



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PASİF EV UYGULAMASININ İKLİM KURU
İKLİM BÖLGESİ ÖZELİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Emine SARIBAŞ GÜROL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK Anabilim Dalı

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

PASİF EV UYGULAMASININ ILIMLI KURU İKLİM BÖLGESİ ÖZELİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ

EMİNE SARIBAŞ GÜROL

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. H. Derya Arslan

2023,97 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. H. Derya ARSLAN
Prof. Dr. Ahmet SAMANCI
Prof.Dr. Serra Zerrin KORKMAZ

Sanayi devrimiyle beraber artan çevre sorunları bulunduğumuz yüzyılın en önemli sorunu olmaktadır. Modern yaşamın enerji ihtiyaçlarını karşılamak için fosil yakıtların bilinçsiz tüketimi sonucu doğaya salınan karbon emisyonları atmosfere yayılarak ekolojik dengeye zarar vermektedir. Bunun sonucu olarak küresel ısınma, deniz seviyelerinin yükselmesi, buzulların erimesi, iklim değişikliği gibi dünyamız açısından geri dönüşü olmayan önemli problemlere yol açmaktadır. Enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı araştırıldığı zaman azımsanmayacak bir kısmı inşaat sektöründe tüketilmektedir. Binalarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla tasarımda sürdürülebilir düzenlemeler önem kazanmıştır.

Bu çalışmada enerji etkin yapı tasarımı olan pasif ev tasarım yaklaşımı doğrultusunda ılımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) özelinde öneri proje sunulması amaçlanmıştır. Belirtilen amaç doğrultusunda pasif ev standartları ile ilgili literatür taraması yapılarak pasif ev standartlarına ait kriter ve değerlere yer verilmiştir. Sonrasında Konya ili için enerji ihtiyacını en aza indirecek pasif ev tasarım kriterleri uygulanarak tasarlanan küçük ölçekli konut proje verileri Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP) programına veri girişi yapılarak aktarılmıştır. Daha sonra program sayesinde yapının ısıtma yükü, yapı bileşenlerinin U değerleri gibi veriler elde edilerek pasif ev standartlarına uygun çözümler yapılmıştır. Konya iklimi için gerekli yalıtım kalınlıkları ve tasarım kriterleri belirlenerek pasif ev tasarımı önerilmiştir. Pasif ev standartları sayesinde enerji etkin tasarım ile enerji koruma, güneş enerjisinden yararlanma hedeflenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Konya ilinde mevcut yapı tekniklerinden çok uzaklaşmadan bölgeye uygun tasarlanan iyi yalıtım, ısı geçirmez yapı kabuğu, ısı köprüsüz detaylar, yüksek yalıtımlı pencere ve kapı sistemleri ve ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma yapılarak yüksek verimli pasif ev tasarlanabildiği sonucuna varılmıştır. Konya ili için tasarlanan küçük ölçekli yapıda pasif ev standartlarının Ülkemizde yaygınlaşması ve bu standartların yapılara aktarılması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Enerji Etkin Yapı, Konya, Pasif ev, Pasif yapı standartları, PHPP programı

ABSTRACT
MS THESIS
EVALUATION OF PASSIVE HOUSE APPLICATION SPECIFIC TO THE
MODERATE DRY CLIMATE ZONE
Emine SARIBAŞ GÜROL
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE IN ARCHITECTURE
Advisor: Assoc. Prof. Dr. H. Derya Arslan

2023,97 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. H. Derya ARSLAN
Prof. Dr.Ahmet SAMANCI
Prof.Dr.Serra Zerrin KORKMAZ

The most important problem is experienced in the use of environmental problems that increase with the industrial reservation. In order to meet the energy needs of modern life, carbon emissions released into nature as a result of unconscious consumption of fossil fuels spread into the atmosphere and harm the ecological balance. As a result, it causes important irreversible problems for our world such as global warming, rising sea climate, melting of glaciers and climate change. A substantial part of the research time, which is distributed according to the energy consuming sectors, is consumed in the construction sector. In order to save energy in buildings, life spans are given importance in the design.

Passive house design approach, whose result is effective building design, is the proposed project energy conservation enclosures for moderate dry climate zone (Konya province). In order to achieve the determined purpose, the criteria and values of the passive house assumption made on the basis of the literature on passive house standards are included. Afterwards, the degrading housing project data, Passive House Planning Package (PHPP) loading data entry was constructed for Konya province by applying passive house design criteria that will minimize energy consumption. Then, the values obtained by the program, such as the restraint load and the U values of the building boundaries, were analyzed in accordance with the passive house rules. Passive house design has been proposed by determining the necessary thermal insulation and design criteria for the Konya climate. Thanks to passive house standards, it is aimed to save energy and benefit from solar energy with effective energy design. The achieved target target is systems that can design high-efficiency passive houses with good heating, heat-proof shell, thermal bridge-free explanations, high-view window and door systems and heat recovery mechanical ventilation system designed in accordance with the region without getting too far from the existing building techniques in Konya. It is aimed to spread the passive house standards and to carry these standards to the buildings.

Keywords: Energy Efficient Building, Konya, Passive house, Passive building standards, PHPP program

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bana her zaman yol gösteren, desteği ve hoşgörüsüyle motivasyonumu yüksek tutan, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren değerli hocam Doç. Dr. H. Derya ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecimde destek olan, hoşgörüsüyle, sevgisiyle her zaman yanımda olup bana güç veren sevgili eşime, manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim anneme, kardeşlerime teşekkür ederim.

Emine SARIBAŞ GÜROL
KONYA-2023



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	3
1.3.Çalışmanın Yöntemi	3
2.ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI	5
2.1. Enerji Etkin Yapılarda Bina Tasarımını Etkileyen Faktörler	5
2.1.1.Fiziksel Çevreye İlişkin Parametreler	6
2.1.2.Yapma Çevreye İlişkin Parametreler	7
2.2.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları	11
2.3.Enerji Etkin Bina Tasarımlarını Değerlendirmek İçin Geliştirilen Sertifika Sistemleri	13
2.4.Bölüm Değerlendirilmesi	14
3.PASİF EV KAVRAMI	15
3.1.Pasif Ev Tanımı	15
3.2.Pasif Ev Tarihçesi	16
3.3. Pasif Ev Sertifikasyon Yöntemleri	18
3.3.1.Pasif Ev Sertifikası	18
3.3.2.Enerphit Sertifikası	19
3.3.3.PHI Düşük Enerjili Bina Standardı	20
3.3.4.Sertifikalı Pasif Ev Bileşenleri	20
3.3.5.Pasif Ev Enstitüsü tarafından akredite edilmiş Bina Sertifikasyon Kuruluşu	21
3.3.6.Sertifikalı Pasif Ev Tasarımcı / Danışman Sertifikası	21
3.3.7.Sertifikalı Pasif Ev Esnafı	22
3.4.Türkiye’de Durum	23
3.5.Son Yıllarda Uygulanmış Pasif Ev Örnekleri	24
3.5.1. Konut Ph Villamayor Projesi	25
3.5.2. Müstakil Konut Ph Ruiz Fernandez Madrid projesi	30
3.6.Pasif Ev Uygulamalarında 5 Temel Prensiptir	34
3.6.1. Isı Yalıtım	35
3.6.2. Isı Köprüsüz Yapı	38

3.6.3. Hava Sızdırmazlık	43
3.6.4. Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma Sistemi (MVHR)..	45
3.6.5. Yüksek Performanslı Kapılar ve Pencereleer	47
3.7. Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP)	50
3.8. Bölüm Değerlendirilmesi	52
4. PASİF EV UYGULAMASININ İLİMLİ KURU İKLİM BÖLGESİ OLAN KONYA İKLİMİ ÖZELİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ	55
4.1. İklima ilişkin parametrelerin belirlenmesi	55
4.2. Binaya ilişkin tasarım parametrelerinin belirlenmesi	57
4.2.1. Binanın diğer binalara göre konumunun belirlenmesi	57
4.2.2. Binanın formunun belirlenmesi	58
4.2.3. Mekân organizasyonunun belirlenmesi	59
4.2.4. Öneri Projede Isı Yalıtım Detayları	62
4.2.5. Öneri Projede Isı Köprüsüz Tasarım	65
4.2.6. Öneri Projede Hava Sızdırmazlık	66
4.2.7. Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Sistemi	67
4.2.8. Pencere ve Kapılar	70
4.2.9. Evsel Isınma ve Sıcak Su Sisteminin Belirlenmesi	73
4.3. Binaya İlişkin Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP) Analiz Sonuçları	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

kcal: Kilokalori

kW: Kilowatt

kWh: Kilowatt saat.

U: Termal ısı kaybı katsayısı

kWh:Kilowattsaat

m²:Metrekare

PHI: Passivhaus-Institut(Pasif Ev Enstitüsü)

PHPP: Passive House Planning Package(Pasif Ev Planlama Paketi)

CEPHEUS: Central European Passive Hous

BREEAM : Building Research Enstitute Environmental Assesment Method
(Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi)

CASBEE : Comprehensive Assessment System for Building Environmental
Efficiency (Bina Çevresel Etkinliği Değerlendirme Sistemi)

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design
(Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik)

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

TS 825: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları

1.GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda hızlı nüfus artışıyla beraber sanayi, ulaşım, inşaat, gibi pek çok sektörde enerji kullanımı hızla artmaktadır. İhtiyaç duyulan enerji; kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edildiği için fosil yakıt kaynakları tükenmektedir. Aynı zamanda fosil yakıtların kullanımıyla beraber CO₂ gazı açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtlar maliyetli olmakla birlikte küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği, su kaynaklarının kirlenmesi gibi birçok çevresel sorunlara sebep olmaktadır.

Enerji kullanımının sektörlere göre dağılımı araştırıldığında azımsanmayacak bir kısmı inşaat sektöründe tüketilmektedir. Enerji; ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su gibi farklı ihtiyaçları ve konforu karşılayabilmek için yapılarda kullanılmaktadır. Enerji ihtiyacı fosil yakıtlardan karşılandığı zaman hem enerji maliyetleri artar hem de CO₂ salınımıyla beraber çevre kirliliği artar. Her yapı enerji tüketimi ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Bu sebeple yapılarda yaşam konforundan ödün vermeden güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı konusu önem kazanmaktadır. İklim ve çevreye uygun tasarlanmamış yapılarda enerji tüketimi fazladır. İklimsel verilerin, çevresel koşulların analiz edilip binanın tasarımına yansıtılması yapının enerji ihtiyaçlarının büyük oranda azalmasına katkı sağlar. Kullandığımız bütün yapılarda yenilenebilir bina tasarımları ile enerjinin etkin kullanımı hem çevre kirliliğini hem de enerji kullanımını azaltacağı için maliyetleri düşürecektir.

Günümüzde fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar yüzünden inşaat sektörü enerji etkin yapı tasarımları için çeşitli arayışlar içerisine girmiş ve enerji etkin bina tasarımı konusunda bilinçlenmiştir. Bu sebeple mimarlık sektöründe çevreye zarar vermeyen, yenilebilir enerji kaynaklarını kullanabilen yapı tasarım standartları oluşturulmuştur.

Bu yapı standartlarından biri olan pasif ev tasarımı; güneşten en iyi şekilde faydalanan, iç mekân hava konforunu yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlayan, iyi bir yalıtıma sahip, ısı kayıplarını ve ısı köprülerini önleyen yapı kabuğu tasarımı ve detay çözümleri sayesinde enerjiyi yapı kabuğu içerisinde tutabilen, yüksek verimli

pencere, kapı ve mekanik sistemlerin yapıya dâhil edilmesi gibi yöntemleri olan yapı tasarım kriterini içermektedir. Bu yöntemler sayesinde yüksek verimli enerji korunumu sağlanıp çevresel zararların önüne geçilirken aynı zamanda konforlu bir iç mekân sağlanmış olur.

İlk olarak Almanya’da ortaya çıkan pasif ev yapı standartları ile mevcut yapılar kıyaslandığında % 90’a yakın enerji tasarrufu sağlandığı gözlemlenmiştir. Pasif ev standartları sayesinde en az enerji tüketimi ile yüksek konfor sağlanması amaçlanır (Bayraktar, 2015).

1.1.Çalışmanın Amacı

Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğu zaman yapı sektöründe enerji için yeni arayışlara girilmiştir. Enerji etkin bina tasarımları ile yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak çevreye zarar vermeyen daha konforlu yapılar tasarlanabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke olmamıza rağmen ülkemizde enerji etkin bina tasarımı yeterince önemsenmemektedir. Bu tez çalışmasında enerji etkin bina tasarımı olan pasif ev yapı standartlarının ılımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) özelinde belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen amaç doğrultusunda pasif ev standartlarının kolay ve anlaşılabilir olması için küçük ölçekli tek katlı bir konut tasarlanmıştır. Yapılan çalışma ile tasarımcı ve uygulayıcılar için kolay anlaşılabilir bilgilere sahip bir kaynak oluşturularak pasif evlerin bilinirliğini ve uygulamalarını artırmak hedeflenmiştir.

Geliştirilen öneri projenin küçük ölçekli olması sebebiyle yapı fuarlarında uygulanıp test edilebilme imkânı sağlayabileceği de düşünülmektedir. Bu uygulama ile pasif bir yapının tanıtımı da sağlanacaktır. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından değerlendirildiğinde potansiyeli yüksek bir ülkedir. Pasif evlerin ülkemizde uygulamalarının artması ülkemiz adına birçok konuda kazanç sağlayacağı gibi çevresel anlamda da faydalı olacaktır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Son yıllarda giderek azalan enerji kaynakları, artan enerji kullanımı buna bağlı olarak yaşanan çevre sorunları enerji etkin bina tasarımlarına yönelmeye sebep olmuştur. Günümüz yapılarında yüksek enerji tüketim sebebiyle bu konular daha da önem kazanmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı ile tüm bu sorunlara kalıcı çözümler üretilmektedir.

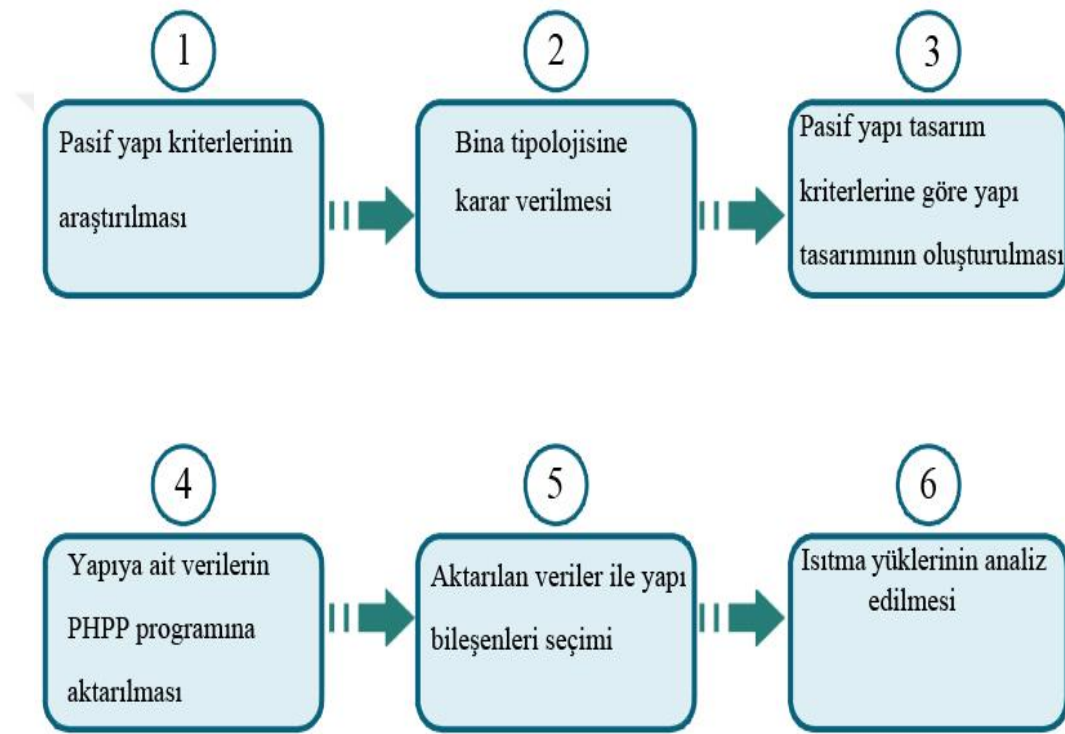
Az enerji tüketen, çevreye zarar vermeyen, kullanıcıya yüksek yaşam kalitesi sunan, enerji etkin bina tasarımlarından olan Pasif ev uygulaması Konya ili özelinde değerlendirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda tez çalışması kapsamında öncelikle gerekli araştırmalar yapılarak pasif evlere ait tanımlamalar, tasarım kriterleri gibi veriler araştırılmıştır. Enerji etkin yapı tasarımlarından biri olan pasif ev yapıları ve pasif evlere ait tasarım ve uygulama standartları araştırılmıştır. Devamında Konya ili için öneri pasif ev tasarımı yapılmıştır. Öneri projeye ait yönelme, yapı formu, pencere yönleri, açıklıkları ve boyutları, yapı bileşenleri seçimi, iklimsel verilere dair bilgileri pasif ev planlama paketi olan PHPP programına veri girişi ile aktarılmıştır. Çalışmanın devamında öneri projenin pasif ev standartlarını sağlayacak değerlere ulaşabilmesi için yalıtım kalınlıkları, yapıya ait ısıtma yükleri PHPP programı yardımıyla alternatifler üzerinden hesaplanmıştır. Alternatif tercihler üzerinden karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılarak ılımlı kuru iklim bölgesi özelinde uygun malzemeler ve yapı sistemindeki malzeme kalınlıklarının belirlenmesi için karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada ilk olarak pasif ev standartları ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Daha sonrasında öneri projenin tipolojisi belirlenmiştir. Temel ihtiyacımız olan barınma ihtiyacını karşılamak için gerekli olan konut projesi tasarımı pasif ev kriterlerine göre hazırlanmıştır. Yapılarda enerji hesabı için kullanılan çok çeşitli simülasyon programları (Ecotect, Trnsys, DesingBuilder) bulunmaktadır. Tez kapsamında pasif ev tasarımı ele alındığı için pasif evlere özel olarak tasarlanmış PHPP programı tercih edilmiştir.

Tasarlanan projenin iklim verileri, yönelme, yapı formu, pencere yönleri, açıklıkları ve boyutları, yapı bileşenleri seçimi gibi projeye ait veriler Pasif ev

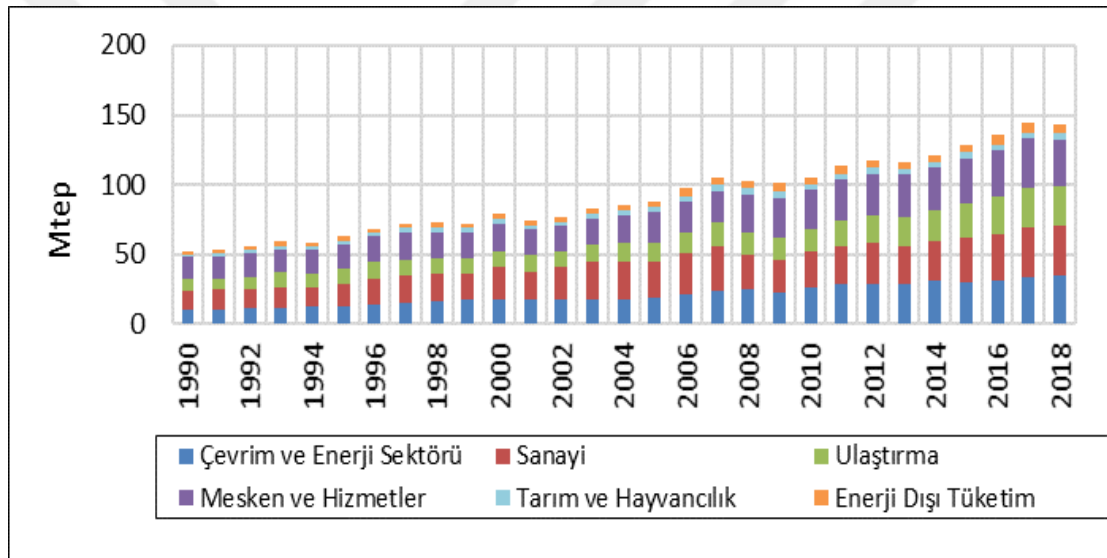
Planlama Paketi olan PHPP programına veri girişi yapılarak aktarılmıştır. Aktarılan veriler doğrultusunda yapıya ait yapı bileşen katmanları oluşturulmuş, PHPP programı yardımı ile yapının ısıtma yükü değerleri hesaplanarak pasif ev standartları doğrultusunda değerlendirmesi yapılmıştır (Şekil 1.1). Analizler sonucunda ılımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) için pasif ev tasarım standartlarına yönelik tasarım kriterleri, yapı bileşenlerine ait U değerleri ve yalıtım malzeme kalınlıkları belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma yönteminin aşamaları

2.ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI

Sanayi devrimi ile enerji tüketimi hızla artmaktadır ve buna bağlı olarak enerji kaynakları tükenmektedir. Sektörlere göre incelendiği zaman yapı sektörü enerji tüketiminin % 40'ından sorumludur (Can,2012). Enerji tüketiminin büyük bir kısmının yapı sektöründe olduğu yapılan analizlerde görülebilmektedir (Şekil 2.1). Artan çevre sorunları ve yüksek enerji tüketimi gibi sorunlar ekolojik mimarlık, sürdürülebilir mimarlık, sıfır enerjili yapılar gibi tasarım fikirlerini gündeme getirmiştir (Engin, 2012).



Şekil 2.1. Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi (Web-1)

Enerjiyi en çok kullanan sektörlerden biri olan inşaat sektöründe enerjiyi etkin kullanabilmek adına çalışmalar yapılmaktadır. Enerji etkin bina tasarımına etki eden birçok faktör bulunmaktadır. İklim topografya, doğal bitki örtüsü, yerleşim yeri, bina aralıkları, bina yönlendirilişi, bina formu bina kabuğu olarak sıralanabilir (Ulukaya, 2012).

2.1. Enerji Etkin Yapılarda Bina Tasarımını Etkileyen Faktörler

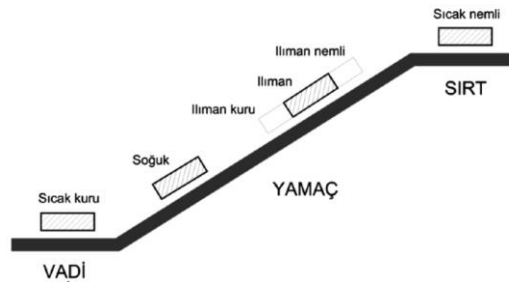
Son yıllarda yaşanan enerji krizleri neticesinde ülkeler enerji kullanımını azaltacak arayışlara girmişlerdir. Bunun için yapılarda enerji etkin tasarımlar önem

kazanmıştır. Yenilebilir enerji kaynakları ile yapılarda enerji kullanımını en aza indirmek, çevreye verilen zararların önüne geçmek hedeflenmektedir. Enerji etkin yapı tasarımları için fiziksel çevreye ait veriler ve yapma çevreye ait veriler doğru tasarım kararlarının verilmesinde önemli etkenlerdendir.

2.1.1.Fiziksel Çevreye İlişkin Parametreler

Yapının inşa edileceği fiziksel çevre koşullarına göre tasarıma başlanması enerji etkin yapı tasarımlarının önemli parametrelerindedir. Enerji etkin bina tasarımında fiziksel çevreye ait olumlu koşullardan faydalanıp olumsuz koşullardan korunmak esastır. Fiziksel çevreye ilişkin parametreler; iklim, topografya, doğal bitki örtüsü olarak nitelendirilmektedir.

- **İklim Koşulları;** yapının tasarlanacağı iklim bölgesine göre güneşin ısıtma etkisinden rüzgârın soğutma etkisinden faydalanmak mümkündür. İklim koşullarının olumsuz özelliklerinden etkilenmemek ve faydaya çevirebilmek için sıcak nemli iklim bölgelerinde rüzgârın serinletici etkisinden faydalanabilmek için yamaç sırtlarına, ılıman nemli bölgeler için yazın serin rüzgârdan faydalanabilmek için yamaçların üst kısmına, ılıman kuru iklimler için yamaç alt kısımlarına yerleşmek gerekmektedir. Soğuk iklim bölgeleri için rüzgârdan korunan yamaçlara, sıcak kuru iklimler için fazla güneş ışınlarından korunan vadilere yerleşilmelidir (İmik,2017) (Şekil 2.2).

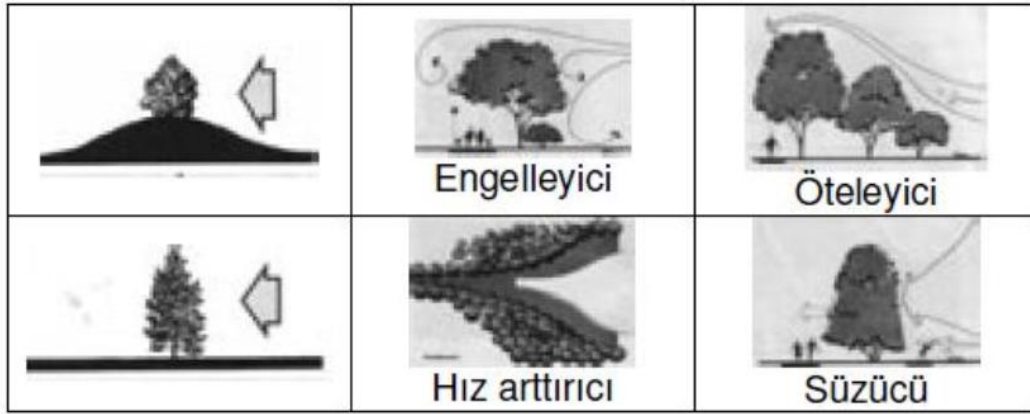


Şekil 2.2. Binaların İklim bölgesine göre konumlanması (Umaroğulları ve Cihangir, 2019).

- **Topografya;** yapının tasarlanacağı iklim bölgesine göre güneşin ısıtma etkisinden rüzgârın soğutma etkisinden faydalanmak mümkündür. Binanın inşa edileceği arazinin eğimi ve yönlenişi yapının gün ışığından faydalanmasında ve

doğal havalandırma ihtiyacının karşılanmasında önemli yer tutar. Yapının inşa edileceği arazinin güney yamaçları güneş ışınımını fazla aldığı için kuzey yamaçlarına göre daha sıcaktır (Akmalı Özçiftçi, 2010).

- **Doğal Bitki Örtüsü;** yapının inşa edileceği fiziksel çevre koşullarından olan doğal bitki örtüsü önemli bir kriterdir. Yapının istenmeyen güneş ışınlarından korunması için çevredeki bitki örtüsünden faydalanılabilir. Bitkiler aynı zamanda havalandırmaya da katkı sağlar. Açık alanlarda bitki koridorları oluşturularak rüzgârın hızı artırılıp mekân havalandırılması sağlanabilir. Geniş yapraklı bitkiler ile istenmeyen rüzgarlar engellenebilir (Aşıkoğlu,2014) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Doğal bitkilendirmenin havalandırmaya etkileri (Aşıkoğlu,2014).

2.1.2.Yapma Çevreye İlişkin Parametreler

Binalarda iklimsel konforun sağlanabilmesi için yapma çevreye ait bilgiler birer parametre olarak tasarıma yansıtıldığı takdirde pasif iklimlendirme sistemi sağlanır. Yapma çevreye ait başlıca tasarım parametreleri yerleşim yeri, bina aralıkları, bina yönlendirilişi, bina formu, bina kabuğu olarak değerlendirilebilir. Bu parametrelerin doğru kurgulanması sonucu pasif iklimlendirme sağlanmış olur.

- **Yerleşim Yeri;** yapının bulunduğu konum enerji etkin tasarım için önemli bir parametredir. Yapının yerleştiği konum ısıtmanın gerekli olduğu bir yerleşimde ise güneş ışınımından en çok faydalanacak tasarım kriterleri uygulanmalıdır. Eğer ki yapının yerleşeceği konum sıcak iklim bölgesinde ise hâkim rüzgârın olumlu etkilerinden faydalanılacak tasarımlar yapılmalıdır.

