

**BİR PASİF EV TASARIMI VE KARABÜK İKLİM
ŞARTLARINDA STANDART EVLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Cantekin ULUKAYA

**BİR PASİF EV TASARIMI VE KARABÜK İKLİM ŞARTLARINDA
STANDART EVLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Cantekin ULUKAYA

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ekim 2012**

Cantekin ULUKAYA tarafından hazırlanan “BİR PASİF EV TASARIMI VE KARABÜK İKLİM ŞARTLARINDA STANDART EVLERLE KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mehmet ÖZALP


.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 05/10/ 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)


.....

Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZALP (KBÜ)


.....

Üye : Doç. Dr. Emrah DENİZ (KBÜ)

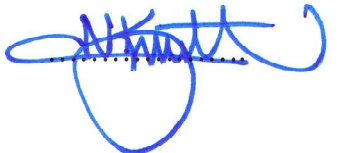

.....

...../...../.....

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Cantekin ULUKAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR PASİF EV TASARIMI VE KARABÜK İKLİM ŞARTLARINDA STANDART EVLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Cantekin ULUKAYA

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Mehmet ÖZALP

Ekim 2012, 176 sayfa

Dünyamızda son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ve sanayileşme süreci enerji kullanımında yüksek oranda artışa neden olmuştur. Kullanılmakta olan fosil kökenli yakıtların çevreye verdiği tahribat ve de ömürlerinin sınırlı oluşu, insanları yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımına yöneltmektedir. Dünyada tüketilen enerjinin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde büyük bir kısmının binalarda tüketildiği görülmektedir. Yaşanan çevre kirliliği de düşüldüğünde, ekolojik bina tasarımlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada minimum enerji tüketimi, çevresel duyarlılık, kullanım ve yaşam konforu kriterleri altında tasarlanan bir enerji etkin bina modeli olarak Pasif Evler ele alınmıştır.

Pasif Evler, inşa edilecek bölgenin sıcaklık verileri, hâkim rüzgârlar, güneşlenme faktörü gibi iklim şartları araştırılarak dış cephe yönlendirilmesi yapılan, yüksek

oranda yalıtım içeren, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, hava sızdırmazlığı, çatı eğimi gibi birçok detayın düşünülerek mimari, statik, mekanik ve elektrik bileşenlerinin bir bütün olarak tasarlandığı ve yapımında oldukça yeni nesil teknoloji ve malzemelerin kullanıldığı, kendine ait bir takım standartları olması nedeniyle diğer ekolojik yapılardan ayrılan çevre dostu bir bina modeli olarak ifade edilmektedir.

Karabük iklim şartları dikkate alınarak Ulukaya Pasif Evi (UPE) olarak adlandırılan bir Pasif Ev mimari planı oluşturulmuştur. Yüksek oranda yalıtım içeren bu evin yalıtım hesabı TS 825;binalar için yalıtım yönetmeliği dikkate alınarak TGUB programı yardımı ile yapılmış; ısı kaybı, ısı kazancı, yapı bileşenlerinin termofiziksel özellikleri, yapı bileşenlerinde sıcaklık ve basınç dağılımı, yoğuşma ve buharlaşma periyotları ile yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı da bu standarda göre hesaplanmıştır. Bu hesaplar ayrıca aynı mimari plan ve dış iklim şartlarında TS 825 standardını asgari ölçüde sağlayan C Sınıfı yalıtımlı bina ve de yalıtımsız bina modeli için elde edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. UPE'nin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının C sınıfı ve yalıtımsız binaya kıyasla sırasıyla 3,1 ve 8,4 kat düşük olduğu görülmüştür.

Bu tezde sırasıyla enerji kavramı, Dünyada ve Türkiye'de yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve binalar, enerji etkin bina tasarımı parametreleri, Pasif Evler, Ulukaya Pasif Evi mimari tasarımı ve Pasif Ev yalıtım özelliklerinin Karabük iklim şartlarında standart evlerle karşılaştırılması konuları ele alınmıştır. Sonuç kısmında ise sürdürülebilir bir gelecek için çevreye duyarlı, daha az enerji tüketen sürdürülebilir mimari anlayışın gelişmesi ve yaygınlaşması gerektiğine vurgu yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Pasif Ev, pasif ısıtma, enerji etkin bina tasarımı, ekolojik yapı, sıfır enerjili binalar, yalıtım.

Bilim Kodu : 914.1.233

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

A PASSIVE HOUSE DESIGN AND COMPARISON WITH STANDARD HOUSES AT KARABÜK CLIMATIC CONDITIONS

Cantekin ULUKAYA

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Mehmet ÖZALP

October 2012, 176 pages

Technological developments sustained in our world in recent years and the period of industrialization has caused increase the high rate of the use of energy. Damage to the environment of Fossil fuels used and limited life of them, canalizes people to the use of renewable energy systems. When the sectoral distribution of the energy consumed in the world examined, it being seen that a large portion of it was consumed in the buildings. When the environmental pollution was thought, importance of ecological building designs has emerged. In this study, Passive Houses are discussed as a model for an energy efficient building that designed under the criteria of minimum energy consumption, environmental awareness, usege and comfort.

Passive Houses are expressed in an eco-friendly building model leaving other ecological structures due to have a number of its own standards, performing facade

orientation of building investigating climate conditions such as the temperature data of building region, the prevailing winds, solar radiation factor; including high insulation; designing as a whole of architectural, structural, mechanical and electrical components, considering a lot of details such as heating, cooling, ventilation, lighting, air sealing, roof pitch; and being use new generation Technologies and materials in its construction.

A Passive House namely Ulukaya Passive House (UPH), architectural plan was drawn taking into account climatic conditions of Karabük. Containing a high rate insulation this house's insulation calculations were made in the assistance of with TGUP programme according to TS 825 named "insulation standards for buildings"; heat loss, heat gain, thermophysical properties of the components, temperature and pressure dispersion in their condensation and evaporation cycles and annual heating energy requirement are also calculated according to the standard. These calculations were also performed for the class C building provided TS 825 standard at minimum level, and for the non-isolated building model under the same architectural plan and same external climatic conditions and comparisons were made each others. Annual heating energy requirement of UPH in comparison with class C building and non-insulated building, respectively 3,1 and 8,4 times lower, has been seen.

In this thesis, the concept of energy, renewable energy in the world and in Turkey, energy efficiency and buildings, energy-efficient building design parameters, Passive Houses, "Ulukaya Passive House" architectural design and comparison of Passive House's insulation properties with classical buildings at Karabük climatic conditions issues were discussed respectively. At the conclusion of thesis, for a sustainable future, development and expansion of sustainable architectural understanding that means environmentally sensitive and less energy-consuming needs to improved is emphasized.

Key Word : Passive House, passive heating, energy – efficient building design, ecological building, zero – energy houses, insulation.

Science Code : 914.1.233

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Mehmet ÖZALP'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bina modeli tasarımının mimari çiziminde benden desteklerini esirgemeyen İnşaat Mühendisi Aytuğ ULUKAYA'ya ve Restorasyon Teknikeri Feyza ERDOğDU'ya ve sevgili aileme teşekkür ederim.

Geçerli ve kalıcı olmayı doğal kaynaklarda arayan, geri dönüşümlü ve yenilenebilir olmayı öngören; güneş, yağmur, rüzgâr gibi doğal kaynakların aşırı boyutlarından korunma değil yararlanma niyetinde olan günümüz "Enerji Mimarlığı" akımının fikir babası ve öncüsü Yüksek Mimar elik ERENGEZGİN'e engin bilgilerini esirgemediği için sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	4
ENERJİ KAVRAMI	4
2.1. KLASİK (FOSİL KÖKENLİ) ENERJİ KAYNAKLARI	4
2.1.1. Kömür.....	4
2.1.2. Petrol	5
2.1.3. Doğalgaz.....	7
2.1.4. Nükleer Enerji.....	8
2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	9
2.2.1. Güneş Enerjisi.....	9
2.2.2. Rüzgâr Enerjisi.....	11
2.2.3. Hidroelektrik Enerjisi.....	12
2.2.4. Jeotermal Enerjisi.....	15
2.2.5. Gel-Git ve Dalga Enerjisi	16
2.2.6. Hidrojen Enerjisi.....	17
BÖLÜM 3.	20
DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ	20

	<u>Sayfa</u>
3.1. DÜNYA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ	20
3.2. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	25
3.2.1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı.....	25
BÖLÜM 4.	29
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE BİNALAR	29
4.1. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ	30
4.2. KARBON EMİSYON FAKTÖRLERİ	31
4.3. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ MEVZUATI.....	31
4.3.1. Binalarda Enerji Verimliliği Kanunu	32
4.3.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	34
4.3.2.1. Isıtma Sistemi Tasarımı	36
4.3.2.2. Soğutma Sistemi Tasarımı	38
4.3.2.3. Havalandırma ve İklimlendirme Sistemi Tasarımı.....	39
4.3.2.4. Sıcak Su Hazırlama ve Dağıtım Sistemi Tasarımı	41
4.3.2.5. Otomatik Kontrol Sistemi Tasarımı.....	42
4.3.2.6. Elektrik ve Aydınlatma Sistemi Tasarımı.....	43
4.3.2.7. Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Kullanımı	46
4.3.3. TS 825 Standardı.....	47
BÖLÜM 5.	52
ENERJİ BİNA TASARIMI VE TEMEL KAVRAMLAR	52
5.1. AKTİF SİSTEMLER.....	53
5.1.1. Isıl Güneş Teknolojileri.....	53
5.1.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri.....	54
5.1.1.2. Yoğunlaştırıcı Sistemler.....	57
5.1.2. Fotovoltaik Sistemler (Güneş Pilleri).....	58
5.2. PASİF SİSTEMLER.....	60
5.2.1. Doğrudan Kazanç Sistemleri	62
5.2.2. Dolaylı Kazanç Sistemleri.....	64
5.2.2.1. Isıl Çatılar-Çatı Havuz Sistemi.....	65
5.2.2.2. Isıl Duvarlar.....	65

	<u>Sayfa</u>
5.2.3. Yalıtılmış Kazanç Sistemleri	68
5.2.3.1. Seralar	68
5.2.3.2. Güneş Odaları.....	69
5.2.4. Ayrılmış Kazanç Sistemleri.....	70
BÖLÜM 6.	72
ENERJİ ETKİN PASİF BİNA TASARIM PARAMETRELERİ	72
6.1. KULLANICIYA AİT PARAMETRELER	73
6.1.1. Kullanıcı Niteliğine ve Durumuna İlişkin Parametreler	73
6.1.2. Fizyolojik Parametreler	75
6.2. İKLİME İLİŞKİN PARAMETRELER	75
6.2.1. Kullanıcı Niteliğine ve Durumuna İlişkin Parametreler	75
6.2.1.1. Güneş Işınımı	76
6.2.1.2. Dış Hava Sıcaklığı ve Nemliliği.....	76
6.2.1.3. Rüzgâr	77
6.2.2. İç İklimsel Parametreler	79
6.2.2.1. İç Hava Sıcaklığı	79
6.2.2.2. İç Yüzey Sıcaklıkları	79
6.2.2.3. İç Hava Hareketi.....	79
6.2.2.4. İç Hava Nemi.....	80
6.3. BİNAYA İLİŞKİN PARAMETRELER	80
6.3.1. Yer	81
6.3.2. Bina Aralıkları	82
6.3.3. Bina Yönlendiriliş Durumu	82
6.3.4. Bina Biçimi	83
6.3.5. Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri	86
6.3.6. Doğal Havalandırma Düzeni	89
BÖLÜM 7.	91
ENERJİ ETKİN BİR BİNA MODELİ: PASİF EVLER	91
7.1. PASİF EV STANDARDININ TARİFİ	91
7.2. BİR BİNAYI NELER PASİF EV	97

	<u>Sayfa</u>
7.2.1. Yalıtım	97
7.2.2. İlave Besleme Havaının Isıtılmasıyla Etkili Isı Geri Kazanımı	98
7.2.3. Pasif Güneş Enerjisi Kazanımı	98
7.2.4. Enerji Verimli Elektrikli Cihaz Kullanımı	99
7.2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması	100
7.3. PASİF EV UYGULAMA ÖRNEKLERİ VE KARŞILAŞTIRMALAR	101
7.3.1. Sızdırmazlık Testi	101
7.3.2. Enerji Performansı	102
7.3.2.1. Mahal Isıtması İçin Enerji Tüketimi.....	102
7.3.2.2. Ev Tipi Sıcak Su İçin Enerji Tüketimi.....	104
7.3.2.3. Eve Ait Elektrik Tüketimi.....	104
7.3.2.4. Nihai ve Birincil Enerji Tüketimi.....	104
7.3.2.5. Isı Yükleri.....	106
7.3.3. İç Ortam Sıcaklığı	106
7.3.3.1. Kış Aylarında İç Sıcaklıklar	107
7.3.3.2. Yaz Aylarında İç Sıcaklıklar	107
7.3.4. Maliyet Verimliliği	109
7.3.5. Pasif Ev Kullanıcı Memnuniyeti	109
BÖLÜM 8.	115
ULUKAYA PASİF EVİ MİMARİ TASARIMI	114
8.1. ULUKAYA PASİF EVİNİN YAPI BİLEŞENLERİ	126
8.1.1. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı.....	132
8.1.2. Buhar Difüzyonu Hesabı	133
8.2. YAPI ELEMANLARININ TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	135
8.2.1. Dış Hava Temaslı Duvar (DH-1).....	135
8.2.2. Dış Hava Temaslı Duvar (DH-2).....	136
8.2.3. Üzeri Çatılı Tavan (CC-1)	137
8.2.4. Toprak Temaslı Taban (TT-1).....	138

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 9.	148
PE YALITIM ÖZELLİK. STANDART EVLERLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	148
9.1. REFERANS BİNA TANIMI	148
9.2. ISIL GEÇİRGENLİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	150
9.2.1. Yapı Bileşenlerinin U (W/m ² K) Değerlerinin Karşılaştırılması.....	151
9.2.2. Pencereilerin U (W/m ² K) Değerlerinin Karşılaştırılması.....	152
9.2.3. Kapıların U (W/m ² K) Değerlerinin Karşılaştırılması	153
9.3. ISI KAYBI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	154
9.4. ISI KAZANCI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	156
9.4.1. İç Isı Kazancı	157
9.4.2. Güneş Enerjisi Kazancı	157
9.5. SICAKLIK DAĞILIMININ KARŞILAŞTIRILMASI	159
9.6. YILLIK ISITMA ENJ. İHTİYAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	168
BÖLÜM 10.	171
SONUÇ	171
KAYNAKLAR.....	173
ÖZGEÇMİŞ.....	176

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Türkiye’de doğalgaz tüketiminin sektörel dağılımı	7
Şekil 3.1. AB’nin nihai enerji talebi	23
Şekil 3.2. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat)	26
Şekil 3.3. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	27
Şekil 4.1. Sektörlere göre nihai enerji tüketimi	30
Şekil 5.1. Doğrudan kazanım sistemleri.....	60
Şekil 5.2. Dolaylı kazanım sistemleri.....	61
Şekil 5.3. İzole edilmiş kazanç sistemleri.....	61
Şekil 5.4. Termosifon sistemler	61
Şekil 5.5. Trombe duvarının çalışma şekli	66
Şekil 6.1. Rüzgarın yapı kütesine dik gelmesi ile oluşan hava hareketi	76
Şekil 6.2. Rüzgarın geliş açısına göre yapı çevresinde oluşan basınç dağılımı.....	77
Şekil 6.3. Isı kaybı oranının çeşitli plan tiplerine göre değişimi	84
Şekil 6.4. İklim bölgelerinde bina formları	85
Şekil 6.5. Havalandırma giriş ve çıkış açıklıkları	89
Şekil 7.1. Farklı PE projeleri için ölçülmüş mahal ısı tüketim seviyeleri	102
Şekil 7.2. PE’lerin normalize edilmiş mahal ısı tüketim seviyeleri	103
Şekil 7.3. PE’lerin birincil enerji tüketimlerinin karşılaştırılması	105
Şekil 7.4. PE’lerin ölçülmüş enerji tüketimleri.....	106
Şekil 7.5. PE’lerde ortalama iç ortam sıcaklığı (Kasım-Şubat).....	107
Şekil 7.6. PE’lerde ortalama iç ortam sıcaklığı (Mayıs-Ağustos).....	108
Şekil 7.7. Pasif eve taşınma nedeni anketi.....	110
Şekil 7.8. Enerji kullanımı ve iç ortam hava sıcaklığı ilişkisi	111
Şekil 7.9. Sıhhi refah değişimlerinin değerlendirilmesi	113

Sayfa

Şekil 7.10. Konforun değerlendirilmesi.....	113
Şekil 8.1. Ulukaya Pasif Evi bodrum kat planı.....	117
Şekil 8.2. Ulukaya Pasif Evi zemin kat planı	118
Şekil 8.3. Ulukaya Pasif Evi 1.kat planı.....	119
Şekil 8.4. Ulukaya Pasif Evi çatı planı.....	120
Şekil 8.5. Güneş açılarının gösterimi	121
Şekil 8.6. Türkiye için (36 ° - 42° Enlem) optimum eğim açısı (S, derece)	122
Şekil 8.7. Ulukaya Pasif Evi 1-1 kesiti.....	124
Şekil 8.8. Ulukaya Pasif Evi 2-2 kesiti.....	125
Şekil 8.9. Ulukaya PE'nin DH-1 kesit görünüşü	127
Şekil 8.10. Ulukaya PE'nin DH-2 kesit görünüşü.....	128
Şekil 8.11. Ulukaya PE'nin CC-1 kesit görünüşü	129
Şekil 8.12. Ulukaya PE'nin TT-1 kesit görünüşü.....	130
Şekil 8.13. Ulukaya PE'nin TO-1 kesit görünüşü	131
Şekil 8.14. Low-e Cam'da ısı enerjisi geçişi ve yansıtılması.....	141
Şekil 8.15. DH-1 için Aralık ve Ocak ayı yoğuşma ve buharlaşma miktarı.....	146
Şekil 8.16. DH-2 için Aralık ve Ocak ayı yoğuşma ve buharlaşma miktarı.....	146
Şekil 8.17. CC-1 için Aralık ve Ocak ayı yoğuşma ve buharlaşma miktarı	146
Şekil 8.18. TT-1 için Aralık ve Ocak ayı yoğuşma ve buharlaşma miktarı.....	146
Şekil 9.1. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada ısı geçirgenlik değerleri	151
Şekil 9.2. Pencerelerin U (W/m ² K) değerlerinin karşılaştırılması.....	152
Şekil 9.3. Kapıların U (W/m ² K) değerlerinin karşılaştırılması	153
Şekil 9.4. İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybının (H _i) karşılaştırılması.....	154
Şekil 9.5. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada toplam ısı kaybı (H=H _i +H _v).....	156
Şekil 9.6. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada iç ısı kazancı (W).....	157
Şekil 9.7. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada güneş enerjisi kazancı (W).....	159
Şekil 9.8. Karabük ili aylık dış sıcaklık ortalama değerleri.....	160
Şekil 9.9. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın DH-1'deki dağılımı	161
Şekil 9.10. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın DH-2'deki dağılımı	162
Şekil 9.11. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın CC-1'deki dağılımı.....	163
Şekil 9.12. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın TT-1'deki dağılımı.....	164
Şekil 9.13. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada yıllık ısıtma enerjisi.....	170

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Türkiye genel enerji tüketiminde kaynakların payları	13
Çizelge 2.2.	2013 yılı sonuna kadar tamamlanacak hidrolik sant. kurulu gücü.....	14
Çizelge 2.3.	Hidrojen üretim yöntemlerinin maliyetleri.....	19
Çizelge 3.1.	Yenilenebilir elektrik kurulu gücü (GW)	24
Çizelge 3.2.	Yenilenebilir ısıtma ve soğutma tüketimleri (TEP)	24
Çizelge 3.3.	Ulaşım sektörü yakıt talebine biyoyakıtların katkısı.....	24
Çizelge 3.4.	Nihai enerji tüketimine yenilenebilir enerji katkısı (TEP)	24
Çizelge 3.5.	Kurulu kollektör alanları ile üretim ve tüketim değerleri.....	27
Çizelge 4.1.	Enerji tüketimi – CO ₂ üretimi dönüşüm katsayıları)	31
Çizelge 4.2.	Genel aydınlatma için uygun aydınlatma kaynakları.....	44
Çizelge 4.3.	Bölgelere göre tavsiye edilen U (W/m ² K) değerleri.....	48
Çizelge 4.4.	A _{top} /V _{brüt} oranları için ısıtma enerjisi değerleri.....	51
Çizelge 4.5.	Bölgelere göre sınırlandırılan Q ¹ nun hesaplanması	51
Çizelge 6.1.	Belirli eylem türleri için metabolizma düzeyleri.....	74
Çizelge 6.2.	Hesaplamalarda kullanılan giysi değerleri.....	74
Çizelge 8.1.	Ulukaya Pasif Evi kullanım alanları (m ²).....	116
Çizelge 8.2.	Gaz betonun sınıfları ve fiziksel özellikleri.....	126
Çizelge 8.3.	Ulukaya PE'nin DH-1 için TS 825 yapı bileşeni tanımları	128
Çizelge 8.4.	Ulukaya PE DH-2 için TS 825 yapı bileşeni tanımları	129
Çizelge 8.5.	Ulukaya PE'nin CC-1 için TS 825 yapı bileşeni tanımları.....	130
Çizelge 8.6.	Ulukaya TT-1 için TS 825 yapı bileşeni tanımları.....	131
Çizelge 8.7.	Ulukaya PE'nin TO-1 için TS 825 yapı bileşeni tanımları.....	132
Çizelge 8.8.	Ulukaya PE'nin DH – 1 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.....	135
Çizelge 8.9.	Ulukaya PE'nin DH – 2 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.....	136
Çizelge 8.10.	Ulukaya PE'nin CC-1 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.....	137

Sayfa

Çizelge 8.11. Ulukaya PE'nin TT-1 için termofiziksel özellikleri çizelgesi	138
Çizelge 8.12. Ulukaya PE yapı elemanlarının U (W/m ² K) değerleri.....	139
Çizelge 8.13. Ulukaya PE'nin pencere verileri.....	140
Çizelge 8.14. Trakya Cam ısıcam sinerji 3+ performans değerleri.....	140
Çizelge 8.15. Ulukaya PE'nin kapı tipi ve alanı tanımlaması	141
Çizelge 8.16. Ulukaya PE'de ısı kaybı / ısı kazancı çizelgesi	142
Çizelge 8.17. Ulukaya PE için aylara göre sıcaklık dağılımı	144
Çizelge 8.18. Ulukaya PE için aylara göre basınç dağılımı.....	144
Çizelge 8.19. Karabük ili ortalama dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri.....	145
Çizelge 9.1. PE, C sınıfı ve yalıtımsız bina yapı bileşenleri.....	150
Çizelge 9.2. PE, C sınıfı ve yalıtımsız binada U (W/m ² K) değerleri	151
Çizelge 9.3. Pencerelerin U (W/m ² K) değerlerinin karşılaştırılması	152
Çizelge 9.4. Kapıların U (W/m ² K) değerlerinin karşılaştırılması.....	153
Çizelge 9.5. Binalarda ısı kaybı (W/K) değerlerinin karşılaştırılması	154
Çizelge 9.6. İletimle olan ısı kayıplarının yüzdesel (%) dağılımı.....	155
Çizelge 9.7. PE, C sınıfı ve yalıtımsız binada güneş enerjisi kazancı (W).....	158
Çizelge 9.8. PE, C sınıfı ve yalıtımsız binada hava dengi difüzyon kalınlığı.....	165
Çizelge 9.9. Sınırlandırılan ısıtma enerjisi (Q _□) değerleri.....	168
Çizelge 9.10. Müsaade edilen maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) değerleri	169

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

MWe	: Mega Watt Elektrik
GWh	: 1 Gigawatt saat = 10^9 Watt saat
CO ₂	: Karbon Dioksit
Q _{yıl}	: Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
Q'	: Müsaade Edilen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
U	: Isıl Geçirgenlik
U _D	: Dış Duvar Isıl Geçirgenlik Değeri
U _{T/U_t}	: Tavan/Taban Isıl Geçirgenlik Değeri
U _P	: Pencere Isıl Geçirgenlik Değeri
A _n	: Binanın Kullanım Alanı
A _{toplam}	: Binanın Isı Kaybeden Yüzey Alanı Toplamı
V _{brüt}	: Binanın Isıtılan Hacmi
I _{el}	: Giysi Türüne Bağlı Yalıtım Direnci
a	: Güneş Işınımına İlişkin Yutuculuk
T	: Geçirgenlik
r	: Yansıtıcılık
k, λ _h	: Isı Geçirme Katsayısı, Isıl iletkenlik Hesap Değeri
x	: Saydamlık Oranı (Cam yüzeyin)
Q _{IGK}	: Gerekli Isı Kaynağı Kapasitesi
A _{dd}	: Binanın Isı Kaybeden Dış Duvar Alanı
A _{ça}	: Binanın Çatı Alanı
T _{iç}	: İç Ortam Sıcaklığı
T _{dış}	: Dış Ortam Sıcaklığı
h ⁻¹	: Dış Ortam Sıcaklığı
n50	: 50 Pa'lık Bir Basınç Farkında Saatlik Hava Değişimi (iç/dış ortamlar arası)
θ	: Güneş-Geliş Açısı

m	: Hava kütlesi
θ_z	: Zenit Açısı
α	: Yükseklik Açısı
β	: Yükseklik Açısı
\mathcal{A}	: Yüksek Azimut Açısı
S	: Yükseklik Açısı
q	: Isı Akış Yoğunluğu
A	: Alan, Isı geçiş Yüzeyine Dik
ΔT	: Sıcaklık Farkı
$Q_{yıl}$: Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
Q_{ay}	: Aylık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
\square_{ay}	: Kazançlar İçin Aylık Ortalama Kullanım Faktörü
$\Phi_{i,ay}$: Aylık Ortalama İç Kazançlar
$\Phi_{g,ay}$: Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları
t	: Zaman
H	: Binanın Özgül ısı kaybı
H_i / H_h	: İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
H_h	: Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
n_h	: Hava Değişim Oranı
KKO_{ay}	: Kazanç / Kayıp Oranı
$r_{i,ay}$: i Yönünde Saydam Yüzeylerin Aylık Ortalama Gölgeleme Faktörü
$I_{i,ay}$: i Yönündeki Dik Yüzeyle Gelen Aylık Ortalama Güneş Işınımı Şiddeti
A_i	: i Yönündeki Toplam Pencere Alanı
$1/\alpha_i$: İç Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci
$1/\alpha_d$: Dış Yüzeyin Yüzeysel Isı İletim Direnci
S_d	: Su Buharı Difüzyonu Eşdeğer Tabakası
p	: Kısmi Su Buharı Basıncı
i	: Su Buharı Difüzyon Akış Yoğunluğu
φ	: Bağıl Nem
d	: Tabaka Kalınlığı
μ	: Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı
$1/U$: Yapı Bileşenlerinin Toplam Isıl Geçirgenlik Direnci
g_{\perp}	: Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü

KISALTMALAR

PE	: Pasif Ev
UPE	: Ulukaya Pasif Evi
UKERC	: İngiltere Enerji Araştırma Merkezi
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
UAEA	: Uluslararası Atom Enerji Ajansı
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
YERT	: Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri
DERT	: Düşey Eksenli Rüzgâr Türbinleri
HES	: Hidro Elektrik Santral
MTA	: Maden Tetkik Araştırma
THEME	: Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı
ICHET	: Uluslararası Hidrojen Enerjileri Teknoloji Merkezi
THY	: Türk Hava Yolları
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK-MAM	: Tübitak Marmara Araştırma Merkezi
HYPROSTORE	: Hidrojen Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi
PEM	: Proton Değişim Membran Yakıt Hücreleri
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
PV	: Güneş Paneli
RES	: Yenilenebilir Enerji Direktifi
EREC	: Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
REPA	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
CSP	: Güneş Termal Yoğun Toplaç
BEP	: Binalarda Enerji Performansı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ESEER	: Avrupa Mevsimsel Enerji Verimliliği Oranı
CdS	: Kadmiyum Sülfür (Güneş Pili Tipi)
MET	: Metabolizma Düzeyi

EN	: Avrupa Normu
ISO	: Uluslararası Standartlık Örgütü
Clo	: Yalıtım Birimi (Kıyafetlerin Direnci)
MET	: Metabolizma Düzeyi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ID	: Direk Işınım Şiddeti
PVC	: Polivinil Klorür
UK	: Birleşik Krallık, Büyük Britanya
DC	: Doğru Akım
CEPHEUS	: Avrupa Standardı Olarak Maliyet Verimli Pasif Evler
TZA	: Tertiplenmiş Yüzey Alanı
HVAC	: Isıtma-Havalandırma-İklimlendirme
DIN	: Alman Endüstri Normu
DH-1	: Dış Hava Temaslı Dolgu Duvar
DH-2	: Dış Hava Temaslı Betonarme Duvar
CC-1	: Üzeri Çatılı Tavan
TT-1	: Toprak Temaslı Taban
TO-1	: Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban
EPS	: Ekspande Polistiren Köpük
XPS	: Ekstrüde Polistiren Köpük
HRV	: Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Cihazı
ERV	: Enerji Geri Kazanımlı Havalandırma Cihazı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojinin sürekli gelişimi ve dünyadaki hızlı nüfus artışı, enerji gereksinimini de artırmaktadır. İnsanların enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan enerji kaynakları zamanla değişiklik göstermektedir. 1950'lerden önce en önemli enerji kaynağı kömür olduğu halde, sonraki yıllarda Ortadoğu ve Güney Amerika'da bulunan zengin petrol yatakları sayesinde petrol ön plana çıkmıştır. 1970'li yıllardaki enerji krizi başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm dünyayı yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yöneltmiştir. Bu sebeplerle birçok ülke toplam enerji tüketimini azaltma, mevcut kaynaklarını daha verimli kullanma, tüketilen enerjiyi kontrol altına alma ve sınırlandırma yoluna gitmektedir.

Ülkelerin daha hızlı kalkınma çabaları ile her geçen gün artan enerji talebi, kullanılmakta olan fosil yakıtların çevreye verdikleri zararları onarılamaz boyutlara ulaştırmıştır.

Dünya genelinde tüketilen enerjinin % 42'si yapı sektöründe veya kullanım süreçlerinde harcanmaktadır. Benzer şekilde küresel ısınmaya sebep olan sera gazları önemli oranda yapı sektöründen kaynaklanmaktadır [1]. Enerjinin etkin kullanımı çalışmaları sürdürülebilir enerji kavramını ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte sürdürülebilir enerji, sürdürülebilir çevre ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın odak noktasıdır. Binalarda sürdürülebilir enerjiyi ve sürdürülebilir çevreyi gerçekleştirmenin en önemli koşulu, gelişmiş teknolojileri kullanarak enerjinin daha etkin kullanılmasıdır. Bu nedenle günümüzde ekolojik yapı tasarımı önem kazanmıştır. Ekolojik yapı sağlıklı, doğal malzemelerin kullanıldığı, az enerji tüketen, bu enerjiyi doğal kaynaklardan elde eden, bakımı kolay ve ekonomik yapı olarak tanımlanabilir [1].

Enerji tüketiminde gerçek, kabul edilebilir ve sürekli verimlilik sağlamanın temel yolu ise enerjinin tasarruflu kullanılması ve enerji kayıplarının önlenmesidir. Bu nedenle enerjinin üretilmesi kadar elde tutulması da güncelliğini korumaktadır. Bir bina için ele alındığında enerji tasarrufu hedefi binanın projelendirilmesi ile başlar. Binanın inşa edilmesi ile devam eden ve yıllar boyu kullanılması sürecindeki, tasarım ilkeleri ile ev sakinlerinin enerji kullanım alışkanlıklarının tümünü kapsayan bir olgudur.

Sürdürülebilir çevre anlayışı, doğal kaynakları tüketmeyen, gelecek nesillerin enerji gereksinimlerini karşılayabilme olanağını elinden almayan, ekonomi ve ekosistem arasındaki dengeyi koruyan sistemlerin kullanımını yaşam anlayışı haline getirebilme çabasıdır. Çevresel sorunların temel nedeni, doğal çevreye uygun olmayan enerji tüketimi olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu nedenle ki insanların yaşam alanlarında ve özellikle bina ölçeğinde çevre dostu teknolojilerin kullanılması gerekmektedir.

Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin tasarımı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de benimsenmesi gerekli ve oldukça önemli konuların başında gelmektedir. Bina tasarımında, binanın yönü, alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliği (rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, yer altı kaynakları vb.) dikkate alınmalıdır. Yapım aşamasında ise bina inşasında kullanılan malzemelerin niteliği, ısı iletkenlik ve yalıtım değerleri, sızdırmazlık özelliği, su ve neme karşı dayanımı gibi özelliklerine dikkat edilmelidir. Ayrıca binanın inşa edileceği yerde, binanın yaşam alanlarının güneşten maksimum istifade edebilmesi için doğru yönlendirilmesi, gölgelenme faktörü, rüzgâr durumu gibi çevresel etkiler göz önüne alınır. Kullanım aşamasında ise binanın ihtiyaç duyduğu oranda ısıtılması, soğutulması, havalandırılması ve aydınlatılması gibi kullanıcı kontrolüne bağlı tedbirler yer almalıdır. Bu sistemlerde kullanıcı kontrolünün tamamen ya da kısmen ortadan kaldırılıp sistemin otomasyon ile kontrol edilmesini sağlamak oldukça önemli bir tasarruf unsuru olmaktadır. Bununla birlikte binada kullanılan elektrikli ev aletlerinin daha verimli cihazlardan seçilmesi ile önemli bir tasarruf sağlanabilir. Cazibeli bir bina, oturanlarına konfor, rahatlık, işlev ve maliyet açısından avantaj sağlarken aynı zamanda enerji faturalarında uzun dönemli tasarruflar da

sunabilmelidir. Zira enerjinin verimli kullanılabilmesi vazgeçilmez bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla yenilenebilir enerji sistemlerinin binalara uygulanması, yüksek miktarda yalıtım, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, bina yapımında gelişmiş teknoloji ve malzemeler kullanma gibi düşüncelerle farklı bina tasarımları konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan biri olan Pasif Evler, enerjiyi etkin kullanan, konforlu, ekonomik ve çevreye duyarlı bir yapı tasarımı olarak proje ve imalat sisteminde özellikli kuralları olan ve bu kurallarla birlikte yüksek değerde yalıtım ve detayları ile çözülmüş, enerjiyi bina içinde tutabilen bir bina teknolojisidir. Aynı zamanda Pasif Evler % 90'lara varan enerji tasarrufu ile kendi enerji gereksinimi karşılayabilen çevreci ve bilinçli bir yapı tarzıdır [2].

Pasif Ev (PE) terimi bir yapım standardının bütününe tarif etmektedir. Herhangi bir konvansiyonel ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemi olmaksızın yaz ve kış mevsimleri boyunca oldukça konforlu iç ortam hava koşulları sağlayan binalardır [3]. Pasif Evler, pasif ısıtma tekniğinden yararlanılmasından dolayı bu ismi almıştır. Pasif ısıtma, güneş radyasyonu ile pencerelerden gelen, cihazlar ve insanlardan yayılan ısı sayesinde binanın ısıtma periyodu boyunca konforlu iç ortam sıcaklığında muhafaza edilmesi için önemli ölçüde yeterli olan bir ısıtma tekniğidir.

BÖLÜM 2

ENERJİ KAVRAMI

Enerji, klasik termodinamikte bir iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Pratikte ise, sanayileşmiş toplumların ayrılmaz bir parçasıdır.

"Enerji elle tutulamayan gözle görülemeyen, bir anlamda maddesel varlığı olmayan bir güç olarak tanımlanır. Enerjinin fizikte en basit tanımı "iş yapabilme gücüdür". Bu tanım çok basit olmakla birlikte pratik açıdan anlamlıdır. Çok geniş anlamda ise enerji "madde" demektir. Uzaydaki enerjinin devamlı olarak maddeye, maddenin de tekrar enerjiye dönüştüğünü göz önünde bulundurursak; madde, somutlaşmış bir enerji biçimidir, ancak kendi başına hareket edemez [4].

2.1. KLASİK (FOSİL KÖKENLİ) ENERJİ KAYNAKLARI

İnsanların günlük hayatlarını sürdürebilmek için tarih boyunca farklı şekillerde kullanmak zorunda oldukları enerji, yaşamın temel kaynağı olarak en önemli ihtiyaç olmuştur. Yaşamın vazgeçilmez bir ögesi olan enerji, gelişmişliğin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın simgesidir. Ülkelerin enerji arayışlarının temelinde bu unsurlar yatmaktadır. Enerji üretmek için belli kaynakları tüketmek ya da kullanmak gerekir. Enerji kaynakları tükenebilirlik durumları dikkate alındığında, fosil (tükenebilir) ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir.

2.1.1. Kömür

Kömür, yeraltı madenciliği veya açık işletme metotları kullanılarak çıkarılan fosil kaynaklı yakıttır. Genellikle hayvan fosillerinden oluşur. Kolayca yanabilen siyah veya kahverengimsi redüksiyonunda çok büyük önemi vardır. Birçok çeşidi vardır. Mesela taş kömürü, fabrikalarda kullanılır. Isı derecesi yüksektir. Antrasit, ısı değeri

en yüksek olan kömürdür, ülkemizde az bulunur. Ayrıca ülkemizde en çok bulunan kömür linyittir.

Kömür, fosil yakıtlar arasında dünyada en çok ve yaygın olarak bulunan enerji kaynağıdır. Bu nedenle kömürün, diğer fosil yakıtlara göre giderek artan oranda ve çok daha uzun yıllar dünyanın enerji gereksinimini karşılayacağını söylemek mümkündür.

2008 yılı itibariyle Dünyanın toplam kömür rezervleri 826 milyar tondur. Ülke bazında ABD 238 milyar ton olan kömür rezerviyle Dünya kömür rezervlerinin % 28,8'ine sahip iken Rusya % 19, Çin % 14, Avustralya %9,2, Hindistan % 7,1, Ukrayna % 4,1, Kazakistan % 3,8, G. Afrika % 3,7, diğer ülkeler ise % 10,4'üne sahiptirler. Görüldüğü gibi Dünya kömür rezervlerinin % 90'ı 8 ülke arasında dağılmaktadır. Dünya kömür rezervlerinin % 90'ı beş kıtaya dağılmış olmasına karşın en büyük pay Asya kıtasındadır. Türkiye toplam 12,8 milyar ton kömür rezerviyle dünya kömür rezervinin % 1,5'ine sahiptir. Diğer taraftan, 2009 yılı itibariyle 150 milyar ton olan dünya linyit rezervlerinin en önemli payı (% 25) Avustralya'da bulunmaktadır. Türkiye 11,5 milyar ton linyit rezerviyle Dünya linyit rezervlerinin % 7,7'sine sahiptir [5].

Dünya da 1999 yılından itibaren geçen on yılda, yıllık kömür üretimi % 53 artmıştır. Kömür üretimindeki artış, çok büyük kısmı Çin olmak üzere Asya kıtasındaki elektrik enerjisi talebinden kaynaklanmaktadır [5]. Genel olarak ısınma, taşıma ve sanayi sektörlerinin talebi ya durağan ya da düşmektedir. Kömür tüketiminin, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre daha fazla artmakta oluşunun nedenleri arasında; yüksek ekonomik büyüme oranları, artan elektrifikasyon ve başta Avrupa Birliği olmak üzere gelişmiş ülkelerin elektrik üretiminde doğal gazı tercih etmeleri gelmektedir.

2.1.2. Petrol

Petrol, yüz milyonlarca yıldan bu yana denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının anaerobik bir ortamda, uygun şartlar altında (sıcaklık,

basınç ve mikroorganizmaların etkisiyle), toprağın üstünde başkalaşmasıyla oluşur. Değeri çok yüksektir, çünkü oldukça az bulunan bir yakıttır.

Dünya ekonomi ve siyasetinde petrol tartışılmaz bir öneme sahiptir. Arz-talep dengesi içinde, kullanım alanının yaygınlığı petrole olan bağımlılığı arttırmıştır. Tüm dünyada, birincil enerji kaynakları arasında ilk sırada yer alan fosil yakıtlardan petrolün, stratejik konumunu uzun yıllar sürdürmesi beklenmektedir. Petrolün stratejik önemi, dünyada ekonomik kalkınma ve büyümesini de etkilemektedir.

2009 yılı Ekim ayında İngiliz uzmanlar tarafından hazırlanan bir araştırmada, küresel petrol üretiminin 2020'de zirve yapacağı, bu tarihten sonra düşüşe geçeceği tahmin edilmektedir. İngiltere Enerji Araştırma Merkezi (UKERC) tarafından, üretimdeki düşüş riskinin bu boyuta gelmesinin, bulunan sahalarda kaynakların hızla tükenmesi ve yerlerinin doldurulamamasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca yeni bulunan kaynakları çıkarma işleminin daha zor olacağı, bunların daha derinde, ya da ayrılması daha zor durumda olacağı düşünülmektedir. "Yalnızca üretim düzeyini sabit tutmak için, 2030 itibariyle ham petrol üretim kapasitesinin üçte ikisinden fazlasının yerine yenilerinin konması gerekebilir" fikri ortaya atılmıştır. 2009 sonu itibariyle küresel enerji tüketiminde % 35 pay alan petrolün Uluslararası Enerji Ajansı (UEA)'nın projeksiyonlarına göre, 2030 yılında toplam enerji tüketimindeki payının % 29,8 olacağı, % 24 olan doğal gaz payının ise % 21,2 olacağı tahmin edilmektedir. Dünya genelinde hızla artan enerji talebini karşılayabilmek ve buna bağlı olarak kaynaklar arasında yerlerini koruyacak olan petrol ve doğal gazın temini açısından, belli bölgeler ve ülkeler; arz bölgeleri, taşıma güzergâhı üzerindeki ülkeler ya da büyük tüketim bölgeleri farklı stratejik ağırlık taşıyacaklardır [5].

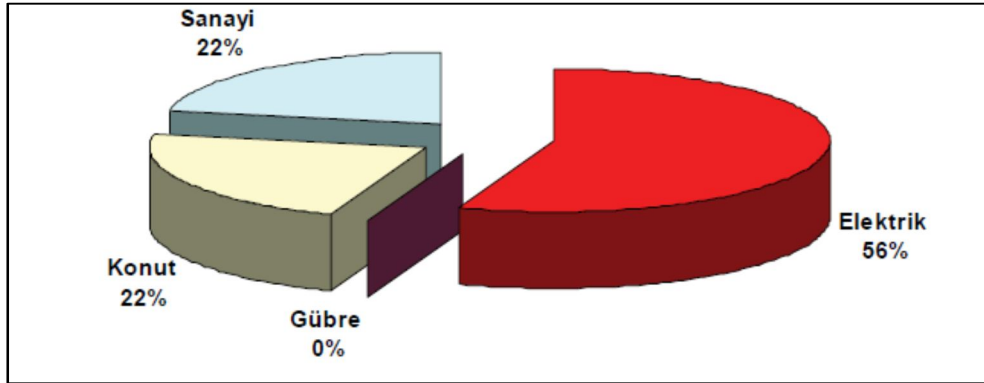
2010 başında Dünya'da ham petrol rezervi; 181,7 milyar ton'dur. Ortadoğu ülkeleri % 56,6 ile en büyük payı almaktadırlar. Bunu % 14,9 ile Güney ve Orta Amerika ülkeleri izlemektedir. OPEC üyesi ülkeler dünya petrol rezervlerinin % 77,2'sine sahiptirler [5]. Rezervler ve yeni buluşlar, üretim ve tüketim ile birlikte değerlendirildiğinde, dünyada 46 yıllık süre için ham petrol arz sorunu görülmemekle birlikte, petrolün savaş nedeni olması arz-talep dengesinden çok coğrafi dağılımından kaynaklanmaktadır.

2.1.3. Doğalgaz

Organik teoriye göre, diğer fosil yakacaklar gibi doğalgaz da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan artıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve sıcaklık etkisiyle, kimyasal değişikliklere uğrayarak doğal gazı meydana getirmiştir. Genelde doğalgaza sıra dağ yamaçlarında, petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak rastlanılmaktadır. Bugün üretilen doğal gazın % 40 kadarı petrol ile aynı yataklardan, % 60 kadarı ise petrolün olmadığı yataklardan sağlanmaktadır. Doğalgaz, petrol gibi çok eski tarihlerden beri bilinmekle ve kullanılmaktadır.

Dünya enerji tüketiminin % 22'si doğalgaza dayanmaktadır. İşyerleri ve evler ısınma amacıyla çok yoğun miktarda doğalgaz kullanırlar. Isınma, toplam doğalgaz kullanımında % 75 gibi bir orana sahiptir. Bunun yanı sıra elektrik üretiminde de doğalgaz kullanılmaktadır. Fakat % 10-15 gibi düşük oranlarda kalmaktadır.

Dünya üretilebilir gaz rezervi, 2007 sonu itibarı ile 177,36 trilyon metreküp olmuştur. Rezervlerin % 25,2'si Rusya'da, % 15,7'si İran'da ve % 14,4'ü Katar'dadır [6].



Şekil 2.1. Türkiye'de doğalgaz tüketiminin sektörel dağılımı [6].

Elektrik üretiminde doğal gazın payı yıllar içinde artarak 2007 yılında % 49,6'ya ulaşmıştır. Avrupa'da elektrik üretiminde doğalgaz kullanımında, ilk üç sırayı sırasıyla % 57,7 ile Hollanda, % 49,1 ile İtalya ve % 49,6 ile Türkiye paylaşmaktadır.

Hollanda doğalgaz satmaktadır ve İtalya ihtiyacının neredeyse üçte birini kendisi üretmektedir. Türkiye ise 2007 yılında ihtiyacının sadece % 2,4 ünü üretebilmiştir [6]. İthal bir enerji kaynağı olan doğal gazın elektrik enerjisi üretimi içindeki payının bu denli yükselmesi rasyonel değildir ve enerji güvenliği açısından sakıncalıdır.

2.1.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerjinin radyoizotop uygulamaları yanında en çok tartışılan uygulaması, nükleer güç santrallerinde elektrik enerjisi üretilmesidir. Nükleer enerji, uluslararası ve ulusal düzeyde güvenilir kuruluşlarca Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) gibi denetlenen tek enerji türüdür.

Nükleer santrallardan ticari olarak elektrik üretimi 1950'li yıllarda başlamıştır. 2008 yılı sonu itibarıyla dünyada 31 ülkede işletilmekte olan 439 nükleer güç reaktörün toplam kapasitesi yaklaşık 372 000 MWe'tir. Nükleer güç dünya elektrik talebinin yaklaşık % 16'sını karşılamaktadır. Fransa'da elektriğin % 78 'i, İsveç'te % 52'si, Almanya'da % 32'si, Japonya'da %29'u, İspanya'da % 23'ü, ABD'de % 20'si, İngiltere'de % 19'u nükleer santrallerde üretilmektedir [6]. Halen işletilmekte olan ticari reaktörler, yakıtındaki Uranyum-235 çekirdeğinin parçalanmasına dayanan reaktörlerdir.

Fransa 'da 1996-1999 yılları arasında 1560 MWe'lik dört yeni nükleer santral ile Japonya'da 2005 yılında 1304 MWe'lik bir nükleer santral işletmeye alınmıştır. Halen Finlandiya'da 1600 MWe'lik, Japonya'da 866 MWe'lik, Romanya'da 655 MWe'lik yeni nükleer santraller inşa edilmekte, Amerika Birleşik Devletleri'nde mevcut nükleer santrallerin teknolojik ömrü uzatılmaktadır.

2007 yılında nükleer enerji tüketimi 622 milyon ton petrol eşdeğeri olmuştur. Bu değer, bir önceki yıla göre %2'lik bir azalmayı ifade etmektedir. Petrol fiyatlarının uzun süre yüksek değerlerde seyretmesi nedeniyle, gerek Uluslararası Enerji Ajansı gerekse ABD Enerji Bakanlığı tarafından hazırlanan senaryolarda, önümüzdeki yıllarda nükleerin payının, önceki yıllarda yapılan tahminlere kıyasla, öngörülenden daha fazla artış göstereceği ifade edilmektedir.

2007 yılında, nükleer enerji tüketiminde 2006 yılına göre AB'de % 5,7, OECD ülkelerinde % 2,9 oranında azalma gözlenirken, eski Sovyet ülkelerinde % 2,6 oranında artış görülmüştür. Bu artış oranı Çin'de %2,3, Güney Kore'de % 5,2 olmuştur [6].

2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji, "doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı" olarak tanımlanmaktadır [7]. Su, güneş ve rüzgâr gibi doğal kaynaklar yenilenebilir olmalarının yanı sıra sera etkisi ve küresel ısınmaya karşı önemli rol oynamaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, mevcut teknik ve ekonomik sorunlarının çözülmesi halinde 21. yüzyılın en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları klasik (fosil kökenli) enerji kaynaklarından farklı olarak, sürdürülebilir kaynaklardır. Sürdürülebilirlik, şimdiki kuşakların ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılamalarına engel olmamak anlamına gelmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir bir gelişme içindeki rolü oldukça fazladır.

Yenilenebilir enerjiler, klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak sunulan kaynaklardır. Güneş, rüzgâr, hidrojen, hidroelektrik ve jeotermal enerji, dalga enerjisi, gel-git enerjisi buna örnektir. Doğada sürekli var olan faktörlere dayalı olan bu kaynakların en önemli özelliği ise yenilenebilir olmaları ve doğaya zarar vermemeleridir.

2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş Enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının Helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri

arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşüş göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermektedir.

Güneşten dünyamıza saniyede yaklaşık olarak $1,7 \times 10^{17}$ Joule'lük enerji (170 milyar MegaWatt) ulaşmaktadır. Bu enerji dünyada kullanılan toplam enerjinin yaklaşık 15-16 bin katıdır. Güneş değişmezi olarak adlandırılan ve dünyanın yani hava kürenin dışında güneş ışınlarına dik, bir metrekare alana bir saniyede gelen güneş enerjisi miktarı 1357 Joule'dür [8]. Bu değer yıl boyunca sabit olarak varsayılmaktadır.

Yeryüzündeki çoğu yenilenebilir enerjinin kaynağı doğrudan ya da dolaylı olarak güneştir. Hava tabakalarındaki farklı sıcaklıklar, rüzgârı oluşturmaktadır. Yeşil bitkilerin güneş ışığı sayesinde fotosentez yapması ile biyokütle enerjisi oluşmaktadır. Yine barajları dolduran akarsu ve yağmur sularının da kaynağı güneştir.

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi doğal dönüşümlere uğramaktadır. Su döngüsü bu doğal dönüşümlerden birisidir. Suların buharlaşması ile sağlanan bu döngü yağmur ve kar yağışlarını, akarsuların akışını, yer altı sularının sürekliliğini sağlamaktadır.

Diğer bir dönüşüm olan ışıkla birleşim, dünyadaki canlılar için yaşam demektir. Bir saniyede güneşten gelen enerjinin yaklaşık on binde ikisi bu işlem için harcanır. Bitkiler, gelen güneş enerjisini kullanarak ışıkla birleşim yapmakta ve biyokütle oluşturmaktadırlar. Tüm canlıların besin kaynağı olan bu enerji, otları oluşturmakta, dolayısıyla otları yiyen otoburların ve otoburları yiyen etoburların sürekliliği sağlanmaktadır.

Rüzgârlar, deniz dalgaları ve okyanus akıntıları güneş enerjisinin dönüşümleridir. Havanın, güneşin de etkisiyle başka bölgelere göre daha sıcak ya da soğuk olmasından kaynaklanan basınç farklılıkları sonucu oluşan rüzgârlar ve rüzgârların da etkisiyle oluşan deniz dalgaları ile akıntılar, güneş enerjisinin türevleridir.

2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Atmosferdeki sıcaklık ve basınç farklılıklarından dolayı hava kitlelerinin yer değiştirmesi, rüzgâr olarak tanımlanmaktadır. Dönüşüme uğramış güneş enerjisi olan rüzgâr enerjisi, hava kitlesinin sahip olduğu kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesidir. Çoğu enerji üretim santrallerinin bulundurmamak zorunda olduğu soğutma suyuna ihtiyacı olmaması, rüzgâr enerjisini en zararsız enerji kaynağı olarak göstermekte ve rüzgâr enerjisinin rüzgâr türbinleri, rüzgâr çiftlikleri ve rüzgâr makineleri ile kullanımı hızla artmaktadır [9].

Dünyada ekonomik ve sosyal alanda yaşanan gelişmelere bağlı olarak her yıl artan enerji ihtiyacının, ömürleri sınırlı ve çevreye zararlı etkileri olan fosil kaynaklardan sağlamanın gelecek vaat etmediği gerçeğine dayanılarak yeni enerji kaynaklarına yönelim sonucu, temiz, çevre dostu ve yerel bir kaynak olan rüzgâr enerjisinden yararlanmanın gerekliliği söz konusu olmaktadır.

Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin bir türevidir. Yeryüzündeki güneş ısısının farklı bölgelerde farklı dağılımının sebep olduğu basınç ve sıcaklık farklılıklarının dengelenmesiyle oluşan hava akımı ile elde edilir. Rüzgâr oluşumuna neden olan yeryüzündeki farklı sıcaklık dağılımını, enlem, kara-deniz, yükseklik ve mevsimler etkilemektedir. Okyanus ve deniz kıyılarına sahip kara parçaları, sıcaklık farklılıklarının yüksek olması açısından yüksek rüzgâr potansiyeline sahiptir.

Dağ rüzgârı, vadi rüzgârı, kara ve deniz meltemleri, föhn rüzgârları topografik etkilerle meydana gelen rüzgâr çeşitlerindedir. Sürekli olarak her mevsim ya da belirli zamanlarda oluşmalarına göre sınıflandırıldıklarında alize rüzgârlar, her mevsim kuzey ve güney yarımkürede 30° enlem üzerinde bulunan yüksek basınç kuşağından ekvator üzerindeki alçak basınç kuşağına doğru esen rüzgârlardır.

Kontralize rüzgârlar ise alize rüzgârların tersine atmosferin yüksekliklerinde ekvator da ısınan hava kütlelerinin yükselmesi ve ekvator dan uzaklaşacak şekilde hareket etmesiyle oluşan rüzgârlardır. Meltem rüzgârları ise karalar ve denizlerin, dağlar ve vadilerin birbirlerine göre daha çabuk ısınıp soğuması sonucu, hava kütlelerinin yer değiştirmesi ile meydana gelirler. Deniz meltemleri, gündüzleri karaların denizlerden daha çabuk ısınmasıyla denizden karaya esen, kara meltemleri ise denizlere göre daha çabuk soğuyan karalardan geceleri denizlere esen rüzgârlardır.

Rüzgârların özelliklerinin bilinmesi, kurulacak rüzgâr santrallerinden maksimum verim alınması için önemlidir. "Rüzgâr gücü, rüzgâr hızının küpüyle doğru orantılıdır ve rüzgâr hızı ölçümünde yapılacak % 1'lik hata enerji üretiminde % 3 olarak, % 10'luk bir hata ise, % 25 olarak yansır" [8].

Rüzgâr enerjisinden, rüzgâr türbini vasıtasıyla elektrik enerjisi üretilebilir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Pervane milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır.

Kullanımdaki rüzgâr türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik gösterse de, genelde dönme eksenine göre sınıflandırılır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenine göre "Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri" (YERT) ve "Düşey Eksenli Rüzgâr Türbinleri" (DERT) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

2.2.3. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji hızla akan suyun enerjisiyle döndürülen elektrik jeneratörlerinden elde edilen elektriktir. Hidroelektrik enerji santralleri içme, kullanma ya da sanayi suyu sağlamak amacıyla ırmakların önü kesilerek oluşturulan baraj göllerinde kurulmaktadır. Hidroelektrik santralin ana bölümleri cebri borular,

hidrolik türbinler, jeneratörler, transformatörler ile su akışını ve elektrik enerjisi dağıtımını denetleyen yardımcı donanımlardır. Cebri borular suyu aşağıya doğru türbinlere ileten büyük borular ya da tünellerdir. Türbinler, akan suyun hidrolik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Transformatörler üreteçlerden elde edilen alternatif gerilimi uzak mesafelere iletmek üzere çok yüksek gerilim değerlerine yükseltmekte kullanılır.

Çizelge 2.1. Türkiye genel enerji tüketiminde kaynakların payları [5].

	Kaynak Payları (%)		
	2000	2010	2020
Petrol	40,6	26,1	21,6
Doğalgaz	16,0	29,3	25,2
Kömür	30,4	37,3	42,5
Hidroelektrik	3,0	3,3	2,8
Diğer	10,0	4,0	7,9

Hidroelektrik enerji üretimi diğer enerji kaynaklarında çok nadir bulunan kendine özgü faydalara sahip bir enerji üretim çeşididir. Hidroelektrik temiz, yenilenebilir enerji seçeneklerinin en önemlisi olarak kabul edilmektedir. Sekizinci Beş yıllık Kalkınma Planı'nda "Doğanın korunması amacı dikkate alınarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve tüketimde daha büyük oranlarda yer alması için tedbirler alınacaktır. Böylece yerli fosil kaynakların yanına yenilenebilir enerji kaynakları da katılarak ülke enerji potansiyelinin en üst derecede kullanıma sokulması sağlanacaktır [5]." ilkesi yer almıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın en önemlilerinden olan hidroelektrik enerji kaynaklarımız da bu kapsamda öncelikli olarak geliştirilmesi gereken kaynaklar arasına girmektedir. Hidroelektrik, yüzyıldan fazla bir deneyime sahip kanıtlanmış ve gelişmiş bir teknolojinin ürünüdür. Bugünkü santraller % 90-95 dolayında en yüksek verimli enerji dönüşüm işlemi sağlamaktadır. Bu aynı zamanda önemli bir çevresel faydadır. En gelişmiş fosil kaynaklı santrallerin verimi % 60, güneş enerji panellerinin ise % 18 dolayındadır (104.000 GWh) [5].

Hidroelektrik diğerk büyük ölçekli enerji üretim seçenekleriyle kıyaslandığında, en düşük işletme maliyetine ve en uzun işletme ömrüne sahiptir.

Hidrolik santrallerin kısa sürede devreye alınabilmeleri, ani elektrik enerjisi taleplerinin anında karşılanabilmesi açısından önemli bir avantaj ve stratejik yarar sağlamaktadır. Özellikle depolamalı HES'ler en fazla 3-5 dakika içerisinde devreye alınabilmekte ve devreden çıkarılabilmektedir. Enerjiye ihtiyaç olmadığı zamanlarda, kaynak kullanarak üretime devam etme dezavantajını da ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, pik enerji talebinin hidroelektrik santralarda karşılanması, optimum kurulu güç ile enerji talebinin karşılanmasına olanak sağlayacaktır.

Depolamalı Hidroelektrik santraller kullandıkları suyu biriktirerek suyun diğerk amaçlar için (tarım, içme suyu vb.) kullanılabilirliğini artırır. Suyun akışını düzenleyerek taşkın zararlarını önler veya azaltır. Suyun enerji üretimi yanında diğerk kullanımlar için de kullanılacak şekilde depolanabilmesi ve işletilebilmesi, suyun artan ve gelecekte daha da artacak olan önemi göz önüne alındığında; bu projelerin önemini daha da artıracaktır. Küresel ısınma tezi, gelecekte düzensiz ve az yağış olacağını öngörmektedir. Suyun kullanım dönemi taleplerini de karşılayabilecek şekilde depolanabilmesi imkânını yaratması, enerji faydasına ek olarak proje rantabilitesini artıracaktır.

Hidroelektrik projeler, kendi ekonomikliklerine ilaveten, toplam elektrik üretim sektörünün daha düşük maliyet ile arzı karşılayacak kurulu güç kurulmasına olanak sağlar.

Çizelge 2.2. 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması planlanan hidrolik santrallerin kurulu gücü [10].

	İşletmeye Geçiş Tarihi (Tahmini)			
	2010	2011	2012	2013
Kurulu Güç (MW)	1.200	1.000	1.500	1.300
Toplam (MW)				5.000

Enerji Bakanlığı tarafından 2010-2014 yıllarını kapsayan Stratejik Plan hazırlanmış olup, bu plan çerçevesinde, yapımına başlanan yaklaşık 5000 MW'lık hidroelektrik santrallerin 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması sağlanacaktır. Bu santrallerin planlanan tahmini tamamlanma tarihleri Çizelge 2.2'de verilmektedir [10].

2.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji; yerkabuğunun sahip olduğu ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içeren sıcak su ve buharın taşıdığı enerji olarak tanımlanabilir. Yerkabuğunun derinliklerinde var olan ısı kaynağı; henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeiden kırık ve çatlaklar aracılığı ile derinlere süzölen meteorik sular, bu ısı kaynağı tarafından ısıtıldıktan ve mineralce zenginleştikten sonra yükselirler, yeryüzünde değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve geçirimli hazne kayalarda (rezervuar) birikirler. Bu akışkan, kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaşarak termal kaynakları oluşturur ya da sondajlarla çıkartılarak ekonomik kullanıma sunulur. Ayrıca bazı alanlarda bulunan sıcak kuru kayalar (hot dry rock) da herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir [11].

Jeotermal enerji, sağlık, banyo, kaplıcalar, endüstriyel proses, tarım ve soğutma gibi çok çeşitli kullanım olanakları sağlıyor olsa da, mevcut kurulu gücün büyük bir bölümü konut ısıtmasında kullanılmaktadır. İlk yatırım maliyetinin yüksekliğine karşın işletme giderlerinin çok düşük olması ve özellikle çevreyi hiçbir kirletici etkisinin olmaması nedeniyle (geri basım yapmak koşuluyla) geniş bir kullanım imkânı bulmuştur. Bu konuda ilk ve en önemli örnek; İzlanda'nın başkenti Reyjkavik şehrinin jeotermal enerji ile ısıtılması uygulaması olmuştur. Halen Reyjkavik'in hemen hemen tamamı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Bu uygulamanın başarısı özellikle fosil yakıt kaynakları sınırlı, düşük entalpili jeotermal kaynaklara sahip ölkelerde jeotermal enerjiyi önemli bir alternatif kaynak durumuna getirmiştir [12].

150 °C'lik bir jeotermal kaynak doğrudan kullanıldığında verimin % 80 olması, elektriğe dönüştürüldüğünde verimin % 10'a düşmesi, jeotermal enerjinin konut ısıtılmasında daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır. Jeotermal kaynaklardan enerji elde edilirken, gaz emisyonları ve atık suların zehirli maddeler içermesi gibi önemli ölçüde çevreye zarar verilmektedir. Kirlenmenin olduğu kesimlerin eski haline getirilmesi de büyük maliyet gerektirmektedir. Söz edilen bu zorluklar nedeniyle yaygın olarak kullanılan sistem jeotermal ısı pompası denilen, yerkabuğunun derinliklerine döşenen borularda dolaştırılan sıvılarla ısıyı yakalayan sistemlerdir. Yatay, düşey ve spiral borulu çeşitleri olan bu sistemlerde, döşenen borular arazi koşullarına göre. Yatay boru sistemlerde daha fazla alana ihtiyaç duyulduğu için geniş arazilerde tercih edilmektedir. Dikey döşeme maliyetinin yüksekliği nedeniyle arazini dar olduğu yerlerde kullanılmaktadır.

Maden Tetkik Araştırma (MTA) tarafından yapılan ön değerlendirmeye göre Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 31.500 MWt olup bununda teorik karşılığı 5 milyon konut ısıtılmasıdır. Jeotermal enerji ile Gönen'de (Balıkesir) 3.200, Kızılcahamam'da (Ankara) 2.500, Narlıdere ve Balçova'da (İzmir) 14.500, Sandıklı'da 2.000, Kırşehir'de 1.800, Afyon'da 4.500, Kozaklı'da (Nevşehir) 1.000, Sarayköy'de (Denizli) 1.500, Salihli'de (Manisa) 2.500, Edremit'de (Balıkesir) 500 ve Diyardin'de (Ağrı) 1000 konut ısıtılmaktadır [5]. Ayrıca, Balçova'da (İzmir) termal tesisleri ile birlikte tedavi merkezinde ve üniversite kampüsünde, Simav – Eynal'da kaplıca tesislerinde, Kızılcahamam'da kaplıca tesis ve otellerinde, Afyon - Ömer'de kaplıca tesisleri, otel ve motellerde, turistik tesislerde, Gediz'de kaplıca tesislerinde, Havza'da kaplıca tesisleri ve otellerinde, Salihli kaplıca motellerinde, Ayder'de kaplıca tesislerinde jeotermal enerji ısısından yararlanılmaktadır.

2.2.5. Gel-Git ve Dalga Enerjisi

Gel-git veya okyanus akıntısı nedeniyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik veya potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Gelgit enerjisini elektriğe dönüştürmek için yaygın olarak, uygun bulunan koyların ağzının bir barajla kapatılarak, gelen suyun tutulması, çekilme sonrasında da yükseklik farkından yararlanılarak türbinler aracılığı ile elektrik üretilmesi hedeflenir. Suyun

potansiyel enerjisinin % 80'ini elektrik enerjisine dönüştürebilen gel-git enerjisi, güneş enerjisi gibi diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha yüksek bir verimliliğe sahiptir. Deniz ve okyanuslardaki düzenli akıntıların kinetik enerjisinin, deniz tabanına yerleştirilen türbinler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi akıntı enerjisi olarak anılır.

Dalga enerjisi, yenilenebilir enerji formlarından bir tanesi olup, dalgaların yüksek gücüne karşın düşük hızlarda ve farklı yönlerde hareket etmesi, en güçlü fırtınalara ve tuzlu suyun neden olacağı paslanmaya dayanabilecek yapıların maliyetinin yüksek oluşu, kurulum ve bakım giderlerinin yüksekliği üretilmesindeki zorluklardandır.

Dalga enerjisinin toplam enerji potansiyeli, toplam enerji büyüklüğü 2,5 TeraWatt olarak hesaplanan gel-git enerjisinden çok daha fazladır. Sahilleri güçlü rüzgârlara maruz kalan ülkeler, enerji ihtiyaçlarının % 5 veya daha fazlasını dalga enerjisinden karşılayabilirler.

2.2.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen evrende en fazla bulunan ve doğadaki en basit atom yapısına sahip elementtir. Hidrojen çok hafif bir gaz olup, yoğunluğu havanın 1/14'ü, doğal gazın ise, 1/9'u kadardır. Atmosfer basıncında -253 °C'ye soğutulduğunda sıvı hale gelen hidrojenin yoğunluğu ise benzinin 1/10'u kadar olmaktadır.

Hidrojen en verimli yakıttır. Ortalama olarak, fosil yakıtlardan % 26 daha verimlidir. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg Petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojen gazının ısı değeri, metre küp başına yaklaşık 12 Mega Joule olarak verilmektedir.

