentetik malzemeden kaplamalar 2) Çimento harçlı şap 3) Donatılı beton-Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar 4) Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10)'ye uygun 5) Polimer bitümlü su yalıtım	1)9.1.3 2)4.6 3) 5.1 4)10.5 5)9.2.2.1	1)0,23 2)1,4 3) 2,5 4)0,04 5)0,19	1)0,01 2)0,03 3) 0,5 4)0,1 5)0,001	1)0,04 2)0,02 3) 0,2 4)2,5 5)0,005	

	örtüleri					
	6) Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar-donatısız	6)5.1	6)1,65	6)0,05	6)0,03	
	7) Kum, çakıl, kırma taş (micir)	7)3.1	7)0,7	7)0,1	7)0,14	
Toplam					R= 2,935	U= 0,326
Ara Kat Döşemesi	1)Sentetik malzemeden kaplamalar	1)9.1.3	1)0,23	1)0,01	1)0,04	
	2)Çimento harçlı şap	2)4.6	2)1,4	2)0,03	2)0,02	
	3)Donatılı beton-Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	3)5.1	3)2,5	3)0,15	3)0,06	
	4) Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	4)4.4	4)0,51	4)0,03	4)0,05	
Toplam					R= 0,17	U= 2,941

Çatı Döşemesi	1) Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.)	1) 10.5	1) 0,04	1)0,15	1)3,75	
	2)Çimento harçlı şap	2)4.6	2)1,4	2)0,03	2)0,02	
	3)Donatılı beton-Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	3)5.1	3)2,5	3)0,15	3)0,06	
	4) Sadece alçı kullanarak yapılmış (agregasız) sıva	4)4.4	4)0,51	4)0,01	4)0,02	
Toplam					R= 3,85	U= 0,248
Çatı Örtüsü	1) Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	1)9.2.2.1	1)0,19	1)0,001	1)0,005	
	2) Kontraplâk (TS 4645 EN 636), kontratabla (TS 1047)	2) 8.2.1	2) 0,13	2)0,015	2)0,11	
	3)Dişbudak ahşap	3)8.1.2	3)0,2	3)0,1	3)0,5	
	4)Arduvaz	4)1.9	4)2,2	4)0,01	4)0,004	
Toplam					R= 0,61	U= 1,282

Not:Tablodaki malzeme listesi, çalışmada kullanılacak olan yapı performans değerlendirme programı BEP-TR 2'ye yönelik olup sadece yapı kabuğu enerji etkinliğine etki eden malzemeleri içermektedir.

Çizelge 5.5'teki malzeme kalınlıkları belirlenirken her aşamada yapı bileşenlerinin U değerleri hesaplanmış ve çalışma modelinin yer aldığı 3. Bölge için TS 825'e göre en fazla değer olarak kabul edilmesi önerilen U değerlerinin altında kalacak şekilde seçimler yapılmış olup karşılaştırmalı gösterimi Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. TS 825'e Göre En Fazla U-Değerleri ve Model Yapıda Hesaplanan U Değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_p (W/m ² K)
3. Bölge için TS 825'e Göre En Fazla Değer Olarak Kabul Edilmesi Önerilen U Değeri	0,50	0,30	0,45	2,4
Model Yapıda Hesaplanan U Değeri	0,34	0,25	0,33	1,3

5.1.3.6. Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Model yapıda kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynağının seçiminde Sak'ın 2016 yılında yaptığı çalışmadan yararlanılmıştır. Çalışma sonucuna göre Niğde ilinin güneş enerji potansiyeli güneş enerjisi santrali kurulumu için yeterli derecede iken rüzgar enerjisi potansiyeli rüzgar enerjisi santrali kurulumu için yetersiz bulunmuştur (Sak, 2016). Bu sonuçtan yola çıkılarak model yapının ölçeği ve bulunduğu bölgenin iklim şartları da göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kullanımında güneş enerjisi sistemleri tercih edilmiştir.

1) Güneş Enerjisinin Model Yapıda Kullanımı

a. Pasif Güneş Enerjisinin Model Yapıda Kullanımı

Model yapıda ısıtma ve soğutma istenen dönemlerde doğrudan pasif güneş enerjisi ve dolaylı pasif güneş enerjisi sistemlerinin kullanımına yer verilecektir.

Doğrudan pasif güneş enerjisi sistemi olarak, güney doğu yönlü pencerelere yer verilmiştir. Dışarıdan ek bir aktif sistem gerekmeyen, pasif güneş enerjisi kullanımı, tasarım aşamasında alınan kararlar doğrultusunda ısıtma istenen günlerde güneş ısısı kazancı sağlanmaktadır.

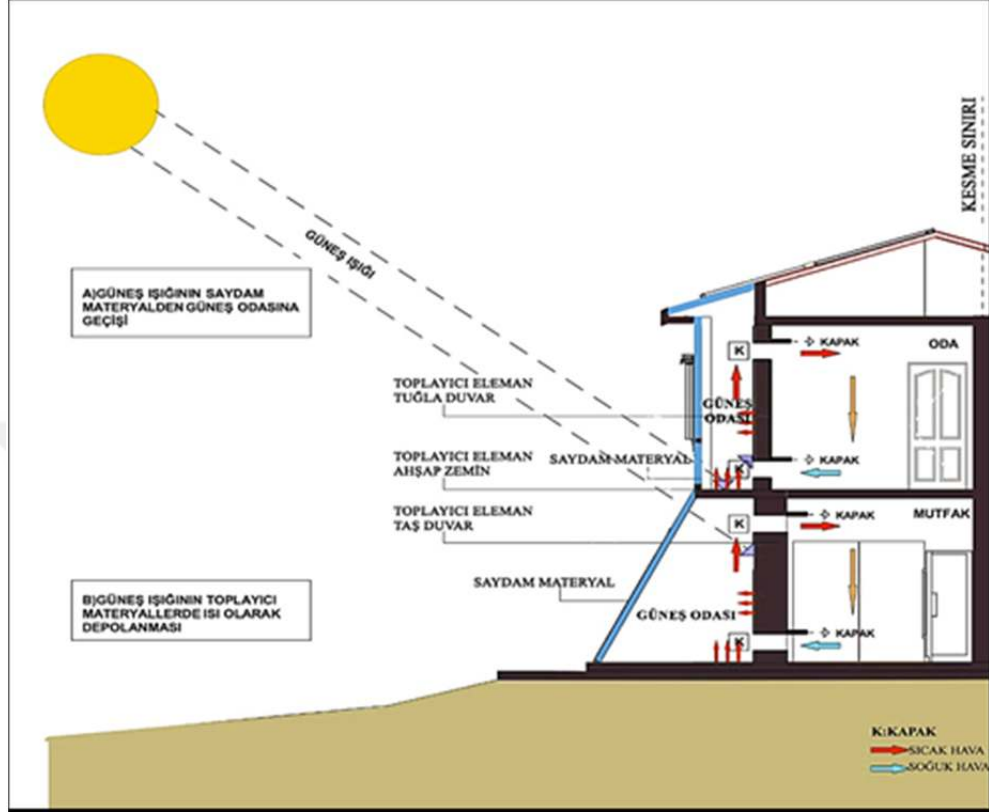
Model yapıda, dolaylı pasif güneş sistemi olarak bu modele özgü hareketli panel sistemi tasarlanmıştır. Yapı kabuğunun bir parçası olan bu sistemin çalışma prensibi yapı kabuğu bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır. Modelde, diğer bir dolaylı pasif güneş sistemi olarak kış aylarında ısı kazanımı için bölgeye ve model yapıya uygunluğu sebebiyle güneş odasına yer verilmiştir.

Şekil 5.18’de yer alan ve her iki katta da bulunan güneş odaları, zemin katta 8,80m² birinci katta 3,20m² boyutlarıyla güneş enerjisi sistemi özelliğinin yanında yapının bir mekanı olarak kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Yapıdaki güneş odası çalışma prensibi 4. Bölümde “Güneş Odası” başlığı altında yer alan verilere dayanmaktadır. Yapının zemin kat güney doğu cephesinde konumlanan güneş odası, 63° eğimli olup en aktif ısıtma ihtiyacı olan yaşam alanı ile dış mekan arasında tampon bölge görevi görmektedir. Tampon bölgenin mekanı ısıtma prensibi aşağıdaki gibidir.

- Güneş odasının cam duvarlarından geçen güneş ışınları toplayıcı eleman olarak tasarlanan ahşap döşeme, taş ve tuğla duvarlarda ısı enerjisi olarak depolanır.
- Depolanan ısı enerjisinin taşınım yolu ile güneş odasındaki havayı ısıtır.
- Isınan hava yükselerek duvarın üst bölümünde yer alan kapaktan iç mekana geçer.
- Mekanda soğuyan hava alçalarak duvarın alt bölümünde yer alan kapaktan güneş odasına taşınarak sirkülasyonu devam ettirir (Şekil 5.20).

Yazın aşırı ısınmanın önüne geçmek için güneş odasının cam duvarları sürgülü açılır-kapanır sistem olarak tasarlanmıştır.



Şekil 5.20. Model Yapı Güneş Odası Çalışma Prensibi

b. Aktif Güneş Enerjisinin Model Yapıda Kullanımı

Model yapıda sıcak su ihtiyacını karşılamak için güneş kollektörü, elektrik ihtiyacını karşılamak için ise PV panel sistemlerinin kullanımına yer verilmiştir. PV panel sistemlerinin maliyeti daha yüksek olduğundan, sıcak su sağlamak için güneş kollektörü tercih edilmiştir. Yapıda ihtiyaç duyulan güneş kollektörü hesabı 4. bölümde yer alan kollektör hesabı formülasyonundan referansla aşağıdaki şekilde yapılmıştır (Çizelge 5.7).

$$Q_i = m \times V_b \times (T_{su} - T_{şehir}) \times c$$

$$Q_k = R \times F \times S \times n_k$$

$$K = Q_i / Q_k$$

Çizelge 5.7. Model Yapının İhtiyacı Olan Kollektör Hesabı İçin Gerekli Veriler (Tesisat, 2016)

Sembol	Açıklama	Birim	Değer
Q_i	Günlük toplam enerji ihtiyacı	kcal/gün	Hesaplanacak
m	Kullanıcı sayısı	Kişi	4
V_b	Kullanıcı başına günlük sıcak su ihtiyacı	(litre/kişi.gün)	35
$T_{şehir}$	Şebeke suyunun ortalama sıcaklık değeri	(C)	14
T_{su}	Tüketilen kullanım sıcak suyunun referans değeri	(C)	45
Q_k	Kollektör tarafından tüketilen faydalı enerji	kcal/gün.kollektör	Hesaplanacak
R	Yatay yüzeye gelen güneş ışınımı	kcal/m ² .gün	4
F	Kollektör montaj eğim açısına göre düzeltme faktörü	Boyutsuz sayı	1,03
S	Kollektör ışın emici (absorber) net yüzeyi	Boyutsuz sayı	1,88
n_k	Kollektör ortalama verim değeri	Boyutsuz sayı	0,70
e	Enerji kayıplarına karşı emniyet faktörü	Boyutsuz sayı	1,05
K	İhtiyaç duyulan kollektör miktarı	Adet	Hesaplanacak

$$Q_i = 4 \times 35 \times (45 - 14) \times 1,05 = 4.557$$

$$Q_k = 4 \times 1,03 \times 1,88 \times 0,70 = 5,42$$

$$K = 4,557 / 5,42 = 0,84$$

Yapılan hesap sonucunda model yapıda 1 adet güneş kollektörü kullanılmıştır.