- **Bina Aralıkları;** güneş ışığından ve ısısından verimli bir şekilde

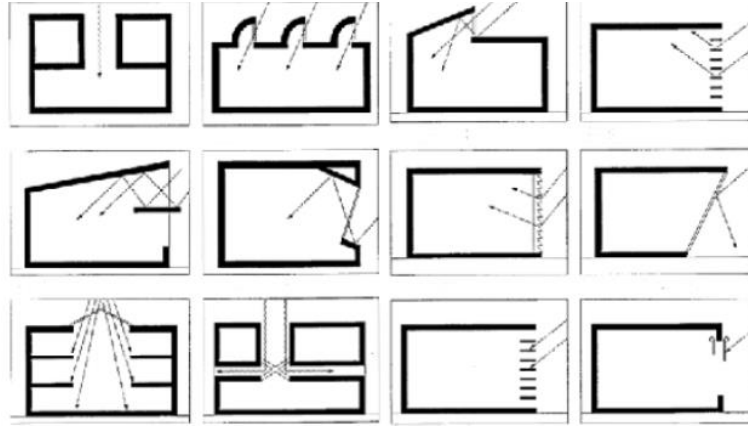
faydalanabilmek için binalar arasındaki mesafelerin doğru kurgulanması gerekmektedir. Binalar arasındaki mesafe doğru kurgulanmadığı zaman birbirinin ışığını keserek konforsuz bir tasarıma dönüşebilir. Bu sebeple binalar arasındaki mesafeler ayarlanırken analizler yapılarak birbirinin ışığını ve ısınısını engellenemeyecek şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir (Demircan,2017).

- **Bina Yönlendirilişi;** güneş ışığı ve rüzgâr etkisi binanın yönüne göre binayı farklı etkilerler. Bulduğumuz kuzey yarım kürede yazın güneşin geliş açısı dik, kışın güneşin geliş açısı ise yatıktır. Bu sebeple kuzey yarım kürede güney cephe yapının kış mevsiminde güneşten en fazla faydalanmasını sağlar. Yaz mevsiminde ise güney cephede güneşten korunmak gerektirir. Güneş kırıcı cephe elamanları ile istenmeyen güneş etkisi azaltılır. Kuzey yarım kürede güney cephesi enerji etkin yapı tasarımında önemlidir (Demircan,2017).

Bina yönlendirmesinde diğer amaç doğal havalandırmadır. Bu amaç hakim rüzgar etkisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bina iç konforu için gerekli olan havalandırma bu şekilde sağlanabilir.

- **Bina Formu tasarımı;** binalarda yapı formu; binanın yüksekliği, çatının türü, cephelerinin eğimi gibi binaya ait geometrik farklılıklar ile belirlenir. Bu parametreler ile ısı kayıpları en aza indirgenmiş yapılar tasarlamak mümkündür. Çok girinti çıkıntısı olmayan düz bir yapı formu çevresinin olumsuz faktörlerinden daha az etkilenmektedir (Bostan,2012).


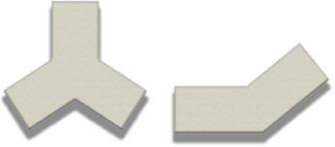
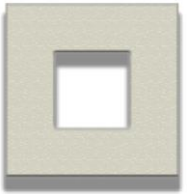


Binanın formu tasarlanırken güneşten ve rüzgardan optimum faydalar sağlanacak hem kesit düzleminde hem plan düzleminde güneş ışınlarının ve temiz havanın iç mekânlar kontrollü bir şekilde alacak formlar tasarlanmalıdır(Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Yapı Formunun enerji verimliliğine etkisi (Dikmen, 2011).

Enerji etkin yapı tasarımlarında yapının formu bulunduğu iklime göre de değişiklik göstermelidir. Yapının kat yüksekliği, girinti çıkıntısı, çatı biçimi gibi değişkenler yapının enerji kayıp ve kazançlarına etki eder. Eğer tasarladığımız yapı sıcak nemli iklim bölgesinde bulunuyorsa rüzgârın havalandırma etkisinden faydalanabilmek için rüzgâr yönüne yüksek yapılar tasarlanmalıdır. Eğer tasarladığımız yapı soğuk iklim bölgesinde bulunuyorsa yapıda oluşabilecek ısı kayıplarından kaçınmak için kompakt, girinti çıkıntısı az olan bir yapı kütleli tasarlanmalıdır. Eğer tasarladığımız yapı sıcak kuru iklim bölgesinde bulunuyorsa güneşin etkilerini azaltmak için güneş gölgeleme elamanları kullanılmalıdır (Aşkoğlu,2014) (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Yapı formu-iklim bölgesi (İmik,2017).

Bina formu	İklim Bölgesi
	Soğuk İklim Bölgesi
	Soğuktan korunaklı kompakt formlu yapılar.
	Ilıman Nemli İklim Bölgesi
	Rüzgâr için geniş yüzeyli serbest formlu, yapılar
	Sıcak Kuru İklim Bölgesi
	Avlulu kare tabanlı yapılar.
	Sıcak Nemli İklim Bölgesi
	Rüzgâr için geniş yüzeylere sahip tek doğrultulu yapılar
	Ilıman Kuru İklim Bölgesi
	Kareye yakın kompakt form

- **Bina Kabuğu Tasarımı;** yapının bina kabuğu tasarımı ısı verimliliği açısından önem taşır. Yapı bileşenlerinin türü, birleşim detayı, U değeri gibi etkenler yapı kabuğunun ısıl dengesini belirler. Bina kabuğu dış hava etkisiyle kazanılan veya kaybedilen ısı miktarında belirleyici unsurdur. İyi tasarlanmış yapı kabuğu sayesinde ısı konfor en üst düzeyde sağlanır. Yapı bu sayede yazın serin kışın sıcak olur.

Enerji etkin yapı tasarımında fiziksel çevreyle ve yapma çevreyle alakalı parametreler doğru kurgulanarak enerji etkin yapılar tasarlanır. Enerji etkin bina tasarımları için geliştirilen sertifika sistemlerinden birini almayı hedefleyen yapılar için bu parametreler önemlidir.

2.2.Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikaları

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin önemli bir parametresidir. Türkiye enerji ihtiyacının en çok arttığı ülkelerin arasında yer almaktadır. Enerji verimliliği için Türkiye’de yeterli bilinci oluşturabilmek amacıyla enerji bakanlığı bazı çalışmalar yürütmektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji alakalı ilk kanun 18 Mayıs 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı ‘Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’udur. 2007 yılında ise ilk değişiklik 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu” ile yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik üretimine ilave teşvikler getirilmiş. 09 Ekim 2008 yılında binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, 25 Ekim 2008 yılında Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliği, 5 Aralık 2008 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 6 Şubat 2009 yılında 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Kapsamında Yapılacak Yetkilendirmeler, Sertifikalandırmalar, Raporlamalar ve Projeler Konusunda Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Tebliği çıkartılmıştır.

8 Ocak 2011 tarihinde 5346 sayılı kanun 6094 sayılı kanunla ikinci kez revize edilmiştir. 2009/11 sayılı Yüksek Planlama Kurulu kararı eki sayılan ‘Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi’ kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları konusunda 2023 yılı hedefleri belirlenmiştir (Aydoğdu, 2021) (Olgun, ve ark., 2009) (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Türkiye’de yürürlüğe giren mevzuatlar (Olgun ve ark., 2009’dan derlenerek yazar tarafından tablolaştırılmıştır.)

Tarih	Kanun/Yönetmelik Adı	Kanun No/Yönetmelik sayısı
18 Mayıs 2005	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	Kanun no:5346
22 Mayıs 2007	Enerji Verimliliği Kanunu	Kanun No. 5627
09 Ekim 2008	Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği	Sayı: 27019
25 Ekim 2008	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik	Sayı: 27035
5 Aralık 2008	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	Sayı: 27075
6 Şubat 2009	5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Kapsamında Yapılacak Yetkilendirmeler, Sertifikalandırmalar, Raporlamalar ve Projeler Konusunda Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ	Sayı: 27133
8 Ocak 2011	Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun	Kanun no:6094

2.3.Enerji Etkin Bina Tasarımlarını Değerlendirmek İçin Geliştirilen Sertifika Sistemleri

Son yıllarda enerji kullanımının dolayısıyla karbon salınımının artmasıyla beraber birçok ülkede yapı sektöründe bu sorunu çözmek için çeşitli arayışlar olmuştur. İnşaat sektöründe ekolojik bina, sürdürülebilir bina kavramları daha sık gündeme gelmeye başlamıştır. Ülkeler yapı sektöründe kullanılan enerjiyi azaltmak için bina sertifikasyon yöntemleri oluşturmuşlardır. Son yıllarda sertifikasyonların sayısı hızla artmıştır (Geçimli, 2021).

Sertifikasyonlar farklı ülkelerde farklı başlıklarla adlandırılmaktadır. Amerika'da LEED, İngiltere'de BREEM, Japonya'da CASBEE, Avustralya'da Green Star, Almanya'da Pasif Ev olarak değerlendirilir.

LEED; Leed(Leadership in Energy and Environmental Design) Sertifikasyon sistemi 1998 yılında, Amerika Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından oluşturulmuştur. Uluslararası ölçekte kabul edilmiş bina sertifikasyon sistemidir. Leed Sertifikasyon sistemi; yapı sektörü içerisinde bulunan herkesin ekolojik kararlar almasını sağlamaktır. Sertifika için tasarım aşamasında ya da inşaat aşaması sonrasında da başvuru yapılmaktadır. Gerekli tasarım kriterleri sağlandığı takdirde yapı LEED sertifikasını almaya hak kazanır(Ürük ve Külünkoğlu İslamoğlu, 2019). LEED Leed Sertifikasyon sistemi bütün yapı çeşitlerinde uygulanabilen bir sertifikasyon türüdür.

BREEAM; BREEAM (Building Research Enstitute Environmental Assesment Method) İngiltere'de tarafından 1990 yılında yayınlanmıştır. Breeam Sertifikasyon sistemi; sürdürülebilir nitelikte çözümlerin yapılarda kullanılmasını hedeflemektedir. BREEAM yeşil bina sertifikasyon sistemi güncel değişimleri takip etmektedir (Anbarcı ve ark., 2012).

BREEAM sertifikasyon sistemi dünya genelinde 116 000 den fazla yapı sertifikalandırılmıştır(Canitez,2013).

CASSBEE; Casbee (The Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) 2004 yılında Japonya'da yeşil Bina Konseyi tarafından yayınlanmıştır. CASBEE Sertifika Sistemi kriterleri daha yerel kurallar çerçevesinde gelişmiştir. Asya ve Japonya'ya özgü kriterler mevcuttur. Sertifikasyon süreçleri Japonca olduğu için farklı ülkelerin kullanımı açısından kullanımı çok verimli

değildir (Yılmaz, 2019).

Green Star; Green Star Avustralya'da 2002 yılında Yeşil Bina Konseyi (Green Building Council Australia –GBCA) tarafından kurulmuştur. Hedefi yapı sektöründe bulunan bütün birimleri sürdürülebilir bina tasarımına yönlendirmektir (Bulut, 2014).

Pasif Ev; İlk örneği Almanya'da 1991 yılında inşa edilmiştir. 1996 yılında Pasif Ev Enstitüsü kurulmuştur. Böylece pasif ev kavramı standartlaştırılarak, uygulanmaya başlanmıştır. Pasif ev sertifikası ile iyi bir ısı yalıtım, yüksek performanslı kapı ve pencereler, hava geçirmez tasarım, ısı köprüsüz detaylar ve ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile yapım standartlarını oluşturan ve geleneksel yapılara göre % 90 enerji tasarrufu sağlayan yapı standartları oluşturulmuştur. Pasif ev sertifikası yapının inşa aşamasından sonra yerinde yapılan ölçümlerde değerleri sağladığı takdirde verilmektedir (Ural Yertutan, 2018).

2.4.Bölüm Değerlendirilmesi

Küresel ısınma, kuraklık, doğal kaynakların hızla tükenmesi ekolojik yapıların önemini artırmıştır. Ülkelerin yapı sektöründe oluşturdukları farklı bina sertifikasyon yöntemleri ile enerji verimliliğini sağlamak ve doğal kaynakları korumak hedeflenmektedir. Bu sertifikasyon yöntemleri ile daha az enerji tüketen yapılar ve çevreye zarar vermeyen yapılar inşa etmek amaçlanır. En çok kullanılan sertifika uygulamaları Breeam, Leed, Casbee, Green Star gibi sistemlerdir (Kılınçarslan ve ark., 2019).

Birçok ülke enerjiyi daha etkin kullanmak, yenilenebilir kaynaklara yönelmek, doğaya verilen zararları en aza indirmek adına geliştirdikleri sertifikalar geliştirmiştir. Bunlardan biri de Almanya'da geliştirilen Pasif Ev sertifikalandırma sistemidir.

3.PASİF EV KAVRAMI

Enerji etkin bir bina modeli olan pasif evler; farklı teknolojiler, farklı yapım teknikleri uygulanabilen, farklı malzeme ve tasarımlardan oluşabilen bir yapının yapım standartlarını içermektedir. Pasif evlerin yüksek verimli yapılar olması için tasarım aşamasından son aşamaya kadar kusursuz planlama gerekmektedir (Şengezer, 2011).

Pasif evler oldukça yüksek enerji tasarrufu sağlayan yapı standardıdır. Yapılan araştırmalarda standart yapılmış bir müstakil eve göre yılda 3 ton daha az karbondioksit yaydığı sonucu elde edilmiştir. Ayrıca yine standart bir konuta göre kıyaslandığında % 80 daha az enerji tüketmektedir (Ulukaya, 2012).

3.1.Pasif Ev Tanımı

Pasif ev Almanca 'Passivhausen' kelimesinden gelmektedir. Almanca'da 'haus' bina anlamına gelmektedir. Bu anlamda pasif ev, farklı bina türlerine uygulanabilen yapı standartlarıdır. Yüksek ısı yalıtımı ve hava sızdırmazlık sayesinde yüksek enerji korunumu sağlar. Aynı zamanda ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi sayesinde hava kalitesini artırarak yapı kullanıcılarına yaşam konforu sağlamaktadır.

Pasif yapılar; yüksek enerji korunumuna sahip yıllık ısıtma ihtiyacı 15 kWh/m² değerine eşit ya da daha az olacak şekilde tasarlanan, alan ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrikli ev aletlerinin kullanımı için toplam birincil enerji ihtiyacının yıllık metre kare başına maksimum 120 kWh/m²a olan, konforlu iç hava koşullarını aktif ısıtma ve soğutma sistemleri kullanmadan sağlayan yapılar olarak tanımlanabilir (Ionescu, 2017).

Pasif evler sadece yeni inşa edilen yapılarda değil aynı zamanda mevcut binaların yenilenmesinde belirli ilkeler gerçekleştirilerek sertifikalandırılır. Fakat özellikle çok eski binaların ısınma gereksinimlerinde 15 kWh/m²/yıl hedefine ulaşması çok zor olduğundan son yıllarda Pasif Ev Enstitüsü(PHI), tarafından 25 kWh/m²/yılı hedefleyen EnerPhit sertifikasını geliştirmiştir (Web-2).

Pasif evlerde inşaat yöntemleri standart değildir. Pasif evler performans standartlarını tanımlamaktadır. Tasarımcı bu standartları sağlayacağı inşaat

yöntemini seçmekte özgürdür. Dikkatli planlama ve uygulama ile pasif ev standartları sağlandığı takdirde yapının inşaat teknikleri değişkenlik gösterebilir. Pasif ev standartları tüm dünyada uygulanabilir. Yerel uygulama ve iklime bağlı olarak değişkenlik gösteren yapı tasarımları gereken kriterleri sağlayacak şekilde planlandığında pasif ev olarak değerlendirilir (IPHA, 2018).

Pasif Ev Enstitüsü (PHI) tarafından pasif ev (PH) sertifikasyon kriterleri;

- Yıllık ısıtma ihtiyacı 15 kWh/m² değerinden az,
- Yıllık soğutma ihtiyacı 15 kWh/m² değerinden az,
- Birincil enerji kullanımı 120 kWh/m² yıl değerinden az,
- Sızdırmazlık (maksimum 50 Pa basınçta) ile sınırlı olan yapılar

olarak tanımlanmaktadır (Sabiyeva, 2022).

3.2.Pasif Ev Tarihiçesi

İlk olarak 1988 yılında Prof. Bo Adamson ve Prof. Wolfgang Feist tarafından Pasif Ev Kavramı ortaya atılmıştır. Ancak ilk uygulaması 1991 yılında Almanya'nın Darmstadt şehrinde Prof. Bott Ridder ve Westermeyer Firması tarafından özel bir müşteri için tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Pasif Ev Enstitüsü(PHI) ise 1996 yılında kurulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Pasif ev tarihçesi

Darmstadt şehrindeki Kranichstein Pasif Evi, Almanya'da pasif ev prensipleri ile yapılmış ilk pasif ev örneğidir. Darmstadt Kranichstein Pasif Evi, Prof. Bott Ridder ve Westermeyer Firması tarafından özel bir müşteri için tasarlanmıştır. 156 m²'lik taban alanına sahip 3 katlı 4 adet sıra evden oluşmaktadır (Şengezer, 2011) (Şekil 3.2).

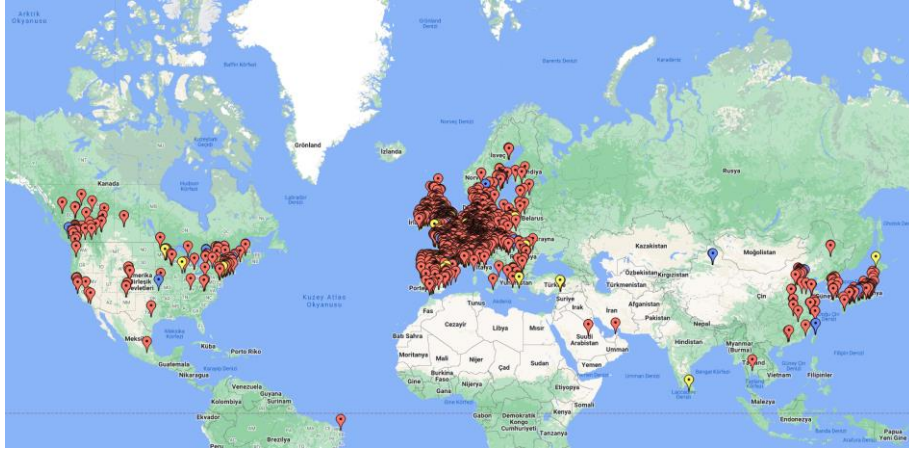
1991 yılında inşa edilen dört ailenin yaşadığı Darmstadt-Kranichstein sıra evleri pasif ev özelliğini korumaktadır. Ölçülen yıllık enerji tüketimi metrekare yaşam alanı başına 15 kWh değerinden (yıllık) daha az olmuştur. Yapılan araştırmalarda Darmstadt-Kranichstein sıra evlerinin hava kalitesi, az enerji kullanımı kullanıcılar tarafından da onaylanmıştır (Demirel, 2013).



Şekil 3.2. 1991 yılında yapılan pasif ev

Pasif Ev Enstitüsü pasif ev standartlarının Avrupa ülkeleri tarafından da benimsenmesi için ‘CEPHEUS’ (Merkez Avrupa Pasif Ev Enstitüsü) Projesi ile Avrupa’nın farklı bölgelerinde performans değerlendirilmesine tabi tutulmuştur. Proje kapsamında bulunan 250 pasif evin istenilen kriterleri sağladığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçların ardından pasif ev standartları Avrupa ülkeleri tarafından kabul görmüştür. Son yıllarda sadece Avrupa’da değil tüm dünyada yaygınlaştığı gözlemlenmektedir (Karabulut ve Kartal, 2021).

2008 yılında dünyadaki 15.000-20.000 civarında pasif yapı bulunmaktaydı. 2010 yılında gelindiğinde ise Avrupa’da yaklaşık 25.000 sertifikalı yapı olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde çoğunluğu Almanya ve Avusturya olmak üzere dünya genelinde 50 000’in üzerinde sertifikalı pasif ev yapısı inşa edilmiştir. İnşa edilen bütün pasif evler Şekil 3,3’de harita üzerinde görülmektedir. Haritada da görüldüğü gibi pasif ev yapıları daha çok Almanya ve Avrupa ülkelerinde uygulanmıştır. Ülkemizde sertifikalı iki proje bulunmaktadır (Boz, 2021).



Şekil 3.3. Sertifikalı pasif ev haritası (Web-3)

3.3. Pasif Ev Sertifikasyon Yöntemleri

Pasif Ev yapıları Almanya’da bulunan Pasif Ev Enstitüsü’nün belirlediği standartlar çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bu sertifikasyon yöntemi ile yeni inşa edilecek yapılar, mevcut binalar, tasarımcılar, yapı bileşenleri, esnaflar, akredite edilmiş bina onaylayıcıları gerekli koşulları sağladıkları zaman Pasif Ev Enstitüsü tarafından sertifikalandırılır.

3.3.1. Pasif Ev Sertifikası

Pasif Ev sertifikasyon kriterlerini karşılayan binalar, dünya çapında faaliyet gösteren Pasif Ev Enstitüsü tarafından akredite edilmiş bina sertifikasyon kuruluşlarından herhangi biri tarafından Pasif Ev binaları olarak sertifikalandırılabilir (Web-2) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Pasif Ev Sertifikası (Web-2).

Pasif ev sertifikaları yenilenebilir enerji talebine ve üretimine bağlı olarak Klasik, Plus ve Premium şeklinde sınıflandırılmaktadır (Çizelge 3.1). Geleneksel pasif evler için ‘Klasik’, yenilenebilir enerji kaynaklarından kendi ihtiyacı kadar

üreten pasif evler için 'Plus', yenilenebilir enerji kaynaklarından kendi ihtiyacından fazlasını üretebilenler için 'Premium' sertifika verilmektedir (Karabulut ve Kartal, 2021).

Çizelge 3.1. Pasif ev Klasik,Plus,Premium kategorileri enerji sarfiyat sınıflandırması (Sepev, 2016)

	Classic	Plus	Premium
Yenilenebilir (PER) Enerji Talebi	60 kWh/m ² a	45 kWh/m ² a	30 kWh/m ² a
Yenilenebilir (PER Enerji Üretimi	-	60 kWh/m ² a	120 kWh/m ² a

Yapılar Pasif Ev Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ısıtma yükü, soğutma yükü gibi değerleri sağladığı zaman Pasif Ev Enstitüsü tarafından sertifikalandırılırlar (Web-5).

3.3.2.Enerphit Sertifikası

Tüm binalar Pasif Ev Standardına göre yenilenememektedir. EnerPHit sertifikası mevcut binaların pasif ev standartlarına uyarlanması için verilen sertifikadır(Şekil 3.5). Mevcut yapılarda pasif ev standartlarını sağlamada yaşanabilecek zorluklar nedeniyle Pasif Ev Enstitüsü 2012 yılında iyileştirme projeleri için yeni bir enerji verimliliği standardı olan EnerPHit sertifikasını geliştirmiştir.



Şekil 3.5. Pasif ev Sertifikası (Web-2)

EnerPHit sertifikaları yenilenebilir enerji talebine ve üretimine bağlı olarak Klasik, Plus ve Premium şeklinde sınıflandırılmaktadır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. EnerPHit Klasik,Plus,Premium kategorileri enerji sarfiyat sınıflandırması (Sepev, 2016)

	Classic	Plus	Premium
Yenilenebilir (PER) Enerji Talebi	60 kWh/m ² a+ (QH -QH,PH) * FØPER,H + (QC - QC,PH) * ½	45 kWh/m ² a+ (QH - QH,PH) +(QC - QC,PH) *1/2	30 kWh/m ² a+ (QH -QH,PH) +(QC - QC,PH) *1/2
Yenilenebilir (PER Enerji Üretimi	-	60 kWh/m ² a	120 kWh/m ² a

Bir yapının Pasif ev sertifikası ya da EnerPhit sertifikası alabilmesi için bazı değerleri sağlaması gerekir bu değerler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3.Passive Hause Institute sayfasından derlenerek yazar tarafından tablolaştırılmıştır.

	Passivhaus	EnerPhit
Yıllık ısıtma ihtiyacı	≤ 15 kWh/m ² yıl	≤ 25 kWh/ m ² yıl
Yıllık soğutma ihtiyacı	≤ 15 kWh/m ² yıl	≤ 25 kWh/ m ² yıl
Yıllık birincil enerji ihtiyacı	≤ 120 kWh/m ² yıl	≤ 120 kWh/ m ² yıl
Hava sızdırmazlık	≤ 0,6 ach @ 50 pascals	≤ 0,6 ach @ 50 pascals

3.3.3.PHI Düşük Enerjili Bina Standardı

PHI Düşük Enerjili Bina Standardı, çeşitli nedenlerle Pasif Ev kriterlerine tam olarak uymayan binalara verilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. PHI Düşük Enerjili Bina Sertifikası (Web-2)

3.3.4.Sertifikalı Pasif Ev Bileşenleri

Pasif Ev Enstitüsü, pasif evlerin yapımında kullanıma uygun yapı bileşenlerini onaylamaktadır. Pasif evlerde kullanılacak bileşenler, sadece sertifikalı bileşenler olmasa da sertifikalı bileşenlerin kullanılması planlamalarını

basitleştirmektedir. Sertifikalı ürünlerin listesini görebileceğimiz pasif ev veri tabanı bulunmaktadır (Web-2) (Şekil 3.7-3.8 ve 3.9).



Şekil 3.7: Bina Kaplaması



Şekil 3.8: Şeffaf Bileşenler



Şekil 3.9: Havalandırma sistemleri

3.3.5. Pasif Ev Enstitüsü tarafından akredite edilmiş Bina Sertifikasyonu

Kuruluşu

Bina sertifikası, kalite güvence sürecinin önemli bir parçasıdır. Artan sayıda sertifika talebini karşılamak için Pasif Ev Enstitüsü, binalar için Pasif Ev bina onaylacılarını eğitmek üzere bir konsept geliştirdi. Bina Onaylayıcıları, pasif ev binalarını Pasif Ev Enstitüsü adına ve bina sertifikasyon kriterlerine göre onaylamak üzere akredite edilmiştir. 2020'nin başlarından itibaren, dünya çapında faaliyet gösteren seksen dokuz Pasif Ev Enstitüsü tarafından akredite edilmiş bina onaylayıcısı bulunmaktadır (Web-4).



Şekil 3.10. Pasif Ev Enstitüsü Tarafından Akredite Edilmiş Bina Sertifikasyonu (Web-2).

3.3.6. Sertifikalı Pasif Ev Tasarımcı / Danışman Sertifikası

Pasif Ev Tasarımcı Sertifikası Pasif Ev Enstitüsü tarafından verilmektedir (Şekil 3.11). Uluslararası kabul görmüş 5000 Sertifikalı Pasif Ev Tasarımcı ve Danışman bulunmaktadır. Sertifikalı Pasif Ev Tasarımcısını niteliği, adaylara binaları başarılı bir şekilde pasif ev standardına göre tasarlamak ve teslim etmek için gereken tüm becerileri sağlamaktadır. Yeterliliği elde etmek için adayların 9 günlük 'sınıf'

temelli bir kursa katılarak 80 saatlik eğitimi tamamlamaları ve her adayın Passive House Institute tarafından belirlenen bir sınavı başarıyla geçmesi gerekmektedir (Web-5).

Pasif ev danışman eğitimi Türkiye’de SEPEV tarafından verilmektedir. Danışman eğitiminin amacı, Türkiye’deki sürdürülebilir ekonomik ve teknolojik kalkınmanın bir parçası olarak pasif ve sıfır enerjili bina sayısını artırmaktır.



Şekil 3.11. Pasif Ev Tasarımcı Sertifikası (Web-2).

3.3.7.Sertifikalı Pasif Ev Esnafı

Yapılar inşa edilirken sahada bulunan inşaat ekibi projenin doğru uygulanması ve başarılı bir projenin ortaya çıkması için büyük önem taşır. Bu nedenle Pasif Ev Enstitüsü pasif ev esnafları için de belli bir eğitim programı vermekte ve bunun sonucunda pasif ev esnaflarını sertifikalandırmaktadır (Web-4) (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Sertifikalı Pasif Ev Esnafı (Web-2).

Pasif ev standartları yüksek enerji korunumu sağladığı için son dönemlerde özellikle Avrupa ülkelerinde tercih edilen sertifika türüdür. Fakat ülkemizde yeterli düzeyde bilinirliği olmadığı için pasif ev uygulamaları yaygın değildir.

3.4.Türkiye’de Durum

Türkiye’de bir tanesi yeni inşaat bir tanesi mevcut yapı olmak üzere iki tane pasif ev Gaziantep ilinde bulunmaktadır. Pasif ev sertifikası alan Gaziantep Ekolojik Binası ve EnerPhit sertifikası alan Gaziantep Kuluçka Merkezi Türkiye’nin Almanya PassivHaus Enstitüsü tarafından sertifikalandırılmış örnek yapılarıdır (Ural Yertutan, 2018).

Gaziantep Ekolojik Binası aynı zamanda LEED Platinum sertifikasına da sahiptir. Yapı Alman Mimar Roland Matzig tarafından tasarlanmıştır. İpekyolu Kalkınma Ajansı’nın desteğini alan ve Gaziantep Üniversitesi ile Gaziantep Büyükşehir Belediyesi’nin ortak çalışmalarıyla tamamlanmıştır. Yapı fonksiyon olarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin tanıtıldığı bir merkez olarak da kullanılmaktadır. Gaziantep Ekolojik Binası tasarım olarak kompakt bir forma sahip tek katlı bir yapıdır (Austro Times,2017) (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Gaziantep İnsan Kaynakları Merkezi (Web-6)

Gaziantep Ekolojik Binası enerji verimliliğiyle alakalı bilgilendirmelerin yapıldığı bir merkez olarak kullanılır. Yapı Gaziantep’te merkezi bir konumda olduğundan ulaşım kolaydır. Ziyaret saatleri içerisinde yapı gezilip incelenebilir.