Hidrojen çevre problemlerine tek çözüm olarak gösterilmekte ve ülkeleri fosil yakıtlardan kurtarabilecek "bağımsızlık yakıtı" olarak da adlandırılmaktadır.

Dünya Hidrojen Enerjisi Konseyi Başkanı olan ve aynı zamanda da Miami Üniversitesi'nde "Temiz Enerji Araştırmaları Enstitüsü" nün başkanlığını yapmakta olan Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu, 1974 yılında organizasyonunu üstlendiği "Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı'nda (THEME) fosil yakıtların tükenmesine ve bunların yakıt olarak kullanımının çevreye verdiği zararların önlenmesine çözüm olarak "Hidrojen Ekonomisi / Hidrojen Enerji Sistemi" fikrini ortaya atmıştır [6].

"Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) İstanbul'da kurulması ile ilgili olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile 2003 te protokol imzalanmıştır. ICHET Mayıs 2004'de faaliyete geçmiş olup, Türkiye'de ve Dünyanın birçok ülkesinde başlattığı pilot projelerle çalışmalarına devam etmektedir. Ayrıca Merkez, Türkiye'de organize ettiği çeşitli demonstrasyon projeleriyle hidrojen enerjisi konusunda Türkiye'yi lider ülke konumuna taşımak için çeşitli sanayi kuruluşlarıyla ortak çalışmalar yapmaktadır. Bunlar arasında THY, TEMSA, TPAO ile Atatürk Havaalanında otobüs projesi, Demirer Holding, BOS, Çukurova Holding ve Ünilever Şirketi ile rüzgârdan elde edilecek hidrojenin fabrika içinde fork lift çalıştırmada ve margarin yapımında kullanılması, Ankara'da bir hastanede hidrojen ve oksijen üretilerek hidrojenin ambulansda yakıt olarak kullanılması gibi birçok proje üzerindeki çalışmalar devam etmektedir.

TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsünün AB 6. Çerçeve Programına yönelik yürüttüğü HYPROSTORE "Hidrojen Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi" projesi, AB tarafından desteklenmektedir. Ayrıca Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi ve bazı endüstriyel kurumlarda da PEM üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Birçok araştırma merkezinde yapılan araştırmalarla hidrojen enerjisinin maliyetlerinin düşürülmesi mümkün olacaktır. Çizelge 2.3'de Hidrojenin üretim yöntemlerinin maliyet karşılaştırılması verilmektedir [6].

Çizelge 2.3. Hidrojen üretim yöntemlerinin maliyetleri [6].

Hidrojen Üretim Yöntemi	\$/GJ
Kömür/Gaz/Petrol	3-5
Doğalgaz- CO ₂	8-10
Kömür - CO ₂	10-13
Biyokütle Gazlaştırma	12-18
Nükleer enerji	15-20
Rüzgâr (Kıyı)	15-25
Rüzgâr (Deniz)	20-30
Güneş	25-50

BÖLÜM 3

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ

3.1. DÜNYA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ

Günümüzde tüm yenilenebilir enerji kaynakları (YEK), enerji talebinin % 2,5'lik bölümünü karşılarken, Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) 2015 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam talebin % 3,3'ünü karşılmasını öngörüyor. UEA'nın projeksiyonuna göre, 2001-2030 yılları arasındaki dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarına 10,5 trilyon dolarlık yatırım gerçekleşecektir. OECD ülkeleri arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının % 25'e ulaşması beklenmektedir. Karbondioksit oranlarının düşürülmesi gerekliliği, fosil yakıtlara bağımlı ülkelerde enerji arz güvenliğinin sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının orta ve uzun vadede geleneksel enerjilere göre maliyet avantajı da elde edeceği beklentileri, yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yatırımların ve desteklerin oluşmasına neden olmuştur. AB komisyonu da özellikle rüzgâr, güneş, biyokütle ve hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesini enerji politikalarının merkezine yerleştirmiştir. AB, % 6 seviyelerinde olan yenilenebilir enerji kaynaklı enerji tüketimini bu yıl itibariyle iki katına çıkartmayı hedeflemiştir. Türkiye'deki durum ise 2005 yılında çıkan yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerji üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesini amaçlayan yenilenebilir enerji kaynakları kanunu, sektörün gelişmesi yönünde önemli bir adım oluşturmuştur.

Yüksek petrol ve doğalgaz fiyatları, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş oranda kullanımını cesaretlendirmektedir. 2030 yılına kadar dünya genelinde

hidroelektrik ve diğer yenilenebilir tüketiminde yıllık % 3,4'lük artışlar beklenmektedir. Hidrolik dışında yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçteki oranı 2007'de % 2,5 iken 2030 yılında bu oranın % 8,6'ya yükseleceği, hidroelektriğin ise aynı dönemde % 16'dan % 14'e gerileyeceği öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artışa en büyük katkı ise rüzgâr enerjisinden gelecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanım payının 2007'de % 18 seviyesinden 2030 yılında % 22'ye ulaşacağı beklenmektedir [6].

OECD ülkelerindeki yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artışın rüzgâr ve biyokütleden karşılanması beklenmektedir. Güneş (PV ve yoğun toplaçlar) ve dalga enerjisi uygulamaları ise henüz emekleme aşamasında olup 2030 yılında PV için 280 TWh, yoğun toplaçlar için 124 TWh ve dalga enerjisi için de 13 TWh'lık elektrik üretim seviyelerine ulaşılması öngörülmektedir [6].

Uluslararası Enerji Ajansı'na göre; CO₂ emisyonunun azaltılması amacıyla enerji paradigmasında değişime gidilmesi halinde Avrupa Birliği enerji sektöründe önemli değişiklikler olacaktır. Bu kapsamda nükleer enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, atıktan enerji elde etme teknolojilerine önemli yatırımlar yapılması ve söz konusu teknolojilerin yaygınlaşması beklenmektedir. 2009-2030 dönemi arasında elektrik sektörüne yapılacak yeni yatırımların % 71'nin yenilenebilir enerji yatırımları olması beklenmektedir.

Dünyadaki sera gazlarının 2/3'ü enerji üretimi ve kullanımı kaynaklıdır. Bu konuda yapılacak yatırımlar enerji verimliliği, yenilenebilir enerji teknolojileri, nükleer enerji ve kömür teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik olmalıdır.

Avrupa, Yenilenebilir Enerji Direktifi (RES Directive)'ne göre, 2020'deki her tür enerji talebinin % 20'sinin yenilenebilir kaynaklardan karşılanması hedefinin gerçekleştirilmesini amaçlanmaktadır. 27 üye ülke tarafından bu Direktif hızlı ve etkin bir şekilde uygulanmaktadır [13].

Avrupa’da üye ülkelerden alınan tahminler, yenilenebilir enerjinin 2020’ye kadar enerji tüketiminin %20’sini sağlayacağına dair olan tahmin hedefine ulaşılacağını göstermektedir. Avrupa Birliği bugün için % 10’undan biraz azını sağlamaktadır.

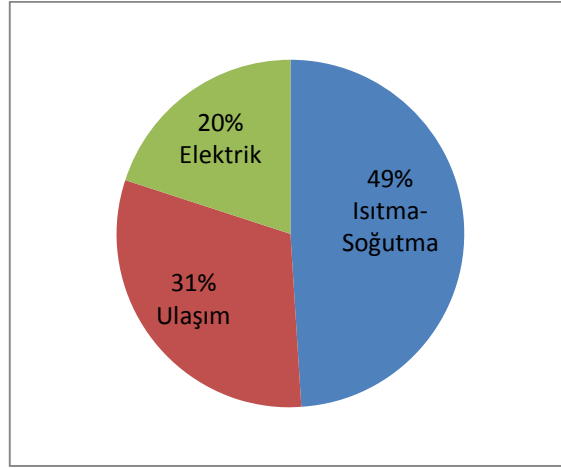
Avrupa Komisyonuna sunulan geleceğe ait tahminleri içeren dökümanlarda, 27 üye ülke 2020’deki hedeflerinin, enerji tüketimlerinin en az % 20’sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı başaracaklarını beyan etmişlerdir. Bunlardan 21 üye ülke bu hedefi aşacaklarını veya ulaşacaklarını belirtmişlerdir [13].

Uluslararası Enerji Ajansı’nın “2009 Dünya Enerji Görünümü”nün referans senaryosuna göre her şey normal akışında devam ederse Hidro olmayan yenilenebilir enerji teknolojilerinde hızlı bir artış öngörülmektedir. Artışın en önemli kısmı güç üretimindedir. 2007’de % 2,5’den 2030 da % 8,6’ya çıkmakta olup tartışmasız en büyük artış rüzgâr enerjisinde olacaktır. Ulaşım sektöründe de biyo yakıtların artışı oldukça önemli olacaktır [14].

Dünyada 2009 yılında devreye giren üretim kapasitesinin % 39’u rüzgâr türbini, % 29’u doğal gaz üretim tesisleri, % 16’sı da güneş pili sistemleri tarafından karşılanmıştır. Toplamda 2009 yılında yenilenebilir enerji teknolojilerinin payı % 61 olarak gerçekleşmiştir.

Yenilenebilir Enerjide 2050 hedefi, Avrupa Birliği’ni % 100 yenilenebilir enerjiye dayalı kılmak veya Avrupa Birliği için %100 Yenilenebilir Enerji Vizyonu olarak tanımlanabilir. EREC (Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi), hazırlamış olduğu yeni raporu olan "RE-thinking 2050" de, Avrupa Birliği’nin elektrik enerjisi, ısıtma ve soğutma ve ulaşım ile ilgili enerji gereksinimlerinin % 100 yenilenebilir enerjiden nasıl sağlanabileceğine ve bunun Avrupa’nın enerji tedarik sistemindeki etkilerinin ve CO₂ emisyonlarının incelenmesine yönelik bir yol haritasını özetlemektedir. Rapor, farklı yenilenebilir enerji teknolojilerinin; bu konuda kuvvetli bir politik, sosyal ve ekonomik destek olunması şartıyla, 2050 yılına kadar tam bir sürdürülebilir enerji tedarikine nasıl katkıda bulunabileceğini değerlendirmektedir. Rapor, aynı zamanda, AB’nin yenilenebilir enerji potansiyelinin tam olarak değerlendirilmesi için nelerin gerekli olduğuna dair politik önerileri de içermektedir [15].

Avrupa Birliği Enerji Sisteminin, % 100 yenilenebilir enerjiye dayandırılması düşüncesinin altında yatan neden, AB'nin bugün enerjisinin % 55'ini ithal etmekte olması ve gelecek 20-30 yıl içinde bu rakamın % 70'e çıkacak olmasıdır. 2030 yılında AB, gazının % 84'ünü, kömürünün % 59'unu ve petrolünün % 94'ünü ithal edecektir [15]. Avrupa Birliğinde nihai enerji talebi aşağıdaki şekildedir:



Şekil 3.1. AB'nin nihai enerji talebi [15].

"RE-thinking 2050" Raporuna göre, 2020 yılına kadar olan yenilenebilir enerji açılımı, enerjiye bağlı yıllık CO₂ emisyonlarını, 1990 yılı emisyon seviyesinden 1.200 Milyon ton (Mt) daha azaltmış olacaktır. Bu rakam 2030'da 2.000 Mt, 2050'de 3.800 Mt olacaktır. 2050 yılında AB, enerjiye bağlı CO₂ emisyonlarını 1990 yılındaki seviyeye göre % 90'dan daha fazla azaltmış olabilecektir. Buna ilaveten, Avrupa Birliği'ni % 100 yenilenebilir enerjiye dayandırmak, iş yaratmak açısından da önemli bir sosyal yarar sağlamış olacaktır: Yenilenebilir enerji sektörü 2020'de 2,7 milyon, 2030'da 4,4 milyon insan istihdam edecektir. 2050'de ise 6,1 milyon kişi işgücüne katılmış olacaktır. Çizelge 3.1'de AB için ileriye dönük bilgilere ulaşılmaktadır.

Çizelge 3.1. Yenilenebilir elektrik kurulu gücü (GW) [5].

YEK Türü	2007	2020	2030	2050
Rüzgar	56	180	288,5	462
Hidro	102	120	148	194
PV	4,9	150	397	962
Biyomas	20,5	50	58	100
Jeotermal	1,4	4	21,7	77

Çizelge 3.2. Yenilenebilir ısıtma ve soğutma tüketimleri (TEP) [5].

YEK Türü	2007	2020	2030	2050
Biyomas	61,2	120	175	214,5
Güneş termal	0,88	12	48	122
Jeotermal	0,90	7	24	136,1

Çizelge 3.3. Ulaşım sektörü yakıt talebine biyoyakıtların katkısı (TEP) [5].

YEK türü	2007	2020	2030	2050
Biyoyakıt üretimi	7. 88	34	44. 5	102

Çizelge 3.4. Nihai enerji tüketimine yenilenebilir enerji katkısı (TEP) [5].

YEK türü	2007	2020	2030	2050
Rüzgar	8,9	41	72	133,5
Hidro	27,9	33	34,2	38,5
PV	0,5	15,5	48	116
Bioenerji	77,8	175,5	226	359,1
Jeotermal	1,4	9,7	35,5	188
Güneş termal	0,9	12	70	122

3.2. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı'nın 2010 yılı bütçesi ile ilgili olarak yaptığı konuşmada rüzgâr kurulu gücünün 20.000 MW mertebesine, jeotermal kurulu gücünün 600 MWe mertebesine ulaşmasının hedeflendiği ifade edilmiştir. Rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2 yıl sonunda 2200 MW'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2009 sonu itibariyle işletmeye alınan santrallerin 375 MW'ı rüzgâr, 564 MW'ı hidroelektrik, 47,4 MW'ı jeotermal ve 21 MW'ı çöp gazı ve biyogazdır [5]. Türkiye'nin 140 milyar kWh olan yıllık ekonomik hidrolik enerji potansiyelinin % 37'lik kısmı işletmede, % 15'lik kısmı (özel sektör dahil) inşa halindedir.

3.2.1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2010-2014)

Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin temel hedef, bu kaynakların elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının 2023 yılında en az % 30 düzeyinde olmasının sağlanmasıdır. 2009 sonu itibariyle rüzgâr kurulu gücü yaklaşık 800 MW, jeotermal kurulu gücü yaklaşık 80 MW düzeyine ulaşmıştır.

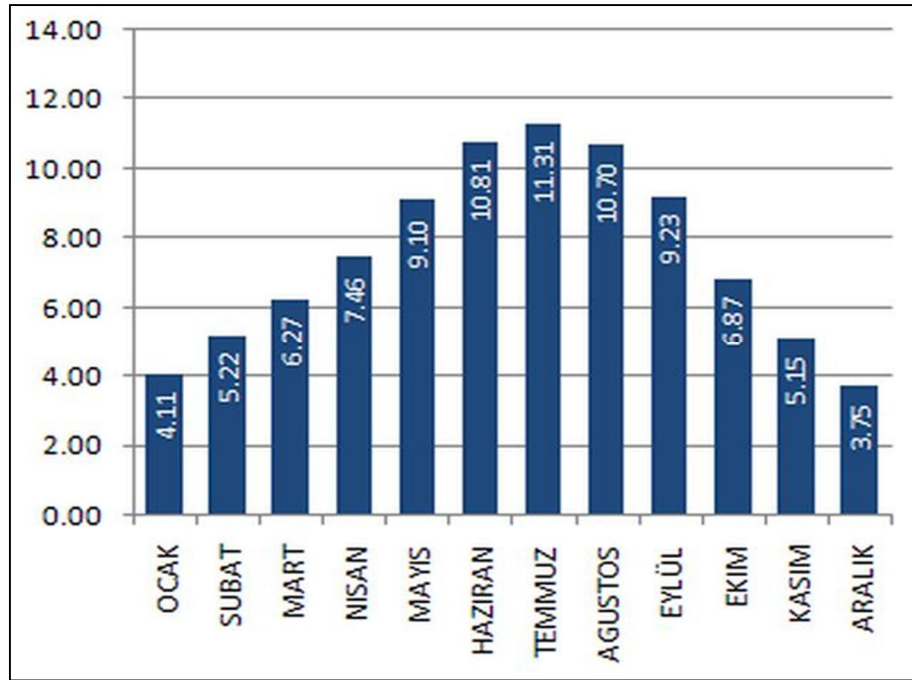
Yapımına başlanan 5000 MW'lık hidroelektrik santrallerin 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması sağlanacaktır.

2009 yılı itibariyle 802,8 MW olan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün, 2015 yılına kadar 10.000 MW'a çıkarılması sağlanacaktır. 2009 yılı itibariyle 77,2 MW olan jeotermal enerji gücünün de 2015 yılına kadar 300 MW'a çıkarılması sağlanacaktır.

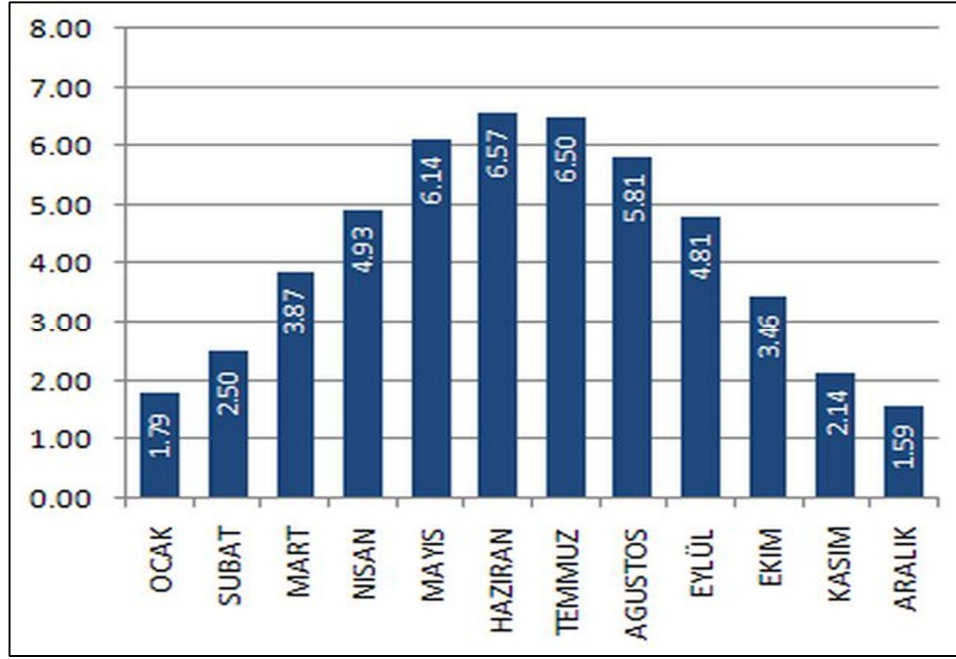
Stratejiler; ekonomik potansiyel oluşturan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin olarak, lisans alınan projelerin öngörülen sürede tamamlanması için gerekli tedbirler alınacaktır. Üretim planlamaları, teknolojik gelişmelere ve mevzuat düzenlemelerine bağlı olarak yenilenebilir enerji kullanım potansiyelindeki gelişmeler dikkate alınarak hazırlanacaktır. Elektrik iletim sisteminin daha fazla rüzgâr enerjisi santrali bağlanmasına imkân verecek şekilde güçlendirilmesi için gerekli çalışmalar hızlandırılacaktır. Jeotermal kaynakların kullanımındaki koruma ilkelerine uygun olarak rejenerasyonları yapılacak ve yenilenebilir özellikleri devam ettirilecektir.

Elektrik enerjisi üretimine uygun jeotermal alanların özel sektöre açılması konusundaki çalışmalara hız kazandırılacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları alanında teknoloji geliştirme çalışmalarına ağırlık verilecektir.

Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlasına (REPA) göre Türkiye’deki teorik rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW civarındadır. Mevcut elektrik şebeke alt yapısı dikkate alındığında ise elektrik şebekesine bağlanabilir rüzgâr enerjisi potansiyeli 10.000 MW düzeyinde hesaplanmıştır. Ayrıca elektrik şebekesinde yapılabilecek olası yenileme çalışmaları sonucu orta vadede elektrik şebekesine bağlanabilir rüzgâr enerjisi potansiyelinin 20.000 MW seviyesine yükselmesi olası gözükmemektedir ki 2020 yılına kadar Türkiye’de rüzgâr kurulu gücünde 20.000 MW seviyelerine ulaşılması öngörülmektedir. Türkiye’de 2005 yılında 20,1 MW olan rüzgâr kurulu gücü Mayıs 2010 itibariyle 1044 MW’a yükselmiş durumdadır.



Şekil 3.2. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat) [16].



Şekil 3.3. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) [16].

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlas'ına göre; radyasyon değerleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Radyasyon değerinin 1,59 KWh/m²-gün değeri ile en düşük Aralık ayında olduğu görülmektedir. En yüksek radyasyon değerine ise 6.57 KWh/m²-gün değeri ile Haziran ayında ulaşılır. Türkiye için yatay yüzeye gelen ortalama radyasyon değeri ise 4,18 kWh/m²-gün olarak hesaplanır. Türkiye'nin günlük güneşlenme süresi ortalaması 7,4983 Saat'tir. Bu ise yıllık ortalama güneşlenme olarak 2740 Saat'e tekabül etmektedir.

Çizelge 3.5. Kurulu kolektör alanları ile üretim ve tüketim değerleri [5].

Yıl	Kurulu Kolektör Alanı (m ²)	Üretim (TEP)	Tüketim (TEP)
2008	12.000 000	420.000	420.000
2009	12.250 000	428.750	428.750
2010	12.350 000	432.250	432.250

Değişik uygulama alanlarında şebekeden bağımsız şekilde çalışan güneş pili sistemlerinin toplam kurulu gücünün 3-5 MW dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Şebeke bağlantılı bir PV sistemi henüz bulunmamaktadır.

Güneş enerjisine dayalı CSP (güneş termal yoğun toplaç) teknolojileri kullanan bir uygulama da bulunmamaktadır.

Dünya’da 2009 yılında Güneş Pili (PV) kurulu gücü 7,2 GW olup toplam 22 GW kurulu güce ulaşmıştır. Avrupa’da 2009 yılında 4000 MW Kurulu güç gerçekleştirilmiş olup 2010 yılı sonunda toplam 18.000 MW kapasiteye ulaşması beklenmektedir.

Yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması ve tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.

BÖLÜM 4

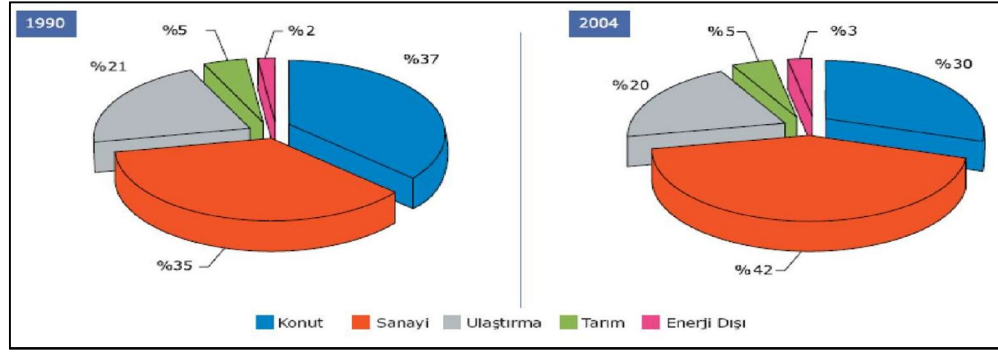
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE BİNALAR

Enerji Verimliliği, harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesidir. Ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi olan enerjinin; artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah düzeyinin artışı ile tüketimi de artmıştır. Enerji tüketiminin en düşük düzeyde tutulması ve enerjinin tasarruflu ve verimli bir biçimde kullanılması en temel görevimiz olmalıdır. Üretim noktasından tüketime kadar her noktada enerji verimliliğini arttırmak üzere birçok imkân ve teknoloji bulunmaktadır.

Günümüzde, kişi başına enerji tüketimi bir gelişmişlik göstergesi olmaktan çıkmıştır. Amaç, kişi başına enerji tüketimini artırmak değil, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı yaratmaktır. Böylece enerji verimliliğinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Üretimde ve günlük yaşamda enerji yoğunluğunun düşürülmesi; tüm enerji zincirinde verimliliğin artırılması, iletim ve dağıtımda kayıp-kaçakların azaltılması, üretimde verimlilik artırıcı teknolojilerin uygulanması, binaların iyileştirilmesi, verimli elektrikli ev aletleri ve ofis cihazlarının tercih edilmesi ve ilgili bütün tarafların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi gibi çalışmalar ile sağlanabilecektir.

Toplam nihai enerji tüketimi en yüksek tüketim payına ve enerji tasarruf potansiyeline sahip olmalarından dolayı sanayi, bina ve hizmet sektörleri enerji verimliliği çalışmalarında öncelikli sektörlerdir.



Şekil 4.1. Sektörlere göre nihai enerji tüketimi.

Şekil 4.1’de gösterilen sektörel enerji dağılımlara baktığımızda yapı sektörünün tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de enerji tüketiminde oldukça büyük bir payı olduğunu görebiliriz. Bu değer tüm nihai enerji tüketiminin % 30’u mertebelerindedir ve oldukça büyük bir tasarruf potansiyeline sahiptir.

4.1. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerji verimliliği, enerjinin verimli biçimde kullanılması, aynı ihtiyacı karşılamak amacı ile daha az enerji sarfiyatı yapabilmektir. Fakat bunu başarabilmenin bir maliyeti vardır. Amaç maliyetin geri ödemesinin kullanılan bina ömründen daha kısa olduğunun gösterilmesidir. Binalarda enerji verimliliğinin odak noktası enerji etkin bina tasarımıdır.

Kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi etkin ve en az seviyede kullanabilmeyi sağlayabilen enerji etkin binalar, iç ve dış ortam koşullarındaki değişimleri algılamalı, değişimlere anında cevap verebilmeli ve koşullara uyum sağlayabilmelidir.

Binalarda enerji verimliliği, cihaz seçiminde daha verimli cihazların kullanılması, gereksiz yere enerji sarfiyatının önlenmesi, enerji ekonomisi ve yönetimi yapılması olarak sayılabilir. Dünyada enerji verimliliği kavramına paralel olarak geliştirilen politikaların en önemli dayanağı ısı yalıtımı olarak öne çıkmaktadır. Türkiye’de bina sektörünün toplam enerjinin % 30’unu tüketmesi ısı yalıtımı konusundaki çalışmaların öncelik kazanmasına yol açmaktadır.

4.2. KARBON EMİSYON FAKTÖRLERİ

Binalarda enerji temini için kullanılan fosil yakıt ve elektrik enerjisi karbondioksit emisyonlarına sebebiyet vermektedir. Binanın sürdürülebilirlik kalitesi üretimine sebep olduğu karbondioksit gazı ile ilişkilendirilmektedir. Atmosfere salınarak çevreye zarar veren gazların üretiminde kullanılan birincil enerji çeşidiyle ilişkilendirilmesindeki sera gazı emisyonu dönüşüm katsayıları Çizelge 4.1’de verilmiştir [17].

Çizelge 4.1 Enerji tüketimi – CO₂ üretimi dönüşüm katsayıları [17].

Kullanılan Birincil Enerji Cinsi	CO ₂ Dönüşüm Katsayısı (kg CO ₂ kWh)
Elektrik	0.354
Doğalgaz	0.202
Sıvı Yakıtlar	0.286
Hidrojen	0

Doğalgaz ısınma amacıyla tüketilen enerji kaynaklarından en temiz olmakla birlikte, kullanım amacıyla tüketilen elektrik, binalarda yüksek oranda sera gazı emisyonuna sebebiyet vermektedir. Öte yandan doğalgaz günümüzde kullanımı en yaygın ve en ucuz yakıt cinsi olarak görülmektedir. Doğalgaza göre Fuel-Oil iki kat, Motorin ile elektrik ise dört kat daha pahalı olarak kullanılmaktadır [18]. Tüketilen elektrik miktarı (kWh) değeri standartça belirlenen özgül değerle çarpılarak şebeke elektriği tüketiminin yarattığı CO₂ miktarı hesaplanabilir. Elektrik kullanımının sebep olduğu karbondioksit üretimi birçok kaynağa göre farklılık göstermektedir, bunun sebebi kaynağın kullanıldığı ülkedeki elektrik üretiminin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır.

4.3. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ MEVZUATI

Ülkemizde enerji verimliliği adına son yıllarda önemli gelişmeler olmuştur. Bu kapsamda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 18.04.2007’de resmi gazetede yayınlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, ülkemizde enerji verimliliği adına atılmış önemli bir adımdır ve enerji verimliliğinin temelini oluşturmaktadır. Ardından 05.12.2008 tarihinde resmi gazetede yayınlanan Binalarda

Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürütülen ve yayınlanmasını takiben bir yıl sonra yürürlüğe girmiştir. Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği ile ayrıca “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlükten kaldırılmıştır. Binalarda ısı yalıtımı ilgili kurallar BEP yönetmeliği ile ilgili TSE standartlarından (TS 825) takip edilecektir. Mayıs/2008 tarihli “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları” isimli TS 825 standardı halen yürürlüktedir.

4.3.1. Binalarda Enerji Verimliliği Kanunu

Binalarda Enerji Verimliliği Kanununun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır.

Enerji verimliliğinin artırılması amacıyla birtakım uygulamaların gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu uygulamalardan binalarla ilgili olanlar şöyle özetlenebilir;

Toplam inşaat alanı en az yirmi bin metrekare (20.000 m²) veya yıllık enerji tüketimi beş yüz (500) TEP ve üzeri olan ticarî binaların, hizmet binalarının ve kamu kesimi binalarının yönetimleri, yönetimlerin bulunmadığı hallerde bina sahipleri, enerji yöneticisi görevlendirir veya enerji yöneticilerinden hizmet alır. Enerji Yöneticisi, binalarda enerji yönetimi ile ilgili faaliyetleri yerine getirmekle sorumlu ve enerji yöneticisi sertifikasına sahip kişiyi ifade eder [19].

Merkezî ısıtma sistemine sahip binalarda, merkezî veya yerel ısı veya sıcaklık kontrol cihazları ile ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemler kullanılır. Buna aykırı olarak hazırlanan projeler ilgili mercilerce onaylanmaz.

Toplam inşaat alanı yönetmelikte belirlenen mesken amaçlı kullanılan binalarda, ticarî binalarda ve hizmet binalarında uygulanmak üzere mimarî tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki normları, standartları, asgarî performans kriterlerini, bilgi toplama ve kontrol prosedürlerini

kapsayan binalarda enerji performansına ilişkin usul ve esaslar, Türk Standartları Enstitüsü ve Genel Müdürlük ile müştereken hazırlanarak Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak bir yönetmelikle düzenlenir. Yönetmelik hükümlerine aykırı hareket edilmesi halinde ilgili idare tarafından yapı kullanma izni verilmez.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak yönetmeliğe göre hazırlanan yapı projeleri kapsamında enerji kimlik belgesi düzenlenir. Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler asgarî olarak bulundurulur. Belgede bulundurulması gereken diğer bilgiler ile belgenin yenilenmesine ve mevcut binalar da dâhil olmak üzere uygulamaya ilişkin usul ve esaslar, Bakanlık ile müştereken hazırlanarak Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca yürürlüğe konulacak yönetmelikle belirlenir. Mücavir alan dışında kalan ve toplam inşaat alanı bin metrekareden az olan binalar için enerji kimlik belgesi düzenlenmesi zorunlu değildir.

Yakma tesislerinde yer alan kazanlardan, brülörlerden, kat kaloriferi ve kombilerden Genel Müdürlük ile müştereken hazırlanarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak yönetmelikte belirlenen asgarî verimlilik değerlerini sağlamayanların satışına izin verilmez.

Elektrik motorlarının, klimaların, elektrikli ev aletlerinin ve ampullerin sınıflandırılmasına ve asgarî verimlerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar Genel Müdürlük ile müştereken hazırlanarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak yönetmelikle düzenlenir ve asgarî sınırları sağlamayanların satışına izin verilmez.

Enerji Verimliliği Kanunu, yukarıda sıralanan önlem ve uygulamalara ilave olarak onu takip edecek diğer yönetmeliklerle de desteklenerek ülkemizde enerji verimliliği çalışmalarının öncüsü olmuştur.

4.3.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı dış iklim şartlarını, iç mekân gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir.

Bu yönetmelik, mevcut ve yeni yapılacak konut, ticari ve hizmet amaçlı kullanılan binalarda uygulanmak üzere; mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı ve elektrik tüketen binaların sabit ekipmanları konularındaki asgari performans kriterlerine, enerji performans hesaplama usullerine, enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına, binaların kontrolleri ve enerji kimlik belgesini hazırlayacak ve denetleyecek onaylanmış bağımsız yetkili kuruluşların yetkilendirilmesine ve yetkilerinin düzenlenmesine, ülke enerji politikasının oluşturulmasına yönelik gerekli araştırmalar, incelemeler yapılmasına ve bunun sonucunda elde edilen deneyimler ile ilgili bilgilerin toplanmasını hedefler.

1000 m²'nin üzerinde kullanım alanına sahip binalarda; elektrik, ısı ve sıhhi sıcak su ihtiyacının kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim imkânlarının araştırılarak, ekonomik yapılabilirliği olan uygulamalara, bina sahipleri ve son kullanıcıların bilinçlendirilmesi, sektörde faaliyette bulunan kurum ve kuruluşların çalışanlarının eğitimleri ve eğitimlerin güncelleştirilmesi vasıtasıyla enerjinin daha verimli kullanımına, korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde

enerji verimliliğini arttırıcı uygulamaların yapılmasına, ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır [20].