Elektronik ürünlerin elektrik ihtiyacını karşılamak için gerekli fotovoltaiik panel hesabı 4. Bölümde yer alan fotovoltaiik panel hesabı formülünden referansla Çizelge 5.8’de belirtilen değerler dikkate alınarak yapılmıştır.

Çizelge 5.8. Model Konutun Haftalık Elektrik Enerjisi İhtiyacı

Elektrikli Ev Aleti	Ortalama Güç (W)	Haftalık Çalıştırıldığı Gün Sayısı	Çalışma Süresi (h)	Adet	Haftalık Enerji Tüketimi (Wh)
No Frost Buzdolabı 420 Lt A+ Sınıfı	100	7	24	1	16800
5 Kg 800 Devir Çamaşır Makinesi A+ Sınıfı	650	3	2	1	3900
2 Programlı Bulaşık Makinesi A+ Sınıfı	1800	3	2	1	10800
Mini Fırın	1420	4	1	1	5680
Ütü	2000	2	1	1	4000
Televizyon	150	7	5	1	5250
Kişisel Bilgisayar	75	5	1	2	750
Şarj Aleti	20	7	1	3	420
Elektrik Süpürgesi	2400	2	0,5	1	2400
Saç Kurutma Makinesi	1200	4	0,5	1	2400
LED Ampül	10	7	6	17	7140
Toplam Tüketim	-	-	-	-	59540

Çizelge 5.8'e göre model konutun haftalık elektrik enerjisi ihtiyacı 59540Watt'dır. Buna göre günlük elektrik enerjisi ihtiyacı 8505Watt olarak hesaplanmıştır.

Sistem verimliliği Denklem 1'e göre,

$$\eta_{sis} = \eta_{pv} \cdot \eta_{akü} \cdot \eta_{inv} \dots \dots \dots (5.1)$$

$$\eta_{sis} = (0,8) \cdot (0,8) \cdot (0,9) = 0,57 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Sistemdeki yükün enerjisi üretilmesi gereken enerji ve sistemin verimliliği arasındaki bağıntı Denklem 2'ye göre oluşturulmuştur.

$$YE = \ddot{U}GE \cdot \eta_{sis} \dots \dots \dots (5.2)$$

$$8505 = \ddot{U}GE \cdot (0,57)$$

Üretilmesi gereken enerji Denklem 3'e göre hesaplanmıştır.

$$\ddot{U}GE = YE / \eta_{sis} \dots \dots \dots (5.3)$$

$$\ddot{U}GE = 8505 / (0,57) = 14922 \text{ Watt}$$

Niğde ili için güneş enerjisi uygulamalarında monokristalin silikon (tek kristalli silisyum) malzemeli PV panel kullanımı en yüksek verimi sağlamaktadır (Sak, 2016). Bu nedenle model için 400W güçte ve monokristalin silikon (türünde PV panel seçilmiştir. İklimsel verilere göre çalışmanın yapıldığı bölgedeki yıllık ortalama güneşlenme süresi 7,4 saat olarak tespit edilmiştir. Bu verilere göre ihtiyaç duyulan panel sayısı denklem 4'e göre hesaplanmıştır.

$$PS = \frac{\text{üretilmesi gereken enerji}}{(\text{bir güneş panelinin gücü}) \cdot (\text{güneşlenme süresi})} \dots \dots \dots (5.4)$$

$$PS = 14922 / [(400) \cdot (7,4)] = 5,04$$

Yapılan hesap sonucunda model yapıda 5 adet 400W güçte tek kristalli silisyum türünde PV panel kullanılmıştır. Model yapının yer aldığı bölge şartları göz önünde bulundurularak, yeterli enerji üretilmediğinde sistemden enerji çekimine, fazla enerji üretildiğinde ise sisteme enerji aktarımına izin veren şebekeye bağlı (on grid) sistemin uygulanması öngörülmüştür.

Model yapıda aktif güneş sistemleri olarak kullanılan güneş kollektörü ve PV paneller yapının güney-doğu yönlü %33 eğimli çatı parçasında konumlandırılmıştır.

Yapıda kullanılan güneş kollektörü ve PV panel sayısı yukarıda yer alan hesaplamaların sonucunda elde edilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında elektrikli aletlerin ihtiyaç hesabına göre asgari düzeyde tutulan PV panel sayısı bir sonraki bölümde yapılacak olan enerji performans hesabı sonucuna göre yapı sınıfını bir üst seviyeye çıkarmak amacıyla artırılabilir.

5.2. Model Konutun Enerji Performans Hesabı

Model yapının enerji performans hesabı BEP-TR 2 yazılımında yapılmıştır. Çalışmanın 4.bölümünde yer alan “Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Yapı Performans Analizi” alt başlığında belirtildiği üzere BEP-TR 2 ulusal geçerliliği olan ve Türkiye’de yapı kullanım izin belgesi (oturma ruhsatı) almak için zorunlu tutulan Enerji Kimlik Belgesi’nin hazırlandığı yazılımdır. Programın direkt olarak yapının enerji sınıfını belirlemesi, ilgili hesap sonuç raporlarını vermesi ve Türkiye’de yapılacak her bina için zorunlu olması bu çalışma için seçilmesine sebep olmuştur.

BEP-TR 2 yazılımı ile model konutun enerji performans hesabı aşağıdaki sıralamaya göre yapılmıştır.

1. Bina özelliklerinin girilmesi

Bu aşamada, bina bilgileri, sızdırmazlık bilgileri, ısı köprüleri, PV sistem bilgileri, mekanik ısıtma sistem bilgileri, mekanik sıcak su sistem bilgileri girilmiştir.

2. Projenin çizimi ve katman verilerinin girilmesi

Bu aşamada proje, kat, bölge, duvar, döşeme pencere, kapı, çatı başlıklı katmanlar halinde çizilmiştir ve bu katmanlara ait yapısal bilgiler girilmiştir.

3. Projenin sonuç raporunun çıkarılması

Bu aşamada yazılımın hesap motoru aracılığıyla yapının enerji sınıfı belirlenmiştir.

5.2.1. Bina Özelliklerinin Girilmesi

BEP-TR 2 yazılımında, binanın kuzey açısı, sızdırmazlık, ısı köprüsü, PV, kojenarasyon, mekanik ısıtma ve soğutma, mekanik sıcak su, mekanik havalandırma sistem bilgileri gibi bazı özellikleri başlıklar altında girilmiş olup bu başlıklara girilen veriler maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır.

- Model yapının kuzey açısı çalışmanın bina yönünün belirlenmesi kısmında yer alan sonuçlara göre 27 ° olarak girilmiştir.
- Model yapının bina bilgileri Çizelge 5.9'daki şekilde yazılıma girilmiştir. Burada hafif korunmalı kavramı binanın yer aldığı arazinin yakın çevre yapılaşmasının ve ağaç yoğunluğunun orta düzeyde olduğunu temsil etmektedir.

Çizelge 5.9. Model Yapının Bina Bilgileri

Bina Tipi	Müstakil konut
Konstrüksiyon Tipi	Tuğla veya blok alçak bina
Binanın Korunma Durumu	Hafif korunmalı
Binanın İstasyonu	Niğde
Binanın İli	Niğde
Binanın İlçesi	Merkez

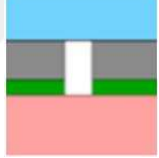
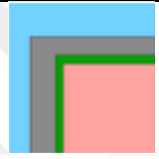
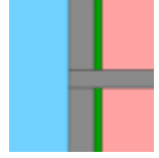
- Model yapının sızdırmazlık bilgileri Çizelge 5.10'daki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.10. Model Yapının Sızdırmazlık Bilgileri

Dikdörtgen Olmayan Kompleks Kat Planı Var Mı?	-
Sızdırmaz Bant Olmayan Kapı Pencere Var Mı?	-
Bitişik Bina Mı?	-
Sıva Yapılmış Duvar Var Mı?	+

- Model yapının ısı köprüsü bilgileri Çizelge 5.11'deki şekilde yazılıma girilmiştir. Tablodaki ısı köprüsü tipleri model yapının yapı bileşen tasarımlarından yola çıkılarak seçilmiştir. Çizelge 5.11'de yer alan yazılım görüntülerinin açıklaması Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Model Yapı Isı Köprüleri

Yapı bileşeni Tipi	Isı Köprüsü Tipi	Açıklama	Yazılım Görüntüsü
Çatı	C9	Çatı tavan döşemesi yalıtımlı, dıştan yalıtımlı duvar, kiriş yalıtımlı	
Balkon	B3	İçten yalıtımlı dış duvarı olan balkon döşemesi	
Kolon	KL3	İçten yalıtımlı dış duvarı olan kolon	
Köşe	K3	İçten yalıtımlı dış duvar	
Bölme Duvar (İç Duvar)	ICD3	Dış ortama temas eden yalıtımsız iç duvar (İçten yalıtımlı duvar birleşimli)	
Ara Kat Döşeme	AK7	İçten yalıtımlı dış duvar ile birleşen, dıştan yalıtımlı ara kat döşemesi	
Toprağa Basan Döşeme	TUD7	İçten yalıtımlı dış duvar ile birleşen, döşeme üstü yalıtımlı toprak üstü döşeme	

İklimlendirilmeyen Zona Basan Döşeme	AGK7	İçten yalıtımlı dış duvar ile birleşen, iklimlendirilmeyen zona basan üstü yalıtımlı döşeme	
Pencere Açıklıkları	Kapı P12	İçten yalıtımlı dış duvar ile ortadan birleşen pencere çerçevesi	

Çizelge 5.12. Yazılım Görüntüsü Lejantı

	Duvar		Doğrama
	Hafif Duvar Elemanı		Bina Dışı bölge
	Isı Yalıtım Katmanı		Bina İçi Bölge
	Kolon/Kiriş		Toprak

- Model yapının fotovoltaik sistem bilgileri Çizelge 5.13'teki şekilde yazılıma girilmiştir. Sistemin elektrik fotovoltaik panel verileri çalışmanın PV panel hesabı kısmında yer alan sonuçlardan alınmıştır.