Gaziantep Kuluçka Merkezi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Enerji Verimliliğinin Artırılması kapsamında kurulmuştur. EnerPhit standartlarına göre yenilenecek Türkiye'de Pasif Ev Enstitüsü tarafından verilen EnerPhit sertifikasını alan ilk ve tek yapıdır. Kuluçka Merkezi Gaziantep'teki enerji verimliliği denetim Őirketleri tarafından büro olarak kullanılmaktadır. Yapı form olarak dikdörtgen ve kompakt bir forma sahiptir (Ural Yertutan, 2018) (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Gaziantep Kuluçka Merkezi (Ural Yertutan, 2018).

Pasif ev standartları son yıllarda hızla yayılmaktadır. Fakat lkemizde sertifikalı pasif ev sayısı fazla değildir. Avrupa lkelerinde oldukça yaygın olan pasif evlerin Amerika BirleŐik Devletleri'nde, Japonya ve Kanada da uygulandığı görülmektedir. 2018 yılı verilerine göre 60 000 pasif ev yapısı bulunmaktadır (Sabiyeve, 2022).

3.5.Son Yıllarda Uygulanmış Pasif Ev rnekleri

Kaliteli yapım standartlarına sahip olan pasif evlerin belirlenmiŐ bir inşaat

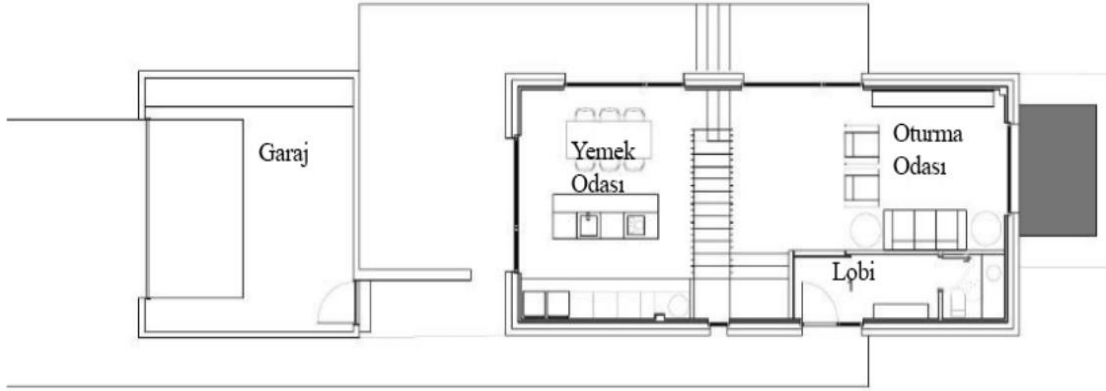
yöntemi bulunmamaktadır. Tasarımcılar tasarlayacakları pasif evleri buldukları iklim ve bölgeye en uygun olan yapım yöntemlerini seçerek inşa edebilirler. Ahşap, karkas, prefabrik gibi farklı farklı inşaat yöntemine sahip pasif evler bulunmaktadır. Pasif ev kriterleri sayısal değerleri sağlamaya dayandığı için farklı yöntemlerin kullanıldığı pasif evler de aranan kriterleri sağladığı zaman pasif ev sertifikasını almaya hak kazanmaktadır.

Pasif Ev konsepti fiziksel ilkelere dayandığından, her bina kendi iklimine göre uyarlanabilir. Pasif ev yapıları bir bina tarzından ziyade bir yöntemdir. İklim bölgelerine göre detayların uyarlanması gerekmektedir. Her ülkede belirli bir yapı geleneği vardır ve her bölgede belirli iklimsel koşulları vardır. Bu nedenle, her pasif ev yapısı için özel çözümün ülkeye ve bulunduğu iklime göre uyarlanması gerekir. Yapılan araştırmalar sonucu farklı iklim bölgelerinde dünyada uygulanmış çok sayıda pasif ev örnekleri olduğu görülmektedir. Herhangi iki pasif evin farklı yerlerdeki tasarımları oldukça farklı görünebilir. Bulduğu iklim koşullarına göre tasarlanıp pasif ev standartlarını sağlayan her yapı uygulama farklılıklarına bakmadan pasif evdir (Ural Yertutan, 2018).

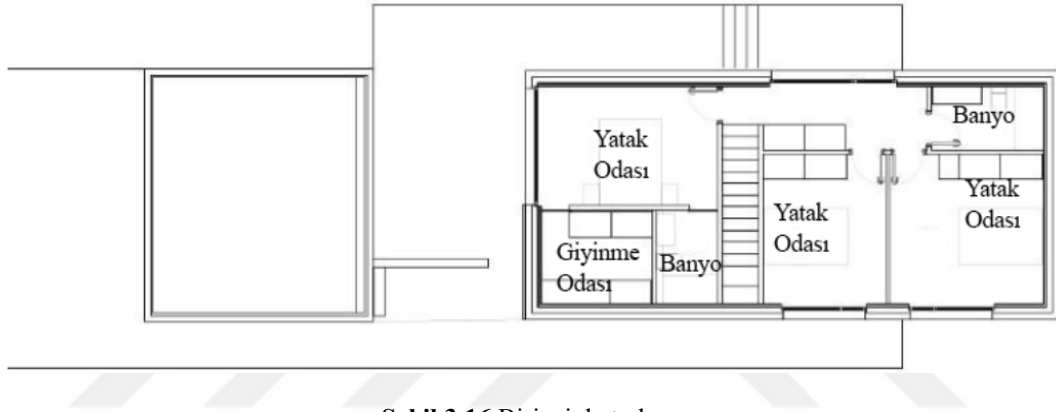
Farklı ülkelerde farklı iklime sahip bölgelerde uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde etmiş birçok pasif ev yapısı bulunmaktadır. Çalışmanın devamında farklı uygulama detaylarına sahip iki farklı pasif ev örneği detaylı olarak aktarılmıştır.

3.5.1. Konut Ph Villamayor Projesi

2020 yılında yapılan Villamayor konut projesi sıcak ılıman iklimde yer alan İspanya'da Salamanca bölgesinde bulunmaktadır. Yapının PHPP programında tanımlanan zemin alanı 117 m²'dir. Tek ailelik konut projesidir. Zemin katta mutfak, tuvalet ve odadan oluşan dikdörtgen bir yapıdır. Birinci katta üç yatak odası, 2 banyo ve tuvaletten oluşmaktadır (Web-7) (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).

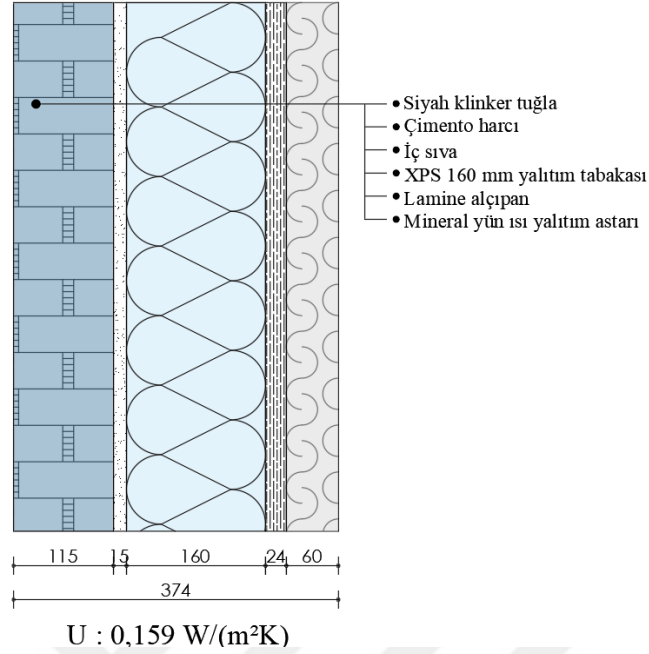


Şekil 3.15.Zemin kat planı



Şekil 3.16.Birinci kat planı

Yapıda dış duvarda 11,5 cm kalınlığında siyah klinker tuğla kullanılmıştır. 15 mm kalınlığında çimento harcı ile iç sıva, XPS 160 mm yalıtım tabakası ve 24 mm kalınlığında lamine alçıpan ve 60 mm kalınlığında mineral yün ısı yalıtım astarı kullanımı ile 37,4 cm duvar kalınlığına ulaşılarak U değeri 0,159 W/(m²K) olan duvarlar elde edilmiştir (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18) (Web-7).

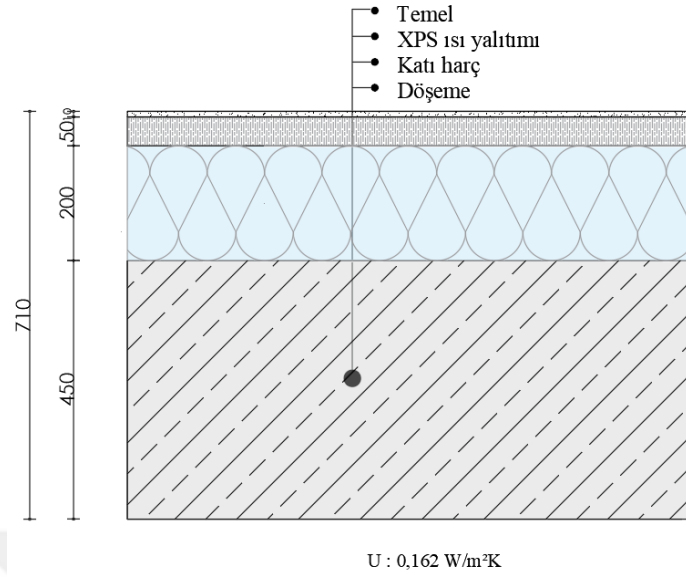


Şekil 3.17.Villamayor Projesi duvar kesiti

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	¿Aislamiento interior?				
01ud	M1 FACHADA LADRILLO					
Resistencia térmica superficial [m²K/W]						
Inclinación del elemento: 2-Muro		interior R _{si} 0,13				
Adyacente a: 1-Aire exterior		exterior R _{se} 0,04				
Superficie parcial 1	λ [W/mK]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/mK]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/mK]	Espesor [mm]
LADRILLO CARA VISTA	0,350			JUNTA MORTERO	1,800	115
MORTERO	1,200					15
XPS (80+80 MM)	0,035					160
LANA MINERAL	0,035	MONTANTE ACERO	48,000			60
PYL	0,250					24
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
74%		0,1%		26,0%		37,4 cm
Suplemento al valor-U: <input type="text"/>		W/(m²K)		Valor-U: 0,159		W/(m²K)

Şekil 3.18.Villamayor Projesi duvar malzeme kalınlıkları ve λ değerleri (Web-7).

Zemin döşemesinde 45 cm kalınlığında temel, 200 mm XPS ısı yalıtımı, 50 mm katı harç ve 10 mm kalınlığında döşeme uygulanarak 71 cm kesite sahip U değeri 0,162 W/(m²K) olan zemin döşemesi elde edilmiştir (Şekil 3.19 ve Şekil 3.20) (Web-7).

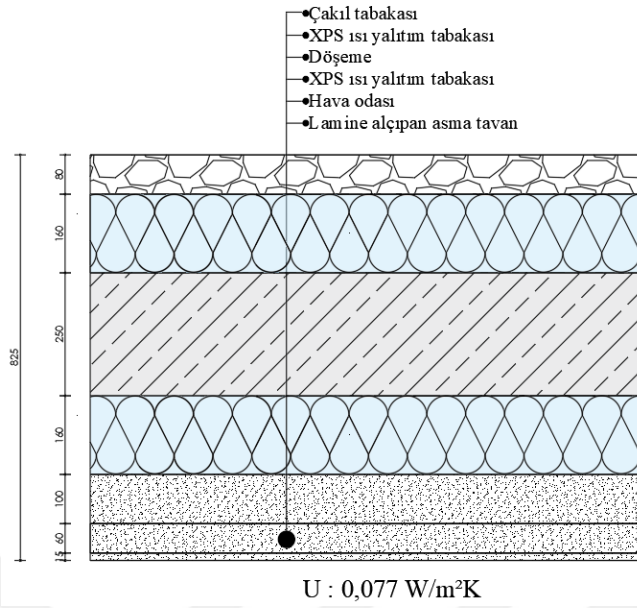


Şekil 3.19. Villamayor Projesi zemin döşeme kesiti

Nr. elem. cons.		SUELO CON LOSA CIMENTACIÓN			¿Aislamiento interior?	
03ud	SU1	SUELO CON LOSA CIMENTACIÓN			<input type="checkbox"/>	
Inclinación del elemento:		3-Suelo	Resistencia térmica superficial [m²K/W]			
Adyacente a:		2-Terreno	interior R _{s1}	0,17		
			exterior R _{s2}	0,00		
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
TARIMA FLOTANTE FIN FLOOR PE UNDERLAY	0,154					10
MORTERO	1,500					50
XPS (100+100MM)	0,035					200
LOSA	2,500					450
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						71,0 cm
Suplemento al valor-U:		Valor-U:		0,162 W/(m²K)		

Şekil 3.20. Villamayor Projesi zemin döşeme malzeme kalınlıkları ve λ değerleri (Web-7).

Çatıda 80 mm çakıl tabakası ve 160 mm XPS ısı yalıtım, döşeme altında 160 mm XPS ısı yalıtım tabakası, 100 mm hava odası ve lamine alçıpan asma tavan uygulanarak 82,5 cm kesitinde U değeri 0,077 W/(m²K) olan çatı tasarlanmıştır (Şekil 3.21 ve Şekil 3.22).



Şekil 3.21. Villamayor Projesi çatı kesiti

Nr. elem. cons:		CUBIERTA PLANA		¿Abatamiento interior?		
02,ud	CU1					
Resistencia térmica superficial [m²K/W]						
Inclinación del elemento: 1-Techo		interior R _s : 0,10				
Adyacente a: 1-Aire exterior		exterior R _s : 0,04				
Superficie parcial 1	λ _i [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ _i [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ _i [W/(m·K)]	Espesor [mm]
GRAVA	2,000					80
XPS (80+80 MM)	0,035					160
FORJADO	0,280					250
XPS (80+80MM)	0,035					160
CAMARA AIRE	0,070					100
LANA MINERAL	0,035	MONTANTE ACERO	48,000			60
PYL	0,250					15
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%		0,1%				82,5 cm
Suplemento al valor-U:		W/(m²K)		Valor-U:		0,077 W/(m²K)

Şekil 3.22. Villamayor Projesi çatı malzeme kalınlıkları ve λ değerleri (Web-7).

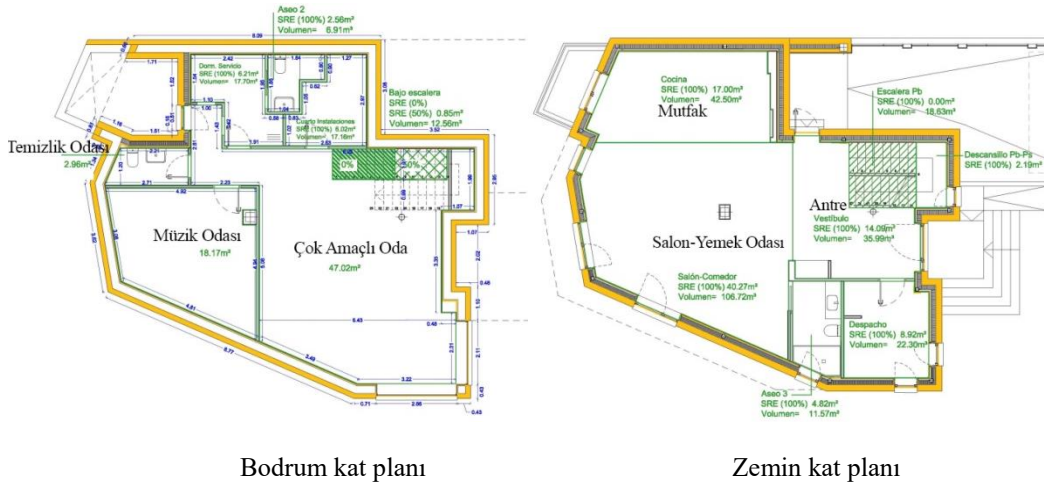
Çizelge 3.4'de yapıya ait U değerleri, mekanik havalandırma sisteminin ısı geri kazanım oranı, yapının ihtiyaç duyduğu enerji miktarları verilmiştir. Yapı pasif ev standartlarını sağlayarak klasik sertifikaya sahiptir.

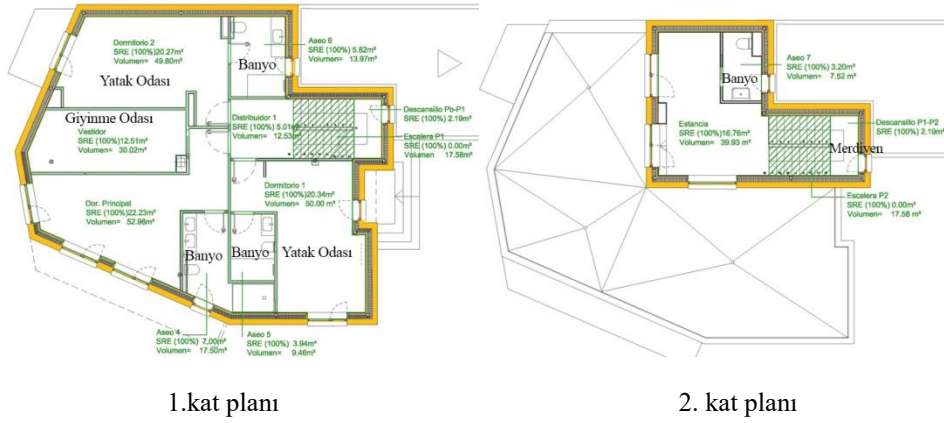
Çizelge 3.4. Villamayor Projesi U değerleri ve yapının ihtiyaç duyduğu enerji miktarları (Web-7).

Yapım yılı	2020	Alan ısıtma	13 kWh/(m ² a)
U değeri (dış duvar)	0.159 W/(m ² K)		
U değeri (temel döşemesi)	0.162 W/(m ² K)	Yenilenebilir Birincil Enerji (PER)	57 kWh/(m ² a)
U değeri (çatı)	0.077 W/(m ² K)	Yenilenebilir Birincil Enerji Üretimi	0 kWh/(m ² a)
U değeri(pencere)	0.89 W/(m ² K)	Yenilenemez Birincil Enerji (PE)	88 kWh/(m ² a)
Isı geri kazanımı	84 %	Basınç testi n50	0.3 h-1

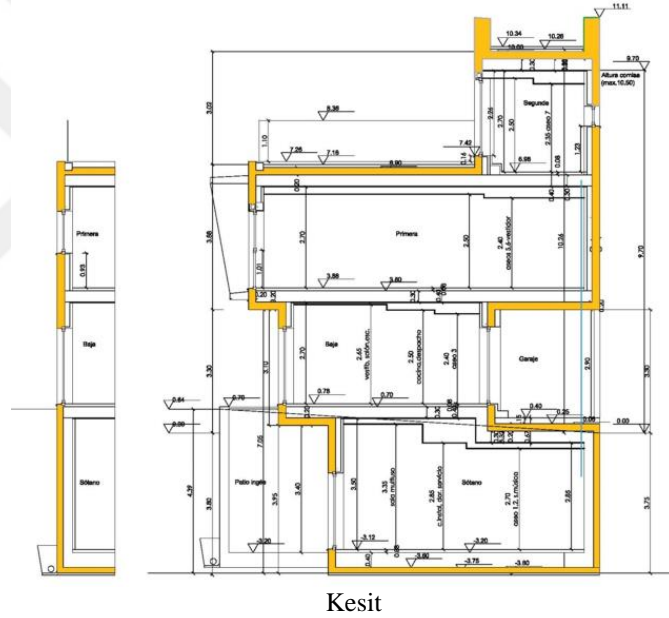
3.5.2. Müstakil Konut Ph Ruiz Fernandez Madrid projesi

Yapı küçük bir aile için tasarlanmış 2020 yılında inşa edilmiş müstakil bir konuttur. Yapının inşaat alanı 292,50 m²'dir. Yapı dört kattan oluşmaktadır. Servis odası, müzik odası ve çok amaçlı (oyun) odası bodrum katta yer almaktadır. Yaşam alanlarının geri kalanı zemin kat, birinci ve ikinci kat arasında dağıtılır. İkinci katta banyolu çalışma odası ve geniş bir teras bulunmaktadır (Şekil 3.23 ve Şekil 3.24).



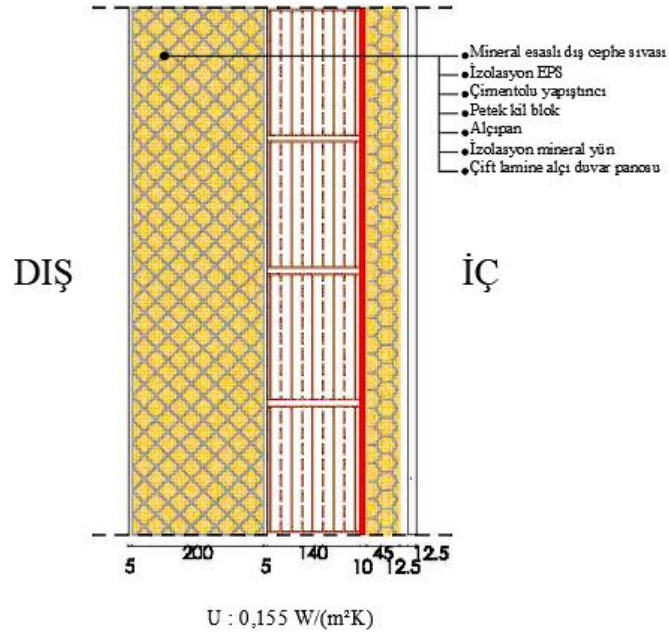


Şekil 3.23. Projeye ait planlar (Web-8).



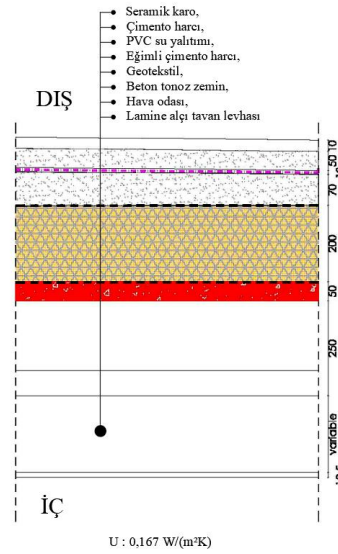
Şekil 3.24. Projeye ait kesit (Web-8).

Yapıda dış duvarlar için 5 mm kalınlığında mineral esaslı dış cephe sıvası, 200 mm kalınlığında izolasyon EPS, 2 mm kalınlığında çimentolu yapıştırıcı, 140 mm kalınlığında petek kil blok, 10 mm kalınlığında alçıpan, 45 mm kalınlığında izolasyon mineral yün, 25 mm kalınlığında çift lamine alçı duvar panosu kullanılarak U değeri 0,155 W/(m²K) olan duvar elde edilmiştir (Şekil 3.25).



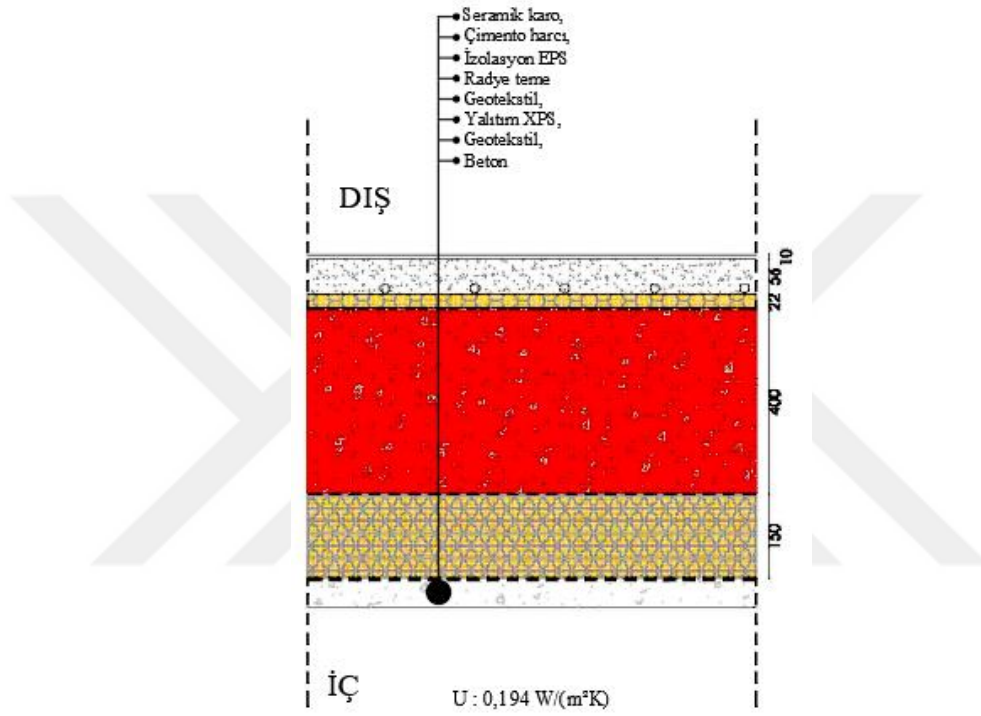
Şekil 3.25. U değeri 0,155 W/(m²K) olan duvar kesiti (Web-8).

Projede düz teras çatı kullanılmıştır. Teras çatı için 10 mm kalınlığında seramik karo, 50 mm kalınlığında çimento harcı, 10 mm kalınlığında PVC su yalıtımı, 70 mm kalınlığında eğimli çimento harcı, geotekstil, 300 mm kalınlığında beton tonoz zemin, hava odası, 12,5 mm kalınlığında lamine alçı tavan levhası kullanılarak U değeri 0,167 W/(m²K) olan çatı döşemesi elde edilmiştir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. U değeri 0,167 W/(m²K) olan çatı kesiti (Web-8).

Projede bodrum zemini için 10 mm kalınlığında seramik karo, 56 mm kalınlığında çimento harcı, 22 mm kalınlığında izolasyon EPS, 400 mm kalınlığında radye temel, geotekstil, 150 mm kalınlığında yalıtım XPS, geotekstil, 100 mm kalınlığında beton kullanılarak U değeri 0,194 W/(m²K) olan bodrum zemin döşemesi elde edilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. U değeri 0,194 W/(m²K) olan bodrum zemin döşemesi (Web-8).

Çizelge 3.5’de yapıya ait U değerleri, basınç testi sonucu, yapının ihtiyaç duyduğu enerji miktarları verilmiştir. Yapı pasif ev klasik sertifikaya sahiptir.

Çizelge 3.5. Müstakil Konut Ph Ruiz Fernandez Madrid projesi bina verileri (Web-8).

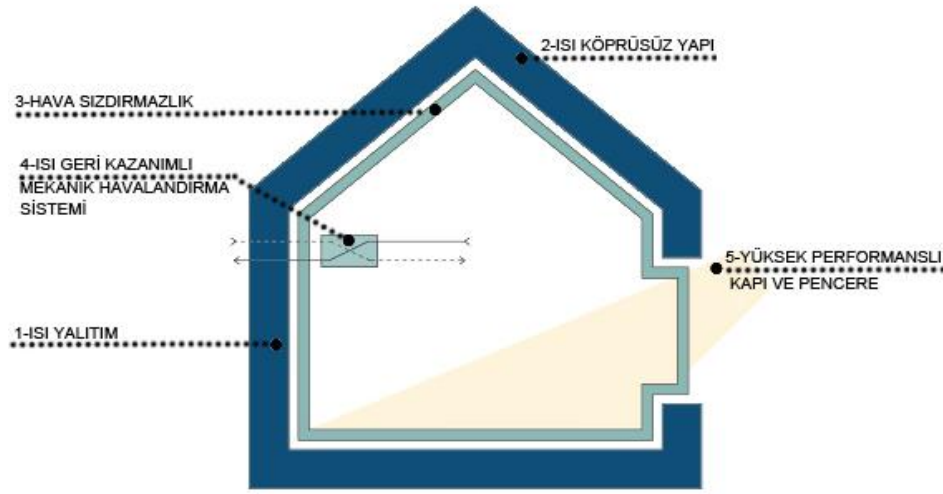
Yapım Yılı	2020	Alan ısıtma	16 kWh/(m ² a)
Alan	292.50 m ²	Alan soğutma	10 kWh/(m ² a)
Dış Duvar U değeri	0.155 W/(m ² K)	Birincil Enerji Yenilenebilir (PER)	36 kWh/(m ² a)
Bodrum zemini U değeri	0.194 W/(m ² K)	Yenilenebilir enerji üretimi	16 kWh/(m ² a)
Çatı U değeri	0.167 W/(m ² K)	Yenilenemeyen Birincil Enerji (PE)	57 kWh/(m ² a)
Pencere U değeri	1.52 W/(m ² K)	Basınç testi n50	0.43 h-1

Pasif ev tasarım ve uygulamalarında belirli prensipler mevcuttur. Bu prensipler çerçevesinde tasarlanıp inşa edilen yapılar pasif ev kriterlerini sağlayarak yüksek enerji korunumlu yapı standardı olan pasif ev sertifikasını alırlar.