Binaların mimari tasarımında, imar ve ada/parsel durumu dikkate alınarak ısıtma, soğutma, doğal havalandırma, aydınlatma ihtiyacı asgari seviyede tutulur, güneş, nem ve rüzgâr etkisi de dikkate alınarak, doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkânlarından azami derecede yararlanır.

BEP yönetmeli uyarınca mimari tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekildedir.

- Binaların ve iç mekânların yönlendirilmesinde, o iklim bölgesindeki güneş, rüzgâr, nem, yağmur, kar ve benzeri meteorolojik veriler dikkate alınarak oluşturulan mimari çözümler aracılığı ile istenmeyen ısı kazanç ve kayıpları engellenmelidir.
- Bina içerisinde sürekli kullanılacak yaşam alanları, güneş ısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan optimum derecede faydalanacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detayları ile bütünlük sağlamalı, ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban-döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmelidir.
- Binanın yapılacağı yerin yenilenebilir enerji kaynak kullanım imkânlarının araştırılması ile oluşturulacak raporlar doğrultusunda alternatif mimari çözümler değerlendirilmelidir.

Binaların ısı yalıtımı hesaplamalarında, binanın Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının TS 825 standardında belirtilen sınır değerden küçük olması gerekir. Binaları dış havadan, topraktan veya düşük iç hava sıcaklığına sahip ortamlardan ayıran yapı bileşenlerinin yüzeyleri, TS 825 standardında belirtilen asgari ısı yalıtım şartlarına uygun şekilde yalıtılacaktır.

Bina kabuğunu oluşturan, duvar, döşeme, balkon, konsol, taban, tavan, çatı ve pencere/duvar birleşimleri ısı köprüsü oluşmayacak şekilde yalıtılır. Mevcut

binalarda ısı köprülerinin önlenememesi durumunda, ısıyı nakleden kaplama yüzeylerinde oluşan ısı köprüleri sebebiyle gerçekleşen ısı kaybı hesabı TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2, TS EN ISO 14683 veya TS EN ISO 6946 standardına göre yapılır ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında dikkate alınır [19].

Binanın Isı Yalıtım Projesinde, ısı kayıpları, ısı kazançları, kazanç/kayıp oranı, kazanç kullanım faktörü, aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının büyüklüklerinin, TS 825 standardında verilen “Binanın Özgül Isı Kaybı” ve “Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı” çizelgelerindeki örneklerde olduğu gibi çizelgeler halinde verilmesi ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının (Q), TS 825 standardında verilen yıllık ısıtma enerjisi (Q') formülünden elde edilecek olan sınır değerden büyük olmadığı gösterilmesi gerekmektedir.

4.3.2.1. BEP Yönetmeliği Uyarınca Isıtma Sistemi Tasarımı

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğindeki ısıtma sistemi tasarımına ait hükümler şu maddelerle özetlenebilir.

- Isıtma sistemleri tasarımında kullanılacak olan ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplamalarında TS 825’de belirtilen kurallara uyulur.
- Isıtma sistemi tasarım hesapları TS 2164 standardına göre yapılır.
- Yeni binalarda; yapı ruhsatına esas olan toplam kullanım alanının 2.000 m² ve üstünde olması halinde merkezi ısıtma sistemi yapılır.
- Kullanım alanı 250 m² ve üstünde olan bireysel ısıtma sistemine sahip gaz yakıt kullanılan binalarda bağımsız bölümlerde veya müstakil binalarda; yoğunmalı tip ısıtıcı cihazlar veya entegre ekonomizerli cihazlar kullanılır.
- Merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılan binaların bağımsız bölümlerindeki hacimlerinde sıcaklık kontrol ekipmanları ile ısı merkezinde iç ve/veya dış hava sıcaklığına bağlı kontrol ekipmanları kullanılır.
- Merkezi ısıtma sistemli binaların bağımsız bölümlerinde sıcaklık kontrol ekipmanlarının kullanılması durumunda, ısıtma tesisatı pompa grupları zamana, basınca veya akışkan debisine göre değişken devirli seçilir.

- Merkezi ısıtma sistemine sahip binalarda, merkezi veya lokal ısı veya sıcaklık kontrol cihazları ile ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemler kullanılır.
- Merkezi ısıtma sistemine sahip binalardaki ısıtma sistemi bacası kesit alanı ve yüksekliği; atık gaz kütlesi, atık gaz sıcaklığı ve gerekli atık gaz basıncına göre TS 11389 EN 13384-1, TS 11388 EN 13384-2 standartlarındaki metotlara uygun olarak hesaplanarak bulunur. Hermetik veya yarı Hermetik doğalgazlı cihazlarda, üretici firma sistem sertifikasyonlarındaki değerler esas alınır.
- Merkezi ısıtma sistemine sahip binalardaki kazan verimleri; katı yakıtlı kazanlarda % 75'den, sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nca 05.06.2008 tarihli ve 26897 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklilerine Dair Yönetmeliğin 7. maddesinde belirtilen 2 yıldız (**) verim sınıfından daha düşük olamaz.
- Merkezi ısıtma sistemlerinin yerleşimleri TS 2192 standardına; gaz yakıt kullanan sistemlerin yerleşimi de TS 3818 standardına göre yapılır.
- Merkezi ısıtma sistemlerinde, kazana geri dönüş su sıcaklığı ile dış hava sıcaklık kontrolünü yaparak sistem ekonomisi sağlayacak sistemlerin seçilmesi gerekir.
- Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılacak sıvı veya gaz yakıtlı cebri üflemlerli brülörlü yakma sistemlerinde; Sıvı yakıtlı cebri üflemlerli brülörler kullanılması halinde; 100 kW'a kadar ısıtma sistemi kapasitesine sahip sistemlerde tek kademeli ancak hava emiş damperi servo motor kontrollü, iki kademeli veya oransal kontrollü, 100 kW-1200 kW ısıtma sistemi kapasitesine sahip sistemlerde iki kademeli veya oransal kontrollü, 1200 kW ve üstü kapasiteye sahip sistemlerde sadece oransal kontrollü, 3000 kW üstü sistemlerde baca gazı oksijen kontrol sistemine sahip brülörler kullanılır. Gaz yakıtlı cebri üflemlerli brülörler kullanılması halinde ise 100 kW'a kadar ısıtma sistemi kapasitesine sahip sistemlerde tek kademeli ancak hava emiş damperi servo motor kontrollü, iki kademeli veya oransal kontrollü, 100 kW-600 kW ısıtma sistemi kapasitesine sahip sistemlerde iki kademeli veya oransal kontrollü 600 kW ve üstü kapasiteye sahip sistemlerde sadece oransal kontrollü, 3000 kW üstü sistemlerde baca gazı oksijen kontrol sistemine sahip brülörler kullanılır.

- 500 kW ve üstü kapasiteye sahip kazanların kullanıldığı sistemlerde su yumuşatma veya şartlandırma veya her iki sistem birlikte kurulur.
- Isıtma kapasitesi 100 kW ve üzerindeki katı yakıtlı kazanlarda verimlilik araştırılarak otomatik yakıt besleme sistemi kullanılır.
- Isıtma kapasitesinin 100 kW ve üzerinde olması halinde, ilk yatırım ve işletme maliyetleri ile birlikte enerji ekonomisi analizleri sonucunda daha ekonomik olduğu raporlanan, mekanik ve elektronik olarak birbirleri ile haberleşmeli çalışan, ihtiyaca göre kaskad kazan sistemleri kullanılabilir [20].

4.3.2.2. BEP Yönetmeliği Uyarınca Soğutma Sistemi Tasarımı

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile soğutma sistemleri tasarımında uyulması gereken esaslar şöyle sıralanabilir.

- Soğutma ihtiyacı 250 kW'dan büyük olan konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemi tasarımları yapılır.
- Soğutma sistemlerin tasarımında seçilecek olan soğutucu akışkanların TS EN 378 serisi standartlarına uygun olması gerekir.
- Soğutma sistemleri tasarımında, kısmi yüklerde bile yüksek verimlerle çalışacak sistem seçimi yapılır.
- Soğutma sistemi tasarım aşamasında soğutma grubu seçimi, enerji tüketimleri ve sera etkisinin yanı sıra, tüm ünitelerde ESEER (soğutma gruplarında kısmi yüklerde üretilen soğutma enerjisinin, sistemin harcadığı enerjiye oranı) değerlerine göre yapılır.
- Soğutma sistemlerinin işletme karakteristiklerine ve enerji ekonomisine göre ayarlarının doğru yapılması gerekir.
- Soğutma sistemlerinin, bina sahibi, yöneticisi veya enerji yöneticisinin sorumluluğu altında, ilgili standartlarda belirtilen sistemin gerektirdiği periyodik kontrole, teste ve bakıma tabi tutularak raporlanması şarttır.
- Soğutma sistemi işletmecisinin, çevre bilinci de dahil olmak üzere, soğutma sisteminin çalışmasını sağlayacak ve arıza halinde doğru önlemleri alabilecek olması bakımından, bu konu hakkında düzenlenecek olan eğitimlere katılarak belge alması zorunludur.

- Soğutma sisteminde kullanılan cihaz ve ekipmanlardan 20 yılını dolduran sistemlerin iyileştirilmesi veya değişimleri şarttır [20].

4.3.2.3. BEP Yönetmeliği Uyarınca Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri Tasarımı

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar şöyle sıralanabilir.

- Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında TS 3419 ve ilgili Avrupa Standartlarına uyulur.
- İçerisinde insan bulunan ve ısıtma döneminde içeri üflenen havanın nemlendirilmesi öngörülmüş binalarda, üflenen havanın mutlak nemini 1 kilogram kuru hava için 10 gram veya daha az düzeyde ayarlayabilen kalibrasyonu akredite edilmiş bir kuruluş tarafından yapılmış kontrol cihazı kullanılır. Konut dışı amaçlı kullanılan bir binada, çok farklı kullanıma sahip mekânlar veya mekân gruplarının havalandırılması için bağımsız sistemler kurulabilir.
- Konut dışı amaçlı kullanılan bir binada, çok farklı kullanıma sahip mekanlar veya mekan gruplarının havalandırılması için bağımsız sistemler kurulabilir.
- Konut dışı amaçlı kullanılan binalarda; Bir mekânındaki özel mekanik havalandırma sistemi, mekânda insanların bulunmadığı zamanlarda mekânın minimum iç hava kalitesini sağlayacak şekilde otomatik sistem ile donatılır. İklimlendirme sistemlerinde oda sıcaklığı ayar düzenekleri kullanılır. Mahal bazında değişken hava debisi kontrolü yapılan iklimlendirme sistemlerinde, sisteme bağlı fanların değişken debili olması sağlanır.
- İklimlendirme sistemleri değişken insan yüküne bağlı olarak değişken hava debili çalışacak şekilde iç hava kontrolü sağlayacak mekanik tesisatla donatılır.
- Hava ön ısıtma ekipmanları, ısıtma dönemi dışında çalışmalarını durduran bir düzenek ile donatılır.
- İklimlendirme sistemine sahip ve sürekli kullanılmayan bölümler kullanılmadığı zamanlarda, ana ısıtma sistemi ile 15 °C'ye ısıtılır.

- Konut harici binalarda kullanımı tasarlanan iklimlendirme sistemlerinde oda sıcaklığını ölçen oda termostatına göre otomatik ayarlanabilen debi ölçüm ekipmanları kullanılır.
- Konut harici binalarda kullanımı tasarlanan iklimlendirme sisteminde; giriş havası vantilatör debisi, ana kanaldaki basıncı ölçen basınç algılayıcılarına göre değişebilir olmalıdır.
- Yeni yapılacak binaların 500 m³/h ve üzeri hava debili havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde, ısı geri kazanım sistemlerinin tasarımları yapılarak, yaz ve kış çalışma şartlarında minimum % 50 verimliliğe sahip olması, ilk yatırım ve işletme masrafları ile birlikte enerji ekonomisi göz önüne alındığında avantajlı olması durumunda ısı geri kazanım sistemleri yapılması zorunludur. Bu sistemler geçiş mevsimleri için by-pass düzeneğine sahip olmalıdır. Binalardaki ısı konfor memnuniyetinin ve enerji performansının artırılması için gerekli kriterler EN 7730 ve TS 2164 standartlarına göre belirlenir.
- Yeni yapılacak binalar için ısı geri kazanım sistemleri (onuncu maddede belirtilen) çalışmanın tasarım aşamasında rapor halinde proje müellifi tarafından ilgili idarelere sunulması zorunludur.
- Binalardaki ısı konfor memnuniyetinin ve enerji performansının artırılması için gerekli kriterler EN 7730 ve TS 2164 standartlarına göre belirlenir.
- Klima santrallerinin sızıntı, ısı köprüsü ve ısı transfer katsayısının EN 1886 standardına uygun olması gerekir.
- Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarımında TS 3419 ve ilgili Avrupa Standartlarına uyulur.
- Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin yerleşimlerinde TS 3420 ve ilgili Avrupa Standartlarına uyulur.
- Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin, bina sahibi, yöneticisi veya enerji yöneticisinin sorumluluğu altında, ilgili standartlarda belirtilen sistemin gerektirdiği periyodik kontrole, teste ve bakıma tabi tutularak raporlanması şarttır.
- Havalandırma ve iklimlendirme sistemi işletmecisinin, çevre bilinci de dahil olmak üzere, havalandırma ve iklimlendirme sisteminin çalışmasını sağlayacak

ve arıza halinde doğru önlemleri alabilecek olması bakımından, bu konu hakkında düzenlenecek olan eğitimlere katılarak belge alması zorunludur.

- Hava kanalları sızıntı limitleri TS EN 1507 ve TS EN 12237'ye göre belirlenir ve raporlanır.
- Klima santrallerinde kullanılan filtre sistemleri üreticisi tarafından belirtilen sürelerde temizletilir veya değiştirilir ve bu durum raporlanır [20].

4.3.2.4. BEP Yönetmeliği Uyarınca Sıcak Su Hazırlama ve Dağıtım Sistemi Tasarımı

Binalarda Enerji Verimliliği Yönetmeliği dikkate alınarak, sıcak su hazırlama ve dağıtım sistemi şu şekilde tasarlanır;

- Binalarda sıhhi sıcak su sistemlerinin düzenlenmesi hususunda TS EN 14336'ya uyulur.
- Sıhhi sıcak su sistemlerinin yıllık enerji ihtiyacının belirlenmesi için gerekli hesaplamalar prEN 15316-3-1'de verildiği şekilde yapılır.
- Yapı ruhsatına esas olan kullanım alanı 2000 m²'nin üzerindeki oteller, hastaneler, yurtlar gibi konaklama amaçlı konut harici binalar ile spor merkezlerinde merkezi sıhhi sıcak su sisteminin planlanması şarttır.
- Bağımsız bölümlerde kullanılan bireysel sıhhi sıcak su hazırlama ekipmanlarının TS EN 26 standardında, merkezi sıhhi sıcak su hazırlama ekipmanlarının da TS EN 89 standardında belirtilen ısı performansına sahip olması gerekir.
- Merkezi kullanım sıhhi sıcak su hazırlama amaçlı planlanan ve sıcak su depolanan sistemlerde, sıhhi sıcak suyun sıcaklığı 60 °C geçmeyecek tasarımlar yapılır. Ancak lejyonella etkisi olmaması için depolanan sıhhi sıcak su sistemlerinde en az haftada 1 saat boyunca su sıcaklığı en az 60 °C sıcaklıkta tutulur.
- Merkezi sıhhi sıcak su hazırlama sistemlerindeki pompa grupları, zamana, basınca veya akışkan debisine göre değişken devirli seçilir.
- Merkezi sıhhi sıcak su hazırlama sistemlerinde, sistem ekonomisini sağlayacak ekipmanların kullanılması gerekir.

- Merkezi sıhhi sıcak su hazırlama sistemlerinde merkezi plakalı eşanjör kullanılması durumunda, depolama sistemi olarak akümülayon tankı kullanılır.
- Merkezi sıhhi sıcak su sistemlerinde, duvar içinde kalan tesisat da dahil olmak üzere cihaz, depo ve dağıtım hatları yüzey sıcaklığı ortam sıcaklığının 5 °C üzerine çıkmayacak şekilde yalıtılır ve her yıl bina işletmecisi tarafından kontrol ettirilerek raporlanır.
- Sıhhi sıcak suyun ısı kapasitesi minimum kazan modülayon çalışma alt sınırının altında kalması halinde yaz kullanımına yönelik ayrı bir sıcak su kazanı tesis edilir.
- Konaklama amaçlı binalarda ısıtma sisteminde buhar kullanıyor ise, sıcak su üretiminde ani çabuk ve kolay sıcak su üreten sıcak su depolama ihtiyacı olmayan sistemler kullanır [20], şeklinde sıralanır.

4.3.2.5. BEP Yönetmeliği Uyarınca Otomatik Kontrol Sistemi Tasarımı

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde, otomatik kontrol uygulamaları ve sistem tasarımı şu şekilde özetlenebilir.

- Sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda yanma kontrolü için otomatik kontrol sistemleri tesis edilir.
- Merkezi ısıtma, iklimlendirme ve/veya soğutma sistemine sahip binalar, her odanın sıcaklığını ayrı ayrı düzenleyecek otomatik cihazlarla donatılır. Konut olarak kullanılan binalar hariç olmak üzere binalarda, birbirinden ayrı mekânların farklı iç sıcaklıklara ayarlanabilmesine imkân sağlayacak merkezi otomatik kontrol sistemi kurulur.
- Merkezi ısıtma sistemine sahip konut olarak kullanılan binalarda cihazlar, en az gidiş suyu kontrolü ve dış hava kompanzasyonu yapacak otomatik kontrol sistemleri ile donatılır.
- Merkezi iklimlendirme sistemi olan binalarda, ayarlanan değerleri kontrol edecek otomatik kontrol sistemi bulunması şarttır. Ticari binalarda bu cihazların, ayar değerlerine çekilmesinin yanında zamana göre de kontrol edebilmesi gerekir.

- Konut olarak kullanılan binalar hariç olmak üzere binalarda, aydınlatma kontrolü zamana, gün ışığına ve kullanıma göre yapılır.
- 10.000 m²'nin üzerinde olan ve merkezi ısıtma, soğutma, iklimlendirme sistemi ve aydınlatma sistemleri birlikte bulunan binalarda bilgisayar kontrollü bina otomasyon sistemi tesis edilir [20].
- Sıhhi sıcak su tesislerinde kullanılacak olan sirkülasyon pompaları, otomatik çalışmayı sağlayacak ekipmanlarla donatılır.
- Yeni yapılacak binalarda aydınlatma, ısıtma, soğutma ve sıhhi sıcak su ihtiyacı için kullanılan enerjilerin ayrı ayrı ölçülmesine imkân sağlayacak tasarımlar yapılır ve buna uygun ölçüm ve izleme sistemleri tesis edilir.

4.3.2.6. BEP Yönetmeliği Uyarınca Elektrik ve Aydınlatma Sistemi Tasarımı

Binalarda elektrik ve aydınlatma sistemi tasarımı şu kriterler dikkate alınarak yapılacaktır.

- Binanın toplam enerji tüketimi içerisindeki aydınlatma enerjisi payının hesaplanmasında EN 15193 standardında verilen hesap yöntemi kullanılır.
- Binalarda gün ışığından azami derecede faydalanmak ve gereksiz yapay aydınlatmadan kaçınmak için;
 - Erişimi kolay el ile kontrol edilen anahtarlardan,
 - Gün ışığından faydalanma imkânı olan yerlerde, gün ışığı ile bağlantılı foto elektrikli anahtarlar ile telefon, kızıl ötesi, sonik ve ultrasonik kontrollü uzaktan kumandalı anahtarlardan,
 - Mahalde kimse olmadığında mekânın boş olduğunu algılayabilen ve yapay aydınlatmayı kapatan otomatik anahtar ve sistemlerden,
 - Zaman ayarlı anahtarlardan biri veya bir kaç kullanılır, şeklinde sıralanır.
- Çalışma saatleri boyunca devamlı aydınlatma gerektiren binalarda zaman ayarlı veya gün ışığı ile bağlantılı foto elektrikli anahtarlar kullanılır.

- Binalarda kullanılan genel aydınlatma lambalarının özellikleri Şekil 4.2’de verilen tabloya göre olur.
- Konut amaçlı kullanılan binalar dışındaki diğer binalarda, içerisinde insan bulunduğu zamanlarda dâhi; idari personelin yetkisinde olan her türlü mahallin, aydınlatmanın açılmasına ve kapatılmasına imkân veren bir cihaza sahip olması gerekir. Bu cihaz, söz konusu mekân içerisinde yer almıyor ise, mekândaki aydınlatma durumunun kumanda noktasından görülmesine imkân vermesi gerekir. Sportif amaçlı ve çok amaçlı salonlar gibi farklı aydınlatma seviyelerinin söz konusu olduğu, en az iki ve daha çok farklı kullanım mahallerinin bulunduğu binalarda, temel aydınlatma seviyesini yalnızca yetkili personelin artırmasına imkân verecek biçimde tedbirler alınır.

Çizelge 4.2. Genel aydınlatma için uygun aydınlatma kaynakları.

Yüksek Basınçlı Sodyum	Bütün çeşitleri ve sınıfları.
Metal Halojenür	Bütün çeşitleri ve sınıfları.
Endüksiyon Aydınlatmalı	Bütün çeşitleri ve sınıfları.
Boru Şeklinde Fleurosan	26 mm çapında (T8) lambalar, 16 mm çapında (T5) ve 11 W üzerinde sınıflandırılmış yüksek verimli kumanda dışlisine sahip lambalar ve (T12) lineer 2400 mm uzunluğunda fleurosan lambalar.
Kompakt Fleurosan	11W üzerindeki bütün sınıfları ve enerji verimliliği 50 lümen/devreWatt’tan büyük olan bütün çeşit ve sınıfları.
Diğer	Lambanın enerji verimliliği 50 lümen/devreWatt ‘tan büyük olan bütün çeşit ve sınıfları.

- Aynı mekân içerisinde, bir pencere boşluğuna 5 metreden daha yakın olan yapay aydınlatmalı noktalarının her birindeki toplam kurulu güç 200 W’ı aştığında, bu noktalar diğer aydınlatma noktalarından bağımsız olarak kumanda edilir.

- Doğal aydınlatma yeterli olduğunda, zaman ayarlı veya insan mevcudiyetini algılayan cihaz ile yapay aydınlatmanın otomatik olarak devreye girmemesi gerekir.
- Binalarda elektrik enerjisinin verimli kullanılması amacıyla;
 - Özel durumlar olmadıkça akkor flamanlı lambaların kullanılmaması, renk sıcaklığının önemli olmadığı durumlarda A ve B sınıfı elektronik balastlı tüp biçimli floresan, kompakt tip floresan veya sodyum buharlı lambaların tercih edilmesi,
 - Enerji tüketimi yüksek olan dekoratif aydınlatma gereçlerinin genel aydınlatma amaçlı kullanılmaması,
 - Çalışma alanlarında yeterli aydınlık seviyesini sağlayacak armatür seçiminin ve dağılımının yapılması,
 - Yapılabilirliği uygun olan mekânlarda, hareket, ısı veya ışık duyarlı ekipmanların kullanılması, özellikle merdiven boşluklarında ve çalışma ortamlarında bulunan tuvalet, lavabo, koridor gibi mekânlarda sensörlü lambaların kullanılması ve gereksiz kullanımların önüne geçilmesi,
 - Daha az sayıda armatür ve dolayısıyla daha az elektrik tüketimiyle istenen aydınlık seviyelerine ulaşmayı sağlayacağı için, açık renk mobilya ve duvar renkleri tercih edilmesi,
 - Armatürlerin verimlerini ve odalardaki aydınlık seviyesini artırmak için aydınlatma gereçlerinin periyodik olarak temizlenmesi gerekir.
- Konut harici binaların aydınlatma enerjisi ihtiyacı belirlenirken binanın iç aydınlatma yüküne ilaveten, güvenlik aydınlatması hariç olmak üzere, binanın dış aydınlatma yükü de dikkate alınır.
- Farklı aydınlatma seviyelerinin söz konusu olduğu mahallerin bulunduğu konut amaçlı kullanılan binalar dışındaki binalarda, asgari aydınlatma seviyesini yalnızca yetkili personelin artırmasına imkân verecek sistemler tesis edilir.
- Binaların elektrik tesisatı, 04.11.1984 tarihli ve 18565 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliğine ve ilgili mevzuat hükümlerine göre projelendirilir ve uygulanır.

- Konut harici binaların elektrik sistemlerinde; konu ile ilgili yönetmeliklere uygun olarak merkezi ve/veya lokal düzeyde güç kompanzasyonu yapılır [20], şeklinde sıralanır.

4.3.2.7. BEP Yönetmeliği Uyarınca Binalarda Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Kullanımı

Yönetmeliğin gerektirdiği en önemli yenilik ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına teşvik şeklinde olmuştur. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılması hususu şu şekilde açıklanmıştır;

- Yeni yapılacak olan ve yapı ruhsatına esas kullanım alanı yirmi bin metrekarenin üzerinde olan binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su, elektrik ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarının tamamen veya kısmen karşılanması amacıyla, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, hava, toprak veya su kaynaklı ısı pompası, kojenerasyon ve mikrokojenerasyon gibi sistem çözümleri tasarımcılar tarafından projelendirme aşamasında analiz edilir. Bu uygulamalardan biri veya birkaçı, Bakanlık tarafından yayımlanan birim fiyatlar esas alınmak suretiyle hesaplanan, binanın toplam maliyetinin en az yüzde onuna karşılık gelecek şekilde yapılır.
- Yeni yapılacak binalarda yenilenebilir enerji sistemleri için belirtilen raporda tespit edilen ilk yatırım maliyeti enerji ekonomisi göz önünde bulundurulmak suretiyle, inşaat alanı 20.000 m²'ye kadar olan binalarda 10 yıl, inşaat alanı 20.000 m² ve daha büyük binalarda 15 yılda geri kazanılması durumunda bu sistemlerin yapılması zorunludur.
- Yeni yapılacak binalarda hava, toprak ve su kaynaklı ısı pompası sistemleri için birinci fıkrada belirtilen raporda tespit edilen ilk yatırım maliyeti enerji ekonomisi göz önünde bulundurulmak suretiyle, inşaat alanı 20.000 m² ve üstündeki binalarda 15 yılda geri kazanılması durumunda, bu sistemlerin yapılması zorunludur.
- Yeni yapılacak olan ve kullanım alanı 1.000 m²'nin üzerindeki oteller, hastaneler, yurtlar ve benzeri konaklama amaçlı konut harici binalar ile spor

merkezlerindeki merkezi ısıtma ve sıhhi sıcak su sistemlerinde güneş enerjisi toplayıcıları ile sistemin desteklenmesi zorunludur.

- Güneş enerjisi toplayıcıları kullanımında TS EN 12975-1 ve TS 3817'e uyulur.
- Konut harici ve merkezi havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine sahip binalarda, doğal havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin de tasarlanarak bu sistemlerin daha verimli çalışmalarının sağlanması gerekir.
- Jeotermal enerji kaynakları ile merkezi ısıtma yapılan binalarda, ısıtma hattı dönüş suyunun bölgedeki jeotermal ısı kaynağına dönüşünün sağlanması gerekir şeklindedir [20].

4.3.3. TS 825 Standardı

TS 825 standardı, binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarını ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesi ait hesaplama metod ve usullerini anlatan standarttır.

Bu standart, yeni inşa edilecek binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Bu kurallar pasif güneş enerjisi sistemlerini ihtiva eden binalarda kullanılamaz.

Mevcut binaların tamamına veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümler için bu standart da Şekil 4.3'de verilen ısı geçirgenlik kat sayılarına eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır. Bu standart, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metod belirlemektedir. Diğer amaçlarla olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır.

Çizelge 4.3. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U (W/m²K) değerleri [21].

	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

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Ayrıca yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standartta açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek, mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek, bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, bina sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını milli seviyede tahmin etmektir.

Bu standart; konutlar, yönetim binaları, iş ve hizmet binaları, otel, motel ve lokantalar, öğretim binaları, tiyatro ve konser salonları, kışlalar, ceza ve tutuk evleri, müze ve galeriler, hava limanları, hastaneler, yüzme havuzları, imalât ve atölye mahalleri, genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15 °C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binaları veya bunlara benzer amaçlar için kullanılan binaları [21] kapsar.

İnsanların barındığı veya çalıştığı binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri yönlerinden önemlidir. Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanmasının temel şartıdır. Hacimlerin ısıtma enerjisi ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı

depolama özelliklerine bağlıdır. Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzeylerinde su buharı yoğuşmasını önler. Bileşenlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır. Binanın projelendirme döneminde alınacak önlemler (örneğin, bina yerinin doğru seçilmesi) ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyebilir. Rüzgâr etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur. Bina dış yüzeylerini büyütmenin ısı kaybını da o oranda artıracığı, projelendirme döneminde göz önünde tutulmalıdır. Ayrık bir binadaki ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır. Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin, ısıtılan hacimlerin yan yana veya üst üste yerleştirilmesi) büyük önem taşır. Isı kaybını önlemek için, bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni). Büyük pencere yüzeyleri, (çift yüzeyli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur. Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıttan tam yararlanma, baca gazlarının soğumasını, bacanın kurum tutmasını, tesisat borularının donmasını önleme bakımlarından önemlidir. Duvar ve döşemelerin ısı depolama özelliği, kışın ısıtmanın durması hâlinde çabuk bir soğumayı, yazın da özellikle güneş etkisi altında bulunan hacimlerde, iç ortam hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. Isı depolama özelliği, yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısı ile doğru orantılıdır.

Bu standartta belirtilen hesap metodunda, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu standartta, yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak su buharının gaz hâlden sıvı hâle geçmesi, yani yoğuşması ihtimali olduğundan malzemelerin ısıl iletkenlik değerlerindeki kötüleşme tahkik edilmeli, yoğuşma varsa, belirli sınırların içerisinde kalması sağlanmalıdır.

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Bu basınç farkı nedeniyle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharı bu geçişi sırasında yapı elemanı içerisinde, doyma sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeye temas ederse, bir kısmı yoğuşarak su hâline geçer ve yapı elemanı içerisinde veya yüzeyinde birikerek yapıya zarar verir. Yapı elemanı yüzeyindeki yoğuşma kendisini siyah lekeler, küf, mantar vb. organizma oluşumu ile göstererek, insan sağlığı ve ortamın konfor şartlarını olumsuz etkiler ve yapı malzemesinde hasarların oluşmasına neden olur. Yapı elemanları arasında meydana gelen yoğuşma ise; özellikle yapıların taşıyıcı kısımlarındaki donatıların paslanarak işlev ve dayanımlarının zamanla azalması neticesinde yapı ömrü ve deprem dayanımının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca yoğuşma; yapı elemanlarının çürümesi, bütünlüklerinin bozulması ve ısı kayıplarının artmasına da neden olur. Yukarıda bahsedilen olumsuz sonuçların ortadan kaldırılması için, bu standartta tarif edilen hesap metoduna göre yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki, sınırlandırılması ve neticelerin raporlanması gerekmektedir. Böylece sağlıklı ve konforlu bir yaşam ile uzun ömürlü binaların yanı sıra önemli oranda enerji tasarrufu da elde edilmiş olacaktır.

Isıtma enerjisi ihtiyacı ile ısıtma sisteminin net çıktısı kastedilmektedir. Isıtma sisteminin dönüşüm verimi 1.00 'den küçük olacağı ve dağıtım sırasında bir miktar ısı kayıpları meydana gelebileceği için, sistemin enerji girdisi bu değerden büyüktür. Hesap metodunda net iç ısı kazançları ve net güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu sebeple kazançların toplamı, "ısı kazancı kullanım faktörü" ile çarpılır [21].

Bu standart, bina özellikleri, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç ve dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi etkenlerinin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metodu belirlemektedir. Bu metodla hesaplanan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre; Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilen değerleri aşmamalıdır. Yeni binaların tasarımı aşamasında, bu standartta verilen hesap metodu kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı

bu standartta verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve ayrıntılı çözümlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Çizelge 4.4. $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri [21].

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{1.DG} =$	19,2	56,7	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{1.DG} =$	6,2	18,2	kWh/m ³ ,yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{2.DG} =$	38,4	97,9	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{2.DG} =$	12,3	31,3	kWh/m ³ ,yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{3.DG} =$	51,7	116,5	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{3.DG} =$	16,6	37,3	kWh/m ³ ,yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{4.DG} =$	67,3	137,6	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{4.DG} =$	21,6	44,1	kWh/m ³ ,yıl

Çizelge 4.5. Bölgelere göre sınırlandırılan Q^1 nun hesaplanması [21].

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{1.DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$	[kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{1.DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$	[kWh/m ³ ,yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{2.DG} = 70 \times A/V + 24,4$	[kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{2.DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$	[kWh/m ³ ,yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{3.DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$	[kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{3.DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$	[kWh/m ³ ,yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q_{4.DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$	[kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{4.DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$	[kWh/m ³ ,yıl]

Merkezi sistemle ısıtılan binalardaki sıcak akışkanı ileten ana dağıtım (tesisat) boruları, ekonomik yalıtım kalınlığı hesaplanarak uygun şekilde yalıtılmalıdır. Kolon kalınlıklarının hesaplanmasında, kolonun bağlı bulunduğu kiriş ile birleştiği yerdeki betonarme kiriş kalınlığı aynı zamanda kolon kalınlığı olarak alınacak olup, kolon kalınlığının kiriş kalınlığından daha fazla olması dikkate alınmaz. Dış yüzeylerde yer alan bütün betonarme elemanlar (kolon, kiriş, hatıl ve perde duvar vb.) mutlaka yalıtılması gerektiği bu standart ile net bir şekilde ifade edilmektedir.