Çizelge 5.13. Model Yapı Fotovoltaik Sistem Bilgileri

PV Sistemin Pik (kWp) Elektrik Gücü (kW)	2
PV Model Tipi	Mono Kristalin Silikon
PV Modellerin Toplam Yüzey Alanı(m²)	10
PV Sistem Performans Faktörü	İyi Havalandırılan Modüller
PV Sistemin Eğim Açısı	30
PV Sistemin Yönü	Güney Batı veya Güney Doğu

- Model yapıda kojenarasyon sistemi tasarlanmadığı için yazılımda kojenarasyon sistemi bölümü boş bırakılmıştır.
- Model yapının mekanik ısıtma sistem bilgileri Çizelge 5.14'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.14. Model Mekanik Isıtma Sistem Bilgileri

Üretim Yılı	2020
Sistemin Gücü (kW)	15
Sistemin Konumu	Mahal
Mahal Isıtma Sistemleri	Kombi Sistemler
Mahal Isıtma Kombi Sistem Tipleri	Geliştirilmiş Yoğuşmalı Kombi
Sistemin Çalışma Şekli	Aralıklı (Kesintili)
Kontrol Tipi	PI Kontrol (Optimum Ayarlı)

- Model yapıda mekanik soğutma sistemi tasarlanmadığı için yazılımda mekanik soğutma sistemi bölümü boş bırakılmıştır.
- Model yapının mekanik sıcak su sistem bilgileri Çizelge 5.15'teki şekilde yazılıma girilmiştir. Sistemin güneş enerjisi kolektör verileri çalışmanın kolektör hesabı kısmında yer alan sonuçlardan alınmıştır.

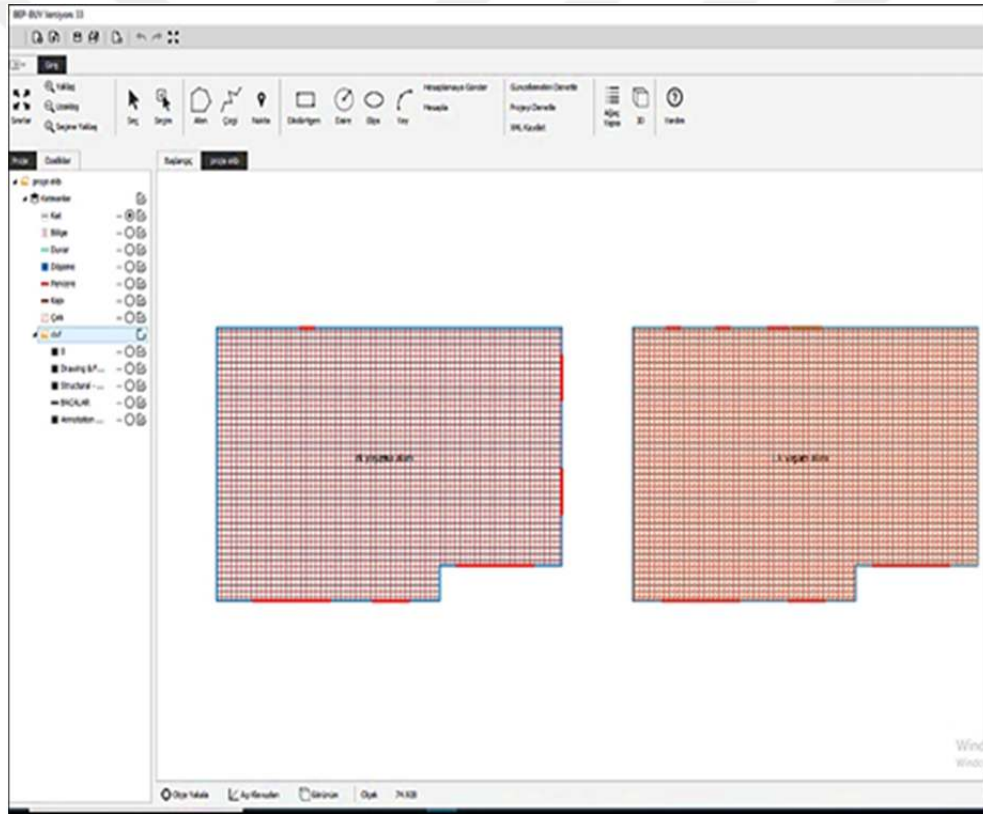
Çizelge 5.15. Model Yapı Mekanik Sıcak Su Sistem Bilgileri

Üretim Yılı	2020
Sistemin Gücü (kW)	1
Sistemin Konumu	Mahal
Mahal Sıcak Su Sistemleri	Güneş Enerjisi Sistemleri
Depolama Tankının Hacmi	150
Güneş Sistemi Katkısı	Var
Güneş Sistemi Tipi	Küçük (Bivalent)
Güneş Sistemi Kolektör Tipi	Düz
Güneş Sistemi Kolektör Yüzey Alanı (m ²)	2
Güneş Sistemi Üretim Yılı	2020
Güneş Sistemi Bivalent Depo Hacmi (Litre)	150
Güneş Enerjisi Sistemleri için Elektrik Desteği	Var

- Model yapıda mekanik havalandırma sistemi tasarlanmadığı için yazılımda mekanik havalandırma sistemi bölümü boş bırakılmıştır.

5.2.2. Projenin Çizimi ve Katman Verilerinin Girilmesi

BEP-TR 2 yazılımında proje, kat, bölge, duvar, döşeme pencere, kapı, çatı başlıklı katmanlar halinde çizilmektedir. Çalışmada çizim için projenin dxf dosyası altlık olarak kullanılmıştır. Şekil 5.21’de projenin BEP-TR 2 ortamında çizilmiş hali görülmektedir.



Şekil 5.21. Modelin BEP-TR 2 Ortamında Çizilmiş Hali

Yazılımda çizilen her katman için o katmana ait yapısal özellikler ayrı ayrı girilmiştir.

- Model yapının kat katmanına ait bilgiler Çizelge 5.16'daki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.16. Model Yapı Kat Katmanı Bilgileri

Kat Adı	Zemin Kat	1.Kat
Kat Tipi	Zemin	Ara Kat
Kat Numarası	0	1
Yükseklik	3	3

- Model yapının bölge katmanına ait bilgiler Çizelge 5.17'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.17. Model Yapı Bölge Katmanı Bilgileri

Bölge		
Bölge Adı	Zemin Kat	1.Kat
Bölge Tipi	Daire	Daire
İklimlendiriliyor mu?	+	+
Çatı Arası Bu Bölgeye Dahil mi?	-	-
Balkon Uzunluğu	4.8	4.8
Mutfak+ Salon Alanı	34	1 (sisteme 0 değeri girilemediği için 1 girilmiştir.
Aydınlatma		
Armatürler	LED10G1000(10W)(1000lüm en) (7 adet)	LED10G1000(10W)(1000lüm en) (8 adet)
Aydınlatma Anahtar Sayısı	7	8
Aydınlatma Anahtar Tipi	Elle (manuel) açma/dimmerli	Elle (manuel) açma/dimmerli
Kirlilik Durumu	Temiz	Temiz
Renk Yoğunluğu	Açık	Açık
Otomatik Kontrol	-	-
Acil Aydınlatma	-	-
Mekanik		
Isıtma Sistem Tipi	Kombi	Kombi
Soğutma Sistem Tipi	-	-
Kullanım Sıcak Suyu Sistem Tipi	Güneş Kollektörü	Güneş Kollektörü
Havalandırma Sistem Tipi	-	-

- Model yapının duvar katmanına ait bilgiler Çizelge 5.18'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.18. Model Yapı Duvar Katmanı Bilgileri

Kat Adı	Zemin Kat	1.Kat
Duvar		
Betonarme Kolon Var mı?	-	-
Materyaller	Çizelge 5.5'te Zemin Kat Kagir Dış Duvar İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir	Çizelge 5.5'te 1.Kat Kagir Dış Duvar İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir
Yapı Malzemeleri Arası Boşluk	0	0
Eğim Açısı	90	90
Kiriş		
Kiriş Var mı?	+	+
Kiriş Yüksekliği	0,15	0,15
Kiriş Materyalleri	Çizelge 5.5.'de Kiriş İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir	Çizelge 5.5.'de Kiriş İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir

- Model yapının döşeme katmanına ait bilgiler Çizelge 5.19'daki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.19. Model Yapı Döşeme Katmanı Bilgileri

Kat Adı	Zemin Kat	1.Kat
Materyaller	Çizelge 5.5'te Toprak Temaslı Döşeme İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir	Çizelge 5.5'te Ara Kat Döşemesi İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir
Yapı Malzemeleri Arası Boşluk	0	0
Döşeme Tipi	Toprak Temaslı Döşeme	Ara Kat Döşemesi

- Model yapının pencere katmanına ait bilgiler Çizelge 5.20'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.20. Model Yapı Pencere Katmanı Bilgileri

Saydam Materyal Tipi	2007 Sonrası Isı ve Güneş Kontrollü Yalıtım Camları
Çerçeve Tipi	Ahşap
Pencere Tipi	Açılabilir
Pencere Yüksekliği	Şekil 5.16'da verilen pencere numaralandırmalarına göre: P _{1h} :2,2, P _{2h} :2,2, P _{3h} :1,3, P _{4h} :1,3, P _{5h} :1,3, P _{6h} :1,1, P _{7h} :1,1, KK _h :2,20,HP _h :0,50 olarak girilmiştir.
Yerden Yükseklik	Şekil 5.16.'da verilen pencere numaralandırmalarına göre: P _{1d} :0,9, P _{2d} :0,9, P _{3d} :0,1, P _{4d} :0,1, P _{5d} :0,9, P _{6d} :1,1, P _{7d} :1,1, KK _d :0,1, HP _d :1,7
Engeller	-

- Model yapının kapı katmanına ait bilgiler Çizelge 5.21'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.21. Model Yapı Kapı Katmanı Bilgileri

Kapı Tipi	Metal Isı Yalıtımlı
Kapı Yüksekliği	2,2

- Model yapının çatı katmanına ait bilgiler Çizelge 5.22'deki şekilde yazılıma girilmiştir.