3.6.Pasif Ev Uygulamalarında 5 Temel Prensip

Bir yapının pasif ev standartlarını sağlayabilmesi için uyulması gereken 5 temel ilke bulunmaktadır. Bunlar;

1. Isı Yalıtım
2. Isı köprüsüz yapı,
3. Hava sızdırmazlık
4. Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemleri (MVHR:Mechanical Ventilation with Heat Recovery)
5. Yüksek performanslı kapılar ve pencerelerdir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Pasif ev uygulamalarında 5 temel prensip (Somuncu, 2022).

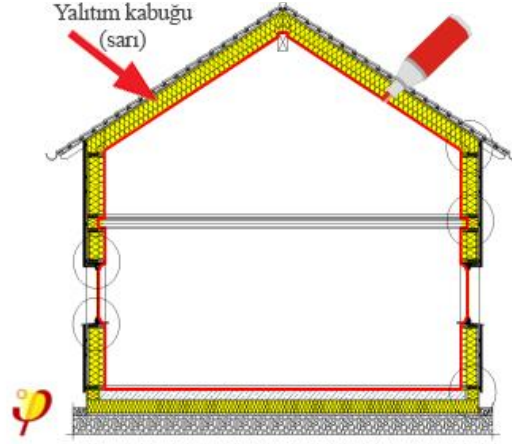
3.6.1. Isı Yalıtım

Pasif yapıların temel fikri ısı kayıplarını en aza indirmektir. Bu sebeple pasif bir yapının en temel özelliği çok yüksek yalıtıma sahip olmasıdır. İyi bir yalıtımın amacı dışarıdaki olumsuz hava koşullarından en az etkilenmesi olarak açıklanabilir.

Isı yalıtımını maliyet açısından değerlendirildiği zaman yapıya ilave maliyet getirmektedir. Ancak iyi bir yalıtım sayesinde sağlanan enerji tasarrufu 2 ile 3 sene içerisinde kendi maliyetini karşılayabilmektedir (Şengezer, 2011).

Pasif ev standartlarına göre yapıda bulunan bileşenlerin U değerinin (termal ısı kaybı katsayısı) $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ değerinden az veya eşit olması gerekmektedir. U değeri 1 K derece sıcaklık farkında m^2 başına ne kadar ısı kaybedildiğini gösteren birimdir. Birimi ' $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ' dir (Multi Konfor Binalar, 2009).

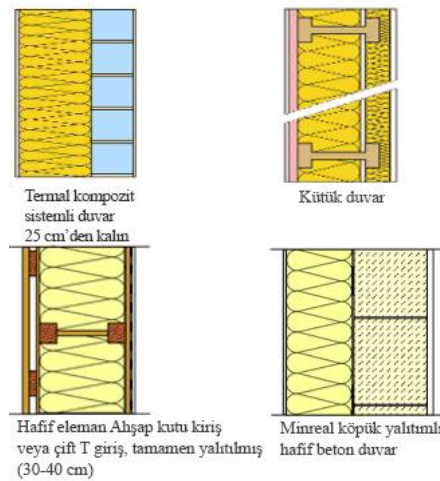
Pasif yapılarda ısı kayıplarını en aza indirerek enerji tasarrufu sağlamak için binanın dış kabuğunun kesintisiz bir şekilde ısı yalıtım ile kaplanması gerekmektedir (Ömerca Akyol, 2012). Şekil 3.29'da görülen sarı yalıtım katmanını kesintisiz bir şekilde binayı sararak binayı dış hava etkenlerinden yüksek performans sağlayarak korumaktadır. Pasif yapılarda duvar, döşeme ve çatılarda yapılan kesintisiz yalıtım sayesinde yapıya enerji tasarrufu sağladığı gibi aynı zamanda yapıda oluşabilecek nem, rutubet gibi binaya ve kullanıcı konforuna zarar veren durumların da önüne geçilebilmektedir.



Şekil 3.29. Pasif ev ısı yalıtım kabuğu (Web-9).

1996 senesinde kurulan Pasif Ev Enstitüsü'nün (PHI) geliştirmiş olduğu pasif ev standartları uygulandığı takdirde 20m²'lik bir odayı 4 kişinin vücut ısısı ya da 10 küçük mum ile odayı ısıtmak mümkün olabilmektedir (Karabulut ve Kartal, 2021).

İyi hesaplanmış ısı yalıtımlı duvar tasarımlarının binaların enerji performansına etkisi büyüktür (Şekil 3.30). Yapıyı oluşturan katmanların uygulama detaylarının doğru uygulandığı yapı için uygun kalınlıkların seçildiği uygun yalıtım malzemesi kullanıldığı takdirde yapıdaki enerji kayıplarının büyük ölçüde önüne geçilmiş olmaktadır (Şengezer, 2011).



Şekil 3.30. Pasif ev kriterlerine uygun dış duvar tasarımları (Web-10).

100 m² dış duvar yüzeyine sahip bir müstakil ev örneği kullanılarak, farklı U değerleri için ısı kaybı oranı, yıllık ısıtma kayıpları, yıllık maliyete etkisi Çizelge 3.6'da belirtilmiştir.

Pasif Ev duvarının U değerinin oldukça düşük olması gerekir. Pasif Ev duvarlarının U değerleri 0,10- 0,15 W/(m²K) arasında değişmektedir. İklima bağlı olarak, bu rakamlar biraz daha yüksek veya daha düşük olabilir. Çizelge 3.6.'da belirtilen değerlere göre ilk satırda bulunan yalıtımsız binalar ile kıyaslandığında pasif yapıların enerji verimliliği anlamında 10 kat daha verimli olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.6. Farklı dış duvarlar için ısı kayıp değerleri ve yıllık maliyete etkisi (Web-10).

U Değeri (W/(m ² K))	Isı Kaybı Oranı (W)	Yıllık Isıtma Kayıpları (kWh/yıl)	Yıllık Maliyet Sadece Dış Duvar(€/yıl)
1.00	3,300	7,800	515.00
0.80	2,640	6,200	409.00
0.60	1,980	4,700	310.00
0.40	1,320	3,100	205.00
0.20	660	1,600	106.00
0.15(PASİF EV)	495	1,200	79.00
0.10(PASİF EV)	330	800	53.00

Çizelge 3.7'de 0,13 W/(m²K) değerinde U değeri elde etmek için belirtilen malzemeden oluşan bir dış yapı elemanının ne kadar kalın olması gerektiğini göstermektedir. Pasif evlerde yapı bileşenlerinin U değerleri istenilen aralıkta olması için kullanılacak malzemenin türü oldukça önemlidir. Aynı zamanda kullanılan malzemeye göre istenilen değerlere ulaşmak için yalıtım kalınlığı da çok önemlidir. Isı iletkenlik değeri düşük malzemeler seçildikçe yalıtım kalınlığı azalmaktadır. Isı iletkenlik değeri büyük malzemeler seçildikçe yalıtım kalınlığı artmaktadır. Bu durum mekân alanlarını tasarım olarak olumsuz etkilediği için ısı iletkenlik değeri düşük malzemeler seçmek daha avantajlı olmaktadır (Web-11).

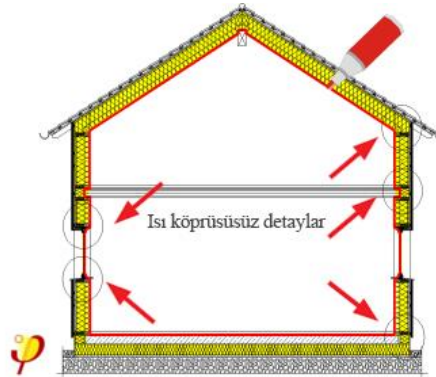
Çizelge 3.7. 0,13 W/(m²K) değerinde duvar yalıtımı için malzemelerin kalınlık değeri (Web-10)

Yapı Malzemesi	Termal iletkenlik W/mK	U=0,13 W/(m ² K) m için gerekli kalınlık
Betonarme	2.3	17.30
Katı Tuğla	0.80	6.02
Delikli Tuğla	0.40	3.01
Yumuşak Ağaç	0.13	0.98
Gözenekli Tuğla, Gözenekli Beton	0.11	0.83
Saman	0.055	0.41
Tipik Yalıtım Malzemesi	0.040	0.30
Yüksek Kaliteli Geleneksel Yalıtım Malzemesi	0.025	0.19
Nano Gözenekli Süper Yalıtım Malzemesi Normal Basınç	0.015	0.11
Vakum Yalıtım Malzemesi (Silika)	0.008	0.06
Vakum Yalıtım Malzemesi (Yüksek Vakum)	0.002	0.015

3.6.2. Isı Köprüsüz Yapı

Pasif evlerde önemli kriterlerden biride ısı köprüsüz yapı tasarımıdır. Pasif yapılarda ısı köprüsüz tasarım değeri $\Psi \leq 0.01$ W/mK'in altında veya negatif değerde olması gerekir (Demirel, 2013). Isı köprüsüz tasarımı sayesinde, ısı köprülerinden geçen ısı kayıpları, enerji dengesinde dikkate alınmaları gerekmeyecek kadar azaltılabilir.

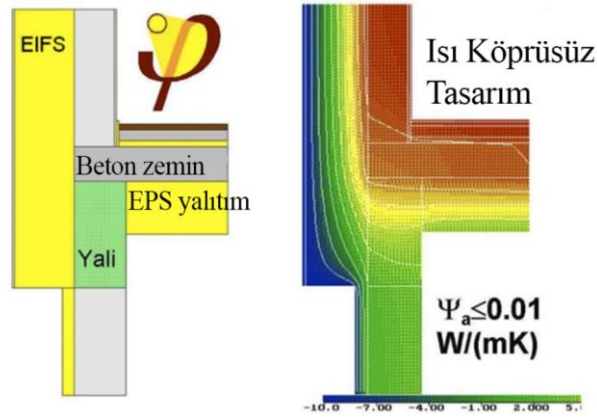
Isı köprüsü olabilecek noktalar Şekil 3.31'de işaretlenmiştir. Isı köprülerini önlemek için çok iyi detaylar çözülmelidir. Tüm kenarlar, köşeler, bağlantılar ve geçişler özenle planlanmalı ve uygulanmalıdır. Kaçınılması mümkün olmayan ısı köprüleri mümkün olduğunca en aza indirilmelidir.



Şekil 3.31. Isı köprüsüz pasif ev kesiti örneği (Web-9)

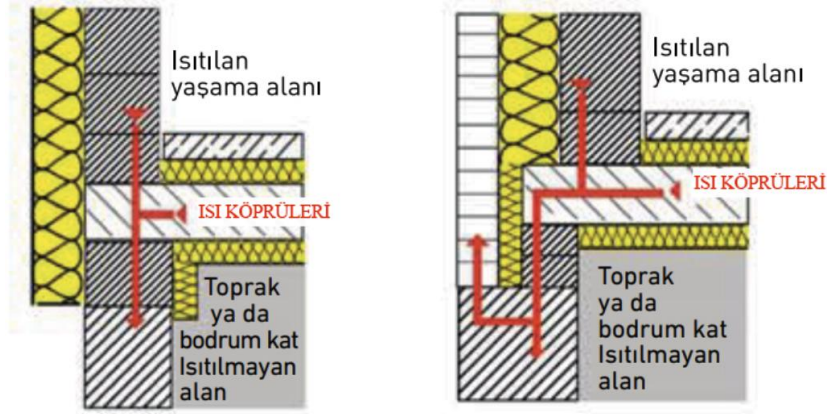
Kullanılan malzemelerin uygulama aşamasında delinmesinde, yapı bileşenlerinin birleşim noktalarında, balkon gibi çıkmalarda ısı dirençler farklılık göstermektedir. Yapılarda en çok ısı kayıplarının olduğu yerler arasında balkonlar bulunmaktadır. Balkonlar ısı köprülerinin en yüksek olduğu noktalardır. Oluşan ısı köprüleri yapılarda ısı kayıplarına neden olmaktadır. Yapıda enerji verimliliği düşerek fazla yakıt tüketimine sebep olmaktadır. Yapılarda balkon gibi çıkmalardan olabildiğince uzak durulmalıdır (Ural Yertutan, 2018).

Yapı kabuğundaki pencere, kapı, tesisat boruları gibi noktalar ısı köprüleri için dikkat edilmesi gereken diğer noktalardır. Bodrum merdivenleri, çatı çıkış merdivenleri gibi ısıl noktalarda ısı köprüleri engellenmelidir (Şengezer, 2011). Şekil 3.32’de ısı köprülerden korunmuş bir yapı kabuğu görülmektedir.

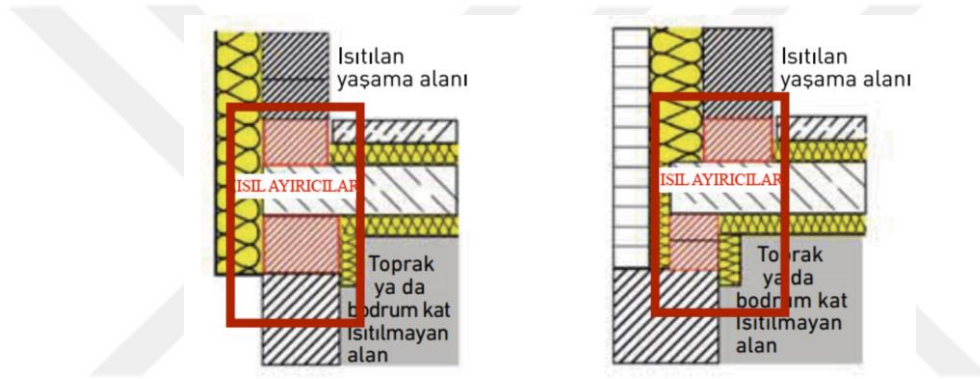


Şekil 3.32. Isı köprülerden korunmuş bir yapı kabuğu (Web-1).

Şekil 3.33’de tek katmanlı dış duvar ve sandviç duvar ile bodrum döşemesi veya toprağa oturan döşeme plağı arasında oluşan ısı köprüleri gösterilmektedir. Şekil 3.34’de ise bu oluşan ısı köprülerinin önüne geçmek için oluşturulan detaylar gösterilmektedir. Detaylarda görüldüğü gibi eğer bodrum, dış duvar veya temel üzerine yer alan döşeme ısıl ayırıcı ile ayrılırsa oluşabilecek ısı köprülerinin önüne geçilmiş olur (Şengezer, 2011).

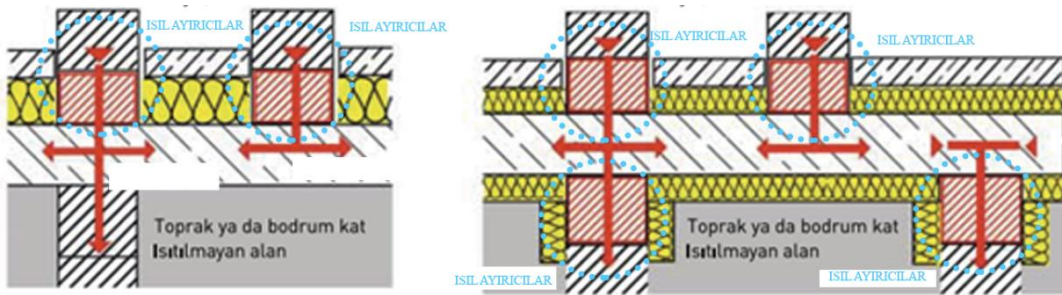


Şekil 3.33. Pasif evlerde bodrum duvarlarıyla temel döşemeleri ve dış duvarlar arasında oluşan ısı köprüleri (Multi Konfor Binalar, 2009).



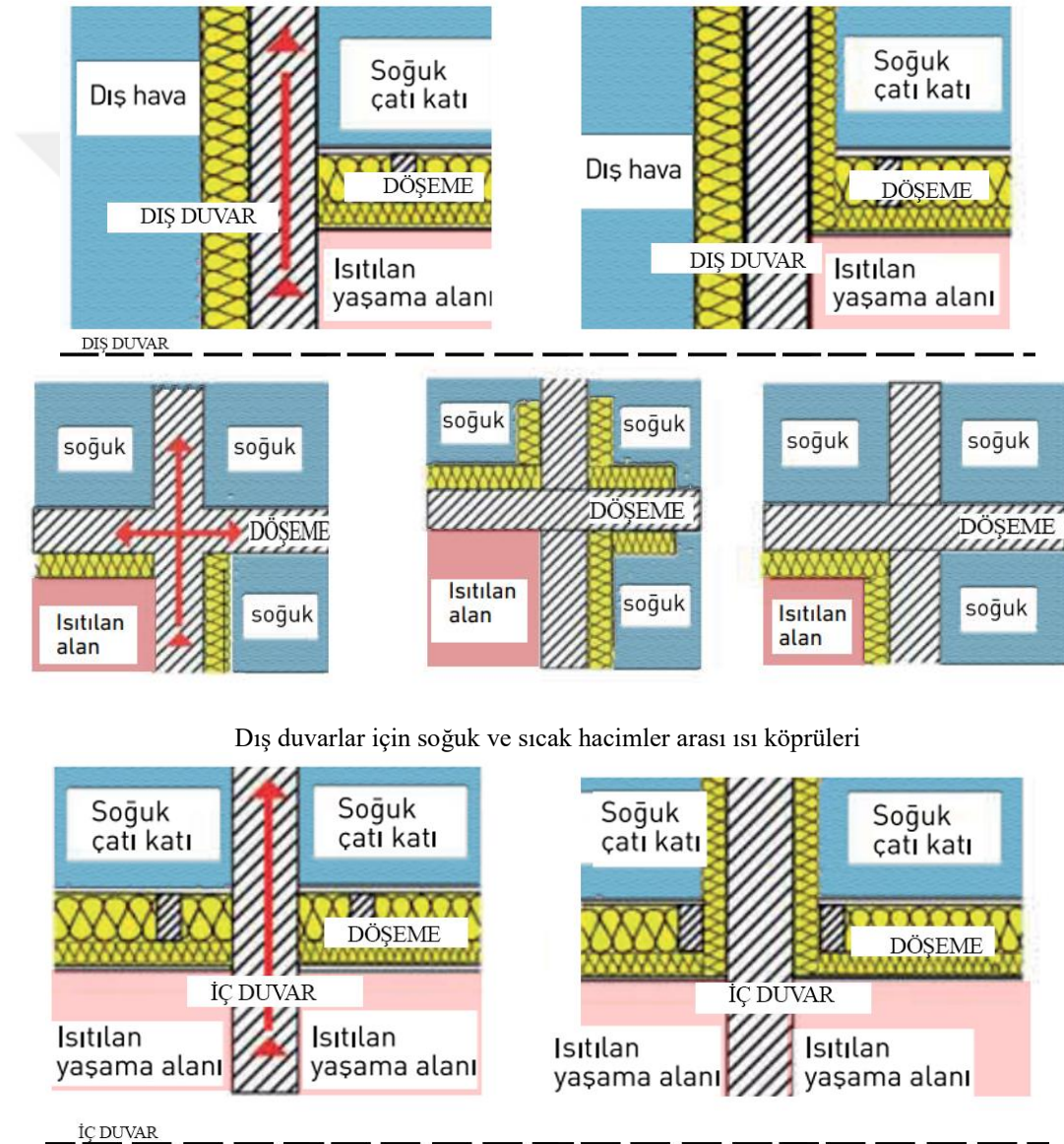
Şekil 3.34. Pasif evlerde bodrum duvarlarıyla temel döşemeleri ve dış duvarlar arasında ısı köprüsüz detaylar (Multi Konfor Binalar, 2009).

Şekil 3.35’de bodrum kat döşemesi ya da zemin döşeme plağı ile iç duvarlar arasında oluşan ısı köprüleri görülmektedir. Isıtılan alan ile ısıtılmayan alan arasında oluşan ısı köprüsü yine aynı yöntemle yani ısı yalıtıcı tabakalar ile oluşacak ısı köprülerinin önüne geçilmiş olur.



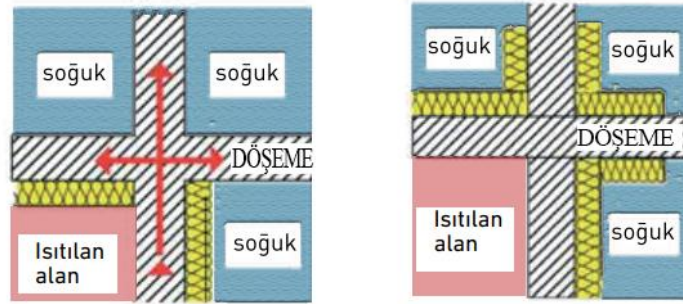
Şekil 3.35. Bodrum kat döşemesi ya da zemin döşeme plağı ile iç duvarlar arasında oluşan ısı köprüleri (Multi Konfor Binalar, 2009).

Şekil 3.36’da dış duvarlarda ve iç duvarlarda soğuk hacim ile sıcak hacimler arası ısı köprüleri olduğu durumlar ve ısı köprülerini engellemek için gereken detaylara yer verilmiştir. Duvarlarda soğuk hacim ile sıcak hacimler arasında herhangi bir ısı geçişini engelleyen bir detay olmadığı için ısı köprüleri oluşur. Soğuk alanların duvarlarla kesiştiği kısımlara ısı yalıtım uygulaması yapılarak ısı köprülerinin önüne geçilir.



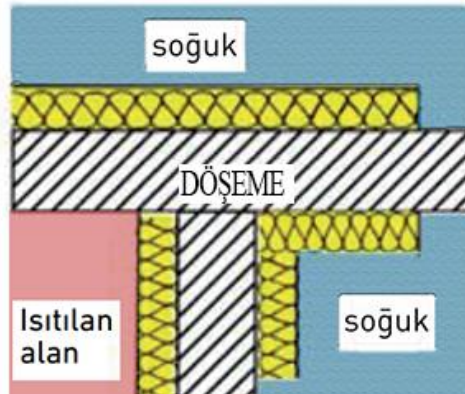
Şekil 3.36. İç duvarlar ve dış duvarlar (Multi Konfor Binalar, 2009).

Şekil 3.37’de soğuk ve sıcak duvar geçişlerinde oluşan yatay ısı köprü detayları gösterilmektedir. Isıtılan hacimlerde ve soğuk hacimlerde duvarın bir kısmına ısı yalıtım uygulanması ısı köprülerinin oluşmasına neden olur. Soğuk hacimlere ısı yalıtım uygulanarak yapılan uygulamada ısı köprülerinin oluşmaması için yeterli bir uygulamadır.



Şekil 3.37. Soğuk ve sıcak duvar kesişimlerinde oluşan yatay ısı köprüleri (Multi Konfor Binalar, 2009).

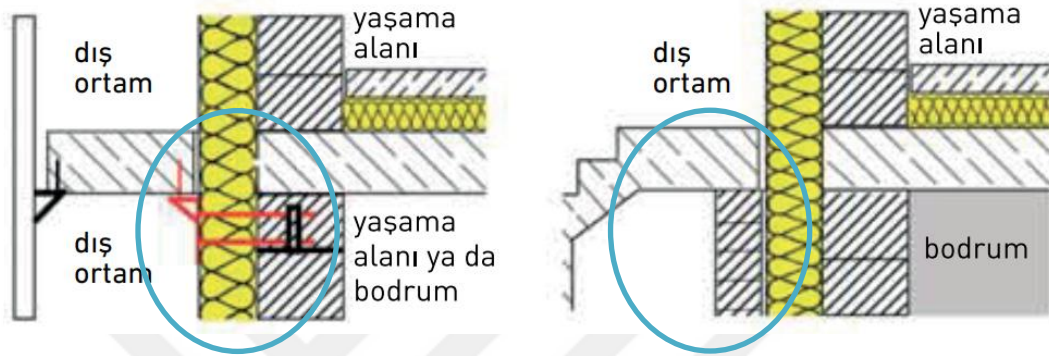
Şekil 3.38’de soğuk ve sıcak duvar kesişimlerinde oluşan yatay ısı köprülerinin engellenmesi için gereken çözümler yer almaktadır. Isıtılmış duvarların ve ısıtılmamış duvarların etrafı tamamen yalıtılırsa ısı köprülerine çözüm olur.



Şekil 3.38. Soğuk ve sıcak duvar kesişimlerinde oluşan yatay ısı köprüleri (Multi Konfor Binalar, 2009).

Şekil 3.39’da balkon, sahanlık ve çıkma yapan tavanlarda ısı köprüleri çözümleri yer almaktadır. Pasif evlerde balkon, çıkma gibi elemanlar ısı köprüleri açısından kritik noktalardır. Pasif evlerde balkon ya da çıkmaların yapıdan ayrı

tasarlanması ısı köprülerini engellemek açısından daha doğru olacaktır. Şekil 3.39’da görüldüğü gibi döşemeler sadece küçük çelik konsollarla sağlanabilir. Eğer çelik kesiti küçük ise az ısı köprüsü olacaktır. Ya da ısı yalıtımı yapılmış bir yapıdan tamamen ayrı bir konstrüksiyon yapılabilir. Bu yöntem ile ısı köprüleri tamamen engellenecektir.

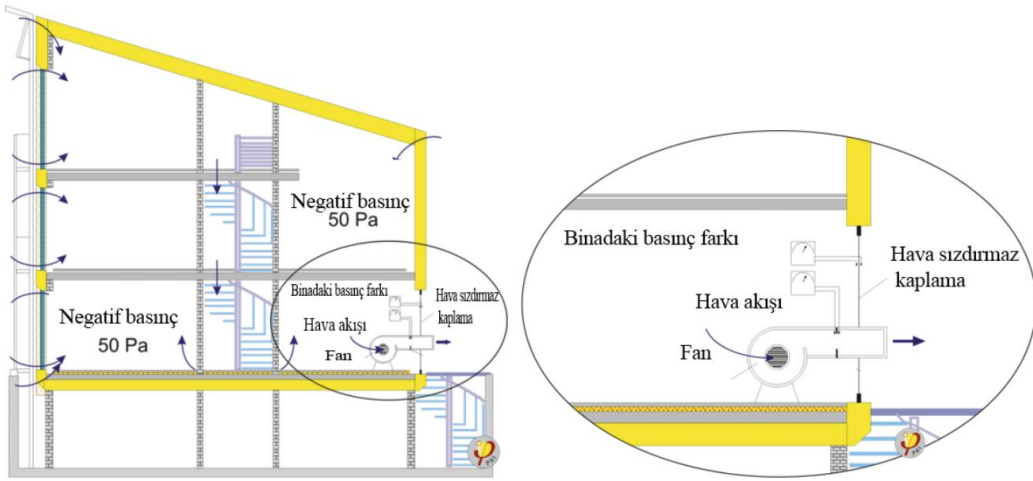


Şekil 3.39. Balkon, sahanlık ve çıkma yapan tavanlarda ısı köprüleri çözümleri (Multi Konfor Binalar, 2009).

3.6.3. Hava Sızdırmazlık

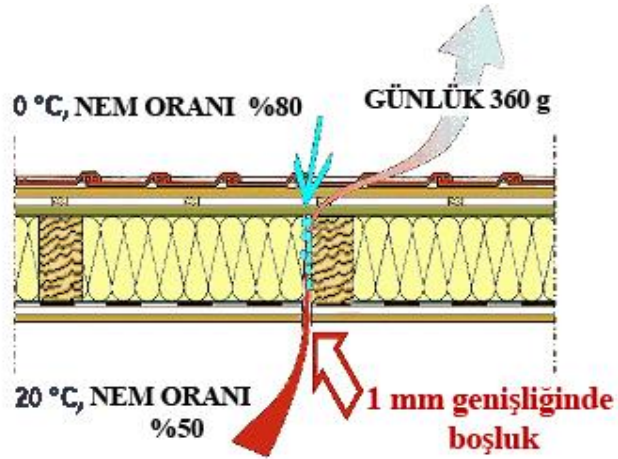
Yapılarda ısı kayıplarının en önemli sebeplerinden biri de hava sızdırmazlık özelliği olmayan yapı kabuğudur. Yapılarda ısı konforunun artması, enerji tasarrufunun sağlanması ve yapıdaki iç ortam hava kalitesinin artabilmesi için yapının hava sızdırmazlığı tasarımı iyi kurgulanmalıdır. Verilere göre hava sızdırmaz yapı kabuğuna sahip olmayan yapılarda ısı kayıpları % 20-50 arasındadır (Şengezer, 2011).