BÖLÜM 5

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE TEMEL KAVRAMLAR

Enerji etkin bina tasarımı, enerji tüketimini en aza indirmek için enerji korunumuna önem verilmesi, binanın bulunduğu iklim verilerinden yararlanılması, doğal enerji girdilerinin ve pasif denetim olanaklarının değerlendirilmesi ve kullanılmasıdır. Bina geometrisinin doğal kaynaklardan ve pasif denetim mekanizmalarından maksimum istifadeyi sağlayacak biçimde olması, pasif ısıtma, soğutma, havalandırma ile doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanması ve enerji kullanan aktif sistemlerinin müdahalesini geciktirme, en aza indirme ya da tamamen ortadan kaldırma çabası olarak özetlenebilir.

Diğer bir ifadeyle, enerji etkin yaklaşım bir yandan yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya, öte yandan da kullanılan enerjiyi korumaya yönelik önlemleri almaya hedeflenmektedir.

Ülkemiz için en önemli sorunlardan biri enerji tüketiminin yaklaşık % 60'ının yurtdışından karşılanmasıdır [4]. Enerji tasarrufu konusunda ciddi önlemler alınması halinde genel enerji talebinin % 20-30 oranında düşürülmesi mümkün olabilecektir. Enerji tasarrufunu sağlamak için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek gerekir. Üretim maliyeti olmaması sebebi ile ilk akla gelen alternatif enerji kaynağı güneş enerjisi olmaktadır.

Türkiye güneş kuşağı içerisinde bulunan bir ülkedir. Bu nedenle güneş enerjisi kazancı açısından zengindir. Türkiye günlük ortalama güneşlenme süresi 3,75 (Aralık ayı) saat - 11,31 (Temmuz ayı) saat arasında değişirken, Global Radyasyon Değeri (kWh/m²-gün) 6,57 (Haziran) ile 1,59 (Aralık ayı) değişmektedir. Ülkemiz, coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme

süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışı nım şiddeti 1311 KWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 KWh/m²) oldu ğ u tespit edilmiştir [6].

Güneş enerjisinden iki şekilde yararlanmak mümkündür. Birincisi, güneş enerjisini toplamak, depolamak ve dağıtmak için çeşitli elemanlardan oluşan aktif ısıtma sistemlerini kullanmaktır. İkincisi ise enerji kullanan aktif sistemleri iş in dışında tutarak, yönlendiriliş durumu, bina formu, bina kabu ğ u termofiziksel özellikleri gibi tasarım parametrelerinin güneş enerjisinden optimum yarar sağlayacak şekilde belirlenmiş de ğ erleri ile bina sistemini oluşturmaktır. Bu şekilde tasarlanmış binalar pasif sistem olarak işlev görmektedir. Aktif sistemin rejime sokulmadığı bir bina pasif sistem olarak tanımlanmaktadır. Aktif sistemlerin binalardaki görevlerinin minimize edilerek enerji ekonomisi sağlanması, binaların ısıtıcı ajanlar olan güneş ışı nımını ve dış hava sıcaklığı gibi iklim elemanlarının etkilerini optimize edecek pasif sistemler olarak tasarlanması ile olanaklı olabilmektedir.

5.1. AKTİF SİSTEMLER

Isı, pek çok uygulama alanında, farklı sıcaklıklarda gereklidir ve faydalı enerji tiplerinin büyük bir bölümünü temsil eder. Güneş radyasyonunu ısıya dönüştüren sistemler çok çeşitlidir. En basit güneş kolektörleri ile bir kaç yüz watt, güneş güç istasyonlarıyla birkaç yüz megawatt'a kadar enerji elde edilebilir. Aktif sistemler, ısıtma, so ğ utma ve elektrik üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir.

Aktif güneş enerjisi teknolojileri, yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte ısı l güneş teknolojileri ve fotovoltaik (güneş pili) sistemler olmak üzere iki ana grupta incelenebilir.

5.1.1. Isıl Güneş Teknolojileri

Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilmektedir. Bu ısı doğrudan kullanılabilere ğ i gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Isıl güneş teknolojileri kendi içinde ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; düşük sıcaklık sistemleri ve yoğunlaştırıcı sistemlerdir.

5.1.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri

Bu sistemler genel olarak güneş kolektörlü sıcak su sistemleridir. Güneş kolektörlü sıcak su sistemleri güneş enerjisini toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır.

Tabii dolaşımli sistemler: Isı transfer akışkanının kendiliğinden dolaştığı sistemlerdir. Kolektörlerde ısınan suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi özelliğine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerde depo kolektörün üst seviyesinden en az 30 cm yukarıda olması gerekmektedir. Deponun alt seviyesinden alınan soğuk (ağır) su kolektörlerde ısınarak hafifler ve deponun üst seviyesine yükselir. Gün boyu devam eden bu olay sonunda depodaki su ısınmış olur. Tabii dolaşımli sistemler daha çok küçük miktarda su ihtiyaçları için uygulanmaktadır. Deponun yukarıda bulunması zorunluluğu nedeniyle büyük sistemlerde uygulanamazlar. Pompa ve otomatik kontrol devresi gerektirmediği için pompalı sistemlere göre biraz daha ucuzdur.

Pompalı sistemler: Isı transfer akışkanının sistemde pompa ile dolaştırıldığı sistemlerdir. Deposunun yukarıda olma zorunluluğu yoktur. Büyük sistemlerde su hatlarındaki direncin artması sonucu tabii dolaşımın olmaması ve büyük bir deponun yukarıda tutulmasının zorluğu nedeniyle pompa kullanma zorunluluğu doğmaktadır. Pompalı sistemler otomatik kontrol devresi yardımı ile çalışırlar. Depo tabanına ve kolektör çıkışına yerleştirilen diferansiyel termostatın sensörleri, kolektörlerdeki suyun depodaki sudan 10 °C daha sıcak olması durumunda pompayı çalıştırarak sıcak suyu depoya alır, bu fark 3 °C olduğunda ise pompayı durdurur [22]. Pompa ve otomatik kontrol devresinin zaman zaman arızalanması nedeniyle işletilmesi tabii dolaşımli sistemlere göre daha zor olmaktadır. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak dizayn edilebilmektedir.

Açık sistemler: Kullanım suyu ile kolektörlerde dolaşan suyun aynı olduğu sistemlerdir. Kapalı sistemlere göre verimleri yüksek ve maliyeti ucuzdur. Suyun kireçsiz ve donma problemlerinin olmadığı bölgelerde kullanılabilir.

Kapalı sistemler: Kullanım suyu ile ısıtma suyunun farklı olduğu sistemlerdir. Kolektörlerde ısınan su bir eşanjör vasıtasıyla ısınıp kullanım suyuna aktarır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılmaktadırlar. Maliyeti açık sistemlere göre daha yüksek verimleri ise eşanjör nedeniyle daha düşüktür .

Düşük sıcaklık sistemleri olarak, güneş kolektörleri farklı tiplerde (düzlemsel güneş kolektörleri, vakumlu güneş kolektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, güneş ocakları, vb.) olabilmektedir. Mimari uygulamalarda, bina ölçeğinde genellikle kullanılan düşük sıcaklık sistemleri düzlemsel güneş kolektörleridir.

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır.

Düzlemsel güneş kolektörleri görüldüğü gibi, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, kolektörün en önemli parçası olan absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve yukarıdaki bölümleri içine alan bir kasadan oluşmaktadır.

Üst örtü, kolektörlerin üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Bilinen pencere camının geçirme katsayısı 0,88'dir. Son zamanlarda özel olarak üretilen düşük demir oksitli camlarda bu değer 0,95 seviyesine ulaşmıştır. Bu tür cam kullanılması verimi % 5 mertebesinde artırır [22].

Absorban plaka (yutucu yüzey), kolektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, absorban plaka tarafından yutulurak ısıya dönüştürülmekte ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılmaktadır.

Absorban plaka tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plaka ışınları yutması için koyu

bir renge genellikle siyaha boyanmaktadır. Kullanılan boyanın yutma katsayısının (absorptivite) yüksek uzun dalga boylu radyasyonu yayma katsayısının (emissivite) düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle de bu özelliklere sahip seçici yüzeyler kullanılmaktadır. Mat siyah boyanın yutuculuğu 0,95 gibi yüksek bir rakam iken yayıcılığı da 0,92 gibi istenmeyen bir değerdedir. Yapılan seçici yüzeylerde yayma katsayısı 0,1'in altına inmektedir. Seçici yüzey kullanılması halinde kollektör verimi ortalama % 5 artmaktadır [22].

Absorban plaka, borular ile sıkı temas halinde olmalıdır. Alüminyumda olduğu gibi, akışkan borularının kanatlarla bir bütün teşkil etmesi en iyi durumdur. Bakır ve sacda bu mümkün olmadığı için akışkan boruları ile plakanın birbirine temas problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problem ya tamamen ya da belli aralıklarla lehim veya kaynak yapmakla çözülebilmektedir.

Isı yalıtımı, kollektörün arkadan olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arasına uygulanmalıdır. Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150 °C'a kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır.

Kollektör kasası, yalıtkanın ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Kasanın her yanı 100 kg/m² (981 Pa=N/m²) basınca dayanıklı olmalıdır (TSE-3680). Sıvılı kollektörlerde sızdırmazlığın yüzde yüz sağlanamadığı durumlarda camda yoğunlaşan su buharını dışarıya atmak amacıyla kasanın iki yan kenarına tam karşılıklı ikişer adet 2-3 mm çapında delik açılmalıdır.

5.1.1.2. Yoğunlaştırıcı Sistemler

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kolektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kolektör teknolojisinin daha karmaşık olması nedeniyle, yeni tariflerin yapılması gerekmektedir.

Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutulmuş ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" denir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı"dır. Yoğunlaştırma oranı, açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir. Bu tür kolektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir [22].

Doğrusal yoğunlaştırıcılar: Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşmaktadır. Parabolik oluk kolektörlerde, oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtmaktadır. Orta derecede sıcaklık istenen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.

Noktasal yoğunlaştırıcılar: İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Parabolik çanak kolektörler iki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırmaktadır.

5.1.2. Fotovoltaik Sistemler (Güneş Pilleri)

Fotovoltaik (photovoltaic) terimi, ışıktan gerilim üretilmesi anlamına gelir ve genellikle "PV" ile gösterilir. Fotovoltaik piller için kullanılan ortak terim "Güneş Pilleri" olmakla birlikte, piller her tür ışık altında elektrik üretebilmektedir. Bu sistemlerdeki voltaik toplayıcılarda, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için CdS ya da silikon maddelerinden güneş pili imal edilir, bu maddeler üzerine gelen güneş ışınları anında elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu sistemlerde güneş izleme düzeni ile her an mümkün olan en yüksek güneş enerjisinden yararlanılır. Güneş izleme düzeni pahalı olduğundan bu tip toplayıcılardan, izleme düzeni olmadan da yararlanılmaktadır. Yapay uyduların elektrik enerjisi fotovoltaik toplayıcılardan sağlanmaktadır. Fotovoltaik toplayıcıların çok yüksek maliyeti kadar, sadece % 15 mertebesinde verimli çalışmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Buna rağmen uydularda zorunlu olarak kullanılmakta ve radyo vs. gibi ev aletlerini çalıştırmaktadır.

Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler, kolayca taşınıp kurulabilen gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak basitçe değiştirilebilen sistemlerdir.

Güneş pilleri, enerjiyi depolayamazlar. Işık kaynağı (örneğin güneş) ortadan kalktığında, pilin ürettiği elektrik de kesilmektedir. Eğer elektrik gece boyunca da kullanılmak isteniyorsa, devreye bir elektrik depolayıcı (akü) eklenmelidir.

Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışığından alınan enerji, modüller aracılığıyla toplanmakta, gece veya bulutlu günlerde kullanılabilmek için kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanmaktadır. Ayrıca, eğer pillerden alınan güç, istenen miktarda değilse, aradaki fark akülerden karşılanmaktadır. Depolanan enerjinin, günün her saati ve her hava koşulunda kullanılıyor olmasına karşılık, piller harcanan enerjiyi, ancak gün ışığında ve genellikle de birkaç saat içinde yerine koymaya çalışmaktadırlar. Sistem dizayn edilirken, çözülmesi gereken en önemli sorun, bu dengeyi sağlamaktır.

Bir sistem dizayn etmeye başlarken göz önüne alınması gereken üç kıstas vardır. Bunlar sırasıyla, uygulamanın tipi, hava koşulları ve kullanıcıdır. Her yük tek tek ele alındığında, bir gün boyunca ne kadar zaman kullanılacağı, çekeceği akım ve gerilim değerleri bilinmelidir. Daha sonra, mevsimlere göre güneş ışınımı değerleri değişmekte olduğundan, kullanılacak zaman dilimi belirlenmelidir. Bu bilgiye göre, modülün güneş ışığını en iyi alabileceği açı hesaplanarak yerleştirilmesi yapılacaktır. Sistem, haftada yalnızca birkaç gün kullanılacaksa, panel ve akü sayısı düşecektir; bu da maliyeti azaltacaktır. Ayrıca, sistemde herhangi bir kritik veya özel bir yük olacaksa, bu değer de hesaplamaları etkileyecektir.

Sistemin çalışacağı yer ve hava koşulları da dizayn için önemli kriterlerdendir. Gerekli olan güneş ışınımı değerleri, yer ve zamana göre, belirlenmiş değerlerden seçilmektedir. Bu nedenle, sistemin çalışacağı bölgenin enlem ve boylam değerleri bilinmelidir. Bu değerlere ve sistemin yıl içinde kullanılacağı zaman dilimine göre, güneşlenme değeri belirlendikten sonra, üçüncü önemli kıstasa geçilir ki bu da kullanıcı bilgileridir.

Bu kıstas, kullanıcının dizayn üzerindeki istek ve önerilerini karşılamak içindir. Örneğin, akü seçimi yapılırken, alternatif enerji sistemlerinde kullanılmak amacıyla üretilen sulu aküler yerine, kuru bakımsız aküler tercih edilebilir. Sistemin zaman içinde büyüyebileceği düşünülerek, monte edileceği yer seçilmelidir. Aydınlatma için enerji tüketimi az olan ampuller seçilebilir.

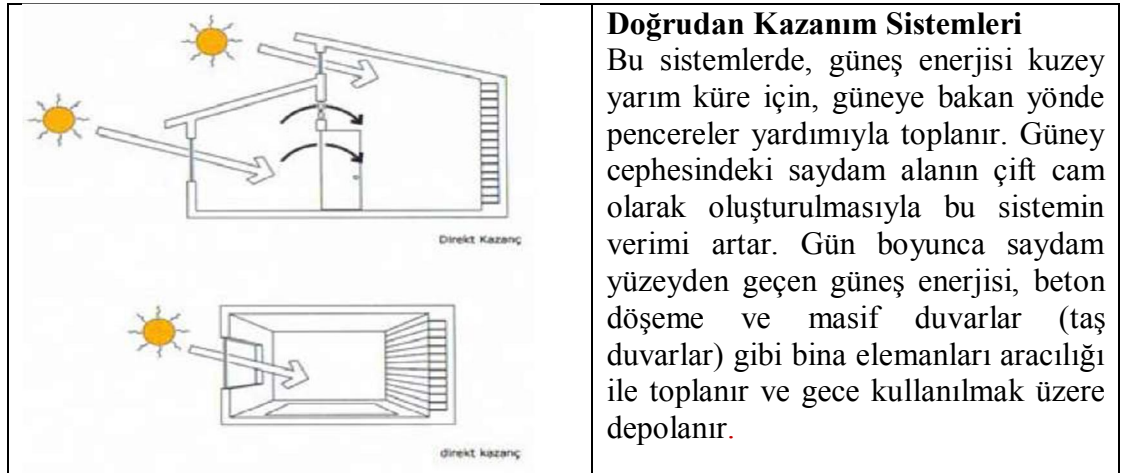
Gerekli olan yük değerine göre, örgülerde yer alacak modül sayısı, bağlantı şekilleri (seri veya paralel) bulunmakta ve bu değere göre, akü sayısı hesaplanmaktadır. Kablo bağlantıları, devre kesiciler, sigortalar, topraklama ekipmanları seçilir. Sistemin tek başına veya destekli kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Bu sistemler, rüzgâr milleri, mikro-hidro jeneratörler veya normal jeneratörlerle destekli olacak şekilde de dizayn edilebilmekte, ayrıca şebeke sistemine de bağlanarak mevcut sistemle birlikte çalışabilmektedirler.

5.2. PASİF SİSTEMLER

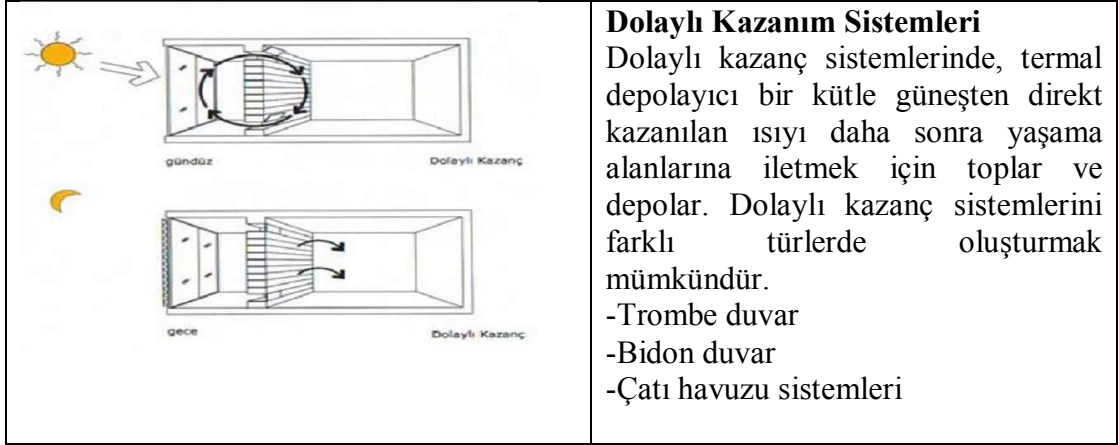
Pasif sistemler, yapının tasarım özelliklerinden faydalanılarak güneş enerjisinin yapıya alınması ve ısı elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Güneşten dünyamıza gelen ışınların kışın yatık, yazın ise dik konumda olması, mimari tasarımın biçimlenmesinde önemli bir etkidir. Kuzey yarım küre için güney yönü, güneşten kış aylarında gereksinim duyulan enerjinin temini, yaz aylarında ise güneş ışınlarından korunum açısından önem kazanmaktadır. Pasif sistemler;

- Doğrudan Kazanç Sistemleri
- Dolaylı Kazanç Sistemleri
- İzole Edilmiş Kazanç Sistemleri
- Termosifon Sistemler olmak üzere genel anlamda 4 grupta incelenebilir.

Pasif sistemler; Şekil 5.1’de doğrudan kazanım sistemleri, Şekil 5.2’de dolaylı kazanım sistemleri, Şekil 5.3’de izole edilmiş kazanç sistemleri ve Şekil 5.4’de termosifon sistemler şematik olarak ve açıklamalarla ile birlikte gösterilmiştir.



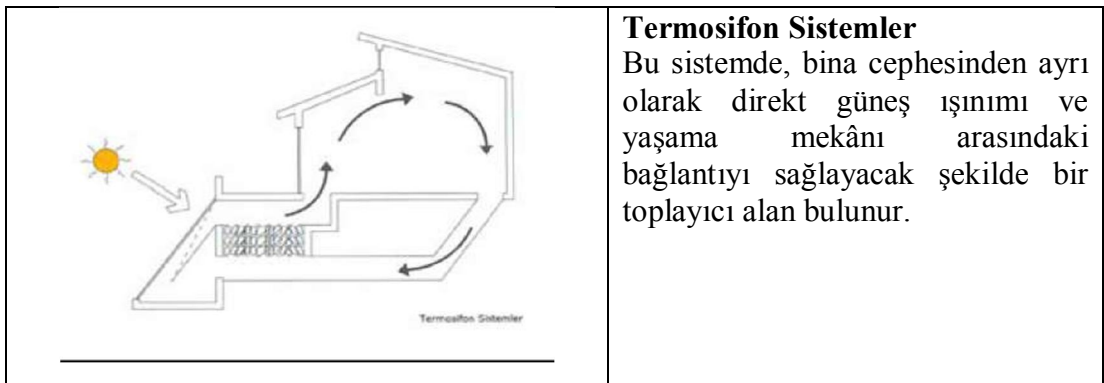
Şekil 5.1. Doğrudan kazanım sistemleri.



Şekil 5.2. Dolaylı kazanım sistemleri.



Şekil 5.3. İzole edilmiş kazanç sistemleri



Şekil 5.4. Termosifon sistemler.

Bu sistemlerde, güneş enerjisi kuzey yarım küre için, güneye bakan yönde pencereler yardımıyla toplanır. Güney cephesindeki saydam alanın çift cam olarak

oluşturulmasıyla bu sistemin verimi artar. Gün boyunca saydam yüzeyden geçen güneş enerjisi, beton döşeme ve masif duvarlar (taş duvarlar) gibi bina elemanları aracılığı ile toplanır ve gece kullanılmak üzere depolanır.

Pasif sistemler ayrıca, güneş enerjisinin toplanmasına yarayan açıklıklar açısından, güney açıklıkları ve ayırık açıklıklar olarak gruplanmaktadır.

5.2.1. Doğrudan (Direkt) Kazanç Sistemleri

Pasif sistem olarak tasarlanan yapı veya hacimlerde kullanılan yöntemler arasında en basiti doğrudan ısı kazancı yöntemidir. Doğrudan ısı kazancı yönteminde, güneş enerjisinden yapının mimari öğeleri aracılığı ile yararlanır. Yapı, güneş ışınlarını alabilecek ve doğrudan iç mekânlara aktarabilecek şekilde tasarlanır. Başka bir deyişle güneş ışınları yapı içine ara bir sistem gerekmeksizin alınır ve bu enerjinin tutulması, depolanması sağlanır.

Bu sistemlerde, güneş enerjisi kuzey yarım küre için, güneye bakan yönde yer alan pencereler yardımıyla toplanmaktadır. Güney cephesindeki saydam alanın çift cam olarak oluşturulmasıyla bu sistemin verimi artmaktadır.

Gün boyunca saydam yüzeyden geçen güneş enerjisi, beton döşeme ve dolu duvarlar (masif kütle) gibi bina elemanlar tarafından emilmekte ve depolanmaktadır. Gece saatlerinde ise, gündüz depolanan güneş enerjisi iç mekânda kullanılmaktadır [22].

Oluşturulacak olan termal depolama duvarının konumu ve kullanılan malzemelerinin seçimi de büyük önem taşımaktadır. Termal kütlede beton, tuğla gibi malzemeler ile su ve diğer akışkanlar tek başına olabildiği gibi birlikte de kullanılabilir.

Kışları soğuk geçen iklim bölgelerinde kapı ve pencere açıklıklarının kuzeye yerleştirilmeleri, güneşten ısı kazancının göz ardı edilebilecek kadar az olması ve kış rüzgârlarının genellikle kuzeyden esmesiyle hava sızmalarının artması nedenleriyle, ısı kaybının artması yüzünden tercih edilmez. Doğu ve batıya yerleştirilen açıklıklardan, kışın güney cephesine kıyasla az olmakla birlikte, güneş kazancı elde

etmek olanaklıdır. Fakat yaz güneşinin sabah ve öğleden sonraki saatlerde yatık gelmesi nedeniyle, bu açıklıkları korumak çok güçtür ve aşırı ısınma sorunuyla karşılaşılabilir. Güneye bakan pencereler ise, kışın yatık gelen güneş ışınlarından neredeyse gün boyu yararlanabilir; yazın ise daha dik gelen ışınlardan korunmaları kolaydır. Dolayısı ile açıklıklar, güney cephesinde büyük, kuzey, doğu ve batı cephelerinde ise, doğal aydınlatma ve havalandırmayı sağlayacak şekilde olmalıdır.

Doğrudan kazanım sisteminin yapım maliyeti oldukça düşüktür. Döşeme, duvarlar ve hatta iç mekândaki duvarlar bile ısı depolama görevi yapmaktadırlar. Güney cephedeki pencerelerin büyüklüğü ve sayısı isteğe ve ihtiyaca göre ayarlanabilmekte fakat fazla miktarda kullanılan cam parlama, kamaşma ve mahremiyet gibi problemlere neden olabilmektedir. Çatı açıklıkları aracılığı ile güneş ışınımının termal kütle olarak kullanılan döşeme ve duvarlara ulaşması sağlanabilir.

Güney açıklıkları: Yapılarda bulunan pencere, sera ya da yapının güney yönünde bulunan başka bir yapı ya da engel sebebiyle tasarlanan güney yönündeki çatı pencereleri, güney açıklıkları olarak adlandırılmaktadır.

Pencereler: Yapılarda enerji tasarrufu ve korunumu açısından özellikle güney cephesinde önem kazanan pencereler, yapı içinde konfor şartlarını sağlayan doğal aydınlatma, havalandırma fonksiyonlarının sağlanması ve dış çevre ile ilişki kurmak açısından zaten gerekli olan yapı elemanlarıdır.

Güney yönünde mümkün olduğunca yararlanılması amaçlanan pencerelerden, kuzey, doğu ve batı yönlerinde sadece gerekli havalandırma ve aydınlatmayı sağlayacak ölçüde faydalanmak, yaz mevsiminde sabah saatlerinde doğu ve öğleden sonra batı yönünden yatık gelen güneş ışınlarından, kış mevsiminde ise kuzey yönünden esen kış rüzgârlarından korunum açısından önem kazanmaktadır.

Güneşten pasif sistemlerle faydalanmak için önem arz eden güney pencerelerinin dezavantajı, yalıtım özellikleri söz konusu olduğunda ısı korunumunun duvara göre zor olmasından kaynaklanmaktadır. Kış mevsiminde güneşten sağlanan ısı kazanımının korunumu için, çift cam kullanımı gerekmektedir.

Gün batımından sonraki saatlerde içeriden ya da dışarıdan takılan kepenk, stor, jaluzi gibi hareketli yalıtım elemanlarıyla ya da en azından perdelerin sıkıca kapatılmasıyla ısı kayıplarından korunma sağlanmaktadır. Yaz mevsiminde gündüz saatlerinde güneş ışınlarından korunmak için, pencerelerde güneşe karşı güneş kırıcı, perde ve saçak kullanılmaktadır.

Seralar: Yapıların güney yönünde tasarlanan ve kış bahçesi olarak da adlandırılan seralar, kış mevsiminde ısı kazanımını arttıran toplaçlardır. Ayrıca içinde yaşanabilen bir mekân ve yapı ile dış mekân arasında geçiştir. Yapıya temiz hava alınmasına yardımcı olur. Ancak yaz mevsiminde güneşten gelen fazla ısıdan korunma ve kış mevsiminde akşamları ısı kayıplarının önlenmesi açısından yalıtım çok önem taşımaktadır.

Çatı Pencereleri: Güney cephesinde bir başka yapı ya da engelin bulunduğu durumlarda faydalanılan çatı pencereleri, ısınan havanın yükselmesi ilkesine bağlı olarak, kış mevsimi için çok uygun değildir. Çünkü kışın yalıtımın yeterli olmadığı durumlarda ısı kayıpları söz konusu olacaktır. Ancak aynı zamanda ısınan havanın yükselmesi ilkesi doğal havalandırma için çok uygundur. Isınan hava yükselerek çatı penceresinden dışarı atılırken, çatı penceresine göre daha alt kotta bulunan bir başka açıklıktan içeri, temiz ve serin hava alınır.

5.2.2. Dolaylı Kazanç Sistemleri

Dolaylı kazanç sistemleri, bir cam yüzey ve bu yüzeyin arkasına yerleştirilmiş, tercihen güneş ışınlarını en çok soğuran renk olan siyah renge boyanmış ya da seçici yüzeye sahip beton, dolu tuğla, kerpiç veya taş gibi ısı depolamaya uygun bir ısıl kütleden oluşmaktadır. Cam yüzeyden geçen güneş, ısıl kütlenin yüzeyi tarafından soğurularak ısıya dönüştürüldükten sonra iletim yoluyla ısıl kütlenin yüzeyine daha sonra taşınım ve ışımaya yolu ile iç mekâna iletilmektedir. Yaz mevsiminde bu ısıl kütlenin ısınmasına engel olmak ya da geceleri dış mekâna olan ısı kayıplarına engel olmak amacıyla kullanılan perde, kepenk gibi yalıtım elemanları sistemin veriminin artmasına yardımcı olmaktadır.

Bu sistemin avantajları yapım kolaylığı, yalıtım elemanları dışında hareketli elemanlarının bulunmaması, gün boyu ısı kütlesinde depolanan ısıdan gece saatlerinde de faydalanılabilesidir. Ancak ısı kütlesinin sabah geç ısınması ve istenmediği takdirde içeri alınan ısı enerjisinin denetlenemiyor olması, sistemin dezavantajları olarak sayılabilir.

Yapılardaki yaşam hacimlerinin dışında toplanan ve depolanan güneş enerjisi; daha sonra doğal taşınım yollarıyla yaşam hacimlerine iletilir. Başka bir deyişle güneş ışınları doğrudan ısı kazanç olarak kullanılacak olan mekânlara girmez, yüksek ısı depolama kapasiteli ara yapı elemanları tarafından emilerek sonradan kullanılmak üzere depolanır. Dolaylı ısı kazanç sistemleri için örnekler; ısı çatılar, ısı duvarlar ve yalıtılmış kazanç sistemlerinin de bir örneği olan güneş odaları olarak tasarlanmış mekânlar, yani seralar sayılabilir.

5.2.2.1. Isıl Çatılar – Çatı Havuz Sistemi

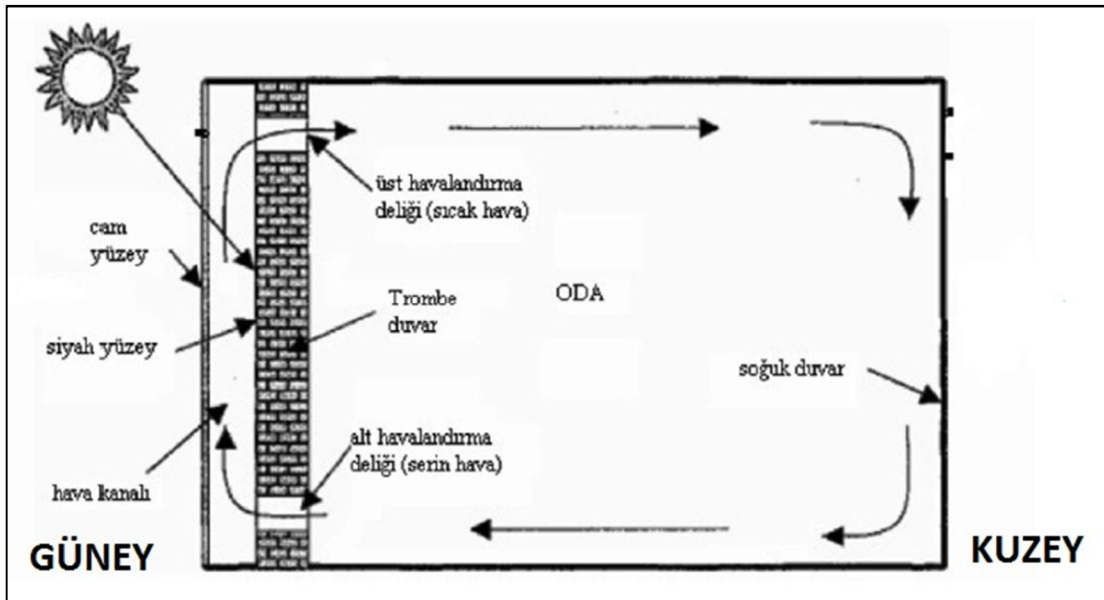
Güneş ışınları, düşey toplayıcı yüzeyler üzerinde kışın 35° Güney ve 35° Kuzey enlemleri arasında hemen hemen faydasız bir konumdadır. Çünkü güneş çok yüksektedir. Bu tür durumlarda yatay toplaçlar daha yararlı bir kullanıma sahiptir. Böylesi bir sistem ilk kez California'da Harold Hay (1967) tarafından tasarlanmıştır. Söz konusu sistemde çatıya siyah plastik torbalar içerisinde su konulmuş olup, torbaların üzeri yalıtılmıştır ve açılabilir kapaklıdır. Kış aylarında gündüzleri üst kapaklar açılarak güneş ışınları suda depolanır, geceleri ise kapaklar kapatılarak sudaki enerjinin dışarı kaçması önlenerek enerji binaya aktarılır. Yazında tam tersi yapılarak bina soğutulur. Binada yapılan ölçümlerde, bu tür sistemler kullanılmayan yapılara göre % 75–80 oranında enerji tasarrufu sağlandığı saptanmıştır.

5.2.2.2. Isıl Duvarlar

Dolaylı ısı enerjisi depolama malzemesi olarak bir duvar kullanılırsa buna güneş duvarı veya kütleli duvar adı verilir. Güneş duvarlarını 4 ana başlık altında incelemek mümkündür.

- Trombe Duvarı,
- Bidon (Su) Duvarı,
- Metal Güneş Duvarı Sistemi ve
- Kontrollü Çift Cam Cephe Sistemleri.