Çizelge 5.22. Model Yapı Çatı Katmanı Bilgileri

Çatı Tipi	Kırma Çatı
Çatı Materyalleri	Çizelge 5.5'te Çatı Örtüsü İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir
Döşeme Materyalleri	Çizelge 5.5'te Çatı Döşemesi İçin Oluşturulan Malzeme Listesi Yazılıma Girilmiştir
Kapı Yüksekliği	1,7
Eğim Açısı	33

5.2.3. Projenin Sonuç Raporunun Çıkarılması

Proje çiziminin ve veri girilmesinin sonunda yazılımın hesaplama motoru yoluyla yapı performansı hesaplanmaktadır. Model çalışmanın ön hesap sonuç raporu Şekil 5.22'de verilmiştir.

EKB Sonuç Formu

	Yıllık Enerji Tüketimini				Yenilenebilir Enerji			Bina Sınıf	Co2 Sınıf
	Nihai (kWh/yl)	Birincil (kWh/yl)	(kWh/m2,yl)	(kg CO2/m2,yl)	Birincil (kWh/yl)	(kWh/m2,yl)	(kg CO2/m2,yl)		
	Final	Primary	M2	M2Co2	PrimaryRegen	M2Regen	M2Co2Gain		
Toplam	13949,55	10700,12	73,00	16,13	5390,55	36,68		B 42	A 39
Isıtma	12939,95	13111,57	89,21	21,05	0,00	0,00		B 58	
Sıhhi Sıcak Su	343,32	626,89	4,27	1,30	1165,56	7,93		A 33	
Soğutma	556,91	1016,53	6,52	2,10	0,00	0,00		G 239	
Havalandırma	0,00	0,00	0,00	0,00				D 100	
Aydınlatma	109,37	199,71	1,36	0,41				B 50	
FotoVoltaik					4224,98	28,75	8,74		
Kojenerasyon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Toplam Kullanım Alanı: 146,98

Binanın Toplam Alanı: 146,98

On Hesap Sonuç Raporu

Excel

Net Enerji	Net Enerji Ref	Net Enerji Detaylı	PhiHeating	PhiCooling	Aydınlatma	Doğal Aydınlatma	İç Kazançlar	Güneş Kazançları	Isı Geçiş Zon	Isı Geçiş Malzeme	Havalandırma	İklimlendirme
Month	ZoneId	ZoneArea	HeatingNeed	CoolingNeed	HeatingTime	CoolingTime						
1	15	73,49	1.059,36	0,00	554	0						
2	15	73,49	852,43	0,00	456	0						
3	15	73,49	748,25	0,00	511	0						
4	15	73,49	396,43	0,00	306	0						
5	15	73,49	113,16	0,00	172	0						
6	15	73,49	4,08	43,48	12	84						
7	15	73,49	0,00	133,85	0	296						
8	15	73,49	0,00	331,42	0	445						
9	15	73,49	0,00	289,04	0	332						
10	15	73,49	130,99	33,32	105	63						
11	15	73,49	596,38	0,00	403	0						
12	15	73,49	835,69	0,00	507	0						
1	16	73,49	1.412,20	0,00	568	0						
2	16	73,49	1.183,87	0,00	507	0						
3	16	73,49	1.074,98	0,00	556	0						
4	16	73,49	634,04	0,00	454	0						
5	16	73,49	240,32	0,00	306	0						
6	16	73,49	47,75	0,00	109	0						
7	16	73,49	0,00	1,09	0	7						
8	16	73,49	0,00	126,12	0	248						
9	16	73,49	0,00	138,17	0	217						
10	16	73,49	308,98	0,00	237	0						
11	16	73,49	875,51	0,00	481	0						
12	16	73,49	1.202,27	0,00	559	0						

Şekil 5.22. Model Yapı Ön Hesap Raporu

Şekil 5.22’de verilen ön sonuç raporuna göre, sıhhi sıcak su A, aydınlatma ve ısıtma B, havalandırma D, soğutma G, toplam sonuç B sınıfında çıkmıştır. Projenin bulunduğu iklim, konum, kullanıcı sayısı gibi faktörler göz önüne alındığında model konuta mekanik havalandırma ve soğutma sistemi tanımlanmadığından bu değerlerde iyileştirme yoluna gidilmemiştir. B olan toplam EKB sınıfını A değerine yükseltmek amacıyla ısıtma sisteminin elektrik ihtiyacını desteklemek adına PV panel sayısının yükseltilmesi ön görülmüştür. Şekil 5.22’de görüldüğü üzere ısıtma için ihtiyaç duyulan enerji yıllık 12939,95kWh/yıl’dır. Şekil 5.22’de “Month” satırı ayları, “ZoneId” satırı bölgeleri, “Heating Time” satırı ise o ayda ısıtma ihtiyacı duyulan gün sayısını ifade etmektedir. 15 numaralı ZoneId zemin kat bölgesini 16 numaralı ZoneId ise birinci kat bölgesini temsil etmektedir. Heating Time sütununda yer alan değerler toplandığında yıllık ısıtma ihtiyacı duyulan saat sayısı zemin kat bölgesinde 3106, birinci kat bölgesinde 3777 olarak bulunmuştur. Birinci katın ısıtmaya ihtiyaç duyduğu saat sayısı zemin kattan fazladır. Yapı genelinde yıllık toplam ısıtma ihtiyacı duyulan saat sayısı maksimum 3777 olarak kabul edilmiştir. Buna göre yıllık toplam ısıtma ihtiyacı duyulan saat sayısından yola çıkılarak yapının ısıtma ihtiyacı duyulan gün sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Isıtma İhtiyacı Duyulan Gün Sayısı=Yıllık Isıtma İhtiyacı Duyulan Saat Sayısı/Günlük Saat

$$3777/24=157,38 \cong 158 \text{ Gün ısıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır.}$$

Günlük ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Günlük Isıtma Enerji İhtiyacı=Yıllık Isıtma Enerjisi ihtiyacı (kW)/ Isıtma İhtiyacı Duyulan Gün Sayısı

$$12939,95/158=81,90\text{kW}=81900\text{W günlük ısıtma enerjisi ihtiyacı vardır.}$$

Bu ihtiyacı karşılamak için üretilmesi gereken enerji (ÜGE):

$$\text{ÜGE}=81900/(0,57)=143.684\text{Watt}$$

Modelin elektrik ihtiyacı için seçilen 400 W güçte tek kristalli silisyum türünde PV panel türü ve güneşlenme süresinin 7,4 saat alınması kabulünün bu hesapta da kullanılması ile panel sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$PS = \frac{\text{üretilmesi gereken enerji}}{[(\text{bir güneş panelinin gücü}) \cdot (\text{güneşlenme süresi})]}$

$$143.684 / [400 \cdot (7,4)] = 48,54 \cong 48 \text{ adet panel.}$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda model yapının ısıtma enerjisi ihtiyacını tamamen karşılamak için 400W gücünde 48 adet PV panele ihtiyaç duyulmaktadır. Konut projesinin ölçeği göz önünde bulundurulduğunda ısıtma ihtiyacının desteklenmesi adına toplam sayının üçte biri oranı olan 16 adet panel eklenerek hedef enerji performans değerinin yakalanması test edilecektir.

Elektrikli cihazlar için yapılan hesap sonucu ihtiyaç duyulan 5 adet PV panelinde eklenmesiyle toplam 21 adet 400W güçte PV panel sisteme girilecektir. Eklenen paneller uygulama projesi esnasında yapılacak olan elektrik ve statik hesaplarına göre uygun bulunursa çatıda, çatı taşıma potansiyelinin yetersiz kalması durumunda Equinox Evi örnek projesinde olduğu gibi arazi üzerine konumlandırılabilir.

PV Sistemin Pik(kWp) Elektrik Gücü (kW) = Panel sayısı x 1 adet panelin gücü (kW)

$$PV \text{ Sistemin Pik(kWp) Elektrik Gücü (kW)} = 21 \times 0,4 = 8,40 \text{ kW bulunmuştur.}$$

PV Modellerin Toplam Yüzey Alanı(m²) = Panel sayısı x 1 adet panelin alanı (m²)

$$PV \text{ Modellerin Toplam Yüzey Alanı(m}^2\text{)} = 21 \times 2 = 42 \text{ m}^2$$

Bu bilgiler yazılımın PV sistem gücü bölümüne Çizelge 5.23'teki şekilde tekrar girilmiştir.

Çizelge 5.23. Model Yapı Fotovoltaik Sistem Bilgileri-Revizyon

PV Sistemin Pık(kWp) Elektrik Gücü (kW)	8,40
PV Model Tipi	Mono Kristalin Silikon
PV Modellerin Toplam Yüzey Alanı(m²)	42
PV Sistem Performans Faktörü	İyi Havalandırılan Modüller
PV Sistemin Eğim Açısı	30
PV Sistemin Yönü	Güney Batı veya Güney Doğu

Yapılan revizyon sonucu model için hesaplama motoru tekrar çalıştırılarak Şekil 5.23'te yer alan sonuç raporuna ulaşılmıştır. Burada yer alan bilgilere göre eklenen PV paneller ile yapının toplam EKB ve CO₂ sınıfı A0 değerine yükselmiştir.

EKB Sonuç Formu

	Yıllık Enerji Tüketimleri				Yenilenebilir Enerji				
	Nihai (kWh/yl)	Birincil (kWh/yl)	(kWh/m ² .yl)	(kg CO ₂ /m ² .yl)	Birincil (kWh/yl)	(kWh/m ² .yl)	(kg CO ₂ /m ² .yl)	Bina Sınıf	Co2 Sınıf
	Final	Primary	M2	M2Co2	PrimaryRegen	M2Regen	M2Co2San	EkbClass	Co2Class
Toplam	13649,55	0,00	0,00	0,00	15422,37	132,14		A 0	A 0
Isıtma	12939,95	13111,57	89,21	21,05	0,00	0,00		B 58	
Sıhhi Sıcak Su	343,32	626,89	4,27	1,30	1165,56	7,93		A 33	
Soğutma	556,91	1016,93	6,92	2,10	0,00	0,00		G 239	
Havalandırma	0,00	0,00	0,00	0,00				D 100	
Aydınlatma	109,37	199,71	1,36	0,41				B 50	
Fotovoltaik					18256,81	124,21	37,75		
Kojenerasyon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Toplam Kullanım Alanı: 145,98 Binanın Toplam Alanı: 145,98

On Hesap Sonuç Raporu Excel

Şekil 5.23. Model Yapı Hesap Raporu

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızlı nüfus artışıyla birlikte yükselen enerji ihtiyacı dünyayı alternatif çözüm arayışlarına itmektedir. Buna bağlı olarak yapı sektöründe enerjiyi koruyan yaklaşımların önemi günden güne artmaktadır. Yapılarda enerji etkin tasarımın gelişimine katkı sağlamayı amaçlayan çalışmada elde edilen verilere göre:

1. Çevreye zarar veren ve her geçen gün tükenmekte olan fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynakları alternatif oluşturmaktadır.
2. Tasarım aşamasında verilen kararlar yapının enerji ihtiyacının azaltılmasında belirleyici rol oynamaktadır.
3. Enerji etkin yapı tasarımında çalışılan alana ait çevresel ve iklimsel analizler tasarım kararlarını yönlendirmekte ve yapısal özellikler iklime göre özelleşmektedir.
4. İlk üç maddedeki bilgilerin ışığında, ılımlı kuru iklim tipi için geliştirilen enerji etkin konut modelinin tasarım verileri Şekil 6.1 üzerine özet halinde işlenmiştir. Model konut görsel çalışması büyük ölçekte Ek-4'te verilmiştir.