Pasif yapılarda hava sızdırmazlık değeri 50 Pascal basınçta iç mekan ve dış mekân arasındaki hava değişim miktarı en fazla 0,6 l/h olması gerekmektedir (Ural Yertutan, 2018). Bina kabuğundaki hava sızdırmazlık değeri Blower Door Testi (hava basıncı testi) ile kontrol edilir (Şekil 3.40). İnşaat aşamasında yapılan bu ölçümde binanın iç mekânı ve dış mekânı arasında 50 Pa basınç farkı oluşturulur. Bu basınç farkında hava değişim oranı ölçülür. Pasif ev standartlarına göre hava basıncı testi sonucunun en fazla 50 Pa basınçta % 60’ı geçmemesi beklenir (Demirel, 2013).



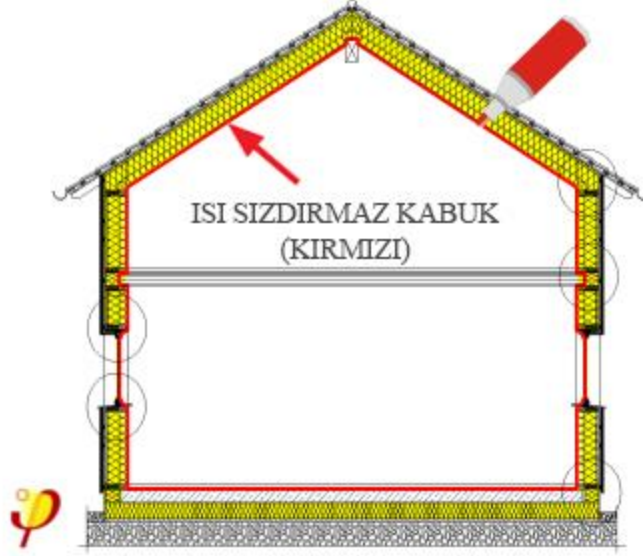
Şekil 3.40. Hava sızdırmazlığını test etmek için temel ölçüm düzeni (Web-2).

Kabuktaki boşluklardan nem geçişi olduğu zaman binada hasarlar oluşmaya başlar(Şekil 3.41). Hava sızdırmazlık sağlandığı zaman yapılarda oluşabilecek yoğuşmaların önüne geçilerek yapı ömrü uzar. Bina kabuğunda sağlanan hava sızdırmazlık sayesinde yapı malzemelerinde oluşan çürüme, küflenme, oksitlenme gibi sorunların önüne geçilebilir (Boz, 2021).



Şekil 3.41. İçeriden dışarıya hava akışı olan bir boşlukta oluşacak olumsuz sonuçlar (Web-19)

Bir binanın hava geçirmez bir yapı olmasını sağlamak için temel ilke sürekli kesintisiz hava geçirmez bina kabuğu ilkesidir. Bina kabuğu, yalnızca tüm sınırlandırılmış alanı (kırmızı çizgi) çevreleyen tek bir kesintisiz hava geçirmez kabuktan oluşuyorsa hava geçirmez olabilir (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Pasif ev ısı sızdırmaz bina kabuğu (Web-9)

Hava sızdırmaz yapılar hassas planlama, tam iç sıva, güçlendirilmiş bina kâğıdı gibi çözümlerle yapılabilir. Ayrıca yapının inşası aşamasında kapı ve pencere gibi alanlarda malzeme montajlarının doğru uygulanması önem kazanır. Her birleşim detayı için kullanılacak malzemeler projenin planlama aşamasında netleştirilmelidir (IPHA, 2018).

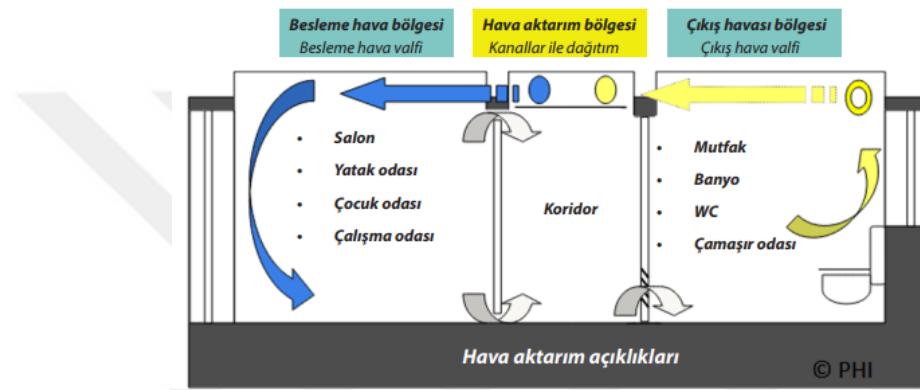
3.6.4. Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma Sistemi (MVHR)

Pasif yapıların amaçlarından biride kullanıcılara sağlıklı ve kaliteli iç hava ortamı sağlamaktır. Bu sebeple pasif yapılarda yüksek hava kalitesi sağlayan havalandırma sistemi bulunur. Bu havalandırma sistemi sayesinde hem iç mekân hava kalitesi sağlanır hem de ısı geri kazanımlı sistem ile kirli havadaki ısı temiz havaya aktarılarak ortam ısısı korunur. Pasif evler bu sayede sürekli temiz havası bulunan kaliteli iç hava şartlarına sahiptir. Bu havalandırma sistemi ile kirli ve temiz hava arasında düzenli olarak değişim söz konusudur. Bu sayede pencereler açılmadan iç ortamda temiz hava oluşumu sağlanır (Ural Yertutan, 2018).

Pasif yapılarda doğal havalandırma yoktur. Pencereleri kullanmadan 24 saat kaliteli iç hava sağlanır. Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi ile ortam havası dış ortamda bulunan olumsuz hava koşullarından etkilenmez. Aynı zamanda

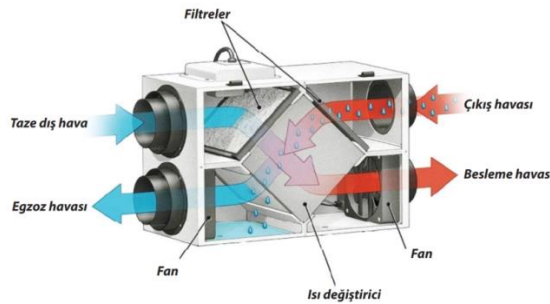
yapıda havalandırma pencereler ile yapılmadığı için yapı dış ortamdaki gürültüden de korunmuş olur (Demirel, 2013).

Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma kurgulanırken 3 bölgeden oluşur. Temiz hava yaşam mekânlarına (salon, yatak odası, çocuk odası, çalışma odası) aktarılır. Aktarılan hava koridor, giriş gibi mekânlarda bulunur. Kirli hava koridor yoluyla mutfak banyo gibi mekânlardan atılacak şekilde tasarlanır (Şekil 3.43). Böylece kontrollü bir havalandırma sistemi sağlanmış olur.



Şekil 3.43. Pasif yapılarda hava sirkülasyonunun şematik gösterimi (Somuncu, 2022).

Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi; taze hava, egzoz havası, çıkış havası, besleme havası, ısı değiştirici ve filtrelerden oluşmaktadır. Taze dış hava ile egzoz havası arasında ısı değişimi sağlanarak besleme havası yaşam mekânlarına ulaşır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma Sistemi (Somuncu, 2022).

Isı geri kazanımlı havalandırma sistemini seçerken yüksek verimli sistemler seçilmelidir. Havalandırma sistemi için beklenen ısı geri kazanım oranı en az % 75

elektrik tüketimi $0,45 \text{ Wh/m}^3$ olan cihazlar tercih edilmelidir. Hava değişim oranı $0.25-0.40 \text{ l/h}$ aralığında olması gerekir. Yüksek kaliteli fitreler (G4-F7) sayesinde dış havada bulunan toz, polen gibi yapı içerisinde rahatsızlık veren maddeler yapı içerisine girmesi engellenir. Her kullanıcı için saatte $20-30 \text{ m}^3$ temiz hava sağlanmalıdır. Havalandırma kanallarına ses susturucular eklenmelidir (Boz, 2021).

3.6.5. Yüksek Performanslı Kapılar ve Pencereleler

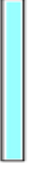
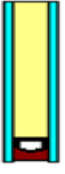

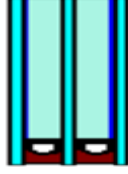
Binalarda ısı kayıplarının en çok görüldüğü yerler arasında niteliksiz pencere ve kapılar yer alır. Soğuk iklim bölgelerinde zayıf yalıtımlı pencerelerin ısı kayıp oranları fazladır. Pasif ev standartlarını sağlayabilmek için özel olarak üretilmiş yüksek performanslı pencere ve kapı sistemleri PHI tarafından sertifikalandırılmıştır. Sertifikalı ürünlere pasif evin veri siteminden ulaşılabilir.

Soğuk ılıman iklimlerde pasif ev pencereleri için low-e kaplamalı üçlü cam, yalıtımlı pencere çerçeveleri, yalıtımlı konstrüksiyonlar, pencerelerin ısı köprüsüz montajı önemli bileşenlerdir (Web-12).

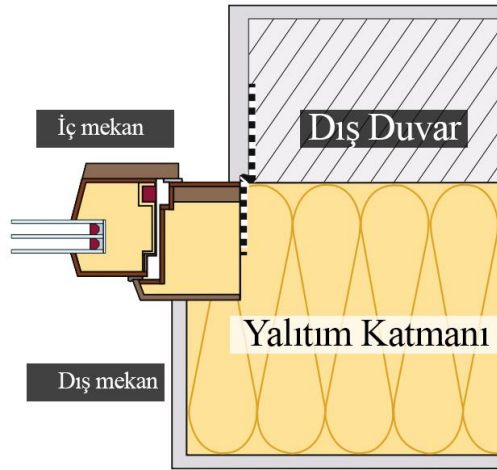
Pasif ev pencereleri birçok üretici firma tarafından üretilmektedir. Türkiye’de de pasif ev sertifikası olan pencere sistemleri bulunmaktadır. Sertifikalı pencereler sayesinde enerji tasarrufları pencereden kaybedilen ısının yarısından fazlasını oluşturur (Web-12).

Sürekli gelişim içerisinde olan camların gelişimi çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Pasif evler için uygun olan camlarda daha düşük enerji kayıpları vardır.

Çizelge 3.8. Cam sistemlerinin gelişimi (Web-12).

				
Tip	Tekil	Çift	Low-e Kaplamalı Çift Cam,Ar	Low-e Kaplamalı Üçlü Cam,Ar
U Değeri W/(m²K)	5.60	2.50	1.20	0.65
Yüzey Sıcaklığı Dış -10°C, İç 20°C	-1.8°C	9.1 °C	15.3 °C	17.5 °C
Güneş Geçirgenliği	0.92	0.80	0.62	0.48

Pasif ev için kullanılacak olan pencerelerin yalıtımlı çerçeveye sahip olması gerekmektedir. Isı köprüleri engellenecek şekilde kurulum detaylarının olması sağlanmalıdır. Pencereler yalıtım katmanına monte edilirse ısı köprülerinin büyük oranda önüne geçilmiş olur (Şekil 3.45).

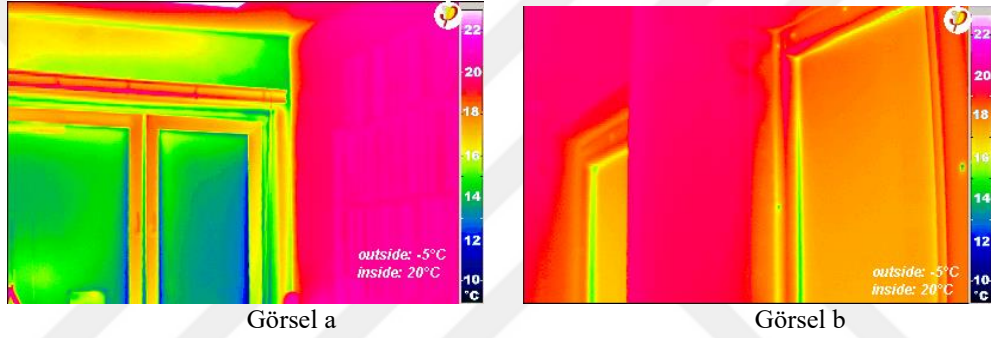


Şekil 3.45. Yalıtım katmanına monte edilmiş pencere detayı (IPHA, 2018).

Şekil 3.46'da görsel a'da tek odacıklı çift cam ile görsel b'de iki odacıklı üç cam pencere sisteminin yüzey sıcaklıkları görülmektedir. Yapılan ölçümde dış hava sıcaklığı -5 °C iç mekân sıcaklığı 20 °C'dir. Günümüz yapılarında sıklıkla kullanılan tek odacıklı pencere sistemlerinin U değeri 2.8W/(m²K)'dir. Bu sistem tek camlı

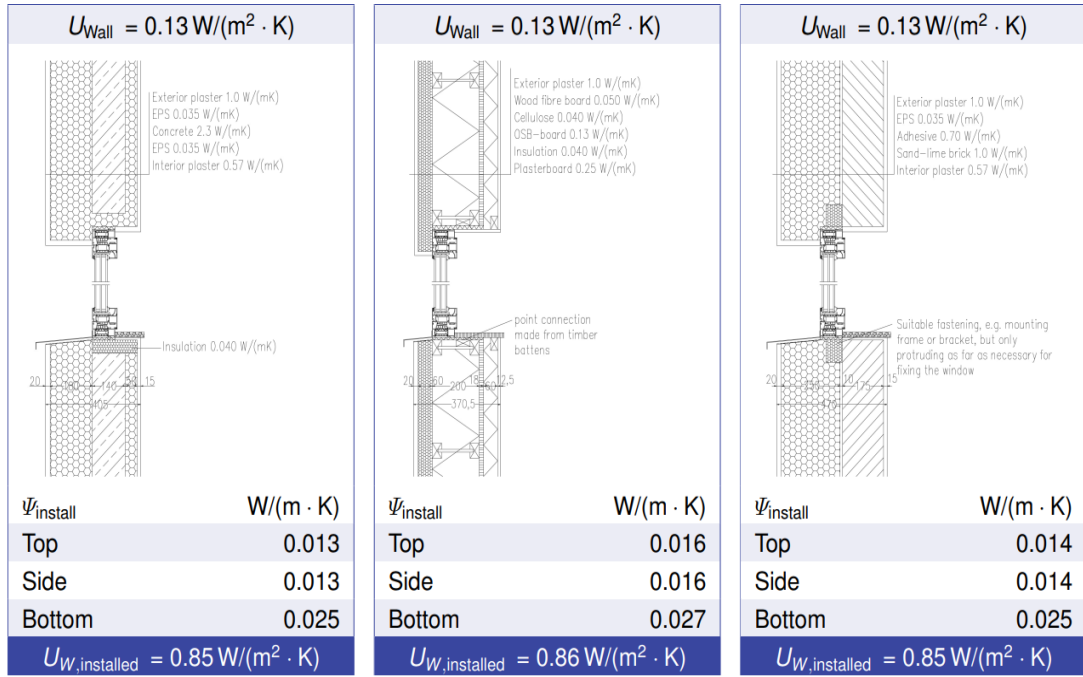
sitelere göre ısı kayıplarını yarıya düşürmektedir. Fakat yine de bu pasif ev standartlarına ulaşamamaktadır. Görsel b’de pasif evlerde kullanılan yüksek oranda ısı kayıplarını önleyen low-e cam sistemleri ile oluşturulmuş pencerenin yüzey sıcaklığı görülmektedir. Pasif evlerde genellikle iki odacıklı 3 camlı plastik çerçeve tutucu ve güneş kontrol film kaplı camlara sahip pencereler kullanılır. Bu sayede U değeri $0,70\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ değerine kadar inmektedir (Şengezer, 2011).

Şekil 3.46’daki görsel Darmstadt Kranichstein’daki pasif eve aittir. Pasif ev pencerelerinde cam kenarlarında sıcaklık $15\text{ }^\circ\text{C}$ ’nin altına düşmediği için konforlu bir iç ortam sağlamaktadır (Web-12).



Şekil 3.46. Pencere termal görüntüleri (Web-20).

Şekil 3.47’de PHI tarafından sertifikalandırılmış bir pencerenin detayları verilmiştir. Çizelge 3.9’da bu sertifikalı pencereye ait değerler yer almaktadır. Pasif ev tasarlarken gereken bütün kriterler test edildiği için sertifikalı ürünlerin kullanılması pasif ev standartlarının sağlanmasını kolaylaştırır (Sepev, 2016).



Şekil 3.47. PHI tarafından sertifikalandırılmış bir pencerenin detayları (Web-13).

Çizelge 3.9. PHI tarafından sertifikalandırılmış örnek pencere (Web-13).

Çerçeve kesimi	Çerçeve genişliği b f mm	Çerçeve U değeri Uf W/(m ² K)	Cam kenarı Ψ değeri Ψg W/(mK)	Sıcaklık faktörü f Rsi = 0,25 m ² K/W
Orta kayıt 1 kanatlı	136	0,89	0,023	0,78
Alt kısım	150	0,81	0,024	0,80
Tepe	150	0,81	0,024	0,80
Yanal	150	0,81	0,024	0,80

Pasif ev standartlarının sağlanmasında etken 5 temel ilke detaylı olarak aktarılmıştır. Bununla birlikte pasif ev tasarımında yapının uygulanacağı bölgenin iklim ve arazi verileri de önemlidir. Yapının uygulanacağı yer ile birlikte pasif ev standartlarının sağlanmasında yardımcı olarak PHPP programı kullanılmaktadır.

3.7.Pasif Ev Planlama Paketi(PHPP)

Pasif Ev Planlama Paketi, pasif ev tasarımında standartlarının uygunluğunu doğrulama üzerine geliştirilmiş tasarım aracıdır. PHPP programı ısı yalıtımı, ısı köprüsü, hava sızdırmazlık, havalandırma ve pasif ev pencereleri gibi bütün pasif ev planlama detaylarını içerir. PHPP hesaplamalarında kullanılan metotlar Avrupa

standartı EN 13790 (DIN EN ISO 13790) esas alınarak oluşturulmuştur (Boz, 2021).

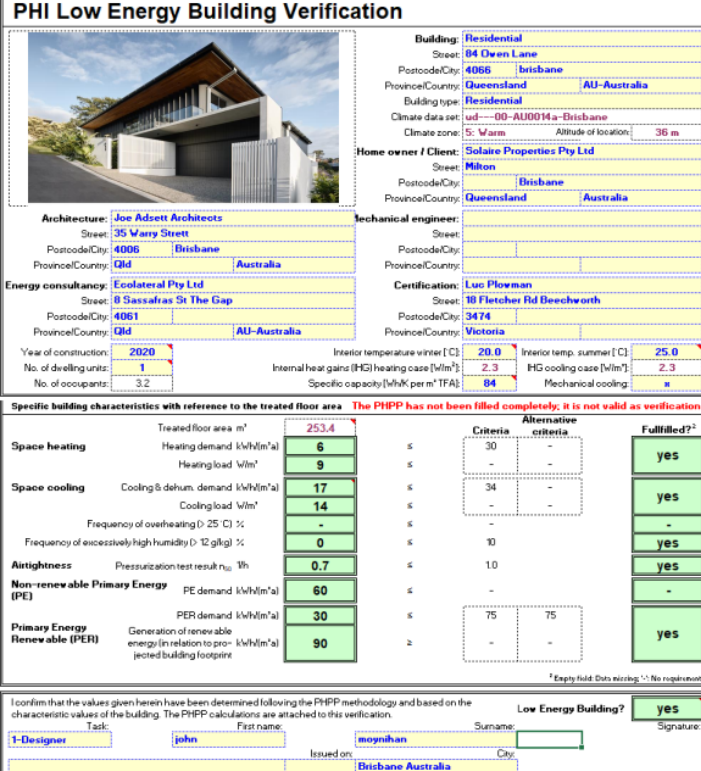
PHPP programında yapı elemanlarından kaynaklı ısı kayıpları, güneş enerjisi kazançları, havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları, ısı köprülerinden oluşan ısı kayıpları dikkate alınarak oluşturulan formüller ile yapının ısıtma ihtiyacı ve soğutma hesapları yapılır.

PHPP programı ile ;

- Yıllık Isıtma talebi kWh/(m²a)
- Yıllık yenilenebilir birincil enerji talebi (PER):ısıtma, soğutma, su ve elektrik için gerekli toplam enerji ihtiyacı kWh/(m²a)
- Yazın oluşan aşırı ısınma yüzdesi: Mekân sıcaklığının 25 °C üzerine çıkma yüzdesi(%)
- Yıllık soğutma talebi kWh/(m²a)
- Yıllık yenilenebilir enerji kazanımlarının değerlendirilmesi kWh/(m²a) verileri elde edilir(Web-14).

PHPP programına ait verilerin bulunduğu örnek bir projeye ait ara yüz Şekil 3.48'de yer almaktadır.

PHI Low Energy Building Verification



Building: Residential
 Street: 84 Owen Lane
 Postcode/City: 4066 Brisbane
 Province/Country: Queensland AU-Australia
 Building type: Residential
 Climate data set: ud-00-AU0014-Brisbane
 Climate zone: 5: Warm
 Altitude of location: 36 m

Home owner / Client: Solaire Properties Pty Ltd
 Street: Milton
 Postcode/City: Brisbane
 Province/Country: Queensland Australia

Architecture: Joe Adsett Architects
 Street: 35 Verry Street
 Postcode/City: 4006 Brisbane
 Province/Country: Qld Australia

Energy consultancy: Ecotalyst Pty Ltd
 Street: 8 Sassafras St The Gap
 Postcode/City: 4061
 Province/Country: Qld AU-Australia

Mechanical engineer:
 Street:
 Postcode/City:
 Province/Country:

Certification: Luc Plorman
 Street: 10 Fletcher Rd Beechworth
 Postcode/City: 3474
 Province/Country: Victoria

Year of construction: 2020
 No. of dwelling units: 1
 No. of occupants: 3.2

Interior temperature winter [C]: 20.0
 Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]: 2.3
 Specific opacity [Wh/K per m² FFA]: 84

Interior temp. summer [C]: 25.0
 IHG cooling case [W/m²]: 2.3
 Mechanical cooling: *

Specific building characteristics with reference to the treated floor area The PHPP has not been filled completely, it is not valid as verification

Criteria	Alternative criteria	Fulfilled? ²
Space heating		
Treated floor area m ²	253.4	
Heating demand kWh/m ² a	6	≤ 30
Heating load W/m ²	9	≤ -
Space cooling		
Cooling & dehum. demand kWh/m ² a	17	≤ 34
Cooling load W/m ²	14	≤ -
Frequency of overheating (D 25 C) %	-	≤ -
Frequency of excessively high humidity (D 12 g/g) %	0	≤ 10
Airtightness		
Pressurization test result n ₅₀ 1/h	0.7	≤ 1.0
Non-renewable Primary Energy (PE)		
PE demand kWh/m ² a	60	≤ -
Primary Energy Renewable (PER)		
PER demand kWh/m ² a	30	≤ 75
Generation of renewable energy (in relation to projected building footprint)	90	≥ -

¹ Empty field. Data missing. ² No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Low Energy Building? yes

Task: Designer First name: john Surname: moynihan
 Issued on: City: Brisbane Australia

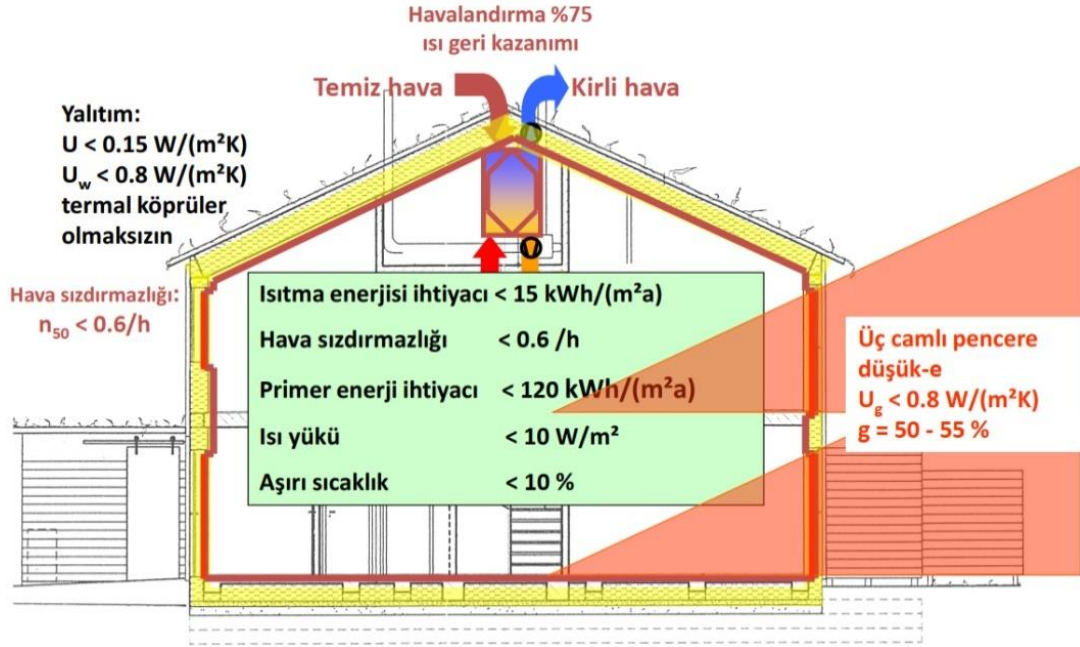
Şekil 3.48. PHPP programına ait verilerin bulunduğu örnek bir projeye ait ara yüz (Web-15)

Yapılarda enerji hesabı için kullanılan Ecotect, Energy-Plus, Trnsys, DesingBuilder gibi çeşitli simülasyon programları bulunmaktadır. Tez kapsamının pasif ev tasarımı üzerine kurgulanması sebebi ile pasif evlere özel olarak tasarlanmış PHPP programı tercih edilmiştir.

3.8.Bölüm Değerlendirilmesi

Pasif evler yüksek yapım standartları olan konforlu yapılardır. Bir yapının pasif ev standartlarında olması için sağlaması gereken şartlar vardır. Isıtma (Pasif yapılarda m² başına düşen yıllık gereken en fazla enerji ihtiyacı) ihtiyacı 15 kWh/m²/yıl, soğutma (Pasif yapılarda m² başına düşen yıllık gereken en fazla enerji ihtiyacı) ihtiyacı 15 kWh/m²/yıl, birincil enerji (Pasif yapılarda binanın ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrik ve aydınlatma için m² başına düşen yıllık en fazla enerji ihtiyacı) ihtiyacı 120 kWh/m²/yıl, hava sızdırmazlığı hava değişimi yapılan ölçümlerde ±50 Pascal basınçta saatte % 60'ı (0,6h-1) geçmeyen yapılardır

(Bayraktar, 2015) (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. Pasif ev uygulamasında kabul edilen referans değerler (Salman Gürcan, 2017).

Sonuç olarak bir yapının pasif ev olabilmesi için beş temel ilkeyi sağlaması gerekir. Yapı kabuğu iyi yalıtılarak ısı geçiş katsayısı $U \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olmalıdır. Isı köprülerinin oluşmasını önleyecek mimari detaylar çözümleri yapılarak $\Psi \leq 0.01 \text{ W}/(\text{mK})$ değeri sağlanmalıdır. Böylelikle oluşabilecek enerji kayıpları, nem, küf gibi sorunlar engellenmiş olur. Hava sızdırmaz bina kabuğu için gerekli mimari çözümler yapılarak hava değişimi ± 50 Pascal basınçta saatte en fazla % 60'ı (0,6h-1) geçmemelidir. Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemlerinin ısı geri kazanım oranı % 75'e eşit veya büyük olmalıdır ($\eta \geq \% 75$). Elektrik gücü saatte 0,45Wh'yi geçmemelidir. Pencere ve kapı sistemleri pasif ev kriterlerine uygun seçilmelidir. Isı geçiş katsayısı $U_p < 0.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olmalıdır ve güneş geçirim katsayısı (g) % 50-55 olmalıdır (Bayraktar, 2015).

Pasif ev standardı ilkelerinde kabul edilen referans değer ve prensipler Çizelge 3.10'da görülmektedir.