Trombe Duvar Sistemi: Trombe duvar bir kollektör sistemi olup, duvar ve duvardan belli bir mesafeye yerleştirilmiş cam yüzeyden oluşur [23]. Binanın güney cephesinde cam veya saydam bir yüzey ile bundan yaklaşık 10 cm daha içeride yüksek yoğunluklu malzemedan kalın bir şekilde inşa edilen, koyu renkli (örneğin siyah, koyu kırmızı, kahverengi veya koyu yeşil) veya seçici yüzeye sahip (örneğin krom veya alüminyum folyo kaplı bakır) ısı depolayıcı duvardan oluşan bir sistemdir. Duvar beton, dolu tuğla, kerpiç veya taştan yapılmış olabilir. Burada camdan geçen güneş ışınları söz konusu duvar tarafından emilir ve duvar içerisinde depolanır. Böylece cam ile duvar arasında kalan hava ısınır ve iç menfezler aracılığıyla diğer mekânlara dağıtılır. Trombe duvarı, özellikle güneşli fakat soğuk kışların görüldüğü iklim kuşakları için çok uygundur [22].



Şekil 5.5. Trombe duvarının çalışma şekli [23].

Duvarın kalın olması, ısı depolamayı ve ısının gecikme ile geceleri iç mekânlara verilmesini sağlar. Şekil 5.5'te görüldüğü gibi duvar ile cam arasında ısınan hava

yükselir ve üst menfezlerden iç mekâna girer ve sahip olduğu enerjiyi bu mekânlara aktarır. Mekân içerisindeki soğuk hava ise alt menfezlerden duvar ile cam arasına girerek ısınır ve bu çevrim duvarda enerji olduğu sürece devam eder.

Hava giriş-çıkış yerlerine ayarlı pompalar yerleştirilerek gündüzleri açık tutulup, geceleri kapatılır. Böylece geceleri soğuma önlenmiş olur. Duvarın kalınlığı, binanın konumu ve güneşin durumuna bağlı olarak, duvar ısı geçirme katsayısına göre seçilmelidir. Ayrıca duvar için kullanılan malzemenin özelliği ve duvar arkasında ilave olarak kullanılacak olan yalıtım malzemesi de bunda etkili olabilir.

Trombe duvarı yaz döneminde serinletme amaçlı olarak ta kullanılabilir. Bu sistemde baca etkisi söz konusu olup, duvar ile cam arasındaki hava doğal taşınım ile dışarı atılırken, yerine açılmış olan kuzey cephesindeki pencerelerden taze hava girer. Böylece oluşan doğal hava dolaşımı ile cephenin aşırı ısınmasının önüne geçilerek iç mekânların serin kalması sağlanır.

Bidon (Su) Duvarı Sistemi: 1970 yılında Steeve Baer tarafından geliştirilen bu sistemin çalışma prensibi, kullanılan ısı depolama malzemesinin akışkan madde olması ve kullanım yöntemi dışında Trombe duvarı ile benzerlik göstermektedir. Sistemde kullanılan elemanlar geniş cam yüzey, hareketli yalıtım elemanı ve masif ısı depolama kütesidir.

Bu sistemde ısı depolama kütlesi (bidonlar) su veya benzer bir akışkan ile doludur. Bidonlar siyaha boyanarak ışın toplayıcı yüzey oluşturmakta, böylece bidonlar toplayıcı ve ısı depo görevlerini birlikte yapmaktadırlar. Camdan geçen güneş ışınları bidonun siyah yüzeyi tarafından yutulmakta ve ısı enerjisi bu şekilde bidonun içindeki suyu ısıtmaktadır. Isınan bidonlar ışın ve taşınım yoluyla enerjilerini binanın içine aktarırlar. Gündüz kazanılanı gece yitirmemek için duvar şeklindeki yalıtılmış kapaklar akşamları kapatılarak ısı kayıpları önlenmektedir.

Su, yüksek ısı depolama kapasitesine sahip olduğu için su duvarları katı duvarlardan çok daha yüksek verimliliğe sahiptir. Bu sistemin verimli çalışabilmesi için gece, hareketli yalıtım elemanı kapatılarak ısı kayıpları minimuma indirilmelidir.

Metal Güneş Duvarı Sistemi: Binanın pencere olmayan bir veya daha fazla cephesi, tüm cephe boyunca veya cephenin bir kısmında delikli, koyu renkli alüminyum ya da çelik levhalarla kaplanmaktadır. Deliklerden, metal levha ile duvar arasına giren hava, baca etkisiyle yukarıya doğru yükselerek ısınır ve hava kanallarıyla binanın diğer bölümlerine taşınır [24]. Hava kanallarının baş kısımlarında emici fanların kullanılması hava akış hızını artırmaktadır. Dış hava sıcaklığına göre dış yüzeyde 40–50° C daha sıcak hava elde edilmektedir.

Metal yüzeyli güneş duvarı sisteminde 1 metrekare panel, yaklaşık 500 Watt'lık ısıtıcının gücüne eşdeğer ısıtma sağlamaktadır. Bu yöntem daha çok ısıtma ağırlıklıdır ve binanın karşılıklı iki cephesinde uygulanması diye bir zorunluluğu yoktur. Yaz koşullarında, dışarıdan emilen havanın bacanın üst kısmında yer alan menfezlerden dışarıya atılması yoluyla, duvarı serin tutabilmek mümkündür. Yapı olarak trombe duvar sistemine benzeyen bu duvar sistemi aynı zamanda çok basit ve ekonomik bir sistemdir.

Kontrollü Çift Cam Cephe Sistemi: Alt ve üst kısımlarda menfezler bulunan bir cam cephe ile daha içeride açılabilir pencereli ve jalüzili esas cephe bulunmaktadır. Otomatik kontrollü damperli menfezlerle hava içeri alınır, burada ısıtılır ve daha sonra açılan pencereden odaya verilmek suretiyle hem ısıtma hem de havalandırma yapılabilir.

5.2.3. Yalıtılmış Kazanç Sistemleri

Isı toplama ve depolama mekânı ile binanın ana kullanım alanlarını birbirinden ayıran bu sistemin kullanım amacı; yalnız enerji tasarrufu sağlamak değil, aynı zamanda yılın büyük bir kısmında konfor koşullarının sağlandığı bir yaşama mekânı yaratmaktır. 2 farklı tipte oluşturmak mümkündür. Bunlar, seralar ve güneş odalarıdır.

5.2.3.1. Seralar

Dolaylı ve dolaysız sistemlerin kombinasyonları olarak binaya eklenen seralar, bina servis alanı olarak da görev yapan bir çeşit toplaktır. Binanın bu bölümleri hem enerji maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlar, hem de kışın yapının en konforlu yerini oluştururlar.

Kışın, gündüz saatlerinde topladığı güneş enerjisini ısıtılma kütle üzerindeki açıklıklardan ana yapıya aktarırken, geceleyin de ısıtılma kütle üzerindeki kapaklar kapatılarak ana yapıyla dış ortam arasında tampon bölge oluştururlar ve böylece ısı kayıplarını en aza indirirler.

Güneyde güneş enerjisini en yüksek seviyede toplayan pencerelerin iç kısmında ısıtılmanın dışarı kaçmasını engelleyen şerit perde sistemi düzenlenir ve yukarıya da geceleri indirilen perde (kanat) yerleştirilir.

5.2.3.2. Güneş Odaları

Güneş odaları, yapıda iç mekân ile dış mekân arasında bulunan, dış mekândan saydam bir yüzeyle ayrılmış ve diğer mekânlardan izole edilerek oluşturulmuş olup bağlantılı olduğu mekânlardan gelen ısı kayıpları ve güney cephesindeki saydam yüzeylerden kazanılan güneş ışınları tarafından ısınmaktadır. Güneş odasının avantajı, ısı toplamasının yanı sıra yapıya ek bir yaşama mekânı kazandırmasıdır. Güneş odaları güneş kolektörlerine göre daha az verimli olmasına rağmen, yıl boyu birçok saatin geçirileceği enerji tasarrufu sağlayan yaşama mekânı yaratmaktadır .

Bu sistem, direkt kazanım ve Trombe duvarı sistemlerinin bir kombinasyonu gibi olup pencere ile güney yönündeki duvar arasında bir sera oluşturulmuş şeklindedir ve uygun yönlendirilmiş bir sera ile uygun yönlendirilmiş duvarın bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. İçteki duvar bu amaçla yalıtılarak rüzgârın soğutucu etkisinden korunmuştur. Bu sistem hacim ısıtmada kullanılmaktadır.

Binanın ana mekânlarından ayrılarak dış ortam ile iç mekânlar arasında ani ısı değişikliklerini dengeleyerek bir tampon bölge oluşturması nedeniyle direkt kazancın sağlandığı mekânlara göre daha fazla avantaj sağlamaktadır.

Güneş odaları eklendikleri yapıya kışın ve geçiş mevsimlerinde ek bir yaşama mekânı sağlamanın yanı sıra hareketli ve kontrollü gölgelendirme elemanları ve havalandırma üniteleriyle yıl boyu konfor değeri yüksek, yaşanabilir mekânlar olarak işlev görmektedir.

Isısal özellikler ve yapını tasarımı dikkate alındığında iki tip güneş odasından söz edilebilir. Bunlar, sera tipi güneş odaları ve güneş sundurmalarıdır. Sera tipi güneş odaları, eğimli çatıdan ve bazen de eğimli cam/saydam duvarlardan oluşmaktadır. Güneş sundurmaları ise yatay opak ve yalıtılmış çatıdan ve dikey/düşey saydam yüzeylerden oluşmaktadır [22].

5.2.4 Ayrılmış Kazanç Sistemleri

Doğrudan güneş ışınımı enerjisini toplayıp depolayan ısı yalıtımlı alan, yaşama mekânından bağımsız olarak konumlandırılır. Depolama malzemesi olarak çakıl taşları veya kaya bloklarından yararlanılmaktadır. Isı dağıtım akışkanı olarak su veya soğuk hava kullanılmaktadır.

Bu sistemin en önemli örneği termosifon toplaçlarıdır. Termosifon, sıcaklık farkından dolayı hava veya suyun doğal hareketine verilen isimdir. Binanın altında yer alan ısı toplayıcı saydam yüzeyden geçen güneş ışınları tarafından ısınan hava ya da akışkan doğal taşınım yoluyla ısıl depo alanında depolanır. Isınan hava kendiliğinden yükselerek binanın döşemesindeki boşluklardan içeri girer ve burada soğuyarak tekrar ısıl depo alanına döner. Termosifon sistemde hava hareketi yavaş olduğundan hava boşluklarının ve kanalların boyutlandırılması çok önemlidir.

Termosifon toplaçlarının bir diğer türü de “U-tüpü” dür. Bu sistem, Trombe duvarına benzer bir şekilde çalışır. Isı depolayıcı eleman olarak siyaha boyanmış oluklu alüminyum levha kullanılmakta olup, sıcak ve soğuk hava yüzeyin etrafında

akmaktadır. Güney yönündeki duvarda döşeme seviyesinin biraz altına yerleştirilir ve duvar içine yerleştirilen toplayıcı, ısınan havayı sürekli bir dolaşım halkası gibi gün boyunca evin içine iletir. Sistemin ısı depolayıcı elemanı olmadığı için yalnızca gündüz ısıtılan binalar için kullanılması daha uygun görülmektedir.

BÖLÜM 6

ENERJİ ETKİN PASİF BİNA TASARIM PARAMETRELERİ

Enerji etkin tasarımının hedefi yapıyı oluşturan tüm malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanı sıra, kullanımı, bakımı, işletimi ve iklimlendirme sistemlerinin seçim ve yönetimine kadar geniş bir çerçevede, yapının standardını düşürmeden, enerji girdilerini minimize etmeyi hedeflemek olarak tanımlanabilir [25]. İç iklimsel koşulların konfor şartlarından sapma miktarı arttıkça, iklimlendirme sistemlerinin harcayacağı enerji de artacaktır. Bu nedenle mekân konforunu bozacak etkilerin, satın alınan enerjiyi kullanan aktif iklimlendirme sistemlerine getireceği yükü minimize edecek şekilde denetimi esas amaç olmalıdır. Bu bağlamda dış iklim verileri ve bina iç ısı kazançları önem taşımaktadır. Tüm bu bileşenler ve etkileri düşünüldüğünde enerji etkin bina modeli birden fazla parametrenin optimizasyonu ile mümkün kılınabilir. Enerji etkin bina tasarım sürecinde etkili olan parametreler üç ana grupta incelenebilir [22].

Kullanıcıya İlişkin Parametreler;

- Kullanıcı niteliği ve durumuna ilişkin parametreler
- Irk, yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi, giysilerin türü
- Fizyolojik parametreler
 - Objektif (Ort. vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı)
 - Sübjektif (Görülür terleme, termal duyu veya hissediş)

İklimle İlişkin Parametreler;

- Dış iklimsel parametreler (doğal çevre)
 - Güneş ışınımı,
 - Dış hava sıcaklığı,
 - Dış hava nemliliği,
 - Rüzgâr.

- İ iklimsel parametreler
 - Hava sıcaklığı,
 - Yüzey sıcaklıkları,
 - Hava hareketi,
 - Hava nemi.

Binaya İlişkin Parametreler;

- Yer
- Bina aralıkları
- Bina yönlendiriliş durumu
- Bina biçimi
- Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri
- Doğal havalandırma düzeni

6.1. KULLANICIYA AİT PARAMETRELER

Kullanıcıya ilişkin parametreler kullanıcı niteliğine - durumuna ilişkin parametreler ve fizyolojik parametreler olarak ikiye ayrılmaktadır.

6.1.1. Kullanıcı Niteliğine ve Durumuna İlişkin Parametreler

Kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin parametreler, ırk, yaş, cinsiyet, eylem şiddeti ve giysi türü olarak sıralanabilir.

Eylem Şiddeti (aktivite düzeyi), insan vücudunun aldığı yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği ve metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarını etkileyen önemli bir değişkendir. Metabolizma düzeyi insanın yaptığı eylem türü ile yani aktivite düzeyi ile doğrudan ilişkilidir ve çoğu kez MET birimi olarak ifade edilmektedir [22].

Çizelge 6.1. Belirli eylem türleri için metabolizma düzeyleri [22].

Eylem Türü	Metabolizma Düzeyi (MET)
Yatarak dinlenme	0.8
İş yapmadan oturma	1.0
Oturarak yapılan işler (okulda, ofiste, evde, vb.)	1.2
Ayakta iş yapmadan durma	1.2
Ayakta hafif işler yapma (alışveriş vb.)	1.6
Ayakta orta ağırlıkta iş yapma (tezgâhtarlık, vb.)	2.0
Ayakta ağır iş yapma	3.0

ASHRAE standartlarından alınan ve belirli eylem türleri için metabolizma düzeyleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Giysilerin türü (termal düzeyi), giysilerin ısı yalıtım direncini belirlediğinden ve dolayısıyla insanla çevresi arasındaki ısı transferi miktarını etkilediğinden iklimsel konfor koşullarının belirlenmesinde bilinmesi gereken önemli kişisel değişkenlerden biridir. Giysilerin ısı yalıtım direnci Clo birimi ile ifade edilmektedir [22]. Çizelge 6.2’de giysi türlerine bağlı olarak tanımlanan I_{cl} (Clo) değerleri görülmektedir.

Çizelge 6.2. Hesaplamalarda kullanılan giysi değerleri [26].

Giysi Türü	I_{cl} (Clo)
Gömlek, pantolon, çorap, ayakkabı, tek kat pamuktan ceket.	0,9
Gömlek, pantolon ve ceketten oluşan erkek kıyafeti veya gömlek, etek ve ceketten oluşan bayan kıyafeti.	1,2
Pamuktan uzun kollu gömlek, yün çorap, ayakkabı, ceket, yelek.	1,5

6.1.2. Fizyolojik Parametreler

Fizyolojik parametreler ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı ve kalp atışı gibi objektif, görülür terleme ve termal duygu (veya hissediş) gibi sübjektif parametreler olarak açıklanabilmektedir [26].

6.2. İKLİME İLİŞKİN PARAMETRELER

Mevcut olan dış iklimsel koşullar (güneş ışınlamı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgâr) yardımıyla istenen iç iklimsel koşulları (iklimsel konfor koşullarını) sağlayabilmek için bina ve yerleşme birimlerinde tasarım parametrelerine ilişkin bir takım önlemler alınır. Bu önlemlerin alınabilmesi için, öncelikle dış iklim elemanlarına ait değerlerin elde edilmesi ve kullanılabilir bir şekilde getirilmesi diğer bir deyişle iklimsel verilerin derlenmesi gerekir.

Bu nedenle tasarımın dayandırıldığı karakteristik gün için güneş ışınlamı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemliliği ve rüzgâr gibi dış iklim elemanlarına ait değerler gerçek atmosfer koşullarına göre belirlenmelidir. ‘Gerçek atmosfer koşulları’ atmosferin yöresel bileşimini ve yöresel bulutluluk koşullarını göz önüne alarak tanımlayan atmosfer koşullarıdır. Dış iklim elemanlarına ait bu değerler, ‘Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ arşivlerindeki ölçüm sonuçları derlenerek belirlenebilmektedir.

İklime ilişkin parametreler, dış iklime ilişkin parametreler ve iç iklimsel parametreler olarak iki ayrı grupta açıklanabilmektedir.

6.2.1. Dış İklime İlişkin Parametreler (Doğal Çevre)

İklime ilişkin parametreleri, dış iklime ilişkin parametreler ve iç iklimsel parametreler olarak iki ayrı grupta açıklanabilmektedir.

6.2.1.1. Güneş Işınımı

Güneş, ekosferde bulunan tüm ekolojik sistemler için en büyük enerji kaynağıdır. Tüm ekolojik sistemler, güneş enerjisi ile çalışır. Güneş çok yüksek ısıda olan hidrojen kütesidir. Güneş ışınlarının yarıya yakın kısmı, atmosferden geçerken çeşitli gazlar tarafından tutulur. Geriye kalan kısmı ancak yeryüzüne ulaşır.

Kısa dalga boylu ve çok yüksek enerjiye sahip olan mor ötesi ışınlarının % 99'u atmosferdeki ozon tabakası tarafından tutulur, sadece ozon tarafından filtre edilen ve canlılar için yararlı olan % 1 yeryüzüne ulaşır [22].

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [6].

Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük global güneş ışınımına bağlı olarak, gerçek atmosfer koşullarında düşey yüzeyi etkileyen aylık ortalama saatlik direkt güneş ışınımı şiddeti (ID, kcal/m²h°C) değerleri hesaplanmaktadır. Direkt güneş ışınımı şiddetleri; yöreye, zamana ve yönle göre değişim göstermektedir. [22]

6.2.1.2. Dış Hava Sıcaklığı ve Nemliliği

Canlıları yakından ilgilendiren fiziksel çevre faktörlerinden biri de sıcaklıktır. Yerleşim alanlarının aynı enlem derecesinde olmasına karşın yıllık sıcaklık ortalamaları farklılık gösterir. Bunun sebebi:

- Güneş radyasyonunun şiddeti,
- Güneş enerjisinin atmosferden geçerken değişiminin etkisi,
- Zeminin niteliği,

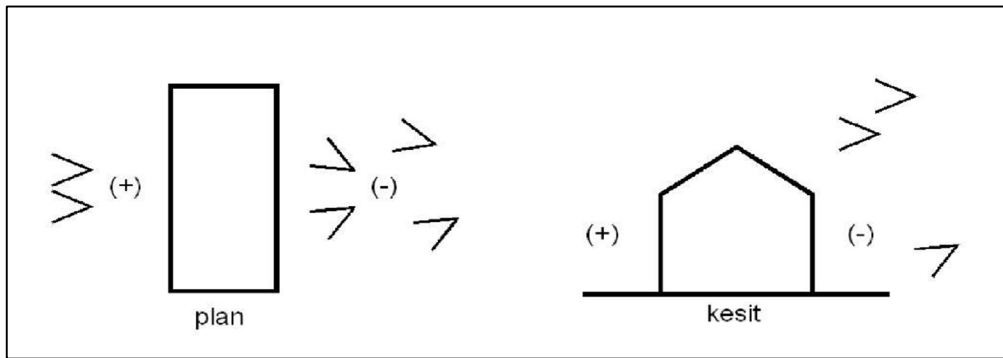
- Yerküre ve atmosfer arasındaki ilişki,
- Buharlaşma, ergime, donma gibi olaylardaki enerji değişim miktarları,
- Hava hareketleri ve deniz akıntılarının yönü ve şiddeti, konveksiyon ve türbülansla enerjinin dikey nakli,
- Yüksekliktir.

Havanın nemi, bir ekosistemin yağış miktarı ve su kaybı (buharlaşma) üzerinde etkilidir. Yağışlar ise su faktörü olarak bütün canlılar için son derece önemlidir. Tüm canlılar için gerekli suyun kaynağı olan yağışların miktarı, mevsimlere dağılışı, kar ve yağmur şeklinde oluşu bölgelere göre farklılık gösterir. Su miktarını, sıcaklık, hava hareketleri gibi diğer iklim elemanları ile toprak, bitki rölyef özellikleri de önemli ölçüde etkiler .

6.2.1.3. Rüzgâr

Rüzgar gerek yerleşme ölçeğinde gerek yapı ölçeğinde, ekolojik tasarım kararlarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle öncelikle rüzgârın yapı yüzeylerinde ve çevresinde oluşturduğu hava devinimlerini öğrenme gereği vardır.

Bir yapıya doğru esen rüzgâr, yapıyla karşılaştığında esiş düzeni değişecek, yapı çevresine ve üstüne doğru yön değiştirecektir. Rüzgâra karşı olan yapı yüzeyinde basınç artışı (+ basınç bölgesi) olurken, yapı arkasında ise basınç azalacak, emme etkisi (- basınç bölgesi) görülecektir.

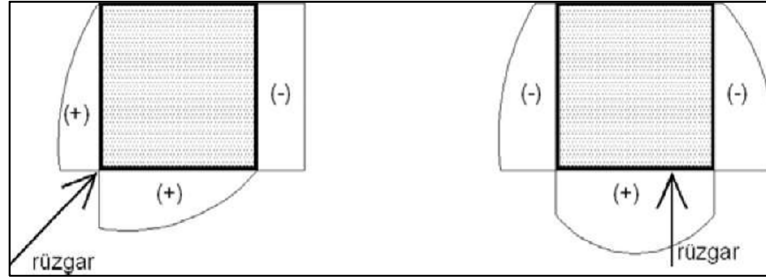


Şekil 6.1. Rüzgarın geliş açısına göre yapı çevresinde oluşan basınç dağılımı [22].

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi, dikdörtgen bir yapıya dik esen rüzgar, yapının ön yüzünde (+) basınç oluştururken, bu yüzde kenarlara doğru basınç azalmaktadır. Yapının arka yüzünde ise rüzgâr hızı azalmakta, (-) basıncın yani emme etkisinin ana rüzgâr akımından kopardığı ayrımlar, burgaçların görüldüğü bir rüzgâr gölgesi oluşturmaktadır [22].

Eğer rüzgâr yapı yüzeylerinden birine dik değil de eğik olarak geliyorsa, rüzgâra karşı olan iki yüzey basınç altında kalırken öteki yüzeylerde emme etkisi görülür. Şekil 6.2’de rüzgarın yapıya dik ve belirli bir açıyla geldiği durumlarda yapı çevresindeki basınç dağılımı şematik olarak gösterilmektedir.

Yan yana iki yapı arasındaki boşlukta aşırı rüzgâr hızı oluşabilir. Yapılar rüzgârı engelleyeceklerinden, hava engelsiz kesimden sıkışarak ve hızla geçer. Bu olaya hunileme adı verilmektedir.



Şekil 6.2. Rüzgarın geliş açısına göre bina çevresindeki basınç dağılımı [22].

Fizikte “ventury” olayı olarak bilinen bina arası açıklıkların bir kulvar gibi çalışarak rüzgarın hızını arttırması binalar arası koridorların yer yer aralarının açılıp hız ve basıncının azaltılması sağlanmalıdır. Kuvvetli rüzgârların bulunduğu bölgelerde yerleştirilen binalarda “enfiltasyon” olayı olarak bilinen oluşum, ölçeği büyüdüğünde sağlığı bozucu etkileri yanında ısı kayıplarına da neden olur. Bu yolla ısı kaybı toplam ısı kaybının % 30 unu oluşturur. Bu nedenlerle yer seçiminde soğuk hakim rüzgar yönüne yerleşmemeye özen gösterilmeli ya da rüzgar kırıcı ve yönlendiricileri ile önlem alınarak rüzgarın istenmeyen etkisinin azaltılması çalışmaları yapılması gerekliliği vardır.

Ekolojik yapımda rüzgâr yerleşim alanı için istenen ya da istenmeyen özelliklere sahip olabilir. En bilinen rüzgârlar olarak gece oluşan soğuk hava akımlarının, yamaç rüzgârlarının, dağ/vadi meltemlerinin günlük hava hareketlerinin meydana geliş saat ve yönleri bilinmektedir. Bir yerleşim alanında hâkim rüzgârların yönü ve şiddeti önemlidir.

6.2.2. İç İklimsel Parametreler

Bu bölümde iç iklimsel parametreler, iç hava sıcaklığı, iç yüzey sıcaklıkları, iç hava hareketi ve iç hava nemi olarak ele alınmaktadır.

6.2.2.1. İç Hava Sıcaklığı

Çevre havasının kuru termometre sıcaklığı, insanın çevresiyle taşınım (konveksiyon) yoluyla yaptığı ısı alışverişi miktarını belirleyen en önemli değişkendir. İnsan ile çevresi arasındaki ısı taşınımı, vücut yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Sonuçta gerçekleşen vücut yüzey sıcaklığının insanın iklimsel konforunu etkileyen en önemli değişkenlerden biri olduğu söylenebilir.

6.2.2.2. İç Yüzey Sıcaklıkları

Uzun dalga ısı ışınım insanın çevresiyle ısı alış-verişi miktarını belirler. Açık mekânlarda güneş ışınımının etkisi önemli iken, kapalı mekânlar için mekânı çevreleyen yüzeyleri sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan ısı ışınım ağırlık kazanmaktadır. Bu nedenle kapalı mekânlarda iç yüzey sıcaklıkları iklimsel konfor için en önemli iklim elemanlarından biridir.

6.2.2.3. İç Hava Hareketi

Bu iklim elemanı iklimsel konfor üzerinde etkili olmakla beraber özellikle kapalı mekânlar için fazla etkinliği olmayan ikincil bir etkidir. Vücuttan buharlaşma ve konveksiyonla ısı kaybedilmesinde etkilidir.

6.2.2.4. İç Hava Nemi

Nemlilik iklimsel konforu etkileyen ikincil bir etkidir. Hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı belirli sınırlarda kaldığı sürece bağlı nemliliğin değişimi iklimsel konforu fazla etkilememektedir. Vücuttan buharlaşma ile ısı kaybında etkilidir.

Eğer bir mekanın hava sıcaklığı, nemi, hızı ve radyant sıcaklığı optimum değerlerde ise bu mekanda ısı konforuna ulaşılmış demektir [27].

6.3. BİNAYA İLİŞKİN PARAMETRELER

Çeşitli ölçeklerde ele alınabilecek bir yapma çevrede, iklimsel konfor koşullarını sağlayabilmek için, doğal çevrenin iklimsel karakteristiğine bağlı olarak gereksinme duyulan enerjiyi karşılayabilmek için, yapma çevrenin kendisi bir pasif iklimlendirme sistemi olarak tasarlanmalıdır. Isıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumunda rol oynayan yapma çevreye ilişkin başlıca tasarım parametreleri olarak,

- Yer,
- Bina aralıkları (bina yüksekliklerine bağlı olarak),
- Yönlendiriliş durumu (veya yön),
- Bina formu,
- Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri,
- Doğal havalandırma düzeni, ele alınabilir.

Dış iklim durumunun, iç çevre iklim koşullarının oluşumundaki etkililik derecesi bu parametrelerin değerlerine bağlıdır. Dolayısıyla bu parametreler iç iklim durumu ve iklimlendirme yüklerinin belirleyicileri olmak gibi ortak bir niteliğe sahiptirler. Bu niteliklerden ötürü, söz konusu parametreler binaların pasif ısıtma ve iklimlendirme işlevini yüklenmesini olanaklı kılarlar. Binaların ve yerleşme birimlerinin enerji etkin olarak tasarlanmaları bu parametreler için önerilecek uygun değerler aracılığıyla yapılabilir.

6.3.1. Yer

İklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede etkili olan bir tasarım parametresidir. Yerleşme dokusu, ısıtmanın istenmediği dönemde rüzgârdan yararlanmaya, ısıtmanın istendiği dönemde ise güneş ışınımından yararlanmaya olanak sağlayacak kompakt doku şeklinde tasarlanmalıdır. Ilımlı-kuru iklim bölgesinde, ısıtmanın istendiği dönemde güneş ışınımının ısıtıcı etkisinden maksimum yararlanmaya, rüzgârdan ise korunmaya ihtiyaç vardır. Ancak hava kirliliğini dağıtmak için rüzgârdan yararlanılabilir. Bu nedenle güneş ışınımının ısıtıcı etkisinin fazla ve rüzgârın az olduğu yamaçların alt bölgelerine yerleşmek uygun olmaktadır.

Bu parametre, Arazi parçasının baktığı yön, arazi parçasının eğimi, arazi parçasının konumu ve arazi parçasının örtüsü (veya güneş ışınımı yansıtma özelliği) gibi bir grup alt parametreler bütünü olarak tanımlanabilir [28].

Bu parametrelere ilişkin uygun değerler yörelerde geçerli olan iklimsel koşullar ve insanın iklimsel ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlenirler ve yerleşmeler için en uygun olan bölgeleri tanımlarlar.

Yerleşme bölgeleri için iklimsel etkilerin optimizasyonu hedefleyerek yapılan doğru bir yer seçimi;

- Yapma ısıtma ve iklimlendirme ihtiyacının ve buna bağlı olarak enerji harcamalarının minimize edilmesi ve dolayısıyla hava kirliliğinin önlenmesi,
- Kirletici niteliğe sahip yerleşme birimlerinin (endüstriyel) diğer fonksiyonlara sahip yerleşme birimlerine olan kirletici etkilerinin önlenmesi,
- Maksimum bina yoğunluğunu insan sağlığından ödün vermeksizin gerçekleştirerek arazinin rasyonel kullanımının sağlanması,
- Bahçe-şehir anlayışı çerçevesinde sağlıklı ve konforlu açık mekânların (parklar, oturma-oyun terasları, spor alanları v.b) oluşturulması gibi olumlu sonuçların elde edilmesini olanaklı kılar.

6.3.2. Bina Aralıkları

Binalar, aralarındaki aralıklara, yüksekliklerine ve birbirlerine göre olan konumlarına bağılı olarak, birbirleri için güneş ışıını ve rüzgâr engelleri olarak işlev görebilirler. Bu nedenle güneş ışıınıının ısıtıcı etkisinden pasif ısıtma ve iklimlendirmede yararlanma veya kaçınma, binalar arasındaki açık mekânların ölçülerinin bir fonksiyonudur. Güneş ışıınıını bir engele çarptığında (örneğin çevredeki bir bina) engelin etrafında, gün boyunca güneşin açısal durumuna bağılı olarak, bu engelin yaratacağı gölgelenmiş alanda boyutsal değişimler olacaktır. Güneş ışıınıının cepheleri en üst şiddette etkilemesi istendiğinde bina aralıkları, komşu (veya çevre) binaların verdiği en uzun gölgeli alan derinliğine eşit ya da bu gölge derinliğinden daha fazla olmalıdır.

Güneşin gün boyunca cephelere göre açısal konumu yönlere bağılı olarak değişim gösterdiğinden, uygun bina aralıklarının da bina dizilerinin yönlendirilişlerine göre değişim göstereceğı açıktır.

Binalar arasındaki uzaklıklar, binaların birbirlerinin güneş ışıınıını kazançlarını ve yararlı rüzgâr etkilerini engellemeyecek şekilde belirlenmelidir. Daha önce de değinildiğı gibi, binalar birbirleri için güneş engelleri olduğu kadar rüzgâr engeli olarak da işlev görürler. İstenen iç rüzgâr hızının sağlanabilmesi açısından gerekli olan dış tasarım rüzgâr hızı, bina aralıklarına bağılı olarak değişkenlik gösterir. Bina aralıkları azaldıkça dış tasarım rüzgâr hızı da azalmaktadır.

6.3.3. Bina Yönlendiriliş Durumu

Güneş ışıınıını ve rüzgâr gibi dış iklim elemanları yöne göre değişim gösterirler. Güneş ışıınıının ısıtıcı ve rüzgârın serinletici etkisi yöne (veya binaların yönlendiriliş durumuna) göre değişmektedir.

Ayrıca binaların yönlendiriliş durumlarına bağılı olarak, binayı çevreleyen kabuk elemanının dış yüzeyindeki güneş ışıınıını şiddeti ve dolayısıyla kabuğun birim alanından geçen ısı miktarı değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla binalarda

iklimsel konfor koşullarının sağlanmasında yönlendiriliş durumu önemli bir parametredir.