Şekil 6.1. Model Yapı Şeması

5. Proje modelinin, ulusal yapı enerji performansı yazılımı olan BEP-TR 2 ile yapılan analizlerinden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Model yapının ısıtmaya ihtiyaç duyduğu gün sayısı (158) meteorolojinin Niğde İli için belirlediği ısıtmaya ihtiyaç duyulan gün sayısından (201) az bulunmuştur.
- Bina enerji sınıfı B seviyesinde çıkmıştır.
- Enerji sınıfını iyileştirmek adına ısıtma enerjisi ihtiyacının da yenilenebilir enerji kullanımı ile karşılanması öngörülerek PV panel hesabı tekrar yapılmış ve panel sayısında artırıma gidilmiştir. Yapılan revizyon sonucu bina enerji sınıfı A seviyesine yükselmiştir.

Buna göre, enerji etkin yapı tasarım parametrelerine uyularak oluşturulan konut projesinde B enerji sınıfı yakalanabilmektedir. Buna ek olarak, yapılan revizyon sonucunda konutun A enerji sınıfına ulaşması ile yenilenebilir enerji kullanımının rolü ve tasarım aşamasında bilgisayar destekli hesaplamalardan yararlanılmasının önemi görülmüştür.

Çalışma sonucunda, yapı projelerinin, tasarım aşamasında verilen kararlar ile hedeflenen enerji sınıfında oluşturulabileceği ortaya konmuştur. Bu sonuca bağlı olarak,

- Değişken bölgesel şartlara bakılmaksızın yapılan tek tip konut anlayışının terkedilmesi,
- Geliştirilen projelerde, iklimsel özelliklere göre günümüz olanaklarının ve yerel mimari öğretilerinin göz önünde bulundurulması,
- Ülkemizde inşaat tamamlandıktan sonra yapı oturma izin belgesi aşamasında istenen enerji kimlik belgesinin yapı ruhsatı aşamasında zorunlu tutulması,
- Her iklim tipi için özelleşmiş master imar planlarının geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agevi, A., Blanco, Z., Ngungui, J., 2017. 'Sustainable Building For Hot And Arid Areas Marsabit County'. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), Kenya.
- Akyol, A., A., Eroğlu, M., 2017. 'Antik Yapı Malzemesi Olarak Tuğla ve Kiremit: Boğsak Adası Bizans Yerleşimi Örnekleme'. Sanat Ve Tasarım Dergisi, Aralık:141-163.
- Alemdağ, E., Aydın, Ö., 2014. 'Karadeniz Geleneksel Mimarisinde Sürdürülebilir Malzemeler; Ahşap Ve Taş'. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 7(5):394- 404.
- Ali, J., Özer, Y., 2012. 'Sıcak İklimlerde Bina İçi İklimlendirme İçin Geleneksel Bir Sistem: Rüzgar Bacaları'. Tesisat Mühendisliği, (127): 31-35.
- Alkan, S. ve ark., 2014. 'Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu'. Eleco Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, ss: 78-82, 27-29 Kasım, Bursa.
- Altınöz, M., Mıhlayanlar, E., 2019. 'Aktif Güneş Sistemlerinin Bina Enerji Verimliliği Üzerindeki Katkısının İncelemesi'. Mimarlık Ve Yaşam Dergisi,4(2):323-335.
- Aşıkoğlu, A., 2014. 'Sürdürülebilir Konut Yapılarında Pasif Sistemlerin Kullanılan Teknikler Açısından İrdelenmesi; İzmir İli İçin Bir Uygulama Önerisi'. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Atağan, G., Yükçü, S., 2009. 'Etkinlik, Etkililik Ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık'. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(4):1-13.
- Atak, V., O., 2019. 'Google Earth Uydu Görüntülerinin Konumsal Doğruluğu'. Harita Dergisi, Ocak(161):11-25.

- Aygün, O., D., 2012. 'Mevcut Konut Yapılarına Fotovoltaik Panel Sistemlerin Entegre Edilmesi, İzmir Örneği'. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Başaran, T., İnan, T., 2014. 'Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma'. Megaron Dergisi, 9(2):132-142.
- Bayram, Z., 2020. 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Türkiye Örneği'. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Berber, F., 2012. 'Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri Ve Ekolojik Malzemeyle Mimari Konut Tasarımı'. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Berköz, E. ve ark., 1995. 'Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı'. TÜBİTAK-İNTAG 201, Araştırma Raporu, İstanbul.
- Boles, M. A., Çengel, Y. A., 1996. 'Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla'. Palme Yayınevi, Ankara, ss:978.
- BP, 2019. 'Primary energy: consumption by fuel'. BP Statistical Review of World Energy 2019, p.9. , <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> erişim tarihi 20.09.2021.
- Çevirici, A., 2017. 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilirliğin Konut Tasarımı Açısından İrdelenmesi Ve Mersin Örneği'. Toros Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. 'Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi'. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800> erişim tarihi 13.06.2021.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 'BEP-TR 2 Eğitim Kataloğu'. Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Enerji Verimliliği Ve Tesisat Dairesi Başkanlığı. <https://beptr.csb.gov.tr/bep-web/TaslakBepTr2EgitimKatalogu.pdf> erişim tarihi, 20.05.2021

- Çerçi S., 2016. 'Sıcak ve Nemli İklim Bölgeleri İçin Sürdürülebilir Bir Konut Modeli'. Bireysel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 3084.
- Dağoğlu, Ö., 2019. 'Toplu Konutlarda Fotovoltaik Sistem Kullanımlarının Farklı İklim Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi'. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Delibaş, H.,M., 2021. 'Yenilikçi Bir Tasarım İle Birlikte Fotovoltaik Panel Verimliliğinin Arttırılması.' Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Demircan, R., Gültekin, A.,B., 2017. 'Binalarda Pasif Ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi'. TÜBAV Bilim Dergisi, 10(1): 36-51.
- Desai, D. ve ark., 2021. 'Net Zero Energy Building: Design Strategies'. International Research Journal of Engineering and Technology, 8 (6): 2014-2018.
- Doğan, A., Pirasaci, T., 2009. 'Bina Cephelelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi'. Tesisat Mühendisliği, 112: 41-51.
- Dullinja, E., 2012. 'Edirne Kaleiçi Bölgesindeki Evlerin Ekolojik Verilerinin Analizi'. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Eken, M. ve ark., 2007. Türkiye Uzun Yıllar Isıtma Ve Soğutma Gün Dereceleri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 401, Ankara.
- Elbi, D., 2019. 'Yapı Bilgi Modelleme Aracılığı İle Enerji Etkin Yapı Tasarımı Ve Geliştirilmesi: Bir Konut Projesi Örneği'. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Engin, N., 2012. 'Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma'. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 129(Mayıs-Haziran Sayısı),62-70.
- Fettahoğlu, E., Yalçinkaya, Ş., 2021. Güncel Mimaride Yerel Malzemenin İzi. Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 6(2):659-671.

- Gökçen, T. 2020. ‘Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinde Yapı Malzemesi Alt Kategorisinin Araştırılması Ve Türkiye’deki Durum’. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Harmanda, B. G., 2020. ‘Türkiye Ve Nükleer Enerji: Güvenlik Odaklı Strateji Tercih’. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi Ve Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı Siyaset Ve Uluslararası İlişkiler Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep
- Harputlugil, G., 2016. ‘Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri’. Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi, CFCU, NİRAS, T.C Çevre ve Şehircilik Bak. Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu845.pdf> erişim tarihi 08.06.2021.
- Işın, A., 2016. ‘Konut Ve Yerleşmelerin Ön Tasarımında Enerji Etkinliğine İlişkin Bir Model Önerisi’. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Iqbal, A., Swapnil, F.,J., 2017. ‘Sustainable Green Materials For Building Construction’. International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering.
- İriş, S., 2019. ‘Tuğla Ve Gabzeton Yapı Malzemelerinin Sürdürülebilirliği Üzerine Karşılaştırmalı Bir Analiz’. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- İslamoğlu, A.,K., 2017. ‘Konutlarda Enerji Tüketimini Etkileyen Tasarım Yöntemleri Ve Bep-Tr Yöntemiyle Uygulama Örneklerinin İncelenmesi’. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Jillian, A., 2020. ‘Carbon Emissions From Fossil Fuels Could Fall By 2.5bn Tonnes in 2020’. The Guardian. ISSN 0261-3077. <https://www.theguardian.com/environment/2020/apr/12/global-carbon-emissions-could-fall-by-record-25bn-tonnes-in-2020> erişim tarihi 20.09.2021.