Çizelge 3.10. Pasif ev ilkelerinde kabul edilen referans değer ve prensipler (Demirel, 2013'den derlenerek yazar tarafından tablolştırılmıştır)

Prensip	Referans değerleri
Isıtma (Pasif yapılarda m ² başına düşen yıllık gereken en fazla enerji ihtiyacı)	15 kWh/ m ² / yıl
Soğutma (Pasif yapılarda m ² başına düşen yıllık gereken en fazla enerji ihtiyacı)	15 kWh/ m ² / yıl
Birincil enerji (Pasif yapılarda binanın ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrik ve aydınlatma için m ² başına düşen yıllık en fazla enerji ihtiyacı)	120 kWh/ m ² / yıl
Yalıtım (Binaya ait tüm yapı bileşenlerinin U değeri)	0.15 W/(m ² K)
Yönlenme ve Gölgeleme	Güneş enerjisinin ısı kazancı ve aydınlatmada kullanımını pasif yapılarda önemli bir kriterdir.
Hava sızdırmazlığı	Hava değişimi yapılan ölçümlerde ±50 Pascal basınçta saatte % 60'ı (0,6h-1) geçmemelidir.
Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi	Isı geri kazanım oranı en az % 75 elektrik tüketimi 0,45 Wh/m ³ Hava değişim oranı 0.25-0.40 1/h
Yenilenebilir enerji kaynakları	Yapıdaki sıcak su ihtiyacı için gereken enerji, güneş kolektörleri ya da ısı pompaları ile karşılanır.
Enerji tasarrufu sağlayan ev aletleri	Düşük enerji harcayan elektrikli aletler enerji tasarrufu sağladığı için pasif evlerde tercih edilmesi tavsiye edilir.

Pasif ev ilkelerinde kabul edilen referans değerlerin sağlanabilmesi için pasif ev tasarımında dikkat edilmesi gereken birçok nokta bulunmaktadır. Dış duvarların iyi yalıtılarak enerji kayıplarının önüne geçilmelidir. Yapılarda köşeler, bağlantı noktaları, girinti çıkıntı olan yerler, yapı kabuğunda bulunan pencere, kapı, tesisat boruları noktaları gibi ısı köprülerinin oluşabileceği yerler uygun detaylar üretilerek çözümlenmelidir (Ural Yertutan, 2018).

Termal izolasyon, ısı köprülerinden muaf yapı kabuğu, hava sızdırmazlığı, yalıtımlı pencere sistemleri, güney cephelerinde gölgelendirme, kompakt bina tasarımı gibi pasif ev standartlarına ulaşabilmek için uygulanması gereken parametrelerdir. Proje tasarımın ve uygulama aşamalarında bu kriterler ve referans değerlere dikkat edilerek tasarlanan yapılar pasif ev niteliğini kazanırlar. Çalışmanın devamında Konya ili için tasarlanan konut yapısı pasif ev standartlarını doğrultusunda değerlendirilecektir.

4.PASİF EV UYGULAMASININ İLİMLİ KURU İKLİM BÖLGESİ OLAN KONYA İKLİMİ ÖZELİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir yapının pasif ev olabilmesi için belirli standartları sağlaması gerekir. Bu standartlar iyi bir yalıtım, hava geçirmez yapı kabuğu, ısı köprüleri içermeyen detay çözümleri, ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi, yüksek yalıtımlı pencere ve kapılardır.

Çalışmanın çerçevesi, pasif ev standartları, küçük ölçekli konut tasarımı ve örnek çalışma alanı olarak Konya ilinin seçiminden oluşmaktadır. Önerilen proje ilimli kuru iklim bölgesinde olan Konya ilinin Meram bölgesinde bulunmaktadır. Seçilen proje alanı şehir merkezinde toplumun rahat ulaşabileceği ve bilgilenebileceği bir güzergâhtadır. Ülkemizde yapılan araştırmalara göre 2010 yılı verilerinde enerji tüketimi % 35 oranında konut ve hizmet sektöründe gerçekleşmiştir (Ömerca Akyol, 2012). Bu oran dikkate alınarak aynı zamanda ülkemizde pasif ev yapı örneklerinin artması için fonksiyon olarak son yıllarda ilgi gören küçük ölçekli bir konut tasarımı önerilmiştir. Bu küçük ölçekli konut konsepti seçilirken yapım maliyetlerini çok arttırmadan pasif ev konforunu ve standartlarını ülkemizde yaygınlaştırmak hedeflenmiştir. Çalışma kurgusu sayesinde pasif ev standartlarının ülkemizde bilinirliğini artırmak amaçlanmıştır.

Proje AutoCAD ve Sketch Up programları kullanılarak tasarlanmıştır. Yapının planı AutoCAD, modeli Sketch Up, enerji hesaplamaları, taslak tasarım kontrolü pasif evler için geliştirilen PHPP (Passive House Planning Package) programı yardımıyla yapılmıştır. Tasarım sürecinin başından itibaren Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP) malzeme seçimini yönlendirmek için kullanılmıştır. Pasif ev standardında verilen değerlerin sağlanması için gerekli yalıtım kalınlıkları PHPP programında hesaplanmıştır.

4.1. İklimle ilişkin parametrelerin belirlenmesi

İklimsel etkenler tasarım sürecinde en önemli etkenlerden biridir. İklimle uyumlu tasarımlar yapı için kazanım sağlayacağı gibi iklim verilerine uygun olmayan tasarımlar yapıda enerji kayıplarına sebep olmaktadır.

İklimle uyumlu tasarlanan yapılarda enerji korunumu sağlanmaktadır. Mimari

tasarımlarda iklimin etkileriyle alakalı yapılan bilimsel araştırmalarda tüketilen enerjinin % 50 oranlarında azalabileceği sonucuna varılmıştır (Kısa Ovalı, 2009). Binanın enerji kullanımında mimari tasarım sürecinde verilen kararlar önem taşımaktadır. Enerji kullanım yükünü azaltmak için iklim ile uyumlu tasarımlar yapılmalıdır.

Önerilen projede iklim verileri önemsenererek çevrenin olumsuz şartlarından etkilenmeyecek tasarım hedeflenmiştir. Konya ılımlı kuru iklim bölgesinde bulunmaktadır (şekil 4.1).



şekil 4.1. Konya iklim bölgesi (Kısa Ovalı, 2019).

İlman kuru iklim bölgesinde bulunan Konya'da gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Soğuk iklime yakındır. Ortalama olarak dış sıcaklık +30°C ile -5 °C arasındadır. İlman kuru iklim bölgesinde tasarlanacak yapılarda soğuk dönemlerde güneşten ısı kazancı olan ve rüzgârdan korunan bir yapı tasarlanmalıdır. Sıcak günlerde ise rüzgârın serinletici etkisinden faydalanılacak şekilde tasarlanmalıdır. Isı kazancını artırmak için yapı güneşe yönlenmelidir. Isı kayıplarının önüne geçmek için çatı, zemin ve duvarlara yalıtım yapılmalıdır. Bu iklim tipinde gece ile gündüz arasında sıcaklık farkı fazla olduğu için kuzey cephelere tampon mekânlar yerleştirilmelidir (Kısa Ovalı, 2019).

Çalışmada Konya ikliminin özelliklerine göre tasarım kriterleri oluşturulmuştur. Ayrıca seçilen bölgenin iklim verileri pasif evi enstitü sayfasından alınarak PHPP programında kullanılmıştır. Bu veriler Çizelge 4.1’ de görülmektedir. Bu veriler, 1983’ten 2006’ya kadar olan dönemde NASA Langley Araştırma Merkezi Atmosfer Bilimleri Veri Merkezi POWER Projesi tarafından sağlanan uydu tabanlı iklim verilerini içerir. Pasif ev tasarımında kullanılan PHPP programına veriler girilerek yapı için uygun yalıtım kalınlıklarına ulaşılmaya çalışılmıştır (Web-16).

Çizelge 4.1. 37,9 °K / 32,4 °D konumu için PHPP Uydu verileri (Web-16).

37,9 °N / 32,4 °O	Enlem	37,9	Boylam ° Doğu	32,4	Rakım	1213,3	Konum	37,9 °N / 32,4 °O	Günlük Sıcaklık Değişimi Yaz (K)	11	Kaynak	Passipedia, uydu verileri	Isıtma Yüğü 1	Isıtma Yüğü 2	Soğutma Yüğü 1	Soğutma Yüğü 2
Ortam Sıcaklığı	0,7	1,3	4,9	10,5	15,6	19,9	23,2	22,7	18,9	13,2	6,5	2,1	-5,6	-1	27,3	24,8
Kuzey	19	23	31	37	47	52	50	40	31	25	19	17	29	15	98	70
Doğu	41	50	74	84	100	112	121	112	94	70	46	36	63	21	206	178
Güney	97	100	114	95	88	83	93	112	133	132	106	87	136	36	165	240
Batı	42	51	75	84	100	112	121	112	94	70	46	36	63	22	206	178
küresel	67	85	129	152	188	212	226	201	162	115	73	58	110	45	368	294
Çiy Noktası	0,3	0,3	-0,5	1,8	4,5	6,6	7,6	8,1	5,3	3,4	2	1				
Gökyüzü Sıcaklığı	-12,7	-11,9	-9,1	-3,7	0,7	3,4	5	4,6	0,5	-2,8	-7	-10,9				

4.2 Binaya ilişkin tasarım parametrelerinin belirlenmesi

Pasif evlerde planlama aşamasında enerji tüketimine dair doğru kararların verilmesi enerji verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple malzeme seçimleri planlama ve analizler titizlikle yapılmalıdır.

4.2.1. Binanın diğer binalara göre konumunun belirlenmesi

Pasif evlerde enerjinin etkin kullanımı için pasif konumlandırmada dikkat edilmesi gereken durumlar vardır. Enerji verimliliği açısından binanın diğer binalara göre konumunun belirlenmesinde güneş ışınımı ve rüzgâr önemli bir yere sahiptir. Yapılarda enerji korunumunun sağlanabilmesi için yerleşimlerinde yapıların birbirlerinin güneşini kesmeyecek şekilde ve faydalı olan rüzgâr etkilerini önlemeyecek şekilde düzenlenmesi önemlidir (Koca, 2006).

Tasarlanan küçük ölçekli konut yapısı için seçilen arazinin yoğun yapılaşmadan uzak tutulması amaçlanmıştır. Böylelikle binada gölgelenmeler yüzünden oluşan enerji kayıplarının önüne geçilmiştir. PHPP programına yoğun

yapılaşmadan uzak olduğu baz alınarak gölgeleme etkisi en az olan seçenek seçilerek hesaplamalara eklenmiştir. Bulduğumuz iklim bölgesinden dolayı güneş ışığından faydalanarak yapının ısıtma yükünü azaltmamız gerekmektedir. Bu yüzden günlük yaşamın büyük bir kısmının geçtiği yaşam alanını ve yatak odasını güney cephede planlayarak yapının güneş ışığından en fazla yararlanması sağlanmıştır. Böylelikle yapının ısıtma, soğutma, havalandırmasının mümkün olduğunca pasif yöntemlerle yapılarak birincil enerji kullanım miktarını düşürmek hedeflenmiştir.

4.2.2. Binanın formunun belirlenmesi

Tasarlanan bina formunun ısı kayıp ve kazançlarına etkisi büyüktür. Bu sebeple bina formu enerji etkin tasarımlar için önemli bir kriterdir. Yapının formu hem enerji verimliliğinde hem de inşaat maliyetlerinde etkindir(Koca, 2006).

Pasif evlerde enerji kayıplarının önlenmesi için planlama çok önemlidir. Tasarlanan yapıda her girinti çıkıntı bölgelerinde enerji kayıpları meydana geleceği için mümkün olduğunca kompakt bir tasarım tavsiye edilir. Karmaşık mimari tasarımlar inşaat maliyetini yükseltir, kompakt yapı ise inşaat maliyetlerini ve enerji kayıplarını azaltır (Şengezer, 2011).

Öneri proje de ısı kayıplarını en aza indirmek ve inşaat maliyetlerini düşürmek için mümkün olduğunca kompakt bir yapı öngörülmüştür(Şekil 4.2). Projenin eni 7 metre boyu 7,60 metre olan girinti çıkıntısı olmayan bir geometriye sahiptir. Kat yüksekliği 3 metredir. Yapıda ısı kayıplarını önlemek için kareye yakın bir form tasarlanmıştır. Tasarlanan yapı da kompakt mimari tasarım sayesinde yapının gereksiz enerji kayıplarının önlenerek aynı zamanda inşaat maliyetleri düşürülmesi hedeflenmiştir.



Şekil 4.2. Öneri proje 3D model

4.2.3. Mekân organizasyonunun belirlenmesi

Tasarlanan öneri projenin oturma alanı 53 m² dir. Çalışma kurgusu içerisinde küçük ölçekli bir konut projesi konseptinde tasarlanan yapı tek kattan oluşmaktadır. İnsanların temel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmış plan tipine sahip yapıda yaşama ve yatma mekânları bulunmaktadır. Gerekli eylemlere yönelik donatılar alan kayıplarına yer vermeyecek şekilde yerleştirilmiştir.

Mekân olarak günlük yaşamın büyük bir kısmının geçirileceği yaşam alanı, yatak odası, mutfak, banyo, havalandırma sistemi için sistem odası ve holden oluşmaktadır. Yapıya giriş güney cepheden sağlanmıştır. Giriş kapısı yaşam alanına açılır. Yaşam alanı ve mutfak arasında tek mekân olarak tasarlanan akışkan bir plana sahiptir. Yatak odası, banyo ve sistem odasının kapıları ana mekândan uzaklaştırılarak küçük bir hole açılmaktadır. Yaşam alanı ve yatak odası güney cephede, banyo ve mutfak kuzeyde kalacak şekilde plan kurgusu oluşturulmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Öneri proje planı

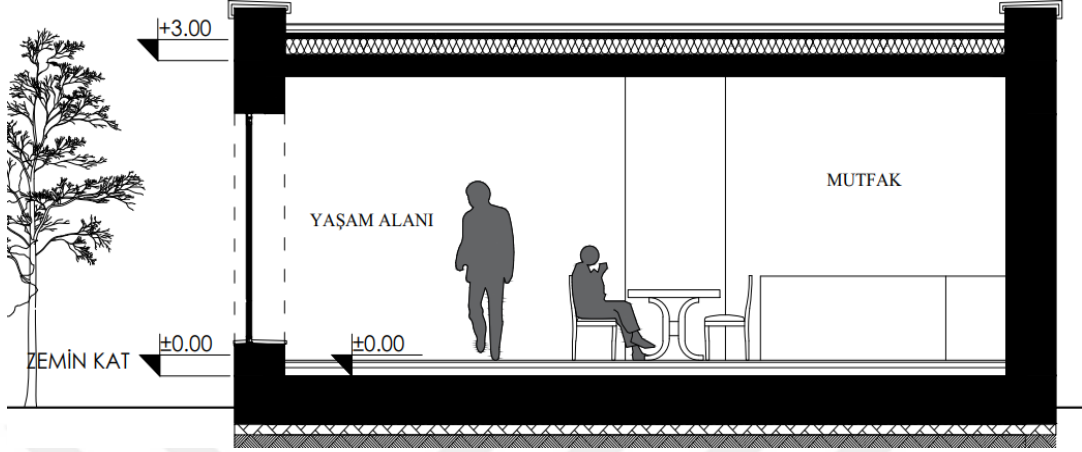
Çalışma kurgusu içerisinde planlanan projede yaşam alanı 15,50 m², yatak odası 10,00 m², mutfak 8,00 m², banyo 5,50 m², hol 2,50 m², sistem odası 2,50 m² tasarlanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Proje mekân ve alanları

Mekan ismi	Alan
Yaşam alanı	15,50 m ²
Yatak odası	10,00 m ²
Mutfak	8,00 m ²
Banyo	5,50 m ²
Hol	2,50 m ²
Sistem odası	2,50 m ²

Öneri projeye ait A-A kesiti Şekil 4-4'de görülmektedir. Projede kat yüksekliği 3 metredir. Öneri projede çatı teras çatı olarak tasarlanmıştır. Temeldeki ısı kayıplarını en aza indirmek için temelin radye temel olması öngörülmüştür. Arazi kotu -0.30 olan yapının subasman kotu ± 0.00 kotundadır. Yapıda duvar, zemin ve çatı malzeme seçimleri ve yalıtım kalınlıkları PHPP programına veriler girilerek U

değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Öneri proje kesiti

Pasif ev standartlarında tasarlanan yapılarda pencereler ideal olarak güneye doğru yönlendirilir. Kuzey cepheye bakan pencereler ısı kayıplarını artıracığı için tercih edilmez. Plan organizasyonu yapılırken pencere gerektiren mekânlar güneş ışığından en konforlu şekilde faydalanabilmek için yaşam alanı ve yatak odası gibi mekânlar güney cepheye yerleştirilmiştir. Öneri projede güney cephenin açıklık alanının yüzey alanına oranı % 50'dir. Yoğunluklu olarak pencereler güney cephede yer almaktadır. Mutfak ve yaşam alanında mekân aydınlığı gereksinimi duyularak doğu cephesinde de pencere tasarlanmıştır. Tasarlanan yoğunluğunun daha az olduğu banyo ve mutfak kuzey cepheye yerleştirilmiştir. Mümkün olduğunca kuzey ve batı cephelerine pencere açılmayarak enerji kayıplarının önüne geçilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Öneri proje güney, kuzey, doğu, batı cephesi

Güneye yönlendirilmiş tasarım anlayışı ile ısı kazançları sağlanması ve aynı zamanda güneş enerjisinden yararlanarak doğal aydınlatmayı destekleyen mimari tasarım hedeflenmiştir.

Yazın güney ve doğuda açılan pencerelerde istenmeyen güneş ışığını kontrol etmek için yazın yapraklarını açan kışın yapraklarının dökken ağaçlandırmalar tercih edilmiştir. Yapı çok katlı olmadığından dolayı güneş kontrolünde doğal ve peyzaja katkısı olan bu yöntem seçilmiştir. Böylece güneydeki pencereleri ağaçlar ile gölgelendirilerek yapının gereksiz ısınmasının önüne geçilmiştir. Kışın ise seçilen bitkiler yapraklarını dökerek güney cepheden gelen eğik açılı güneş ışınlarının içeriye ulaşması sağlanmıştır.

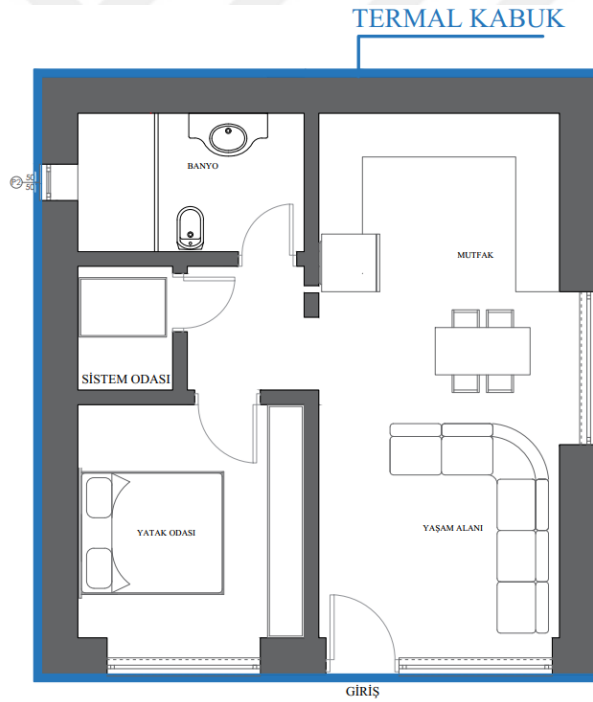
4.2.4. Öneri Projede Isı Yalıtım Detayları

Yapılarda enerji verimliliğini artırmak için en verimli ve en kolay yöntem ısı yalıtımıdır. İyi önlem alınmış ısı yalıtımlı binalarda enerji giderleri önemli oranda azalma gösterir ve kullanıcı konforu artar. TÜİK'in 2017 yılında yaptığı araştırmada Türkiye'de kişilerin % 42,2'sinin yalıtım eksikliğinden dolayı ısıtma sorunu yaşadığı

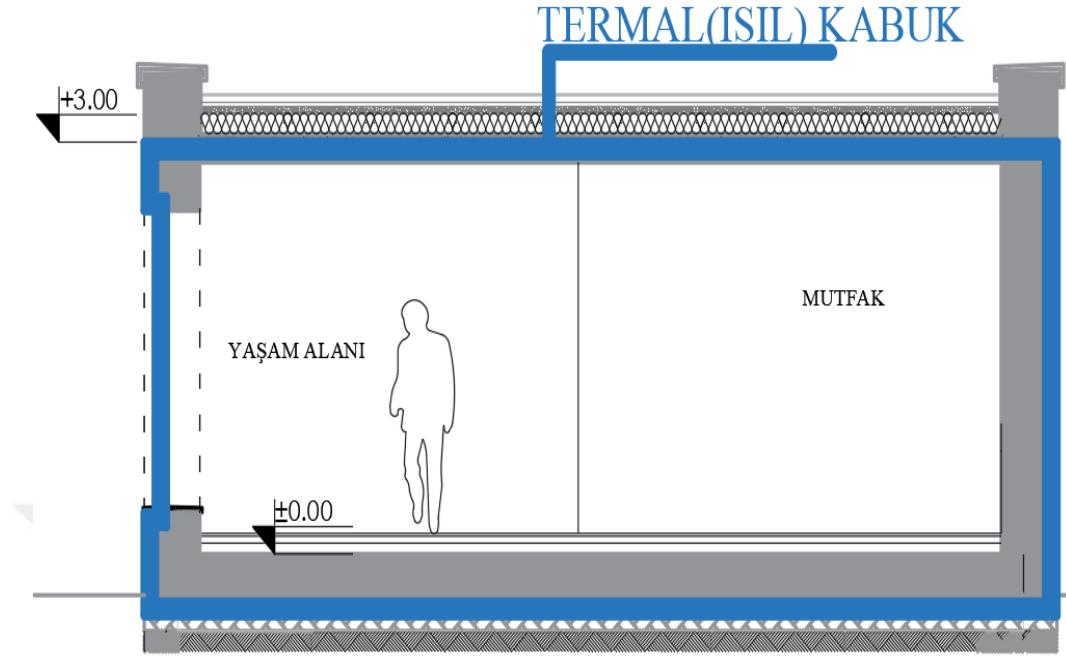
sonucuna varmıştır (Keskin ve Güven).

Pasif yapılarda temel fikir ısı kayıplarını en aza indirerek enerji tasarrufu sağlamaktır. Bu sebep ile binanın dış kabuğunun kesintisiz bir şekilde ısı yalıtım ile kaplanması gereklidir. Isı yalıtımında amaç binayı dışardaki olumsuz hava koşullarından korumaktır. Yapılan araştırmalara göre iyi bir ısı yalıtım ile % 70-80 enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir (Şengezer, 2011).

İlımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) için önerilen pasif ev tasarımında kesintisiz bir yalıtım kabuğu tasarlanmıştır (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Mavi çizgi ile gösterilen termal ısıl kabuk kesintisiz bir şekilde devam ederek yapıda oluşabilecek ısı kayıplarının önüne geçmektedir. Böylece tasarımda oluşabilecek ısı kayıpları en aza indirilmiştir.



Şekil 4.6. Kesintisiz ısı yalıtım kabuğu planı

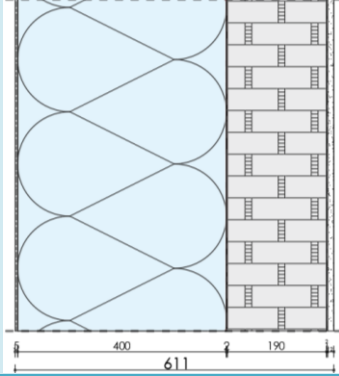
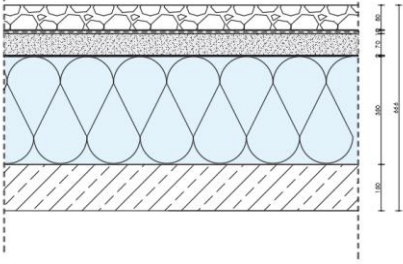
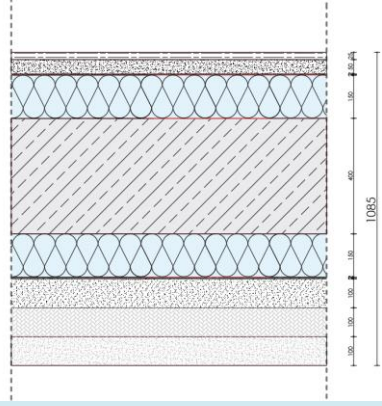


Şekil 4.7. Kesintisiz ısı yalıtım kabuğu kesiti

Pasif ev uygulamasına yönelik çalışmada dış duvar, iç duvar, döşemeler ve çatı bileşenlerinde kullanılan malzemeler bu malzemelerin ısı iletkenlik değeri ve kalınlık verileri PHPP programına giriş yapılarak yapı bileşenlerinin U değerleri (termal ısı kaybı katsayısı) hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Öneri projede dış duvarlar için yapı bileşeni tuğla duvardır. Pasif ev kriterlerine göre yapıyı oluşturan bütün elemanların U değeri (termal ısı kaybı katsayısı) $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ değerine eşit veya az olmalıdır.

Çalışmada alternatif yalıtım kalınlıkları (10 – 20 – 30 – 40 cm.) üzerinden U değeri hesaplamaları yapılmıştır. Yapı bileşenlerinde gerekli U değerini sağlayabilmek için minimum yalıtım kalınlığı belirlenmeye çalışılmıştır. Enerji kullanımı en aza indirmek ve yüksek yalıtımlı bir yapı hedeflendiği için ısı yalıtım katmanının kalınlıkları; duvarlarda; 40 cm, çatıda; 35 cm, temelde; 30 cm seçilerek ilk analizler yapılmıştır.

Çizelge 4.3. Yapı bileşenleri ve U değerleri

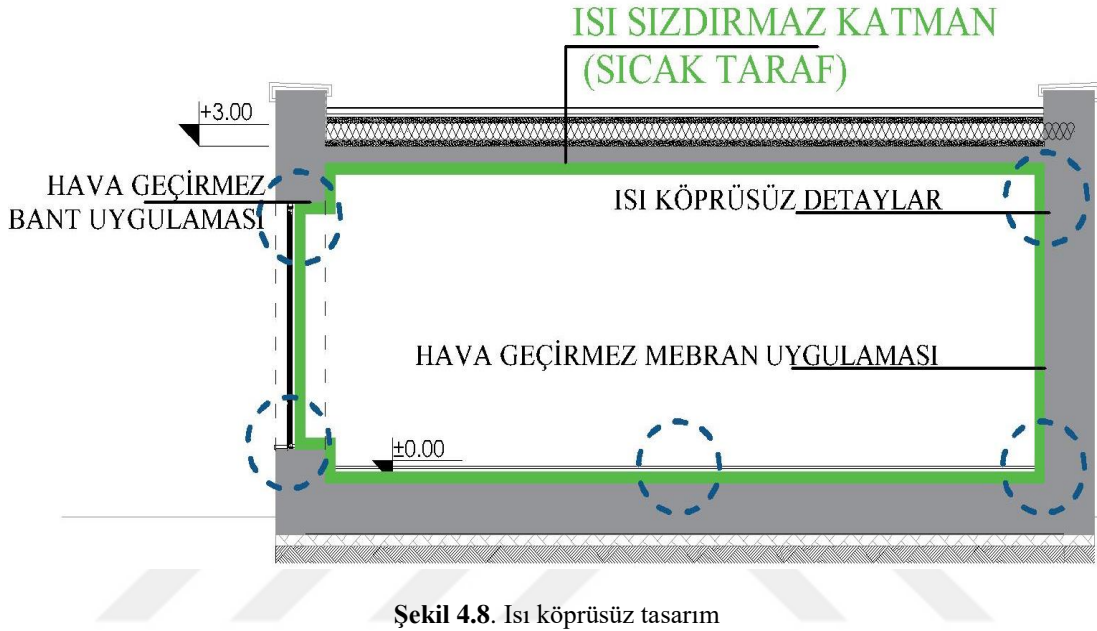
Bina elemanları	Malzeme açılımı ve kalınlıkları	Kesit	U Değeri W/(m ² K)
Duvar	<ul style="list-style-type: none"> -Mineral esaslı dış cephe sıvası ;5 mm -Yalıtım EPS; 400 mm -Çimento esaslı yapıştırıcı; 2 mm -Tuğla duvar;190 mm -Sızdırmazlık mebranı; 2 mm -Alçı sıva;12 mm -Su bazlı saten boya <p>Toplam duvar kesit kalınlığı; 61,1 cm</p>		0,085
Çati	<ul style="list-style-type: none"> -Çakıl;80 mm -Ayrıcı Tabaka; 2 mm -Su Yalıtım Mebranı;10 mm -Tesviye Eğim Betonu;70 mm -Ayrıcı Tabaka; 2 mm -Isı Yalıtımı;350 mm -Polietilen Folyo(Buharı Ve Su Geçişini % 100 Oranında Kesen , Buhar Geçirmez Örtülerdir.) ; 2mm -Betonarme Döşeme;150 mm <p>Toplam çatı kesit kalınlığı; 66,6 cm</p>		0,097
Zemin Döşeme	<ul style="list-style-type: none"> -Akşap zemin kaplaması; 25 mm -Çimento şap;50 mm -Yerden ısıtma boruları; 2 mm -Havasızdırmazlık mebranı;2 mm -Isı yalıtımı (Xps köpük);150 mm -Betonarme temel; 400 mm -Isı yalıtımı (Xps köpük);150 mm -Keçe ayırıcı katman; 2 mm -Su yalıtım mebranı; 2 mm -Keçe ayırıcı katman; 2 mm -Koruma Betonu;100 mm -15 cm blokaj;100 mm -Dolgu; 100 mm <p>Toplam zemin döşeme kesit kalınlığı; 108,5 cm</p>		0,110

4.2.5. Öneri Projede Isı Köprüsüz Tasarım

Tasarlanan projede ısı köprüsü olabilecek noktalar Şekil 4.8.'de işaretlenmiştir. Isı köprülerini mümkün olduğunca önlemek ve ya en aza indirmek

için çok iyi detaylar çözülmelidir.