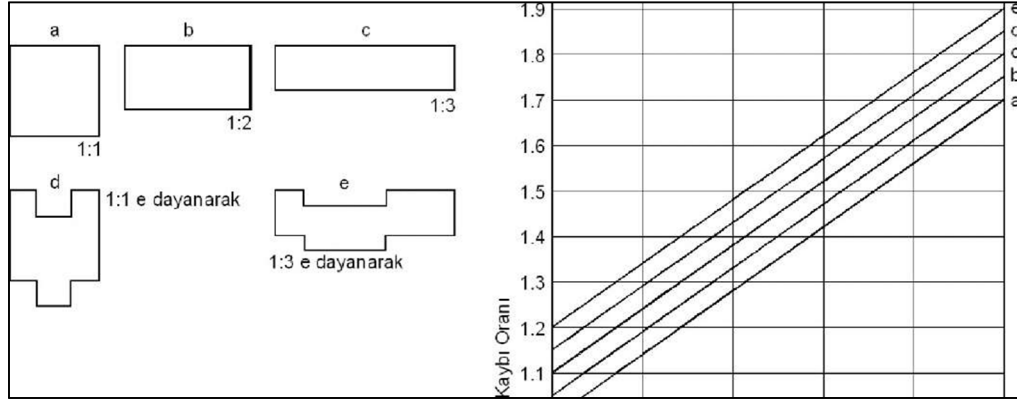
6.3.4. Bina Biçimi

Herhangi bir yaşama alanını örten ve onu dış çevreden ayıran bina kabuğunun formuna bağlı olarak, binanın toplam dış yüzey alanı, farklı yönlere bakan ve farklı eğimlerdeki cephe ve çatı yüzeyleri alanları ile cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar değişim gösterir. Bina formu;

- Biçim faktörü (plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı)
- Bina yüksekliği
- Çatı türü (düz, beşik ve kırma çatı)
- Çatı eğimi
- Cephe eğimi gibi binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir.

Tüm bu değişkenler, yapının dış atmosferik ve iç mekân konfor koşullarının düzenlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Doğal ısıtma ve soğutma sağlanması, ısınmanın önlenmesi ve bina ısı kayıpları değişkenlerinin oranlarıyla farklılık göstermektedir.

Ekolojik yapımda yenilenemez enerji kaynaklarının en az enerji kullanımını sağlamak anlamında kabuk alanı büyüklüğü bina formunu etkilediğinden ısı kayıplarıyla da direkt olarak ilişkili bulunmaktadır. Kabuk alanı arttıkça ısı kayıpları çoğaldığından, aynı hacmi kaplayan en basit geometrik şekillerde ısı kaybı en az iken, Yüzey/Hacim (Y/H) oranı arttığından ısı kayıpları da artmaktadır. Şekil 6.3.'de hacim oranı ve yüksekliği sabit 100 m²'lik değişik bina formu tiplerinde ısı kaybı değişimleri verilmektedir.



Şekil 6.3. Isı kaybı oranının çeşitli plan tiplerine göre değişimi [22].

Bu nedenle bina tasarımında; kabuk yüzey alanının küçülterek, enerji kayıplarını azaltmak ile büyük güney pencereleriyle edilgen güneş enerjisinden yararlanmayı en üst seviyeye çıkarmayı göz önüne almak gerekir.

Binaların yapımında optimum form ve planlama kışın ısı kaybını en aza ve yazın kazanımını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla Olgay tarafından yapılan bir çalışma için 92,9 m²'lik bina alanı esas alınarak Şekil 6.4.'deki değerler tespit edilmiştir. Bu oranlar saatten saate hesaplanmış ve 24 saat için belirlenmiştir [22].

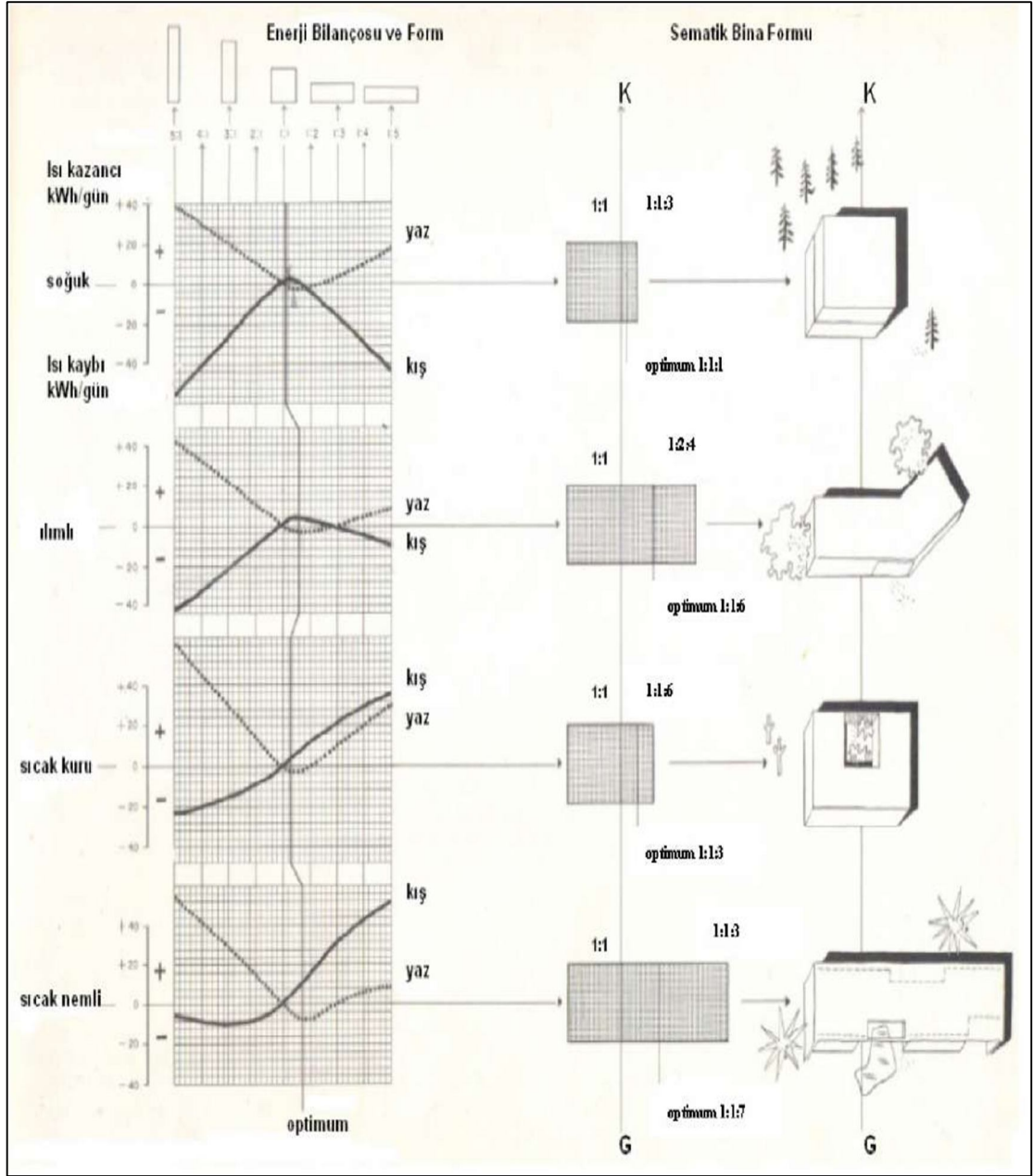
Bu çalışmada oran; soğuk iklimler için 1:1:3; ılımlı iklimler için 1:2:4; sıcak kuru iklimler için 1:1:6; sıcak nemli iklimler için 1:1:3 olarak uygun görülmüştür. Hesaplamalarda bina 21 Eylül - 21 Mart tarihleri için yazın ve kışın başlangıç noktası ve 0 noktasında yer almıştır.

1. durumda; bina soğuk bölgede Doğu - Batı doğrultusunda uzanmış ve yüzey/hacim oranını düşürmek için bina kompakt hale getirilerek kare forma dönüşmüştür.

2. durumda; ılımlı bölgelerde ise; uzun dikdörtgen formun sakıncasının olmadığı ve biraz da doğuya doğru yönelmesinin uygun olduğu görülmüştür.

3. durumda; sıcak kuru bölgelerde kışın soğuk olduğundan yine binaların şekli dikdörtgendir ve hava basıncına göre dikdörtgene yakın bir form almaktadır. Orta bahçenin gölge yaratmakta olması ve yakın çevrenin bitkilendirilmesi uygundur.

4. durumda; sıcak nemli bölgelerde binanın dikdörtgen olması uygundur. Binanın cephesindeki doluluk ve boşluklar, girinti ve çıkıntılar binanın hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır [22].



Şekil 6.4. İklim bölgelerinde bina formları [22].

6.3.5. Bina Kabuğu Optik ve Termofiziksel Özellikleri

Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarlarının belirleyicileridirler.

İç çevre iklimsel durumu ve yapma ısıtma ve iklimlendirme yükleri bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir.

Dolayısıyla, bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri aynı zamanda gerek iç iklim durumunun gerekse yapma ısıtma ve iklimlendirme yüklerinin belirleyicileridirler.

Dış iklimsel koşullar, yöresel veriler ve iklimsel konfor koşulları insana ilişkin iç çevresel veriler olarak ele alındığında, iç iklimsel konfor durumunun gerçekteştirilmesi sürecinde mimarın kontrolünde kalan değişkenler yalnızca bina kabuğuna ilişkin optik ve termofiziksel özelliklerdir.

Görüldüğu gibi bina kabuğu, sahip olduğu optik ve termofiziksel özelliklere bağlı olarak iç çevrede dış çevredekinden farklı bir iklimsel durum oluşturur. İstenen, iç çevrede iklimsel konfor (termal konfor) durumunun sürekli olarak gerçekteştirilmesidir.

Ancak, yöresel iklimsel koşulların şiddetine bağlı olarak pasif ısıtma ve iklimlendirme ile iç çevrede yılın yalnız belirli dönemlerinde iklimsel konfor durumu oluşturulabilir. Yılın diğer dönemlerinde ise, iç çevrede oluşan iklimsel durumun konfor durumundan farklılık göstermesi nedeniyle yapma ısıtma ve iklimlendirme gerekli olmaktadır.

Amaç minimum yapma ısıtma ve iklimlendirme enerjisi tüketimine dayalı konforlu bir iç çevre yaratma olduğundan, bina kabuğunun minimum yapma ısıtma ve iklimlendirme takviyesine ihtiyaç duyulmasına olanak veren optimal pasif sistem öğesi olarak işlevini yerine getirmesi sağlanmalıdır.

Ancak bina kabuğunun optimallik niteliğini koruyabilmesi, bina kabuğunda yoğuşma nedeniyle oluşabilecek bozulmaların ve bu bozulmalara bağlı olarak termofiziksel özelliklerde meydana gelebilecek değişmelerin önlenmesiyle olanaklıdır.

Yoğuşma olayının bina kabuğunda hasarlara veya bozulmalara meydan vermemesi için, opak kabuk bileşeni içerisinde yıl süresince yoğuşan nem miktarının izin verilebilir sınır değerini aşmaması gerçekleştirilmelidir. Buna göre izin verilebilir sınır değeri aşağıdaki temel ilkelere göre hesaplanmalıdır:

- Opak bileşen içerisinde yılın belirli bir döneminde yoğuşan nem, yılın bir başka döneminde buharlaşabilmelidir.
- Opak bileşenin belirli bir katmanında yoğuşan yıllık nem miktarına bağlı olarak, o katmanı oluşturan malzemenin pratik nemliliğinin artış miktarı, malzemenin doyma nemliliğinin aşılmasına neden olmamalıdır.
- Opak bileşen içerisinde yıl süresince yoğuşan nem miktarı; yatay bileşenler için maksimum $0,05 \text{ kg/m}^2$, düşey bileşenler için $0,5 \text{ kg/m}^2$ olmalıdır.

Pasif ısıtma ve iklimlendirme işlevi açısından bina kabuğunun tanımı, kabuğun güneş ışınımca ilişkin yutuculuk (a), geçirgenlik (T), yansıtıcılık (r) gibi optik ve toplam ısı geçirme katsayısı (k), saydamlık oranı (x) gibi ana termofiziksel özellikleri ile yapılmaktadır. Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri şöyle tanımlanabilir;

Opak bina yüzeyleri için,

$$a_o + r_o = 1 \quad (6.1)$$

Saydam bina bileşenleri için,

$$a_c + r_c + T_c = 1 \text{ 'dir.}$$

$$(6.2)$$

Yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları, sırasıyla, bileşen tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımı miktarlarının bileşen dış yüzeyine gelen güneş ışınımına oranlarıdır [28].

Bina bileşeninin dış yüzeyindeki güneş ışınımı, bileşenin optik özelliklerine bağlı olarak güneş ısı kazancına dönüşür.

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler, ısı depolama niteliklerinden ötürü, opak kabuk bileşenleri için söz konusu edilmektedirler. Bu özellikler bileşeni oluşturan katmanların, ısı iletkenlik katsayıları (k), kalınlıkları (d), yoğunlukları (p), özgül ısıları (c) ve dolayısıyla ısı kapasitelerinin fonksiyonudurlar.

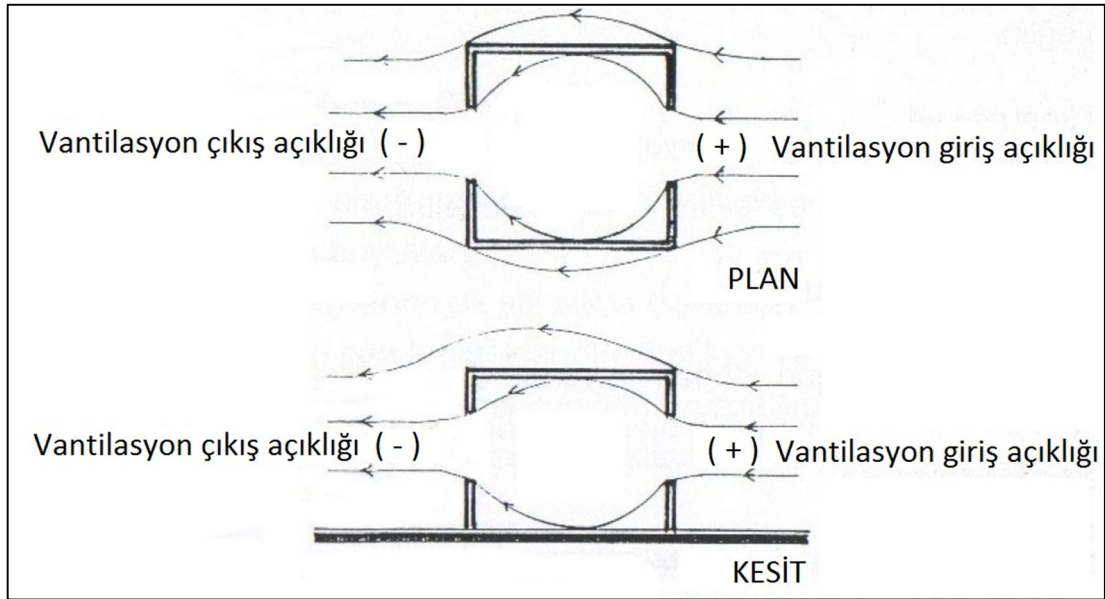
Zaman geciktirmesi, gün içinde, kabuk bileşenini etkileyen maksimum sol-air sıcaklığın etkisinin, bileşenin iç yüzünde maksimum yüzey sıcaklığını oluşturuncaya kadar geçen zaman süresi olarak tanımlanmaktadır. Genlik küçültme faktörü ise gün içinde, ele alınan bileşene ilişkin maksimum iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklığının farkının maksimum sol-air sıcaklık ile ortalama sol-air sıcaklık farkına olan oranıdır, şeklinde tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi toplam ısı geçirme katsayısı, bina kabuğunun gerek opak gerekse saydam bileşenlerine ilişkin bir termofiziksel özelliktir. Farklı iki çevreyi ayıran bir bina bileşeninin iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken, 1 m^2 alandan, bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Saydamlık oranı ise, saydam ve opak bina bileşenlerinden oluşmuş bina elemanlarına ilişkin bir özellik olup, saydam bileşen alanının, bina elemanı alanına oranıdır.

Kabuk elemanının birim alanından yitirilen ve kazanılan ısı miktarları ve de dolayısıyla iç iklim elemanları olan iç yüzey ve iç hava sıcaklıkları söz konusu termofiziksel özelliklere bağlı olarak değişim gösterirler. Termofiziksel özelliklerin uygun değerlerinin belirlenmesinde, yöne göre değişim gösteren güneş ışınımı şiddetlerine dayanıldığından, söz konusu uygun değerlerin de yönlere bağlı olarak değişkenlik göstereceği açıktır [22].

6.3.6. Doğal Havalandırma Düzeni

Doğal havalandırma, kullanılmış havanın, taze hava veya dış hava ile yer değiştirmesi olayıdır. Hacimlerde oluşan doğal havalandırma koşulları, doğal havalandırma sisteminin özellikleri ve dış iklimsel koşullarla bağıntılıdır.

Hava akımları, atmosferik basınç farklılıkları nedeniyle meydana gelmektedir. Atmosferik basınç farklarına, yoğunluk farkları ve hava kütleleri arasındaki yoğunluk farklarına da sıcaklık farkları yol açmaktadır. Hava akımlarının yönünü basınç bölgelerinin yeri, hızını da basınç farkı miktarları belirlemektedir. Düşey hava akımlarına cereyan, yatay hava akımlarına da rüzgâr adı verilmektedir.



Sekil 6.5. Havalandırma giriş ve çıkış açıklıkları [22].

Şekil 6.5’de de görüldüğü gibi, rüzgarların kabuk dış yüzeyine basınç yapması sonucunda, kabuk çevresinde + ve - basınç bölgeleri meydana gelmektedir. Bu koşullarda hava, hacim içine rüzgâr üstü cephedeki (+ basınç bölgesi) açıklıklardan girip, rüzgâr altı cephedeki (- basınç bölgesi) açıklıklardan çıkmaktadır. + basınç

bölgesinde yer alan açıklıklara havalandırma giriş açıklıkları, - basınç bölgesinde yer alan açıklıklara ise vantilasyon çıkış açıklıkları adı verilir.

Havalandırma düzeni bileşenleri olarak;

- Havalandırma giriş ve çıkış açıklıklarının birbirlerine göre konumları
- Havalandırma giriş ve çıkış açıklıklarının alanları ve
- Rüzgârın hâkimiyetine bağlı olarak üzerinde yer alacakları cephenin yönü ele alınabilir.

Birim zamanda hacme giren hava miktarı çoğaldıkça;

- Hacmin hava değişimi sayısı ve dolayısıyla iç hava hızı artmaktadır.
- Dış havanın hacim içi havasıyla karışım oranı büyümekte ve iç hava sıcaklığı ve nemi dış hava koşullarına yakın değerlere ulaşmaktadır.

Hacimlerde, iç hava sıcaklığı, nem ve yüzey sıcaklıkları gibi iklimsel konfor elemanlarının ulaştığı değerlere bağlı olarak iklimsel konfor durumunun sağlanabilmesi açısından hava hareketine ihtiyaç duyulması, sözü edilen hacimlerde hava hareketinin yaratılmasını dolayısıyla doğal havalandırmayı gerekli kılmaktadır.

BÖLÜM 7

ENERJİ ETKİN BİR BİNA MODELİ: PASİF EVLER

Pasif Ev (PE) terimi bir yapım standardını tarif etmektedir. PE'ler herhangi bir konvansiyonel ısıtma ve soğutma sistemi olmaksızın yaz ve kış ayları boyunca konforlu iç ortam hava koşulları sağlayan binalardır. Söz konusu bu standart "Pasif Ev" olarak isimlendirilmiştir, çünkü güneş radyasyonu sayesinde pencereler aracılığıyla dışarıdan gelen ve cihazlarla insanlardan yayılan ısı sayesinde içerden sağlanan bu pasif ısı, ısıtma periyodu boyunca binayı konforlu iç ortam sıcaklığında muhafaza etmek için önemli ölçüde yeterlidir [3].

7.1. PASİF EV STANDARDININ TARİFİ

Pasif Ev terimi, içinde farklı teknolojiler, tasarımlar ve malzemeleri barındırabilen bir yapım standardını tanımlar. Sadece "pasif güneş enerjisi" ile ilişkili değildir. Bu terim temel olarak düşük enerjili ev standardının gelişmişidir. PE'ler, yaz ve kış aylarında alışılmış ısı dağıtım sistemine ihtiyaç duyulmaksızın konforlu iç ortam iklimini garanti eden binalardır. Bunu sağlamak için binanın ısı yükünün 10 W/m^2 'yi geçmemesi gereklidir.

Düşük ısı yükü, tahminen yıllık olarak $15 \text{ kWh/(m}^2, \text{yıl)}$ mahal ısı ihtiyacına denktir. PE'ler bu nedenle, ulusal bina şartnamelerine göre tasarlanmış yeni binalardan yaklaşık % 80 daha az mahal ısısına ihtiyaç duyarlar [29].

Bu standart "Pasif Ev" olarak isimlendirilmiştir, çünkü güneş radyasyonu ile dış ortamdan kazanılan ve cihazlar ile ev sakinlerinin ısı yayması aracılığıyla iç ortamda sağlanan ısı kazancının pasif kullanımı, özellikle ısıtma periyodu sırasında bina iç sıcaklığını muhafaza etmek için yeterlidir.

Binalardaki elektrikli tertibatlar başta olmak üzere enerji tüketen diğer kaynakları minimize etmek için ayrıca etkili teknolojilerin kullanılması Pasif Ev felsefesinin bir parçasıdır.

Pasif Evler, enerji tasarrufu konusunda dünya çapında bizleri yönlendiren bir standarttır. Enerji etkinliği, konforlu, ekonomik ve çevreye duyarlı bir yapı standardını anlatır. Pasif ev (Passivhaus) bir marka adı olmayıp herkese açık olan bir yapı tasarımıdır. Proje ve imalat sistemimizde özellikli kuralları olan ve bu kurallarla birlikte yüksek değerlerde yalıtım ve detayları ile çözülmüş, enerjiyi bina içinde tutabilen enerji tasarrufunu minimum % 90 düzeyinde gerçekleştirebilen [3], kendi enerjisini de üretebilen çevreci ve bilinçli bina teknolojisini ifade eder.

Pasif Evlerde amaçlanan hedefler inşaat teknolojisinde en üst aşamasına gelmesini gerektirir ve bizim mükemmelere ulaşmamızı hedefler. Bina dış kılıfı üzerinden oluşan iletim ve ısı kayıplarının en aza indirilmesi gerekir. Bunun için çok iyi bir yalıtım, kompakt bir bina kılıfının yanı sıra ısı köprülerinin yok edilmesi ve hava sızdırmazlığının sağlanması gerekir. Bir Pasif Ev, yeni ısı yalıtım şartnamelerini yerine getiren normal bir evden % 80 daha az enerji tüketmektedir. Bu tip evlerde ısıtma enerjisi tüketimi hemen hemen sıfırdır. Isı tüketimleri yaklaşık yıllık m^2 başına 15 KWh/ m^2 ,yıl ve bunun altındadır.

Yüksek enerji fiyatları pasif ev kullanıcılarını etkilemez. Ayrıca yalıtım şartnamelere göre yapılmış bir müstakil evden yılda 3 ton daha az karbondioksit yayar.

Pasif Ev’de projelendirme safhasında öncelikli olarak tüm bina kütlesini güneş enerjisi toplayıcısı olarak görmek ve tasarladığımız binaya şekil verirken de güneşten maksimum faydalanmasını sağlamamız temel kuraldır. Bunu yapabildiğimiz takdirde binamız pasif ev olarak değer bulacaktır.

Bina yalıtımı ve detaylarında ısı köprüsü ve hava sızdırması kesinlikle olmamalıdır. Bina dış kılıfında yapılacak olan yalıtımın değerlerinde $U_{dış\ duvar} = 0,10$ ile $0,15$

W/m^2K ısı geçirgenlik değerlerine ihtiyaç duyulur. Bu ise 25 ile 40 cm ve yoğunluğu yüksek yalıtım tabakası kalınlıklarına karşılık gelmektedir.

Bina dış kitlesinde aydınlatma için yapacağımız pencerelerin kalitesi ve sızdırmazlık özellikleri de çok önem kazanmaktadır. Pasif Evlerde pencerelerin ısı akış değerleri $0,80 W/m^2K$ değerlerini aşmamalıdır. Günümüzde kullanmakta olduğumuz PVC 12 mm tek odacıklı ve alüminyum çerçeve tutuculu ısıcamlı bir doğramanın ısı akış değeri $U_p = 2,1 W/m^2K - 3,0 W/m^2K$ değerleri arasındadır. Bu ise Pasif Ev doğramalarının yaklaşık 4 katıdır. Pasif Evlerde iki odacıklı (3 camlı) plastik çerçeve tutuculu ve argon gazlı, güneş kontrol filmi kaplı camları olan doğramalar kullanılması gerekir (ısı geçirgenliği $U_p=0,70 W/m^2K$ değerlerindedir).

Dış doğramaların güney yönünde yüksek (derinlikte maksimum enerji alacak şekilde) olması avantaj sağlamaktadır. Aydınlatılacak mekânın doğrama ile olan m^2 oranı ayrıca hesap edilerek ölçülandırılmalıdır. Buna göre ortak kanı güney penceresinin % 40'dan daha büyük tutmak çok akıllıca olmayacaktır. Ayrıca doğramanın ısı kaybı ile ısı kazanımı orantılandığında ısı kaybına yol açmadan 0,70 kat değerli pencerelerle yaratıcı projelendirmeler yaparak binanın güney cephesi tamamen cam ile de kaplanabilmektedir. Bu cam cephelerde aktif ısı kolektörlerinin cam doğrama ile orantılı olarak yerleştirilmesi diğer yönden farklı çözümler de getirecektir. Bu tip kolektörler son derece iyi yalıtılmış duvarların önüne konur. Kolektörlerin yan kenarları doğrama pervazlarına bağlanırlar bu şekilde görünüş olarak ilginç cepheler elde edilirken masrafları daha düşük kolektörler elde edilir. Bu gibi çözümlerde coğrafi bölge faktörü de göz ardı edilmemelidir. Güneye yönelmeyi artırıcı kavis, kırık köşeli geometrik şekiller bu cephelerde tavsiye edilmektedir. Güney cephelerinde yapılacak kış bahçeleri ve güneş evi şeklindeki iç bahçelerle alınan enerji bina içinde değerlendirilebilir.

Pasif Evlerde dikkat edilecek diğer kuralları ise şöyle sıralayabiliriz. Pis su, temiz su tesisatları ile havalandırma, elektrik ve acil ısı temini tesisatlarındaki kurallar.

- Isı tüketiminin azaltılması için projelendirmede dikkat edilmesi gereken merkezi bir tesisatın projelendirilmesidir. Bunun için ıslak hacimler bir araya

getirilerek merkezi bir tesisat bacasında birleştirilir. Yalnız bu gibi tesisat ve açık şömine bacalarının bina kılıfını delmesine (çatıdan bu şekilde çıkmasına) izin verilmez. Boşaltma hatlarının havalandırma boruları dışarıya direkt verilmemelidir. Boşaltma boruları bir merkezi hatta toplanmalı, bu borular plastik malzemelerden seçilmelidir. Yine sıhhi tesisat malzemeleri lavabo, sifon, küvet gibi malzemeler plastik malzemelerden seçilmelidir. Kullanım suyunun alınacağı yer suyun üretildiği yerden 3 metreden daha uzak değilse sirkülasyon pompasından feragat edilebilir.

- Pasif evlerde havalandırma pencere açılarak yapılamaz. Binada merkezi bir havalandırma tesisatı yapılmalıdır. Pasif Evlerde havalandırmadan doğan ısı kaybı düşük enerji kullanan evlere göre son derece azaltılmıştır (pencere yoluyla havalandırılan bir eve göre % 80-90 azaltılmıştır). Bunu sağlamak için geri ısı kazanımlı bir ısı tesisatı kurulur. Alınan taze hava ısı değiştiricisi adı altındaki bir aletin içinden geçirilir ve ısı değiştiricisi giden havanın sıcaklığını alıp gelen taze havaya katarak sisteme verir. Bu ısı değiştiricisinin % 80 kapasite ile çalışması gereklidir (+/- 0 °C'deki bir dış hava ısı değiştiricisinin içinde, giden hava ısısının yaklaşık %80'i ile ısıtılarak +16 derece ile mekânlara verilebilir).
- Isıtma için bu da yeterli olmayacağından dışarıdan alınan taze hava önce toprağın altında 3 m dolayında yapılacak bir kollektörden geçirilerek toprak altı ısısını alarak dışarıda -10 °C bile olsa önceden +5 °C - 10 °C'ye kadar ısıtılmış olarak ısı değiştiricisine gireceğinden sistem randımanı da % 90 artırılmış olacaktır.
- Isı değiştirici motorları ~30 Watt dolayında enerji tükettiğinden tüketiminin kazandırdığına oranı olarak ortalama 10 kat enerji kazandırmaktadırlar. Ortalama 500 W alış gücünde bir ısı pompası müstakil bir ev için yeterli olacaktır. Bu ısı pompası giden havanın geri kalan ısısını alarak kullanma suyunu ısıtır, acil durumlar içinde yeterli ısıtma ısısı sağlar.

- Kış aylarında bir Pasif Evi dolaşan kişi bulunduğu oda havası kalitesinden fazlasıyla etkilenecektir. Bir insanın sağlık açısından ihtiyacı olan saatte 10 m³ taze hava bulunan mekânın havasının kullanımı ile ortalama saatte 30 m³ olarak hesaplanabilir. Bunun sağlanamaması insanda iş gücü kayıpları ve alerjilerle bağışıklık sisteminin bozulması olarak sonuçlar vermektedir.
- Pasif evlerde acil durumlarda ısıtma kullanma suyu üretimi ise; ısı pompası desteği ile birlikte 600 – 900 W ısı kaynağı yeterli olabilmektedir. Bunu şöyle açıklayabiliriz.

$$Q_{IGK} = (A_{dış duvar} + A_{çatı alanı}) \times (T_{iç} - T_{dış}) \quad (7.1)$$

Gerekli ısı kaynağı kapasitesi (W)	: Q_{IGK}
Binanın ısı kaybeden dış duvar alanı (m ²)	: A_{dd}
Binanın çatı alanı (m ²)	: $A_{çatı}$
İç ortam sıcaklığı (°C)	: $T_{iç}$
Dış ortam sıcaklığı (°C)	: $T_{dış}$

- Isıl iletkenlik hesap değerinin (k) her 1°C'lik ısı farkında bina kılıfının her m²'si için ihtiyaç duyulan ısı enerjisidir. Dış ortam hava sıcaklığı -10 °C olduğu ve iç ortam hava sıcaklığı +20 °C istendiğinde iç - dış ısı farkının 30 °C olduğu bir örnek ele alalım. Pasif Evde duvar ve çatının (k) değerinin 0,10 W/m²K olarak yalıtıldığını kabul edelim. 200 m² duvar ve çatı alanı toplamı olan bir binada $Q_{IGK} = 30 \text{ °C} \times 200 \text{ m}^2 \times (k=0,10) = 600 \text{ W}$ olarak hesaplanabilir. Aynı şekilde 30 °C sıcaklık farkında dış duvar yalıtım değeri 0,15 olan bir bina için hesap yapıldığında, $Q_{IGK} = 30 \text{ °C} \times 200 \text{ m}^2 \times (k=0,15) = 900 \text{ W}$ ısıtmanın yeterli olduğunu görürüz.
- Bu değerlerde yalıtılmış bir pasif evi 100 W'lık 6 ve 9 ampul ile ısıtabiliriz veya bu evdeki 40 m²'lik ısıtma alanına sahip odayı $30 \text{ °C} \times 40 \text{ m}^2 \times 0,15 = 180 \text{ W}$ ısı ihtiyacını 2 kişinin mekanda bulunması ile karşılayabiliriz (her insan dışarıya 80 – 100 W enerji vermektedir). Ayrıca fırın, buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi gibi aletler de çalıştıkça dışarıya enerji

vermektedir. Bu sonuçları hesap değerleri ile gördüğümüzde, pasif evin imalatında yalıtımı hesap değerlerinde yaparak, detaylarda da çok büyük hatalar yapmadığımızda bir Pasif Ev'in termik kalitesiyle ne kadar az ısıtma enerjisine gerek duyulduğunu görmekteyiz.

- Kullanma suyu temini ise çatıdaki Güneş kollektörleri ile alınarak tam yalıtımlı çift serpantinli boylarda toplanarak sağlanabilir. 5-6 m²'lik kaliteli kolektörler ile 4 kişilik bir ailenin kullanma suyu sağlanabilir.
- Pasif evlerde kendi enerjisini üretme metodları olarak güneşten fotovoltaik panellerle elektrik enerjisi elde edilerek kullanılması da artık ön yatırım maliyeti olarak cazip olmaya başlamıştır. Ayrıca rüzgârın iyi olduğu bölgelerde rüzgârgülleri ile 500 W'dan 10 KW'a kadar rüzgâr enerjisi üniteleri de bu tip binalarda enerji ihtiyacı için kullanılmaktadır.
- Enerji tüketiminin çok az olduğu Pasif Evlerde seçilen motorlar, ev aletleri, elektrikli beyaz eşyalar, aydınlatma ampulleri de sarfiyatlarını değerlendirerek en az enerji tüketen tip ve özellikte olanlardan seçilmelidir.
- Çevreci olarak tanımlanan bu tip pasif evler enerji kullanım değerlerinin çok düşük olmasıyla çevreye çok az CO₂ (karbondioksit) emisyonu yayarlar. Yönetmeliklere göre yalıtımı yapılmış düşük enerji kullanan bir müstakil konut yılda 3,7 Ton karbondioksit emisyonu yaymaktadır. Bir kilo linyit kömürü yakıldığında 4kg, bir kilo taşkömürü yandığında 3,3 kg, bir litre fuel-oil yandığında 2,7 kg, çevre dostu saydığımız doğalgazın bile 1 m³'ü yandığında 1,85 kg karbondioksit emisyonuna sebep olmaktadır. Isı yönetmeliklerine uygun yapılmış bir bina dahi m² başına yıllık 25-27 kg karbondioksite neden olmaktadır. Yalıtılmamış binalarda ise ortalama yılda m² başına 250 KWh ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulduğundan bunun karşılığı yılda 68 kg karbondioksit olmaktadır. Bunları Pasif Evlerle karşılaştırdığımızda bir Pasif Ev'in m² başına yıllık maksimum 15 KWh enerji gereksinimiyle yılda m² başına 4 kg karbondioksit emisyonu ortaya çıkardığını görürüz. Yalıtımsız evin

68 kg CO₂ değerine karşılık Pasif Ev, 4 kg yani yalıtımsız bir evin 1/17'si kadar değerinde CO₂ salınımı yapmaktadır.