- Kalaycıoğlu, Z., Yılmaz, A.,Z., 2019. ‘Simülasyon Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımında Uygulamalar’. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Kallioğlu, M.,A., 2014. ‘Niğde İli İçin Yatay Düzleme Gelen Günlük Tüm, Yayıllı Ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modeli Geliştirilmesi’. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Kaya, K., Koç, E., 2015. ‘Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu’. Mühendis ve Makine Dergisi, 56(668):36-47.
- Kısa, P., 2019. ‘Biyoklimatik Tasarım Matrisi (Türkiye)’. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2):51-66
- Koca, Ö., 2006. ‘Sıcak Kuru Ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme Ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım’. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Koç, E., Şenel, M.C., 2015. ‘Dünyada Ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu- Genel Değerlendirme’. Mühendis ve Makina, 56(663):46-56.
- Külekçi, Ö. Ç., 2009. ‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi’. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 1(2):83-91.
- Looman, R., 2012. ‘Climate-Responsive Building Elements’. ss:180, https://www.academia.edu/9410797/Climate_responsive_building_element_s, erişim tarihi 08.08.2021.
- Mirakbari, F.,S. Ve ark., 2019. ‘Ventilated Hollow Core Slab As A Thermal Mass Strategy And İts Effect On Thermal Comfort; (Case Study: Lotion College, England)’. Int. J. Architect. Eng. Urban Plan, 29(2): 141-160.
- Motor, C., 2017. ‘Mimarların Ekolojik Mimariye İlişkin Görüşlerini Belirlemeye Yönelik Ampirik Bir Çalışma: Edirne Örneği’. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

- Mulugeta, Z., 2020. 'Sustainable Design İn Constraction Operation And Maintenance'. Academia, https://www.academia.edu/50799046/Sustainable_design_in_constraction_operation_and_maintenance, erişim tarihi 06.08.2021.
- Nunez,C., 2019. 'What Are Fossil Fuels?' , <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/fossil-fuels> , erişim tarihi 05.08.2021.
- Öcal,L., 2020. 'Nükleer Enerji Politikalarının Yerel Düzeyde Taşınmaz Değerleri Üzerine Etkileri: Nükleer Santrallerin Akkuyu Ve Sinop Bölgelerindeki Etkileri Üzerine Bir İnceleme'. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gayrimenkul Geliştirme Ve Yönetimi Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- Öz, B., 2015. 'Enerji Verimliliği Kriterlerine Göre Otel Tasarımı Ve Enerji Modellemesi'. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özaydoğdu, G., 2015. 'Enerji Etkin Pasif Sistemlerin Tasarım Boyutunda Önemi Ve Bu Bağlamda Dicle Üniversitesi Lojmanlarının Değerlendirilmesi'. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Özdemir, B., B., 2005. 'Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması'. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özüer, M., O., 2012. 'Binalarda Enerji Korunumunu Sağlayan Fiziksel Çevre Ölçütleri'. Beykent University Journal Of Science And Engineering, 5(1-2):95-107.
- Radha, A.,H., 2018. 'Sustainable Renovation Of Residential Buildings In Subtropical Climate Zone'. Architectural Engineering programme of University Of Pecs Faculty of Engineering and Information Technology Doktora Tezi, Pecs.

- Saçık, K., 2018. 'Mimarlıkta Topoğrafya: Turgut Cansever Eserleri İle Safranbolu, Beypazarı Ve Odunpazarı Örnekleri'. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sağlam, N., Yılmaz, A., Z., 2015. 'Avrupa Birliği Direktifi Doğrultusunda Binalarda Yaklaşık Sıfır Enerji Düzeyinin Akdeniz Ülkesi Olan Türkiye'de Konut Binaları İçin Belirlenmesine Yönelik Uygulama Örneği'. Tesisat Mühendisliği Dergisi, Temmuz/Ağustos (148), 82-96.
- Sak, T., 2016. 'Rüzgar ve Güneş Enerjisi Teknolojilerinin İrdelenmesi Ve Niğde İline Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi'. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Salih, T., W., M., 2015. 'Insulation Materials'. Mustansiriyah University, Bağdat, ss:99.
- Savaş, M., 2019. 'Mikro Konutlarda Mekan Organizasyonunun İklimsel Tasarım Parametreleri Üzerinden İncelenmesi'. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sojoudihassanlouei, L., 2019. 'Sıcak-Kuru İklim Geleneksel Konutlarında İklim Duyarlı Tasarım'. Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şengezer, O. ,2011. 'Pasif Ev Sistemlerinde Enerjinin Etkin Kullanımı'. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şimşek,Y. ,2020. 'Kent Markası Oluşturma Bağlamında Yerel Yönetişim: Niğde İlinde Bir Uygulama'. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi,Muğla.
- Taştemir, İ. A., 2020. 'Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunda Isıl Kütlenin Bina Enerji Etkinliğine Ve Isıl Konforuna Olan Etkisi'. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Tekin, Ç., 2012. 'Enerji Etkin Yapılarda Malzeme Kullanımı'. Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi, 3(14):46-52.
- Temel, S., 2021. 'Malzeme Bilimindeki Gelişmelerin Mimarlık Disiplini Üzerine Etkileri: Akıllı Malzemeler'. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tesisat, 2016. 'Güneş Enerjisi Kollektör Hesabı ve Tesisat Bağlantıları'. <https://www.thesisat.org/gunes-enerjisi-kollektor-hesabi-ve-tesisat-baglantilari.html> erişim tarihi 05.04.2021.
- Tokuç, A., 2009. 'Bina Enerji Benzetim Araçları Ve Seçim Ölçütleri'. Deü Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(3): 19-30
- Tokuç, A., 2018. 'Bina Soğutma Enerjisinin Ve Isı Adası Etkisinin Azaltılmasında Isıl Kütle Kullanımının Etkisi'. İzmir Bölgesi Enerji Forumu, Kasım:135-142.
- TS-825, 2008. 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutaş, C., 2018. 'Güneş Enerjisinden Isı Ve Elektrik Eldesinin Tekno-Ekonomik Simülasyonu: Örnek Bir Uygulama'. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- U.S. Energy Information Administration, 2020. 'Coal Explained' <https://www.eia.gov/energyexplained/coal/> erişim tarihi 13.10.2021.
- Uslusoy, S., 2012. 'Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi'. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Utkuğ, G. (2005). 'Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Mimarlık: Ekolojik Mimarlığın Ulaştığı Son Nokta, Bedzed'. TTMD Dergisi, 36 (Mart-Nisan Sayısı).
- Ünal, Ö., 2016. 'Binaların Isı Yalıtımında Kullanılacak Malzemeler Ve Kalınlık Hesapları'. Isı Yalıtımında Malzeme Seçimi Semineri, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Enerji Komisyonu, Ankara, https://mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/0f0c65cbf947d1c_ek.pdf erişim tarihi 28.07.2021

- Yelekçi, N., D., 2019. 'Sıcak Ve Nemli İklimlerde Kentsel Planlama Kararlarının Bina Ölçeğinde Doğal Havalandırmaya Etkisi: Adana İli Örneği'. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz, M., 2012. 'Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi'. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2):33-54.
- Yüceer, N.,S., ,2015. 'Yapıda Çevre ve Enerji'. Nobel Akademi Yayıncılık, Adana,ss:444.
- Yüceer, N., S., 2010. 'Bilgisayar Destekli Enerji Etkin Bina Tasarımı'. Mimarlık (355): 37-43.
- Yüksel, E., 2020. 'Binalarda Cephe Eğiminin Enerji Yükleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi'. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yüre, T., 2007. 'Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin İç Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi-İstanbul Örneği'. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yüzbaşıoğlu, N. ,2020. 'Dünya Nüfusu Yüzyılın Sonunda 11 Milyarı Geçebilir'. Anadolu Ajansı, Ankara, <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunya-nufusu-yuzyilin-sonunda-11-milyari-gecebilir/1905712>
- URL1<https://depo.btu.edu.tr/dosyalar/makine/Dosyalar/7.Deney%20I%C5%9F%C4%B1n%C4%B1m.pdf>
- URL2https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/enerji_etkin_binalar_ulasma_yolunda_temel_tasarim_prensipieri.pdf erişim tarihi 30.08.2021.
- URL3 <https://www.arkitera.com/proje/kadiovacik-biyoevi/> ,07.05.2021
- URL4 <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/izmir/izmir-4547/>
- URL5 https://www.youtube.com/watch?v=_5ULyoRSIcA
- URL6http://www.erengezgin.net/diyarbakir_egitim_filmi/ve_sonrasi_fotograflar/buyuk/013.JPG,08.05.2021

URL7 <https://tr.climatedata.org/asya/tuerkiye/diyarbak%c4%b1r/diyarbak%c4%b1r-285/>

URL8 [url:https://www.youtube.com/watch?v=Q__KZUzgm6g](https://www.youtube.com/watch?v=Q__KZUzgm6g),08.05.2021

URL9 <http://www.erengezgin.net/sunumlar/EEA-17-Enerji%20Projeleri%201-23.pdf>, 19.10.2020

URL10 <http://www.erengezgin.net/sunumlar/EEA-17-Enerji%20Projeleri%201-23.pdf>, 19.10.2020

URL11 http://www.erengezgin.net/_xcelik/projeler/EKOYAMAC/EKOYAMAC%20EVi.htm 19.10.2020

URL12 <http://www.karawitz.com/projects/maison-bambou/> (06/10/2020)

URL13 <https://tr.db-city.com/Fransa--%C3%8Ele-de-France--Val-d'Oise> , erişim tarihi 31.07.2021

URL14 https://www.archdaily.com/84165/passive-house-karawitz-architecture/5012ca0b28ba0d147d000ac0-passive-house-karawitz-architecture-plan?next_project=no

URL15 https://passivehouse-database.org/index.php?lang=en#d_1125, 06/10/2020)

URL16 <https://www.stylepark.com/en/news/ish-energy-pellet-fireplace>,07.05.2021

URL17 <https://tr.climate-data.org/avrupa/almanya/free-state-of-bavaria/augsburg-6190/>,31.07.2021

URL18 <https://www.activehouse.info/cases/home-for-life/>,14.10.2020

URL19 <https://tr.climate-data.org/avrupa/danimarka/central-denmark-region/aarhus-302/>31.07.2021

URL20 https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aartarchitects/5a8f7c80f197ccee4700003a-home-for-life-aart-architects-ground-floor-plan?next_project=no ,14.10.2020

URL21 <https://www.archdaily.com/942491/reyard-house-team-bosphorus-from-turkey>, 20.10.2020

URL22 <https://tr.climate-data.org/afrika/fas-181/>,31.07.2021

URL23 <https://www.archdaily.com/942491/reyard-house-team-bosphorus-from-turkey>, 20.10.2020

- URL24<https://www.bioregional.com/projects-and-services/case-studies/bedzed-the-uks-first-large-scale-eco-village>,08.05.2021
- URL25 <https://www.bioregional.com/projects-and-services/case-studies/bedzed-the-uks-first-large-scale-eco-village>,08.05.2021
- URL26 <https://www.briangwilliams.us/climage-change-2/beddington-zero-energy-development-bedzed.html>,08.05.2021
- URL27<https://inhabitat.com/ignatov-architects-super-efficient-solar-equinox-passivhaus-tracks-the-sun/>,08.05.2021
- URL28<https://tr.climate-data.org/avrupa/bulgaristan/kavarna/kavarna-28276/>,31.07.2021
- URL29<https://www.ace-cae.eu/architecture-in-europe/bulgaria/bulgaria-solar-equinox-house/>,08.05.2021
- URL30<https://inhabitat.com/ignatov-architects-super-efficient-solar-equinox-passivhaus-tracks-the-sun/equinox-house-7/> ,08.05.2021
- URL31<https://www.evolo.us/equinox-passive-house-ignatov-architects/> ,08.05.2021
- URL32<https://inhabitat.com/passive-house-che-in-romania-has-a-super-fun-indoor-net-canopy/passive-house-che-tecto-arhitectura-3/> 10.05.2021
- URL33<https://tr.climate-data.org/avrupa/romanya/suceava/suceava-1334/>,31.07.2021
- URL34<https://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2015/01/21/passive-house-che-in-suceava-romania-by-tecto-arhitectura/#jp-carousel-260367>
- URL35<https://www.buildup.eu/en/practices/cases/passive-house-che> 10.05.2021
- URL36<https://www.construction21.org/case-studies/h/passive-house-che.html>
- URL37https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=nigde ,04.08.2021
- URL38url:<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=NIGDE>,04.08.2021