Öneri projede ısı köprülerini en aza indirmek için pencere ve kapı birleşimlerinde hava geçirmez bant uygulaması yapılmıştır. Zemin döşemesi ısı ayırıcısı ile ayrılarak oluşabilecek ısı köprülerinin önüne geçilmiştir.

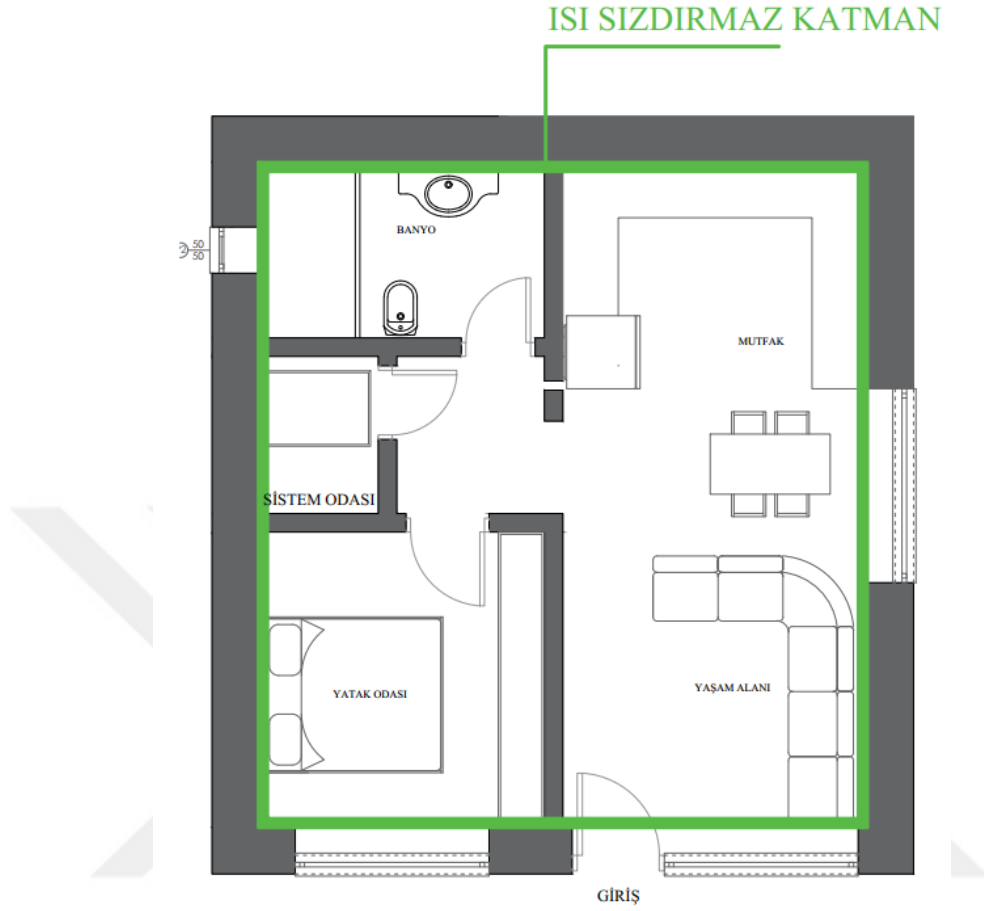


Şekil 4.8. Isı köprüsüz tasarım

4.2.6. Öneri Projede Hava Sızdırmazlık

Pasif yapılarda hava sızdırmazlık değeri 50 pascal basınçta iç mekân ve dış mekân arasındaki hava değişim oranının en fazla 0,6 l/h olması gerekmektedir (Ural Yertutan, 2018).

Tasarlanan projede hava sızıntılarının önlenmesi için pencere kenarlarına hava sızdırmazlık bantları kullanılmıştır. Tasarlanan yapıda pasif ev standartlarını sağlayabilmek için yapıda kesintisiz ve sürekli bir yalıtım katmanı önerilmiştir. Duvar, tavan ve temel birleşimleri hava sızdırmazlık bariyerleri ile kaplanarak yapıdaki ısı kaybı ve hava sızıntısı engellenmiştir. Hava sızdırmazlık için mebran kullanılmıştır. Böylelikle yapıda hava sızdırmaz katman oluşturulmuştur (Şekil 4.9).

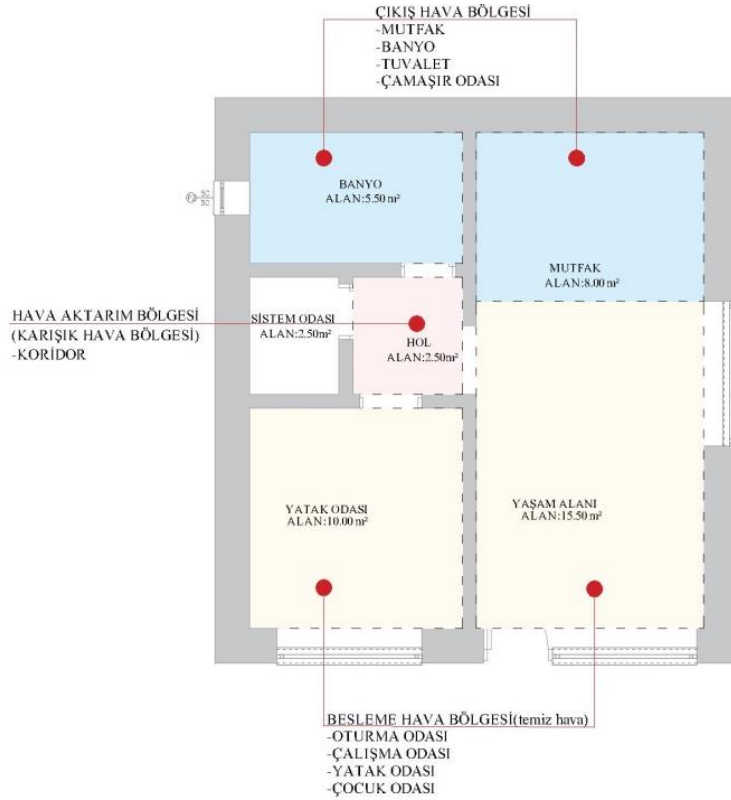


Şekil 4.9. Hava geçirmez katman

4.2.7. Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Sistemi

Pasif ev yapılarında ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi hem iç hava konforunu sağlayabilmek hem de enerji tasarrufu sağlayabilmek için önemli bir kriterdir. Havalandırma sistemi 3 bölgeye ayrılır. Mutfak, banyo, tuvalet, çamaşır odası gibi mekânların olduğu çıkış hava bölgesi; oturma odası, çalışma odası, yatak odası, çocuk odası gibi mekânların olduğu besleme hava bölgesi ve karışık hava bölgesi olan koridordan oluşur. Tasarlanan ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi; yaşam mekânı ve yatak odasına temiz havayı gönderir, karışık hava bölgesi olan koridor gibi geçiş mekânlarından çıkış hava bölgesine ulaşır, ve çıkış hava bölgesi olan mutfak, banyodan kirli havayı emer. Dışarıdan alınan temiz hava kirli havadan elde edilen ısı ile ısıtılarak besleme hava bölgelerine üflenir. Bu ısı değişimi sonucunda temiz hava ısıtılarak enerji tasarrufuna katkı sağlayarak kaliteli bir iç hava

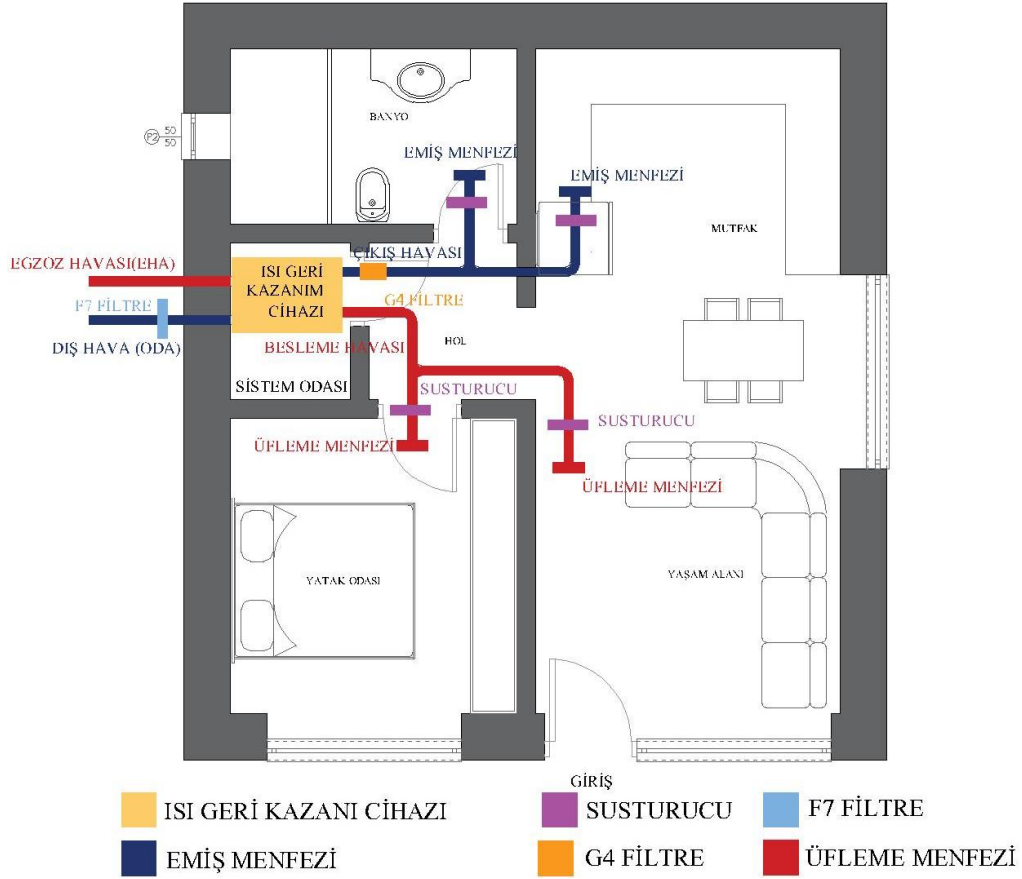
ortamı sağlar (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Havalandırma sistemi bölgeleri

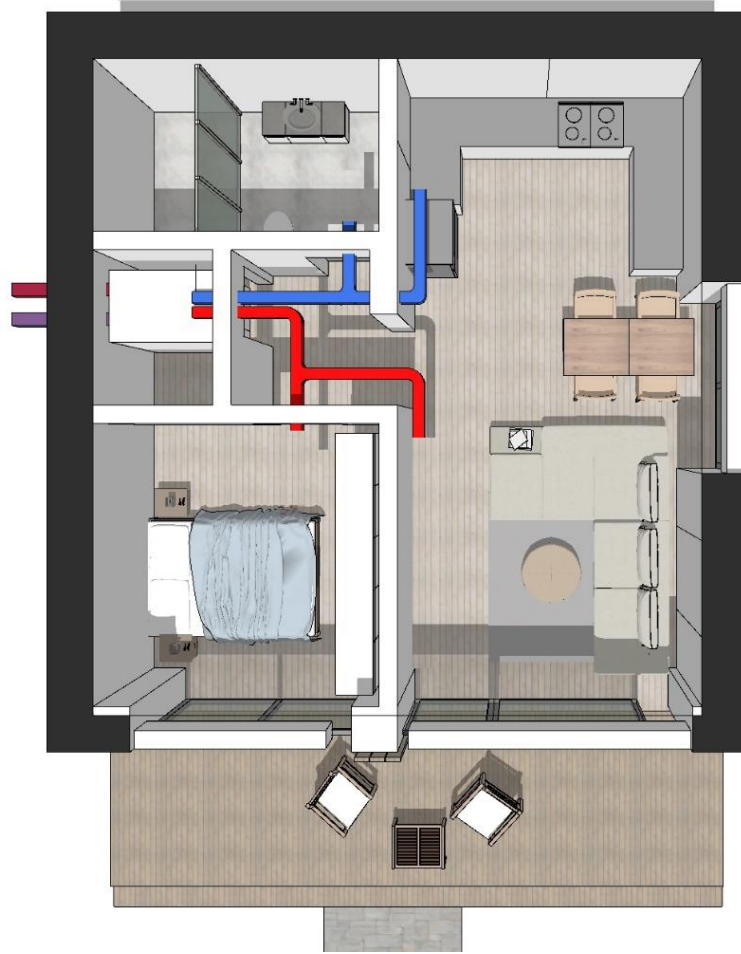
Tasarlanan mekanik havalandırma sistemi Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Havalandırma kayıplarını azaltmak için, yüksek verimliliğe sahip cihaz seçimi yapılmıştır. Cihaz seçimi yapılırken ısı geri kazanımlı havalandırma verimi % 75’den büyük olması ve elektrik tüketimi 0.45 Wh/m³’den küçük olması kriterleri baz alınmıştır. Pasif ev enstitüsü tarafından sertifikalı ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazının ısı geri kazanım oranı % 85 verimlilikte ve cihaz elektrik tüketimi % 35 wh/m³ olan cihaz seçilmiştir. Pasif ev enstitüsü tarafından sertifikalı ürünlerin analiz çalışmaları yapıldığı için bu cihazlar ile yapılan tasarımların pasif ev standartlarını sağlaması daha kolaydır. Bina iç kapılarında hava sirkülasyonu için menfez boşluklu kapılar seçilmiştir. İç kapılardaki hava transfer menfezleri ile hava transferi gerçekleşmektedir. Cihazda taze hava girişi için havadaki tozu ve poleni filtreleyen F7 filtresi seçilmiştir. Egzoz havası çıkışı için G4 filtresi seçilmiştir. Hava kanalları en az 5-10 cm ısı yalıtımlı uygulanacaktır. Dış hava donmaya karşı

önlem alınmıştır. Kanallarda susturucular kullanılarak mekânlarda cihazın çıkarabileceği gürültü engellenmiştir.



Şekil 4.11. Öneri proje havalandırma planı

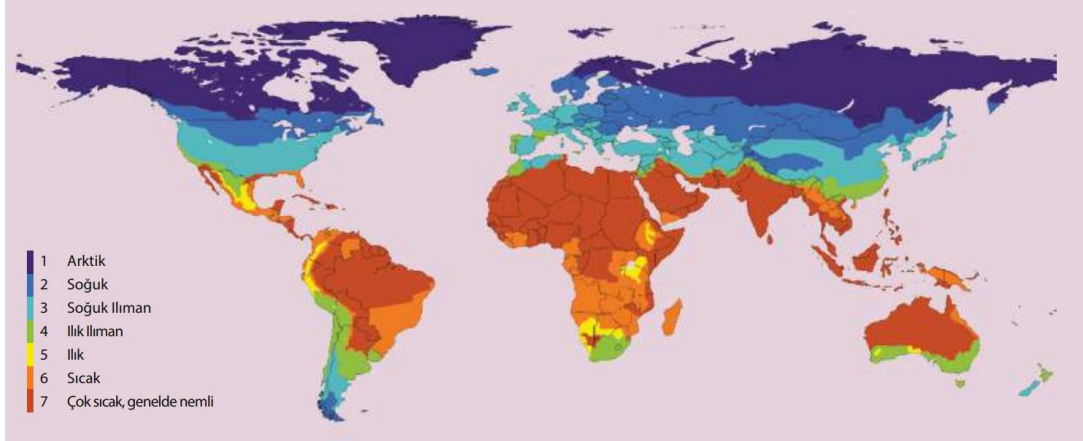
Şekil 4.12’de ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi konumu ve kanallarının grafik anlatımı gösterilmiştir. Hava kanalları tasarımı yapılırken ısı kayıplarını en aza indirmek için mümkün olduğunca en kısa noktalardan mekânlara ulaştırılmıştır. Cihaz sistem odasına yerleştirilmiştir.



Şekil 4.12. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi kanallarının grafik anlatımı

4.2.8. Pencere ve Kapılar

Pasif ev sertifikalı ürünler sayfasından pencere ve kapı seçimi yapılmıştır. Pasif ev iklim bölgesi haritasına göre Türkiye turkuaz ile gösterilen soğuk iklim bölgesinde yer almaktadır (Şekil 4.13). Bu bölgede üç bölmeli pencereler ve yüksek düzeyde yalıtım önerilmektedir (IPHA, 2018).



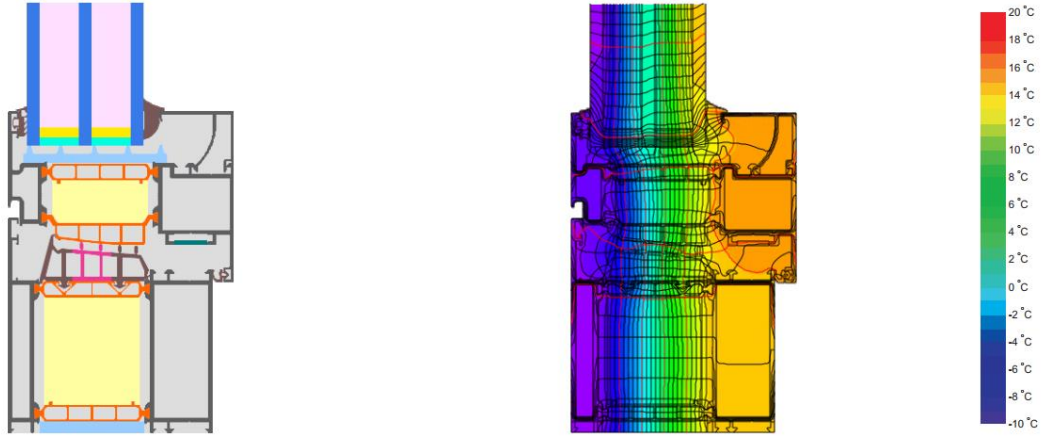
Şekil 4.13. Pasif ev iklim bölgeleri haritası (IPHA, 2018).

Pasif ev enstitüsü tarafından sertifikalı ürünler seçilirken ürünlerin Türkiye’de olmasına özen gösterilmiştir. Eğer Türkiye’de sertifikalı ürün var ise öncelikli olarak bu yapı bileşenleri tercih edilmiştir. Böylelikle maliyetlerin daha düşük olması hedeflenmiştir. Ülkemizde az sayıda da üretici firma tarafından pasif ev sertifikalı pencere ve kapılar üretilmektedir. Yapıda üç camlı low-e özellikli, argon gazı ile doldurulmuş yüksek verimli pencere sistemi ve ısı yalıtımlı doğrama sistemi seçilerek binadaki ısı kayıplarını en aza indirmek hedeflenmiştir. Proje için uygun görülen pencere sertifikası Ek-1’de yer almaktadır. Projede kullanılan pencerelerin boyutları, alanları ve U değeri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Öneri projede kullanılan pencere boyut ve özellikleri

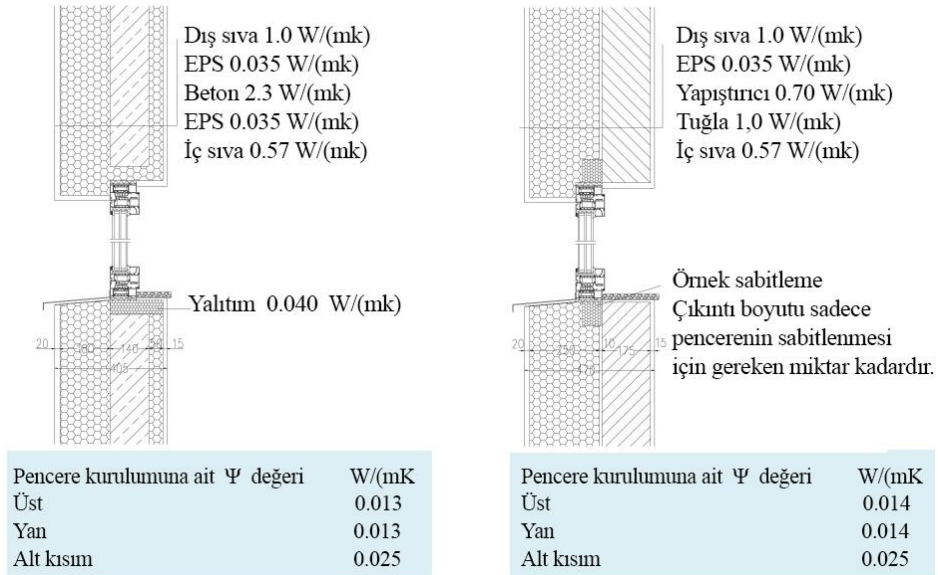
Yön	Pencere boyutları	Adet	Pencere alanı	U değeri
Güney	210x220 cm	1	4,62 m ²	0,80 W/(m ² K)
Güney	210x220 cm	1	4,62 m ²	0,80 W/(m ² K)
Doğu	210x220 cm	1	4,62 m ²	0,80 W/(m ² K)
Batı	50x50 cm	1	0,25 m ²	0,80W/(m ² K)

Tasarlanan pasif ev projesinde kapı ve pencerelerin seçiminde düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerin olması önemsenmiştir. Pencereler ve kapılar hava sızdırmaz ve ısı izolasyonlu seçilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Pencere plan ve Termal ısı geçişleri (Web-17).

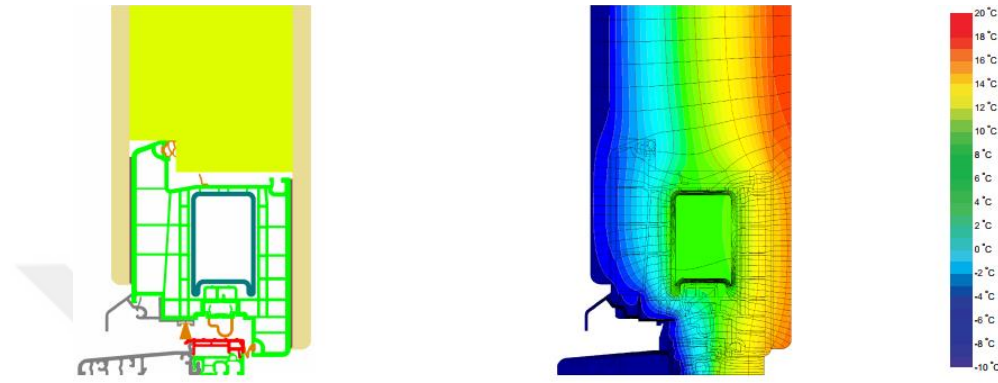
Pencereler yapıda ısı kayıplarının en çok görüldüğü noktalardır. Bunun önüne geçmek için sertifikalı pencere seçmenin yanında yapı inşa edilirken dikkat edilmesi gereken uygulama detayları vardır. Pencerelerin yapımı aşamasında hava sızdırmaz bantlar kullanılması gerekmektedir. Pencere boşluğu çevresine hava sızdırmazlık bantları uygulanarak pencereden kaynaklı ısı kaçışları engellenmiştir. Pencere uygulamasına ait öneri detay çözümü Şekil 4.15' de yer almaktadır.



Şekil 4.15. Pencere detayları (Web-17).

Öneri proje için seçilen dış kapı kanadının kalınlığı 108 mm'dir. Kapı kanadı

her iki tarafta ahşap kompozit panellerle kaplanmıştır. Kapı kasaları ise kısmen güçlendirilmiş çelikten imal edilmiştir. Kapı kanadı yalıtımı 88 mm'dir. Proje için uygun görülen kapı sertifikası Ek-2'de yer almaktadır. Proje için seçilen kapı U değeri 0,58 W/(m²K) dir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Kapı detayı ve Termal ısı geçişleri (Web-18).

4.2.9.Evsel Isınma ve Sıcak Su Sisteminin Belirlenmesi

Pasif evlerde enerji verimliliğinin sağlanmasının yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması da önemli tasarım kriterlerindedir. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olduğu için tasarlanan öneri projede düz çatıya monte edilmiş iki güneş paneli ile bir güneş enerjisi sistemi bulunmaktadır.

Pasif evlerde sıcak su talebi konutlarda günlük kişi başı 60°C sıcaklıkta 25 litre sudur (Sepev, 2016). Sıcak su dağıtım sisteminde kullanılan borular 10 cm yalıtımlı 24 cm çapındadır. Kış aylarında ve çok bulutlu günlerin olduğu dönemlerde, merkezi sıcak su (DHW)'yu ısıtmak için ısı üreten hava/su pompası tarafından bir destek sağlanmaktadır. Aynı hava/su pompası, kış aylarında evin yerden ısıtması yoluyla dağıtım için ısı üretmektedir. Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu için bir hava-su ısı pompası kullanılmaktadır.

Binaya ait kabuller;

Ev aletleri; aletler, yalnızca enerji tasarruflu cihazlar monte edilecek şekilde dikkatlice seçilir.

Yenilenebilir enerji sistemi; yapının çatısında enerji üreten fotovoltaik paneller bulunmaktadır.

Aydınlatma; yapıda düşük enerji kullanan led aydınlatma seçilmiştir.

Güneşten kontrolü; yaz aylarında güneşten korunma sağlamak için yapı tek katlı olduğundan dolayı kışın yapraklarını döken ağaçlar seçilmiştir.

Su tasarrufu; yapıda düşük debili armatürler kullanıldığı varsayılmıştır.

Isı köprüleri; yapıda bütün detayların ısı köprüsünü önleyecek şekilde inşa edildiği varsayılmıştır.

Hava sızdırmazlık; yapının hava sızdırmazlık değeri $n50 < 0,6$ /h kabul edilmiştir.

4.3. Binaya İlişkin Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP) Analiz Sonuçları

Çalışmada ılımlı kuru iklim bölgesi olan Konya ili için en çok üretilen yapı türü olan konut projesi tasarlanırken aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

- Öneri konut projesi için çevresel verilere göre tasarım kriterleri oluşturma
- Projenin planlarının ve modelinin oluşturulması
- Konya iklim verilerini PHPP programına yükleme
- Tasarımın yapı malzemelerini ve yalıtım kalınlıklarını belirleme
- Yapının pencere ve kapılarını seçerek verileri PHPP programına girme
- Yapıya ait alan bilgilerini PHPP programına yükleme
- Yapının enerji ihtiyacının hesaplanması
- Yapı bileşenleri (temel, duvar ve çatı) için alternatif yalıtım kalınlıklarının denenerek eşik değerin belirlenmesi şeklindedir.

Çalışma kurgusu içerisinde Pasif ev standardı parametrelerinin bina enerji performansı üzerine etkisi sayısal olarak tespit edilmiştir. Konut yapısı ölçeğinde yapının konumunun, yönelmesinin, enerji performansına etkileri analiz edilmiştir. Yapı enerji performansını artırmak için yapı malzemeleri ölçeğinde alınabilecek önlemler değerlendirilmiştir. Pasif ev uygulamasına yönelik çalışmada enerji giderlerinin belirlenmesinde Pasif Ev Planlama Paketi (Passive House Planning Package – PHPP) kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Yapıya ait U değerleri, yalıtım kalınlıkları PHPP programı yardımıyla hesaplanıp Çizelge 4.5’de verilmiştir. Gerekli olan yalıtım kalınlıkları ilk analizde

duvarlarda 40cm, çatıda; 35cm temelde; 30cm olarak hesaplanmıştır. Bu yalıtım kalınlıkları sayesinde yapının ısıtma ihtiyacı azalacağı için yapının kullanacağı enerji miktarı düşürerek yüksek yalıtımlı bir yapı elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Yapı elemanları U değeri ve yalıtım kalınlıkları

Bina elemanları	Yalıtım Kalınlığı(cm)	U Değeri W/(m ² K)
Duvar	40	0,085
Temel	30	0,110
Çatı	35	0,097

Pasif ev kriterlerine göre yapıların yapı kabuğu özellikleri, hava sızdırmazlık, yıllık ısıtma yükleri, birincil enerji gereksinimleri ve mekanik sistem özellikleri incelenmiştir. Yapıda havalandırma için ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi, ısıtma sistemi için güneş olan günlerde güneş enerjisi güneşli olmayan günlerde hava su pompası, sıcak su için güneşli günlerde güneş enerjisi güneş olmayan günlerde hava su pompası tercih edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Mekanik sistem özellikleri

Havalandırma	Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma
Isıtma Sistemi	Güneş Enerjisi- Hava-Su Isı Pompası
Sıcak Su	Güneş Enerjisi-Hava-Su Isı Pompası

PHPP programında iklim verileri, alanlar, yapı bileşenleri pencereler, gölgelendirme elemanları, havalandırma gibi veriler girilerek sonuçlar elde edilir. Pasif ev sertifikaları yenilenebilir enerji talebine ve üretimine bağlı olarak Klasik, Plus ve Premium şeklinde sınıflandırılır. Enerji kaynaklarından kendi ihtiyacı kadar üretebilenler için 'Plus' sertifika şartlarını sağlamaktadır. PHPP programına yapı ile alakalı bütün veriler girilerek Pasif Ev Plus değerlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuç tablosuna göre yapı pasif ev standartlarını sağlamaktadır(Çizelge 4.7). Yapının ısıtma talebi 6 kWh/(m²a), ısıtma yükü 6 W/m² olarak analiz sonucunda elde edilmiştir. Yapı 98 kWh/(m²a) yenilenebilir enerji üretimi yapmaktadır.