URL39<https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>,04.08.2021

URL40<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=NIGDE>,04.08.2021

URL41<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=merkez&m=51-00&y=2021&a=06>,04.08.2021

URL42<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=NIGDE>Url-43

[https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/ni%
c4%9fde_t%c3%bc%rkiye_303827](https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/ni%c4%9fde_t%c3%bc%rkiye_303827),04.08.2021

URL43[https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/ni%
c4%9fde_t%c3%bc%rkiye_303827](https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/ni%
c4%9fde_t%c3%bc%rkiye_303827)

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Dilan YÜCEL, İlköğretimini Niğde Dumlupınar İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini Niğde Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. Tam burslu olarak kazandığı Maltepe Üniversitesi Mimarlık (İngilizce) Bölümü'nden 2016 yılında lisans derecesiyle mezun oldu. 2016-2018 yılları arasında proje yürütücüsü olarak özel bir mimarlık ofisinde çalıştı. 2017-2020 yılları arasında sekiz dönem Niğde Ömer Halidemir Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde misafir öğretim elemanı olarak proje derslerinde görev aldı. 2018 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın düzenlediği eğitimleri ve sınavı başarıyla tamamlayarak enerji Kimlik Belgesi Uzmanı oldu. 2018 yılından bu güne kurucusu olduğu ADK Mimarlık Ofisi'nde çalışma hayatına devam etmektedir.



EKLER



EK-1 TS825'e Göre Hesaplanmış Yüzeysel Isıl İletim (Taşınım) Direnç Değerleri

Sıra No	Yapı bileşeni tipi ³⁾	Yüzeysel ısı iletim direnci ^{1) 2)}	
		R_i (m ² K / W)	R_e (m ² K / W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 'de verilen dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirmce cephe ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban	0,13	5)
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde		
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	5)
8	Bodrum tavanı	0,17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0

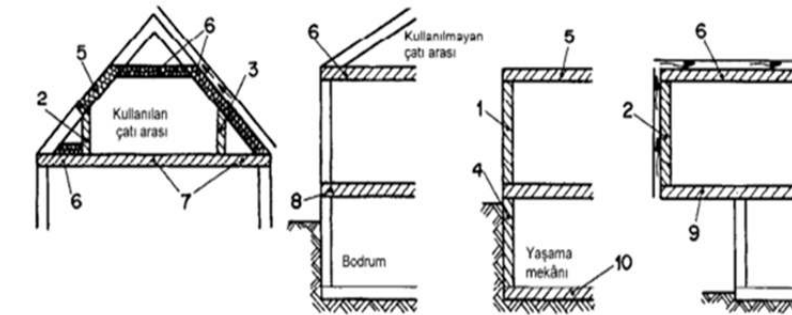
1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda $R_i = 0,13$ m²K/W ve 4 ve 10'uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere $R_e = 0,04$ m²K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.

2) Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması ile ilgili hesaplamalarda kullanılacak olan iç ve dış yüzeysel ısı iletim direnci için Madde 2.4.6'ya bakınız.

3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 1 'e bakınız.

4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.

5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.



Şekil 1 - Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi (numaralar Çizelge 1'deki sıra numaralarına göre verilmiştir)

EK-2 TS825'e Göre Yapı Malzeme Ve Bileşenlerinin Birim Hacim Kütlesi, Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_H) Ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü (μ)

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

Ek E

Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λ_H) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)*

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri ³⁾ λ_H W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü ⁴⁾ μ
1	DOĞAL TAŞLAR			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)	> 2800	3,5	10000
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	200 / 250
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	15 / 20
1.4	Granit	2500-2700	2,8	10000
1.5	Bazalt	2700-3000	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı taşı	< 2600	2,3	200 / 250
1.8	Yapay taşlar	1750	1,3	40 / 50
1.9	Arduvaz	2000-2800	2,2	800 / 1000
2	DOĞAL ZEMİNLER (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, kum-çakıl	1700-2200	2,0	50
2.2	Kil, alüvyon	1200-1800	1,5	50
3	DÖKME MALZEMELER (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,70	3
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤ 1000	0,19	3
3.3	Yüksek fırın cürufu	≤ 600	0,13	3
3.4	Kömür cürufu	< 1000	0,23	3
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤ 1200	0,22	3
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS EN 14316-1)	≤ 1500	0,27	3
		≤ 100	0,060	3
		100 < 400	0,16	3

* Not: Bu ekte; TS 825 standardında tanımlanan hesaplamalarda kullanılmak üzere; ısı iletkenlik grupları ve/veya birim hacim kütlesine bağlı olarak yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değerleri ile su buharı difüzyon direnç faktörleri yer almakta olup, yapı projesi burada verilen tasarım ısı iletkenlik değerlerine göre hesaplanacaktır. Ancak, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Tarafından yetkilendirilen bir uygunluk değerlendirme kuruluşu tarafından belgelenmiş tasarım ısı değeri beyanı, başka bir temel gerek ile öngörülen şartları etkilemediği ve mal sahibinin tâbi olduğu, İhale Kanunu veya özel sözleşmeler gibi hukuki gereklere zarar getirmediği müddetçe sorumluluğu ürün imalatçısı tarafından üstlenilmesi halinde, yapı projesinde kullanılabilir.

35

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤ 200	0,055	3
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,050	3
3.9	Testere ve planya talaşı	200	0,070	2
3.10	Saman	150	0,058	3
4	SIVALAR, ŞAPLAR VE DİĞER HARÇ TABAKALARI			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	1,0	15 / 35
4.2	Çimento harcı	2000	1,60	15 / 35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,51	10
4.5	Alçı harçlı şap	2100	1,20	15 / 35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15 / 35
4.7	Dökme asfalt kaplama	2100	0,70	50000
4.8	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
4.10	Isı yalıtım sıvaları (TS EN 998-1'e uygun) Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar Isıl iletkenlik grubu 080 olan sıvalar Isıl iletkenlik grubu 090 olan sıvalar Isıl iletkenlik grubu 100 olan sıvalar	≥ 200	0,070 0,080 0,090 0,100	5/20
4.11	Reçine ile uygulanan sıva	1 100	0,70	50/200
5	BETON YAPI ELEMANI (Bu bölümde yer alan elemanlar tek başına bir yapı elemanını ifade etmektedir. Yapı elemanının bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda λ_h değerleri Sıra no: 7 'den alınmalıdır.)			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_a ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnci faktörü μ ⁴⁾
5.1	Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar Donatılı Donatısız	2400	2,50	80 - 130
		2200	1,65	70 / 120
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla ⁶⁾	800	0,39	70 / 150
		900	0,44	70 / 150
		1000	0,49	70 / 150
		1100	0,55	70 / 150
		1200	0,62	70 / 150
		1300	0,70	70 / 150
		1400	0,79	70 / 150
		1500	0,89	70 / 150
		1600	1,00	70 / 150
		1800	1,30	70 / 150
		2000	1,60	70 / 150
5.2.2	Sadece genişletilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) ⁶⁾	300	0,10	70 / 150
		400	0,13	70 / 150
		500	0,15	70 / 150
		600	0,19	70 / 150
		700	0,21	70 / 150
		800	0,24	70 / 150
		900	0,27	70 / 150
		1000	0,30	70 / 150
		1200	0,35	70 / 150
		1400	0,42	70 / 150
		1600	0,49	70 / 150
5.3	Tuvenan hâlindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600	0,81	3-10
		1800	1,10	3-10
		2000	1,40	5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar ⁶⁾	600	0,22	5-15
		700	0,26	5-15
		800	0,28	5-15
		1000	0,36	5-15
		1200	0,46	5-15
		1400	0,57	5-15
		1600	0,75	5-15
		1800	0,92	5-15
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar	400	0,12	5-15
		450	0,13	5-15
		500	0,15	5-15
		550	0,16	5-15
		600	0,18	5-15
		650	0,19	5-15
		700	0,20	5-15

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnci faktörü μ ⁴⁾
		750 800 900 1000 1100 1200 1300	0,22 0,24 0,27 0,32 0,37 0,41 0,47	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400 600 800 1000 1200	0,14 0,19 0,25 0,35 0,44	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	600 700	0,14 0,17	5-15 5-15
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dâhil)	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000	0,11 0,13 0,15 0,15 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25 0,29 0,31	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6	YAPI PLAKALARI VE LEVHALAR			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS EN 771-4'e uygun plakalar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	400 500 600 700 800	0,20 0,22 0,24 0,27 0,29	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_m ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
6.2	Hafif betondan duvar plakaları	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dâhil) (TS 451 EN 12859, TS EN 520, TS 1474'e uygun)	750 900 1000 1200	0,35 0,41 0,47 0,58	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS EN 13169'a uygun)	600 750 900	0,29 0,35 0,41	5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.5	Alçı karton plakalar (TS EN 520'ye uygun)	800	0,25	8 / 25
7	KÂĞIR DUVARLAR (harç fugaları- derzleri dâhil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik klinker (TS 2902)	1800 2000 2200 2400	0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.2	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_a ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26 0,26 0,27 0,28 0,29	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,19 0,20 0,20 0,21 0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600 700 800 900 1000	0,33 0,36 0,39 0,42 0,45	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun)	700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200	0,35 0,40 0,44 0,50 0,56 0,70 0,79 0,99 1,10 1,30	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 15 / 25 15 / 25 15 / 25 15 / 25
7.3	Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	400 450 500 550 600 650 700 800	0,20 0,21 0,22 0,23 0,24 0,25 0,27 0,29	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_m ³⁾ W/mK	Su buhan difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) ⁵⁾	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,31 0,32 0,33 0,34 0,35 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 10 / 15 10 / 15 10 / 15
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,28 0,29 0,30 0,31 0,32 0,33 0,36 0,39 0,42 0,49 0,57 0,62 0,68 0,74	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 10 / 15 10 / 15 10 / 15
7.4.3	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	0,23 0,24 0,25 0,26 0,27 0,28 0,30 0,32 0,35	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.4.4	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	0,18 0,20 0,21 0,22 0,23 0,25 0,27 0,30 0,32	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.4.5	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450 500 550 600	0,16 0,17 0,18 0,19	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
7.4.6	türü bloklarla)	650	0,20	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		900	0,26	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS EN 14316-1'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla ⁶⁾)	500	0,26	5 / 10
		600	0,29	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
		800	0,35	5 / 10
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar			
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,28	5 / 10
		500	0,29	5 / 10
		550	0,31	5 / 10
		600	0,32	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,	650	0,34	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 150 mm,	800	0,41	5 / 10
		900	0,46	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 175 mm,	1000	0,52	5 / 10
		1200	0,60	5 / 10
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm,	1400	0,72	5 / 10
		1600	0,76	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,			
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,			
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 425 mm,			
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda			
7.5.1.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ ün altında olan harç kullanılarak hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,23	5 / 10
		500	0,25	5 / 10
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,	550	0,27	5 / 10
		600	0,28	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	650	0,30	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	800	0,36	5 / 10
		900	0,40	5 / 10
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 490 mm,	1000	0,52	5 / 10
		1200	0,60	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri ³⁾ λ_n W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü ⁴⁾ μ
7.5.2	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	1400 1600	0,72 0,75	5 / 10 5 / 10
7.5.2.1	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun) 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm , 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda	<1800	0,92	20 - 30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	<1800	1,3	20 - 30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ; < 1600 kg/m ³ > 1600, < 2000 kg/m ³ > 2000, < 2600 kg/m ³ > 2600 kg/m ³		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 4645 EN 636), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS EN 309, TS EN 12369-1)	700	0,13	50 / 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert (TS 64-2 EN 622-2'ye uygun) ve orta sert (TS 64-3 EN 622-3'e uygun) odun lifi levhalar	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	< 200 < 300	0,046 0,058	5 5
9	KAPLAMALAR			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1200	0,17	800-1000
9.1.2	Mantartlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama > 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar) Bitümlü karton Cam tülü armatürlü bitümlü pestil 0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	1100 1200 900 2000 2000-5000	0,19 0,19 0,19 0,19 0,19	2000 14000 100000 14000 20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve folyolar Poliyeten folyo PVC örtü PIB polyisobütlen örtü ECB etilen kopolimer örtü EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1000 1200 1600 1000 1200	0,19 0,19 0,26 0,19 0,30	80000 42000 300000 80000 100000
10	ISI YALITIM MALZEMELERİ			
10.1	Ahşap yünü levhalar TS EN 13171 16) Kalınlık d < 25 mm Kalınlık d ≥ 25 mm Isıl iletkenlik grupları 065 070 075 080 085 090	460-650 360-460	0,150 0,065 0,070 0,075 0,080 0,085 0,090	2-5 2-5
10.2	Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_0 ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
10.2.1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(>45)	0,035 0,040	30-100
10.2.2	Reçine - formaldehit köpüğü (UF) - (DIN 18159-2'ye uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(≥10)	0,035 0,040	1-3
10.3	Sentetik köpük malzemeler			
10.3.1	Genleştirilmiş polistiren köpük (PS) levhalar			
10.3.1.1	Polistiren - Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040	≥ 15 ≥ 20 ≥ 30	0,035 0,040	20-50 30-70 40-100
10.3.2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar			
10.3.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun Isıl iletkenlik grupları 030 035 040	(≥ 25)	0,030 0,035 0,040	80-250
10.3.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü -TS 11989 EN 13164'e uygun - Bina su yalıtımının dış tarafında 8) örneğin çatı örtüsünün 9) Isıl iletkenlik grupları 030 035 040	(≥ 30)	0,030 0,035 0,040	80-250
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük (TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun) Isıl iletkenlik grupları 025 030 035 040	(≥ 30)	0,025 ¹⁵⁾ 0,030 0,035 0,040	30-100
10.4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			
10.4.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi ^{1,2)} kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h ³⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁴⁾
10.5	Isıl iletkenlik grupları 030 035 040 045	(≥ 30)	0,030 0,035 0,040 0,045	10-50
	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10) 'ye uygun			
	Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050		0,035 0,040 0,045 0,050	
	Cam köpüğü Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun			
10.6	Isıl iletkenlik grupları 045 050 055 060	(8-500)	0,045 0,050 0,055 0,060	1
10.6.1	Cam köpüğü Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun			
10.6.2	Isıl iletkenlik grupları 045 050 055 060		0,045 0,050 0,055 0,060	
	Cam köpüğü - bina su yalıtımının dış tarafında			
	Isıl iletkenlik grupları 045 050 055		0,045 0,050 0,055	
10.7	Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050 055 060 065 070	(110-450)	0,035 0,040 0,045 0,050 0,055 0,060 0,065 0,070	5
10.8	Mantar yalıtım malzemeleri Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları 045 050 055		0,045 0,050 0,055	

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri, bir yapı malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlelerinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenlik hesap değeri, esas malzemenin (meselâ, tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlelerine (varsa içindeki boşluk ve delikler dâhil birim hacim kütleleri) en yakın, ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütleleri için verilen değerdir. Bir malzeme veya bileşen için sadece bir birim hacim kütlelerine bağlı olarak daha düşük veya aynı ısı iletkenlik hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütleleri farklı da olsa bu ek'teki daha düşük olmayan değer geçerlidir. Gerekliğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ek'teki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) 10 sıra numaralı "ısı yalıtım malzemeleri" bölümünde parantez içinde verilen yoğunluk değerleri sadece birim alana tekabül eden kütlelerin belirlenmesi amacıyla verilmiştir (meselâ, yaz şartlarında yapılan ısı korumanın doğrulanması durumunda).

- 3) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (meselâ döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısı iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısı geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.
- 4) Mü (μ) değerlerinin kullanımı ile ilgili olarak malzeme imalatçısının TSE belgeli tek değer olarak beyanı yok ise, yapı bileşenleri için her durumda verilen aralık değerlerinden küçük olanı alınır ve hesaba katılır. İlâve olarak, bina kabuğunun dış tarafında yer alan malzemeler için " μ "nın değeri olarak verilen büyük değer alınabilir. Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.
- 5) TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m^3 'ün altında olan hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek'te; TS 406 kapsamında yer alan briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri $0,06 \text{ W/mK}$ kadar azaltılabilir.
- 6) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 artırılarak uygulanır.
- 7) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenlik hesap değerine sahip malzemeden meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanın ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alan/uzunlukları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır, böylece yüzey yüzde (%) veya uzunluk yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.
- 8) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, toprak teması perde duvar yalıtımında, $WD^{12)}$ veya $WS^{13)}$ tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
- Isı yalıtım plakalarının her iki yüzünde zırlı olmalıdır.
 - Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda $> 0,30 \text{ N/mm}^2$ (300 kPa) olmalıdır.
 - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
- 9) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, ters teras çatı yalıtımında, $WD^{12)}$ veya $WS^{13)}$ tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
- Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda $> 0,30 \text{ N/mm}^2$ (300 kPa) olmalıdır.
 - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
 - Isı yalıtım levhalarının kenar profili binili (lâmbalı) olmalıdır.
- 10) Ses yalıtım malzemelerinin ambalajlarının üzerinde ısı iletkenlik grup değerleri verilmelidir.
- 11) Pratik buhar geçirmezliği değeri S_d 1500 m^2 'dir (TS EN 12086 veya TS EN ISO 12572).
- 12) **WD**: Darbe ses yalıtımının aranmadığı yüke maruz kalan döşemelerde veya sıcak çatılarda nefes alan su yalıtım membranı altında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.
- 13) **WS**: Özel uygulamalar için yüke maruz kaldığında daha büyük dayanım değerlerine sahip olan ısı yalıtım malzemeleri (örneğin otopark katlarında).
- 14) Bu Ek'in 10'uncu maddesinde verilen ısı iletkenlik grubu tayini ile belirlenecek olan malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerinin ara değerlerde olması halinde, kendisinden büyük olan ilk grupta olduğu varsayılır ve hesaba katılır.
- 15) Sadece iki tabaka arasına püskürtme metoduyla yapılan uygulamalar için kullanılır.
- 16) Kalınlığı 15 mm 'den küçük olan ahşap yünü levhalar, ısı iletkenlik hesaplamalarında dikkate alınmaz.

EK-3 TS825'e Göre İllere Göre Derece Gün Bölgeleri

İllere göre derece gün bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADANA AYDIN MERSİN OSMANİYE

ANTALYA HATAY İZMİR

İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler

AYVALIK (Balıkesir) DALAMAN (Muğla) FETHİYE (Muğla) MARMARIS(Muğla)

BODRUM (Muğla) DATÇA (Muğla) KÖYCEĞİZ (Muğla) MİLAS (Muğla)

GÖKOVA (Muğla)

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

SAKARYA ÇANAKKALE KAHRAMAN MARAŞ RİZE TRABZON

ADİYAMAN DENİZLİ KİLİS SAMSUN YALOVA

AMASYA DIYARBAKIR KOCAELİ SİİRT ZONGULDAK

BALIKESİR EDİRNE MANİSA SİNOP

BARTIN GAZİ ANTEP MARDİN ŞANLI URFA

BATMAN GİRESUN MUĞLA ŞIRNAK

BURSA İSTANBUL ORDU TEKİRDAĞ

İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

HOPA (Artvin) ARHAVİ (Artvin)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

ABANA(Kastamonu) BOZKURT (Kastamonu) ÇATALZEYTİN (Kastamonu)

İNEBOLU (Kastamonu) CİDE (Kastamonu) DOĞANYURT (Kastamonu)

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON BURDUR KARABÜK MALATYA

AKSARAY ÇANKIRI KARAMAN NEVŞEHİR

ANKARA ÇORUM KIRIKKALE NİĞDE

ARTVİN ELAZIĞ KIRKLARELİ TOKAT

BİLECİK ESKİŞEHİR KIRŞEHİR TUNCELİ

BİNGÖL İĞDIR KONYA UŞAK

BOLU ISPARTA KÜTAHYA

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

POZANTI (Adana) KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

MERZİFON (Amasya) DURSUNBEY (Balıkesir) ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

TOSYA (Kastamonu)

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI ERZURUM KAYSERİ

ARDAHAN GÜMÜŞHANE MUŞ

BAYBURT HAKKÂRİ SİVAS

BİTLİS KARS VAN

ERZİNCAN KASTAMONU YOZGAT

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

KELES (Bursa) ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun) ELBİSTAN (K.Maraş) MESUDİYE (Ordu)

ULUDAĞ (Bursa) AFŞİN (K.Maraş) GÖKSUN (K.Maraş)

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

KİĞİ (Bingöl) PÖLÜMÜR (Tunceli) SOLHAN (Bingöl)

Ek-4 ılımlı Kuru İklim Tipi İçin Geliştirilen Model Konut Çalışması