Çizelge 4.7. Öneri proje PHPP hesap sonuçları

Alan	97,7 m ²	Kriter
Isıtma Talebi Wh/(m ² a)	6 kWh/(m ² a)	≤ 15 kWh/(m ² a)
Isıtma Yüğü (W/m ²)	6 W/m ²	-
Basınç testi n50	0,6 h-1	≤ 0,6 h-1
Yenilenemeyen Birincil Enerji (PE) kWh/(m ² a)	38 kWh/(m ² a)	-
Birincil Enerji Yenilenebilir talep kWh/(m ² a)	34 kWh/(m ² a)	≤ 45 kWh/(m ² a)
Yenilenebilir enerji üretimi	98 kWh/(m ² a)	≥ 60 kWh/(m ² a)

Çalışma kapsamında tasarlanan projeye ait yapı özelliklerinin bulunduğu yapı künyesi oluşturulmuştur (Çizelge 4.8). Çizelgede yapıya ait üç boyutlu görsel, yapı kesiti, proje alanı, yapım sistemi, yalıtım, hava sızdırmazlık, ısı köprüleri, mekanik sistem, yapı kabuğuna ait U değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Öneri proje yapı künyesi

Öneri proje	
	
Proje Modeli	Proje Kesiti
Toplam Kat Alanı	53 m ²
Bina Tipi	Müstakil Konut
Yapı türü	Betonarme
Pencere Ve Cam Sistemleri	Üç camlı ahşap doğramalı low e kombinasyonlu tek tip saydam bileşen kullanılarak yüksek performanslı pencereler
Yapı kabuğu U Değerleri (W/(m²K))	U _d :0,085 W/(m ² K), U _t :0,110 W/(m ² K) U _ç :0,097 W/(m ² K), U _p :0,80 W/(m ² K) U _k :0,58 W/(m ² K)
Isıtma	Güneş Enerjisi-Hava-Su Isı Pompası
Havalandırma	Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma sistemi
Sıcak Su	Güneş Enerjisi- Hava-Su Isı Pompası
Hava sızdırmazlık	Yapının hava sızdırmazlık değeri n50 < 0,6 /h kabul edilmiştir.
Isıtma Talebi Wh/(m²a)	6 kWh/(m ² a)
Aydınlatma	Düşük enerji kullanan led aydınlatma

Yenilenebilir enerji	Teras çatıda enerji üreten fotovoltaik paneller tasarlanmıştır.
Güneşten kontrolü	Yazın yapraklarını açan kışın yapraklarını döken ağaçlar
Su tasarrufu	Düşük debili armatürler kullanımı

Ülkemizdeki binaların yalıtılması ile ilgili uygulanan standart, TS 825 numaralı “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardıdır. TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı, gün içerisinde, 24 saatlik dilimin ne kadarının sıcak ne kadarının soğuk geçtiğini ifade eden “derece gün” terimini oluşturmuştur. Türkiye için, 4 adet ısıtma derece gün bölgeleri tanımlanmıştır. Bu tabloya göre Konya ili 3. Bölgede bulunmaktadır. Bu standarda göre duvara ait U değeri 0,50 W/(m²K), tavana ait U 0,30 değeri W/(m²K), tabana ait U değeri 0,45 W/(m²K), pencereye ait U değeri 2, W/(m²K)’dir (Çizelge 4.9) (TS 825, 2009).

Çizelge 4.9. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri (TS 825, 2009).

	U_d Dış Duvar W/(m²K)	U_t Tavan W/(m²K)	U_t Taban W/(m²K)	U_p Pencere W/(m²K)
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

Çizelge 4.10’da pasif ev standardı ile Türkiye’de kabul edilen TS 825 yapı standardının yapı kabuğu U değerleri ve öneri projeye ait U değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.10. TS 825 yapı standardı ile pasif ev standardı kabuk verileri

	U_d Dış Duvar W/(m²K)	U_t Tavan W/(m²K)	U_t Taban W/(m²K)	U_p Pencere W/(m²K)
3.Bölge TS 825 yapı standardı(Konya)	0,50	0,30	0,45	2,4
Pasif ev standardı	0,15	0,15	0,15	0,80
Öneri proje	0,085	0,097	0,110	0,80

Pasif Ev standartları çerçevesinde yapılan yalıtım sonucunda öneri çalışmanın ihtiyaç duyduğu ısı enerjisi $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak bulunmuştur. Aynı zamanda örnek çalışmanın U değerleri TS 825 standardına göre 3. Bölgede bulunan Konya ili için tekrar hesaplanmıştır. U değerleri TS 825 standardına göre hesaplanmış konutta ısı enerjisi $53 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak bulunmuştur. İki sonuç karşılaştırıldığı zaman pasif ev TS 825 standardına göre tasarlanmış yapıya oranla % 88,6 daha az enerji harcadığı sonucu elde edilmiştir.

Önerilen projede yapı bileşenlerine (temel, duvar ve çatıya) ait farklı yalıtım kalınlıkları denenerek U değerleri hesaplanarak uygulama maliyetini düşürebilmek amacı ile yalıtım kalınlığı için sınır değer belirlenmeye çalışılmıştır:

- Yalıtımsız bir bina yapıldığı zaman duvara ait U değeri $2,238 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, çatıya ait U değeri $3,348 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, temele ait U değeri $1,929 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi $255 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ısıtma yükü $94 \text{ W}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır.
- Yalıtım kalınlığı 100 mm 'ye çıkarıldığı zaman duvara ait U değeri $0,303 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, çatıya ait U değeri $0,317 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, temele ait U değeri $0,296 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi $29 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ısıtma yükü $15 \text{ W}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır.
- Yalıtım kalınlığı 200 mm 'ye çıkarıldığı zaman duvara ait U değeri $0,162 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, çatıya ait U değeri $0,166 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, temele ait U değeri $0,160 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ısıtma yükü $9 \text{ W}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır.
- Yalıtım kalınlığı 225 mm 'ye çıkarıldığı zaman duvara ait U değeri $0,145 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, çatıya ait U değeri $0,149 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, temele ait U değeri $0,144 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi $11 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ısıtma yükü $8 \text{ w}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır.
- Yalıtım kalınlığı 300 mm 'ye çıkarıldığı zaman duvara ait U değeri $0,113 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, çatıya ait U değeri $0,111 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, temele ait U değeri $0,110 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi $8 \text{ kwh}/(\text{m}^2\text{a})$, ısıtma yükü $7 \text{ w}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır.
- Yalıtım kalınlığı 400 mm 'ye çıkarıldığı zaman duvara ait U değeri

0,085 kW/(m²K), çatıya ait U değeri 0,084 W/(m²K), temele ait U değeri 0,084 W/(m²K) olarak hesaplanmıştır. Isıtma talebi 5 kwh/(m²a), ısıtma yükü 5 w/m² olarak hesaplanmıştır

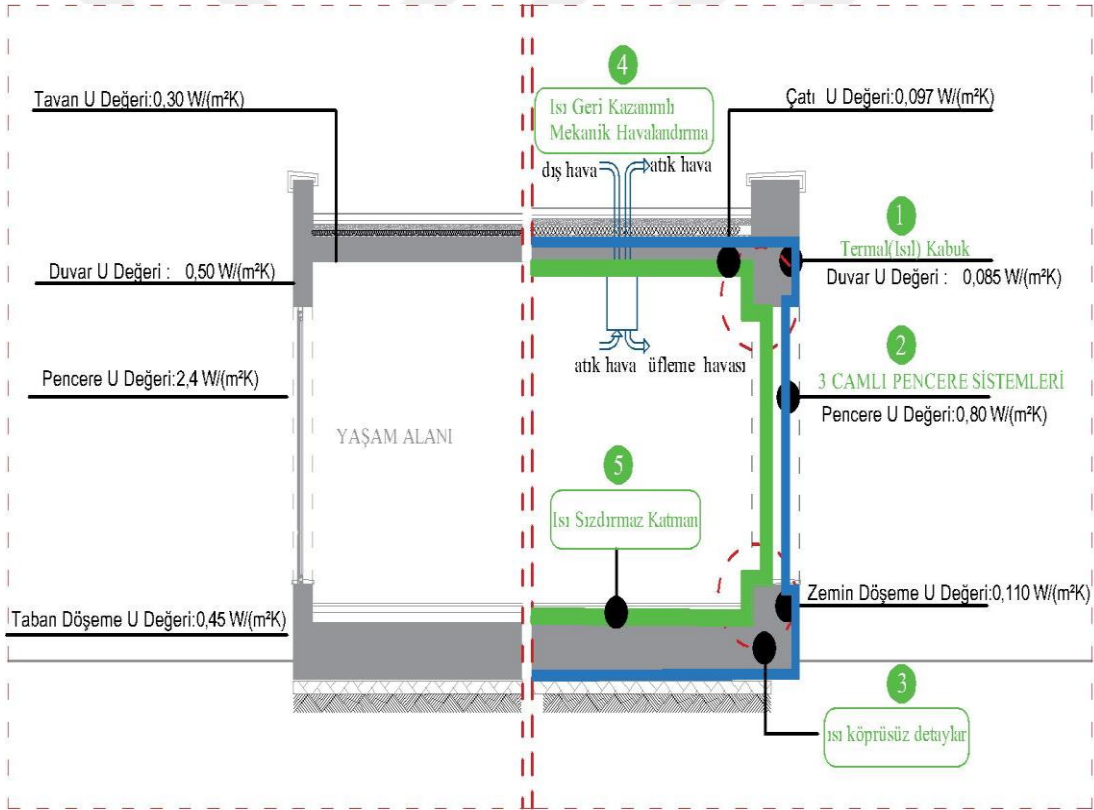
Yapı bileşenlerinin 0.15 W/(m²K) değerine eşit veya küçük olma şartını sağlayan eşik yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde yapı bileşenleri U değerlerinin 0.15 W/(m²K) değerinden küçük olduğu optimum yalıtım kalınlığı 225 mm olarak hesaplanmıştır. Yalıtım kalınlığı 225 mm olduğu zaman yapı bileşenlerini U değeri 0,15 W/(m²K) değerinden daha küçük ve ısıtma talebi 15 kWh/(m²a) değerinden küçük olduğu için pasif ev standartları sağlanmış olmaktadır. Bu konum ve tasarım için yalıtım eşik değeri 225 mm olarak hesaplanmıştır.(Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı yalıtım kalınlıkları ile U değerleri ve ısıtma taleplerinin değişimi

Yalıtım Kalınlığı (mm)	U değerleri W/(m ² K)	Isıtma Talebi kWh/(m ² a)	Isıtma Yüğü (W/m ²)
0 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	2,238	255	94
U çatı	3,348		
U temel	1,929		
100 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	0,303	29	15
U çatı	0,317		
U temel	0,296		
200 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	0,162	13	9
U çatı	0,166		
U temel	0,160		
225 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	0,145	11	8
U çatı	0,149		
U temel	0,144		
300 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	0,113	8	7
U çatı	0,111		
U temel	0,110		
400 mm Yalıtım Kalınlığı			
U duvar(tuğla)	0,085	5	5
U çatı	0,084		
U temel	0,084		

Özetle bir yapının pasif ev standartlarında olabilmesi için proje tasarımının her aşamalarında dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Pasif ev tasarım kriterleri

ile tasarlanmış bir yapı ile standart üretilmiş bir yapının kıyaslanması Şekil 4.17’de görülmektedir. Proje tasarım aşamasında iklim verilerine göre tasarım, verimli kompakt form seçimi, güneş enerjisini verimli ve kazançlı kullanma, gün ışığı kullanımı ve gölgelendirme gibi tasarım kriterlerine uyarak projede enerji kayıpları engellenebilir. Proje uygulama detayları çözüldükçe ve yapı bileşenleri seçilirken bina kabuğu yoluyla meydana gelen ısı kayıplarını azaltmak için; kesintisiz ve sürekli ısı yalıtımı, ısı köprüsüz ve hava sızdırmaz tasarım, iyi yalıtılmış bina kabuğu ve yüksek yalıtımlı kapı ve pencereler seçilerek PHPP programı aracılığı ile taslak tasarım kontrollü yapılarak gerekli çözümler yapılmalıdır. Isı geri kazanımlı cihazlar ve yenilenebilir enerji kullanımı ile bina enerji ihtiyacı en aza indirilmelidir.



STANDART KONUT
KESİTİ

ÖNERİLEN PASİF EV
KESİTİ

Şekil 4.17. Standart konut ve öneri pasif ev kıyaslaması

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında ele alınan pasif ev standartları ilk olarak Almanya’da uygulanmıştır. Daha çok soğuk iklim bölgelerinde uygulanan pasif evlerin yapılan araştırmalarda farklı iklim bölgelerinde de uygunluğu test edilmiştir. İklim'e göre yalıtım kalınlıkları, tasarım parametreleri değişkenlik gösterse de önemli olan pasif ev tarafından belirlenen değerleri sağlayabilmektir

Çalışma kapsamında ılımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) özelinde güneş enerjisinden optimum ölçüde yararlanan, yüksek oranda yalıtılmış ve enerji tüketimi en aza indirilmiş, bir enerji etkin bina modeli olan pasif ev tasarımı üzerinde durulmuştur. Pasif ev tasarım kriterleri araştırılarak, uygulanmış örnekler incelenmiştir. Tasarım sürecinin nasıl olması gerektiği, hangi bileşenlerin kullanılması gerektiği, hangi şartların sağlanması gerektiği konuları ele alınmıştır.

Pasif ev tasarımı için en temel bilgileri içeren öneri proje temel gereksinim olan barınma ihtiyacına yönelik ve çok maliyet gerektirmeyen aynı zamanda uygulanma oranı fazla olan konut yapısı üzerinden ele alınmış ve pasif ev standartlarının özümsemesi amaçlanmıştır. Ilımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) özelinde yapılan küçük ölçekli konut tasarımında pasif ev kriterlerine uygun yapı tasarımı yapılarak ılımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) için öneri proje sunulmuştur. Önerilen projede mümkün olduğunca Konya ilinde uygulanan geleneksel inşaat detayları tercih edilerek mevcut yapı stoğundan uzaklaşmadan ülkemizde pasif ev gibi yüksek enerji korunumlu yapı standardında uygun maliyetli ve inşaat sektörüne kolay adapte olması hedeflenmiştir. Tasarım pasif ev gereksinimlerini karşılayacak nitelikte tasarlanmıştır. Böylelikle yapılarda inşaat yöntemlerinin pasif ev standartlarına göre düzenlenmesi ülkemizde daha hızlı yayılıp uygulanabilirliğini artırmak hedeflenmiştir.

Çalışma kurgusu sürecinde pasif ev tasarım süreci az katlı küçük ölçekli bir konut üzerinden analiz edilmiştir.

- Tasarımda önemli olan parametreler, hangi yapı bileşenlerinin hangi kalınlıkta olması gerektiği, hangi şartlar sağlandığı takdirde pasif bir yapı elde edileceği aşamalar halinde anlatılmıştır.
- Ilımlı kuru iklim bölgesi (Konya ili) özelinde yapılan özgün tasarımda

Pasif Ev Planlama Paketi ile (PHPP) yapı bileşenleri malzemeleri seçilerek yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir.

- Yüksek yalıtımlı pencere ve kapı sistemleri, U değeri (termal ısı kaybı katsayısı) $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ değerinden az olan duvar, döşeme, çatı bileşenleri PHPP programı yardımıyla oluşturulmuştur.
- Temel, duvar ve çatı için farklı yalıtım kalınlıkları analiz edilmiştir. 200 mm kalınlıkta ısıtma yükü $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak bulunmuştur. Isıtma yükü $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ değerinden azdır fakat bu yalıtım kalınlığında U değerleri $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ değerine eşit ya da daha küçük olmadığı için U değerlerini ve ısıtma yükünü sağlayan eşik yalıtım değeri 225 mm olarak hesaplanmıştır.
- Hava sızdırmazlık, ısı köprüleri oluşabilecek noktalar yapı inşa ve tasarım sürecinde gerekli çözümlerin yapılması önerilmiştir.

Pasif Ev standartları çerçevesinde yapılan yalıtım sonucunda örnek çalışmanın ihtiyaç duyduğu ısı enerjisi $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak bulunmuştur. Yüksek yalıtıma sahip projenin ısıtma yükü $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ 'dan az olduğu için pasif ev standartlarını sağlayarak enerji verimliliği sağlamaktadır. Aynı çalışma U değerleri TS 825 standardına göre 3. Bölgede bulunan Konya ili için yalıtım kalınlıkları tekrar hesaplanmıştır. Bu sonuca göre yapının ihtiyaç duyduğu ısı enerjisi $53 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak bulunmuştur. Öneri pasif ev TS 825 standardına göre tasarlanmış standart konut projesi kıyaslandığı zaman öneri pasif evin standart konuta oranla % 88,6 daha az enerji harcadığı sonucu elde edilmiştir.

Aynı proje için ısıtma talebi:

- Yalıtımsız olarak uygulanırsa; $255 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- 10 cm yalıtım uygulanırsa; $29 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- 20 cm yalıtım uygulanırsa; $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- 22,5 cm yalıtım uygulanırsa; $11 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- 30 cm yalıtım uygulanırsa; $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,
- 40 cm yalıtım uygulanırsa; $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ olarak hesaplanmıştır.

Maliyet olarak değerlendirildiğinde günümüz inşaat şartlarında pasif ev yapıları nitelikli yapılar olduğu için yapının ilk yatırım maliyetleri fazladır. Fakat

pasif evleri ısıtma ve soğutma için gereken maliyetler çok düşüktür. Yüksek enerji verimine sahip yapılar yatırım maliyetindeki farkı artan enerji fiyatları ile kısa sürede kapatabilmektedir. Binanın ömrü boyunca sürekli artan enerji fiyatları düşünülerek yapının sağladığı enerji tasarrufu geleceğe ve çevreye sağladığı yatırımlar düşünüldüğünde ülkemizin bu konuda bilinçlenmesi önem arz eder.

Pasif evlerin ülkemizdeki yatırım maliyetinin fazla olmasının sebeplerinden biri de yapı bileşenlerinin Türkiye’de üretilmiyor ya da yeterli çeşitlilikte üretilmiyor olmasıdır. Pasif evlerin sağladığı enerji kazançları ve yapı konforu yapılan uygulamalar ile test edildikçe yapı malzemesi üreten yerel firmaların yüksek kaliteli yapı malzemeleri üretimi konusunda girişimci davranmaları beklenmektedir. Yapılarda kullanılan ürünler olarak Avrupa pazarında pasif evler için ürün sunan firmalar mevcutken Türkiye’de pasif ev için ürün pazarının yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir.

Pasif evlerde proje tasarım aşamaları kadar projenin uygulama aşamaları da çok önemlidir. Doğru uygulama yapılarak ısı kayıplarının önüne geçilebilmektedir. Şantiye aşamasında hassas uygulamalar gerekmektedir. Bu sebeple bu aşamada pasif ev uygulama ve detaylarına hakim olan kişiler tarafından takip edilerek oluşabilecek teknik hataların önüne geçilmelidir.

Bu çalışmada ılımlı kuru iklim bölgesinde (Konya iline) yer alan konut projesinin pasif ev standartları çerçevesinde tasarımını etkileyen faktörler ele alınmıştır. Öneri projenin Türkiye’de bilinirliğini artırmak için pilot proje olması aynı zamanda Ülkemizde tasarlanacak pasif evler için temel bilgiler içeren tez çalışmasının yapılacak yeni çalışmalara rehber olması hedeflenmiştir.

Çalışmanın devamı olarak pasif ev maliyetlerini düşürmede en etkili parametrelerden olan pasif ev standartlarına uygun yapı malzemelerinin gelişim ve üretim süreçleri araştırılabilir. Yerel yapı malzemesi üreten firmalar bu konularda bilgilendirilerek pasif ev standartlarına uygun yapı malzemeleri üretmeye teşvik edici çalışmalar yapılabilir. Maliyet hesabı analizleri yapılarak yatırım maliyetleri düşürülmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

Isı köprüleri, hava sızdırmazlık detayları ile ilgili detay çalışmaları ile pasif evin en önemli bir kriteri olan hava sızdırmaz kabuğun oluşturulması için detayların üretilmesi ve yerel yönetimlere bu detayların proje eki olarak sunulması teşvik

edilebilir. Binalardaki enerji verimliliğini artırmak ve pasif ev stratejilerini geliştirmek adına yaptırımların ve denetimlerin geliştirilmesi, devlet destekli teşviklerin artırılması ve toplumun bu konudaki bilgi eksikliğinin giderilerek arz talep dengelerinin oluşturulması sağlanabilir.

Eğer Türkiye'deki ürün pazarının geliştirilerek, pasif evlerin Ülkemizde artırılması ve bir takım yönetmelikler ile yaptırımların uygulanması sağlanabilirse en büyük enerji tüketimine sebep olan yapı sektöründe enerji tüketimi ve buna bağlı olarak fosil yakıt tüketimi ve karbon salınımı azalacaktır. Gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakma konusunda önemli bir adım atılmış olacaktır.



KAYNAKLAR

Akmalı Özçiftçi, S., 2010, Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 170.

Anbarcı, M. ve Ömer, G., Demir, İ. H., 2012, Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri İle Türkiye'deki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması, e-Journal of New World Sciences Academy, 16.

AYDOĞDU, Ç., 2021, Yenilenebilir Enerji Sektöründe ve Enerji Verimliliğinde Kamusal Destekler ve Türkiye'de Yansımaları, Akademik İzdüşüm Dergisi, 52-74.

Bayraktar, M., 2015, Toprak Kaynaklı Isı Pompası Destekli Pasif Ev Tasarımının Karabük İlinde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, 140.

Boz, A., 2021, Pasif Evler Hakkında Analizler, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 37.

Bulut, B., 2014, Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 160.

Canitez, S., 2013, Sertifikasyona Dayalı Sürdürülebilir Yapı Üretim Sürecine İlişkin Türkiye Koşullarına Uygun Modele Yönelik Sistem Yaklaşımları, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne, 2013.

Demirel, B., 2013, Pasif Ev Uygulamasının Türkiye İçin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mi105.

Dikmen, Ç. B., 2011, Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, Cilt:14, Sayı 2, Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yozgat, 14.

Engin, N., 2012, Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma, Tesisat Mühendisliği, Sayı 129, 9.

Geçimli, M., 2021, Sürdürülebilir Tasarımda Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Online Journal of Art and Design, 10.

Salman Gürcan, T., 2017, Enerjide Pasif, Konforda Aktif Geleceğin Yapıları, Pasif Evlere Giriş Eğitimi, 105.

Ionescu, G.L., 2017, Passive House, Journal Of Applied Engineering Sciences, Sayı 7, 23-27.

IPHA, 2018, Daha Fazla konfor için aktif : Pasif Ev, 67.

İmik, E., 2017, Enerji Etkin Binaların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 163.

Karabulut, D. Ve Kartal, S., 2021, Ülkelerin Pasif Ev Potansiyeli Üzerine Bir Araştırma- Almanya / Sachsen Bölgesi Örneği, İklim ve Sağlık Dergisi, 12.

Keskin, T. ve Güven, A., 2020, Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği, Türkiye’nin Enerji Görünümü, 18.

Kısa Ovalı, 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, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul,161.

Multi Konfor Binalar, 2009, Izocam, Pasif Evlerde Tasarım Semineri, İstanbul,68.

Ömerca Akyol, M., 2012, Az Katlı Konutlarda Pasif Ev Kriterlerinin Bina Isıl Performansına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara,142.

Sabiyeva, G., 2022, Sürdürülebilir Mimarlıkta Pasif Evlerin Rolü: Azerbaycan İçin Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı,Bina Bilgisi Bilim Dalı, Eskişehir,117.

Sepev, 2016, Pasif Ev, EnerPHit ve PHI Düşük Enerji Bina Standardı Kriterleri, Sıfır Enerji ve Pasif Ev Derneği, 28.

Somuncu, Y. (2022). Pasif Ev Binalarda Mekanik Havalandırma Sistemleri, 25.

Şengezer, O. , 2011, Pasif Ev Sistemlerinde Enerjinin Etkin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul,179.

Austro Times, 2017, Austrotherm Bülteni,Pasif Ev Özel Sayısı 13.Sayı, 16.

TS 825, 2009, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 80.

Ulukaya, C., 2012, Bir Pasif Ev Tasarımı Ve Karabük İklim Şartlarında Standart Evlerle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, 198.

Umaroğulları, F., ve Cihangir, C. (2019). Toplu Konutların İklimsel Konfor Tasarım Parametrelerine Göre Değerlendirilmesi. Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 18.

Ural Yertutan, C. , 2018, Türkiye’de Pasif Ev Standartlarında Yapı Üretimi Üzerine: Gaziantep İnsan Kaynakları Merkezi Ve Gaziantep Kuluçka Merkezi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,205.

Ürük, Z. F., ve Külünkoğlu İslamoğlu, A. K., 2019, Leed Ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,Sayı 15,Araştırma Makalesi, 143,154.

Yılmaz, E., 2019, Türkiye’de Yeşil Bina Sertifikasyon Sisteminin Ekolojik Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Programı, İstanbul, 187.

Can, E., 2012, Almanya Ve Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırılması, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü Ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul,109.

Kılıç Demircan, R. Ve Gültekin A. B., 2017, Binalarda Pasif Ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi, Cilt 10, Sayı 1,Türk Bilim Araştırma Merkezi, 36-51.

Aşıkoğlu, A., 2014, Sürdürülebilir Konut Yapılarında Pasif Sistemlerin Kullanılan Teknikler Açısından İrdelenmesi; İzmir İli İçin Bir Uygulama Önerisi, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı, İzmir,222.

Bostan, H. T., 2012, Yüksek Yapılarda Ekolojik Mimari Ve Sürdürülebilirlik, Mimarlık Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Programı, İstanbul, 168.

Kılınçarslan, Ş., Şimşek, Y., Uygun, E., Akoğlu, M., Cesur B., Tufan, M.Z., Ve Turan, U., 2019, Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Açısından Bina Sertifikasyon Sistemlerinin İncelenmesi, Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik Ve Teknoloji Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, 1-14.

Olgun, B., Kurtuluş, O., Gültek, S. ve Heperkan, H.A., 2009, Enerji Verimliliği Ve Türkiye'deki Mevzuat,56.

İnternet Kaynakları:

Web-1: <https://cevresehgostergeler.csb.gov.tr/sektorelere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800>

Web-2: <https://passipedia.org/>

Web-3: (<https://database.passivehouse.com/en/buildings/map/>)

Web-4: <https://www.passivehouse-international.org/>

Web-5: <https://sepev.org/>

Web-6: (<https://www.gaziantep.bel.tr/tr/haberler/ekolojik-bina-kapilarini-halka-aciyor>)

Web-7: https://passivehouse-database.org/index.php#d_6635

Web-8: https://passivehouse-database.org/index.php#d_6644

Web-9: (https://passipedia.org/planning/thermal_protection)

Web-10:

(https://passipedia.org/planning/thermal_protection/integrated_thermal_protection)

Web-11:

(https://passiv.de/former_conferences/Passive_House_E/Passive_house_insulation.html)

Web-12:

https://passipedia.org/planning/thermal_protection/windows/types_of_glazing_and_thermal_specific_values

Web-13:

<https://database.passivehouse.com/en/components/details/window/asas-aluminyum-sanayi-ve-ticaret-as-rwt95-1896wi03>

Web-14: (<https://passivehouse.com>).

Web-15: https://passivehouse-database.org/index.php#d_6668

Web-16: (<https://klimadaten.passiv.de/>).

Web-17: <https://database.passivehouse.com/en/components/list/window>

Web-18:

<https://database.passivehouse.com/en/components/details/door/rehau-ag-co-haustur-geneo-phz-mit-fullung-guwa-zweiseitig-flugeluberdeckend-0184ed03>

Web-19: https://passipedia.org/planning/airtight_construction

Web-20:

https://passipedia.org/planning/thermal_protection/windows/types_of_glazing_and_thermal_specific_values