7.2. BİR BİNAYI NELER PASİF EV YAPAR

Pasif ev yaklaşımının çeşitli bileşenleri aşağıdaki temel elamanlar düşünülerek sınıflandırılabilir. İlk üçü pasif ev kavramı için çok önemlidir. Bununla birlikte çevresel etkileri tamamen minimize etmek için diğer ikisi de gereklidir veya avantajlıdır.

7.2.1. Yalıtım

Pasif evin temel fikri iç kaynakların ve güneş enerjisi kazanımlarının ısı kaybını karşıladığı ve ayrı bir ısıtma sisteminin artık gereksiz olduğu bir noktaya kadar ısı kayıplarını azaltmaktır. İlk aşamada binanın dış kabuğunun mükemmel bir ısı yalıtımı kaplanmasını gerektirir. Bina dış duvarının U değerleri genellikle 0,10 – 0,15 W/(m²K) aralığındadır.

Transmisyon (iletim ile olan) ısı kayıpları hem düzenli bina elamanlarının içinden geçen hem de köşeler, kenarlar, birleşim yerleri ve penetrasyon bölgelerinde oluşan ısı kayıplarını içerir. Isı köprüleri gibi aşırı kayıplardan sakınılmalıdır. Maliyetli çok boyutlu ısı akış hesaplamaları olmaksızın sadece geometrik analizlerle ısı köprülerinden kaçınılabilir.

Bina zarfının sızdırmaz hale getirilmesi artan öneme sahiptir. Sızdıran bina zarfları korunması gereken birçok problemi beraberinde getirir; yoğuşma suyu zararı, hava sızıntısı, zemin seviyesinden yukarı doğru soğuk hava katmanları, artan enerji tüketimi. Örneğin, tipik UK binasının n50-değerleri (n50:iç ve dış ortam arasındaki 50 Pa'lık bir basınç farkında saatlik hava değişimi) yaklaşık 12-14 h⁻¹ olabilir, mevcut Alman mevzuatlarına göre havalandırma sistemi olmayan binalar 3 h⁻¹ 'lik hava sızıntı oranlarına sahip olmalıdır. Bir PE 0,6 h⁻¹ bir maksimum n50 değerine sahip olmalıdır. Bu değerlere bütün konstrüksiyon tiplerinde ulaşılabilir [29].

7.2.2. Besleme Havasını Isıtılmasıyla Etkili Isı Geri Kazanımının Düzenlenmesi

PE'ler, ev sakinlerinin konforundan emin olacak şekilde optimize edilmiş sürekli bir taze besleme havasına sahiptir. Bu taze hava akışı mükemmel iç hava kalitesi için gerekli miktarı sağlamak üzere hassasiyetle dağılacak şekilde düzenlenmiştir. Tipik hava değişim oranları 0,25 – 0,40 h⁻¹'dir. Daha yüksek hava değişim oranları konforsuz kuru iç havanın oluşumuyla sonuçlanabilir. Elektriksiz ısıtma elemanlarının ısı geri kazanım ünitesinin önüne yerleştirilmesi gerektiği zaman, besleme havasının 55 C°'ye kadar ısıtılmasına izin verilebilir. Daha yüksek sıcaklıklar besleme havası içerisinde ve muhtemelen besleme hava kanallarının içinde ve ya üzerinde toz karbonizasyonuna sebep olabilir, yani toz partikülleri sıcak yüzeyler üzerinde alevsiz olarak (içten içe) yanabilir ve istenmeyen kokular üretebilir. Basit bir hesap, bu yaklaşımın PE'lerin 10 W/m²'lik ısı yüküyle sınırlandırıldığını göstermektedir.

Bununla birlikte bütün verimin yüksek olması, sadece havalandırma ısı kayıplarının azaltılmasının yüksek elektrik enerjisi giriş fiyatlarında olmamasıyla, başarılabilir. Sistemdeki elektrik tasarruflu fanlar ve düşük basınç kayıpları önemlidir. Havalandırma sistemi genellikle yüksek etkili doğru akımlı (dc) motorlarla yürütülür ve tüketimi ortalama 0,4 W/(m³/h) ve ya daha azdır. Bu havalandırma sistemleri 10 – 15 'lik yıllık performans faktörlerine (performans faktörü: tasarruf edilen ısı ve tüketilen elektrik arasındaki oran) ulaşılabilir. Havalandırma sistemi yazın kapatılabilir.

7.2.3. Pasif Güneş Enerjisi Kazanımı

Etkili potansiyeller işletilerek yeterli gün ışığını sağlayacak şekilde boyutlandırılmış cam içinden gelen güneş enerjisinin pasif kazanımı, söz konusu evin minimize edilmiş ısı talebinin yaklaşık üçte birini kapsar. Bir PE içinde camların normal aydınlatma ve havalandırma (yazın) fonksiyonlarının üstünde ve ötesinde net güneş enerjisi kazanımına izin verecek nitelikte olması gerekir. Bunun için ön koşullar şunlardır: pencerelerden düşük ısı kayıpları, uygun camlama ve mümkünse güneşe

yönlendirme ve düşük gölgeleme derecesi. Ancak PE'ler büyük güneş enerjisi kazanımlarına izin veren bina sitelerine bağlı değildir.

PE ayrı bir mahal ısıtma sistemine artık ihtiyaç duymadığı için, radyatör olmamasına rağmen ev sakininin doğrudan pencerenin önündeki gerekli konfor sağlanmalıdır. Bundan şunu anlıyoruz ki, tüm pencerenin $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ den daha az U değeri Orta Avrupa iklimi için elde edilebilir. Bu değer sadece ağır asal gazlarla doldurulmuş üçlü düşük emissiviteli (yayma oranı) camlama yapılarak başarılabilir. Bu şekilde yapılan camlama, dolgu gazına ve mantolamaya da bağlı olarak $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den daha düşük U değerleri ve % 50-60 enerji geçirgenliğini (g-değeri) başarır. Hatta PE'nin kısa ısıtma mevsiminde (Kasım'dan Mart'a kadar) böyle bir camlamanın enerji dengesi pozitifdir. Buna zıt olarak çiftli yapılan düşük emissiviteli camlama kışın tam ortasındaki periyotta net kayıplara sahiptir.

PE'deki pencere çerçeveleri iyi bir ısıl izolasyona ihtiyaç duyarlar. Kenar sızdırmazlığı yapılırken ısı köprüsü, paslanmaz çelik veya plastik dolgu kullanılarak, aynı zamanda pencere kanat veya çerçevesi içindeki camlama kalınlığı artırılarak minimize edilmelidir. Bugün çok sayıda imalatçı U-değeri $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ den daha aşağı olan ısıl yönden izole edilmiş çerçeveler üretmektedir.

Tabi ki doğru yalıtım gereklidir. Pencere ısı zarfın yalıtım düzlemi içerisine yönlendirilir ve bu yalıtım mümkün olduğu kadar pencere çerçevesiyle örtüşürse, yalıtımın ısı köprüsü kayıp katsayısı sıfıra indirilebilir. Aksi takdirde toplam U-değeri % 50'ye kadar artabilir.

7.2.4. Enerji Verimli Elektrikli Cihaz Kullanımı

PE'lerde, mahal ısıtması için gerekli ısı ihtiyacı büyük ölçüde azaltılmıştır. Ev tipi sıcak su ihtiyacı da verimli teknolojiler kullanılarak azaltılmıştır. Bu şartlar altında, evin elektrik ihtiyacı, konutun toplam enerji talebinin en büyük ögesidir. Evin elektrik ihtiyacı bugün sıradan seviyelerde kalırsa ısıtma için talep edilen enerjinin yaklaşık 2 katını bulacaktır. Bu nedenle evin yüksek verimli elektrik cihazlarıyla donatılması çözüm önerisi olabilir.

PE'ye verimli ev tipi cihazlar, çamaşır makineleri ve bulaşık makineleri kurutma/havalandırma cihazları ve kompakt floresan lambalar takılmasıyla; elektrik tüketimi sıradan apartman daireleri ile karşılaştırıldığında herhangi bir konfor veya kazanç kaybı olmaksızın önemli ölçüde azaltılabilir. Bütün bina servisleri maksimum verimde çalışacak şekilde tasarımlanır. Yüksek verimli cihazlar çoğunlukla sıradan cihazlardan daha pahalı değildir veya elde edilen elektrik tasarrufu, fiyat farkını geri öder.

7.2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılması

Maliyet optimizasyonu yapılmış güneş enerjili ısı sistemi, bir PE'nin bütün düşük sıcaklıktaki enerji talebinin % 40-60'ını sağlayabilir. Geriye kalan düşük enerji gereksinimi (mahal ısıtma, ev tipi sıcak su ve ev içi elektrik tüketimi) bina işletim aşamasında birincil enerji ve iklim yardımıyla tümüyle yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilir. Bir PE'nin genişletilmiş ısı yalıtımı ve oldukça yüksek hava sızdırmazlığı 50 °C den daha fazla olan sıcaklık ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu ise yenilenebilir enerji kaynaklarını özellikle mahal ısıtma ve soğutma ve ev tipi sıcak su hazırlama için kısmen uygun kılar. The Workgroup Cost Efficient Passive Houses as European Standards (CEPHEUS), PE'nin ilave enerji talebinin tümüyle yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hususunda çalışmalar yapmaktadır [30]. Viorel Badescu ve Benoit Sicre; PE'nin termal davranışının zamana bağlı bir modeli geliştirdikleri çalışmalarında 3 adet yenilenebilir enerji kaynağı düşünmüşlerdir. Birincisi güney cephesinde ki geniş pencereler üzerinden gelen pasif güneş ısıtmadır. İkincisi, aktif güneş kollektör sistemi, ortam ısıtması ve ev tipi sıcak su hazırlama için termal enerji sağlar. Üçüncüsü, toprak kaynaklı ısı değiştiricisi soğuk mevsimlerde taze hava sıcaklığını yükseltir. Bu model, Pirmasens Passive House (Rhineland Palatinate, Germany) da uygulanmıştır. Pasif güneş ısıtma sistemi Kasım, Aralık, Şubat ve Mart aylarında ısıtma enerjisinin büyük bir bölümünü karşılar, Ocak ayında ise toprak kaynaklı ısı eşanjörü en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ocak ve Şubat ilave konvansiyonel enerji kaynakları kullanımını gerektirir. Aktif güneş ısıtma sisteminin akıllı bir kullanımı Kasım, Aralık ve Mart aylarında klasik yakıtları tüketmekten sakınmak olabilir. Toprak kaynaklı ısı eşanjörü uygun bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu eşanjör bütün gün boyunca ısı

sağlar ve onun sağladığı ısı hava soğudukça artar. Isıtıcı çıkışındaki hava sıcaklığı normalde 46 °C'den daha düşüktür. Bu bir ısıtıcıda yanan klasik yakıt veya odun yerine yenilenebilir enerji kullanılabilmesi açısından iyi bir nedendir [30].

7.3. PASİF EV UYGULAMA ÖRNEKLERİ VE KARŞILAŞTIRMALAR

CEPHEUS projelerinde, PE standartlarında 5 Avrupa ülkesinde 221 konut inşa edilmiştir. Bu işlemin bilimsel değerlendirmesinde, çeşitli Avrupa ülkelerindeki mimarlar ve araştırmacılar tarafından uygulanmış birçok farklı bina, konstrüksiyon ve tasarımlar için düşük ilave maliyet altındaki teknik uygulanabilirlik sorgulanmıştır. Hedeflenen enerji, performans değerlerinin başarılıp başarılmadığı incelenmiştir. CEPHEUS'un bir parçası da enerji performans değerleri ve ısı konforu belirlemek için geniş bir ölçme projesi yapmaktır. Maalesef bazı projeler ölçme aşamasında ilerletilememiştir. Bu nedenle sürekli ölçmelerden gelen sonuçlar projelerin tümünde yeterli uzunluktaki bir periyotta mevcut değildir. Yine de Almanya, Avusturya ve İsviçre'deki 11 alt projedeki 100 konut biriminden daha fazlasından elde edilen ölçümler değerlendirilmiştir. Bunu takiben genel değerlendirme sonrasında en önemli sonuçlar sunulurken, PE'lerin enerji performansı değerlendirmeleri yapılmıştır [30].

7.3.1. Sızdırmazlık Testi

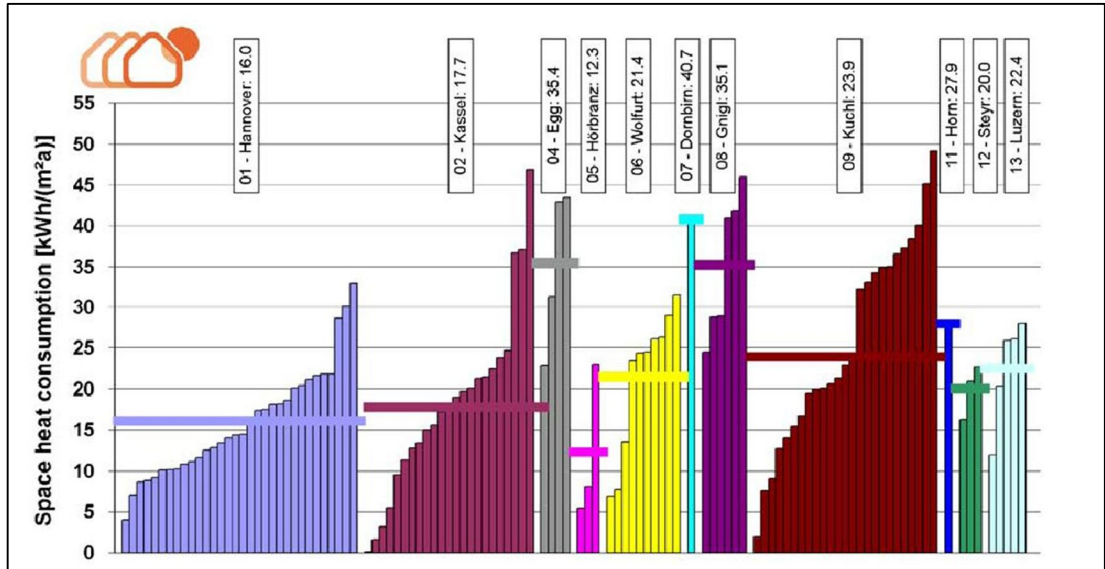
Pasif Ev projelerinde gerekli hava sızdırmazlık oranları, EN-13829 standartlarına göre bina sızdırmazlık deneyleri uygulanarak ölçülmüştür. Hava sızdırmazlık oranlarının 9 CEPHEUS projesinde 0,3 ila 0,61 h⁻¹ aralığında olduğunu göstermiştir. Diğer projelerin çoğunda hava infiltrasyonunun olduğu birleştirme parçalarının üzerine iyileştirici işlem uygulanarak daha iyi bir sonuç elde etmek mümkün olabilir. Daha sıkı hava sızdırmazlık tasarımı olmayan binalarda sonuçların oldukça kötü olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar kanıtladı ki PE standartları için yüksek hava sızdırmazlık seviyeleri gereklidir ve bu hava sızdırmazlığı detaylarının tüm bina konstrüksiyonlarında titiz bir biçimde planlanması gerekir.

7.3.2. Enerji Performansı

Kıyaslanabilir projelerin enerji sayılarını belirtmek için, tertiplenmiş zemin alanı (TZA) hesaplanması için standart bir hesap tarif edilmiştir. TZA esasen ısıl zarf içindeki bütün oturmaya elverişli odaların zemin alanlarının toplamıdır; bu alan ısıl zarf içindeki ikincil odaların zemin alanlarının yarısını kapsar. TZA, sık sık referans olarak kullanılan brüt zemin alanının ölçüsünün yaklaşık yarısıdır. TZA hesabının hassas bir tarifi (Schnieders ve diğerleri, 2001)'da verilmektedir [29].

7.3.2.1. Mahal Isıtması İçin Enerji Tüketimi

Mahal ısı tüketiminin ölçülmesi, PE'nin değerlendirilmesi için en önemli kriterdir. Şekil 7.1'de farklı PE projeleri için ölçülmüş mahal ısı tüketim seviyeleri görülmektedir. Bu grafikte her bir yerleşim birimi için yıllık metrekare (TZA) başına düşen mahal ısı tüketimi gösterilmiştir. Her bir proje için yatay bir çubuk ağırlıklı ortalama değerindeki TZA'yı belirtmektedir.

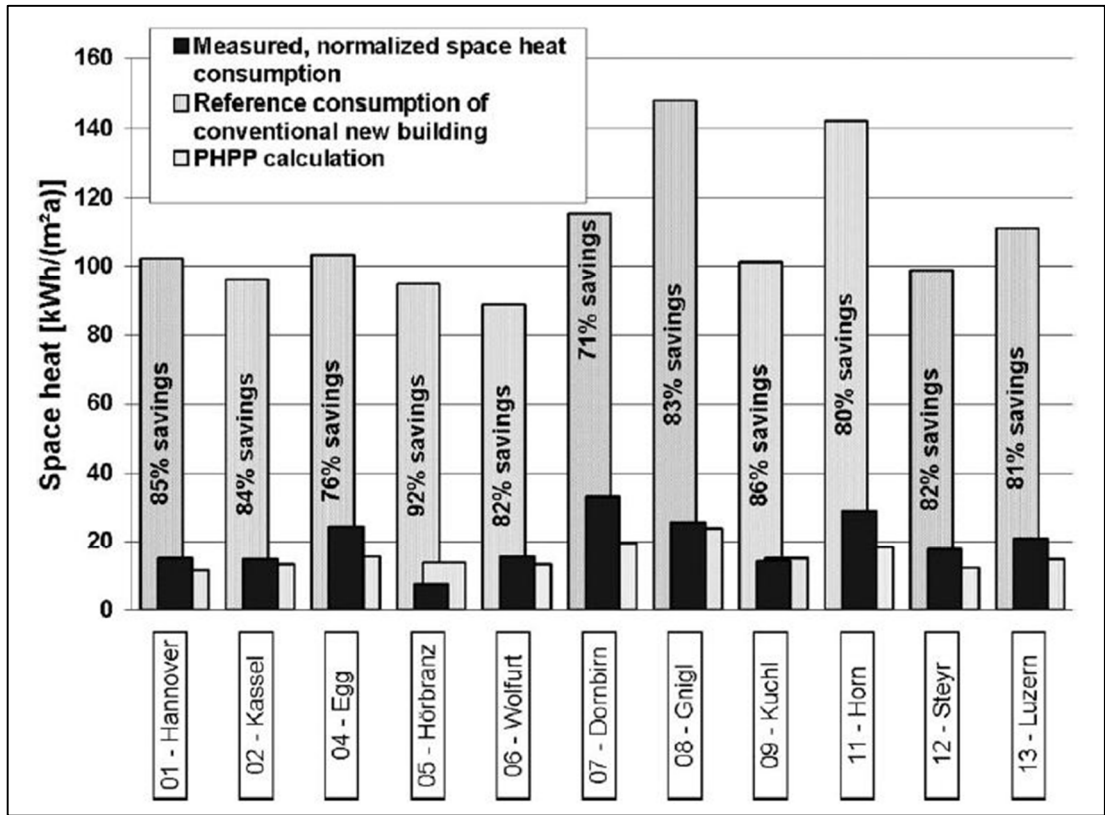


Şekil 7.1. Farklı PE projeleri için ölçülmüş mahal ısı tüketim seviyeleri [29].

Simülasyon hesaplarından ve ölçümlerden iç ortam sıcaklıklarının PE'lerdeki mahal ısı tüketimi üzerine oldukça fazla bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Şekil 7.1'de gösterilen ölçme sonuçlarının, özellikle bütün projelerde tüm bir yıl

boyunca elde edilmiş ölçme verilerinin mevcut olmaması sebebiyle, daha önce hesaplanan değerlerle karşılaştırılması uygun değildir. Karşılaştırma yapabilmesi için ölçme değerlerinin, EN-832'ye uygun aylık prosedür kullanılarak ve 20 °C'lik iç ortam sıcaklığına normalize edilerek, ekstra polasyon yardımıyla bütün bir yıla genişletilmelidir. Mevcut durumda bu tip ekstrapolasyon ihtiyatlı olarak düşünülebilir. Ayrıca yapı sektöründe, özellikle mahal ısıtması için enerji tüketim seviyelerinin ilk ısıtma mevsiminde genellikle sürekli işletme şartlarında daha önce yapılmış binalara göre daha yüksek olabileceği düşünülür, açıkçası böyle bir değerlendirme bu etkiyi karşılamayabilir.

Şekil 7.2'de normalize edilmiş mahal ısı tüketim seviyeleri, aynı geometriye sahip ve önceden hesaplanmış mahal ısı gereksinim değerleri ile yerel uygulanabilir yapı kurallarına göre inşa edilmiş geleneksel yeni binaların referans tüketim seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Bu hesaplamalar için PPHP (Pasif Ev Planlama Paketi) programı kullanılmıştır.



Şekil 7.2. PE'lerin normalize edilmiş mahal ısı tüketim seviyeleri [29].

Geleneksel yeni binaların referans tüketimiyle karşılaştırıldığında, normalize edilmiş mahal ısı tüketiminin analizi söz konusu PE'lerin, alan ağırlıklı ortalama esasına göre, % 84 mahal ısı tasarrufu sağladığı görülmüştür. Tasarruflar, henüz tümüyle tamamlanmamış veya ev sakinlerinin ölçme periyodu sırasında ya da ölçme periyodundan çok az önce taşındığı binalarda (ölçüm yapılan) çok düşüktü. Uzun süreden beri oturlan bütün evlerde tasarruflar % 80'den daha fazla olduğu görülmüştür.

7.3.2.2. Ev Tipi Sıcak Su İçin Enerji Tüketimi

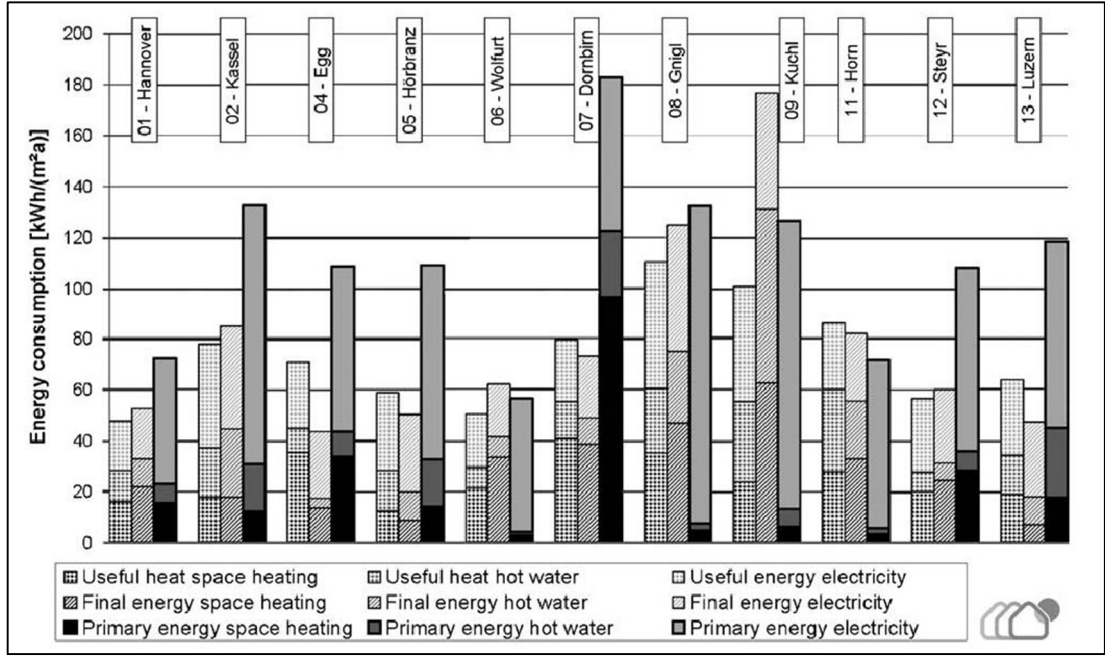
Ev tipi sıcak su ısıtılması için ölçülen kullanılabilir ısı gereksinimi seviyeleri, mahal ısı tüketimine oranla çok değişkenlik gösterir. Ortalama olarak bu tüketim seviyeleri referans değerlerden (her bir kişi için 60 °C'de bir günde 25 litre) çok az farklıdır. Sıcak su tüketimi aynı zamanda ev sakinlerinin konfor taleplerinin bir karakteristiğidir.

7.3.2.3. Eve Ait Elektrik Tüketimi

PE'lerin son derece azaltılmış mahal ısı tüketimine bakıldığında, elektrik tüketiminin bütün enerji tüketimi içindeki payı oldukça yüksektir. Bu enerji birincil enerji olarak uygulanır. Bu nedenle PE projelerinde ev tipi elektrik tüketiminin azaltılması için çaba harcanmıştır. Bazı projeler önemli tasarruflar sağlarken bazıları sağlamamıştır. Bu durum bazı projelerde elektrik tüketimine, mahal ısı tüketimi kadar önem verilmemesi ile açıklanabilir.

7.3.2.4. Nihai ve Birincil Enerji Tüketimi

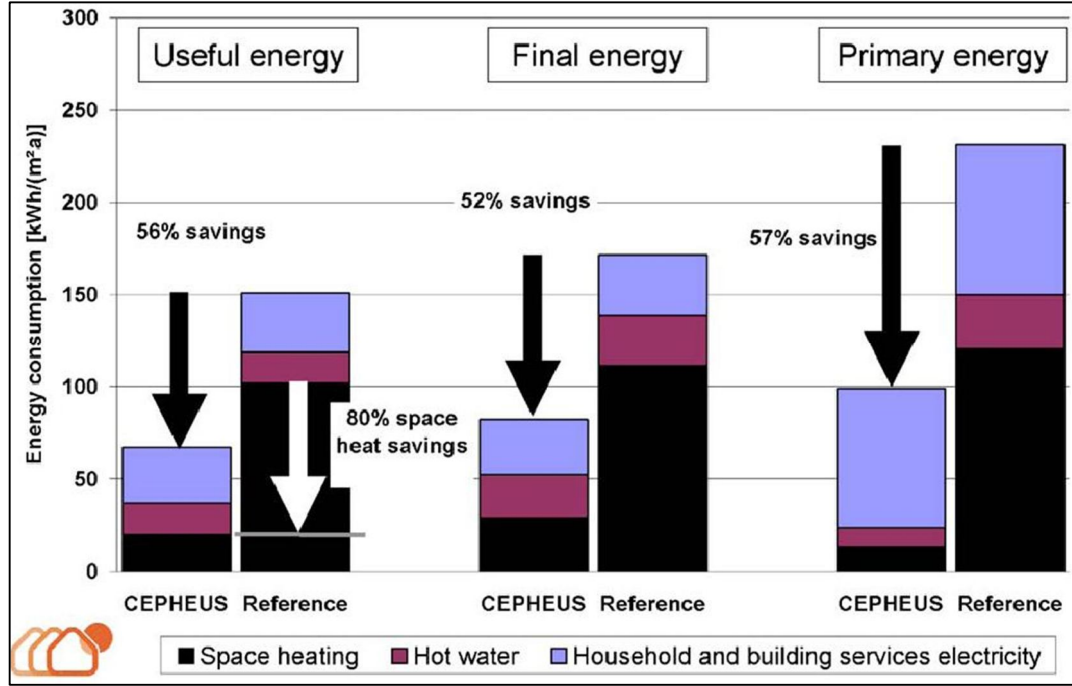
Doğrudan bir güneş ısıtma sisteminden sağlanan sıcak suyun ısıtılması için harcanan enerji, nihai enerji tüketim figürlerini kapsamaz. Tersine, ev içindeki tüketim, fan ve bina servis elektriği ve yerleşim birimleri boyunca kullanılan geçişler için harcanan elektrik; belirtilen tüketim figürlerinin tümünde kapsam dahilindedir. Nihai enerji tüketim figürleri hiç bir dağıtım kayıpları ve binadaki ısı üreteçlerinin kayıplarını henüz içermemiştir.



Şekil 7.3. Mahal ısıtma, ev tipi sıcak su ve elektrikli cihazların faydalı nihai ve birincil enerji tüketimlerinin karşılaştırılması [29].

Şekil 7.3 PE'lerin ortalama kullanışlı, nihai ve birincil enerji tüketim seviyelerini gösterilmektedir. Yıl boyunca hiçbir verinin olmadığı yerlerde mevcut ölçme verisi ekstraplasyonla bulunmuştur. Şekil 7.4'de PE projelerinin tüketimleri ile sadece yerel yasal kısıtlamalar haricinde aynı konuma kurulmuş benzer geometrideki binaların tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu şekiller göstermiştir ki bütün projelerde düşük birincil enerji tüketim seviyeleri fazlasıyla başarılmıştır. Geleneksel tarzda yapılmış yeni binalarla karşılaştırıldığında % 50'den daha fazla kullanışlı, nihai ve birincil enerji tüketimleri başarılmış ve mahal ısı tüketimi % 80 azaltılmıştır.



Şekil 7.4. PE'lerin ölçülmüş enerji tüketimleri [29].

7.3.2.5. Isı Yükleri

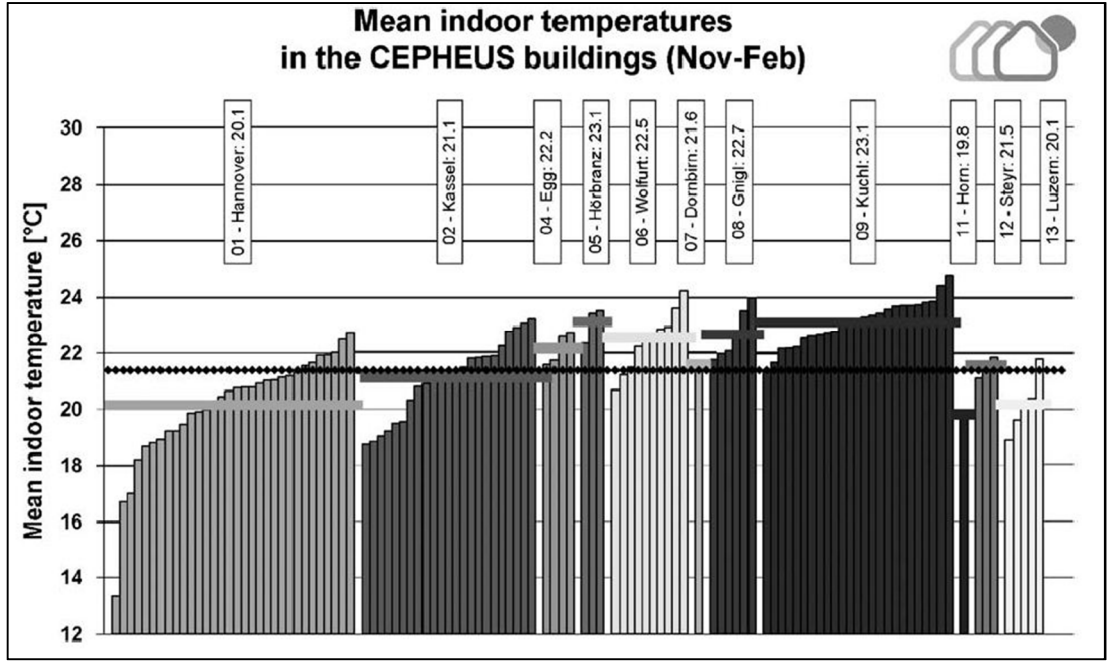
Son derece düşük mahal ısıtma gereksinimine ulaşmak için ısı geri kazanımlı dengelenmiş bir havalandırma sistemi gereklidir. PE içinde, gerekli besleme havasından aktarılan ısı yükü ev sıcaklığının muhafazasını sağlamak için yeterli olur. Ölçülen ortalama günlük ısı yükleri bu nedenle bilhassa araştırılır. Bazı PE binalarında, besleme havasıyla ısıtma yapılması mümkün olacak şekilde, ölçülen ısı yükleri yeterince düşüktür. Daha yüksek ısı yükleri ihtiyacı, planlama (güneş ışınlarını azaltan gölgelemenin dikkate alınmaması) ve ya bina yapım aşamasındaki sızdırmazlığın zayıflığı gibi kusurlar nedeniyle oluşmaktadır.

7.3.3. İç Ortam Sıcaklığı

İç ortam sıcaklığını iki mevsim için ayrı ayrı ele almak gerekir. Kış aylarında Kasım-Şubat aralığında ve yaz aylarında Mayıs-Ağustos aralığındaki değerlendirmeler yapılmıştır.

7.3.3.1. Kış Aylarında İç Sıcaklıklar

Şekil 7.5’de kış aylarında ölçülen iç sıcaklıklar görülmektedir. Bu değerler genellikle Kasım – Şubat arasındaki ayları gösterir. 07-Dornbirn sadece Aralık-2000’nin son günlerinde elde edilen değerler hesaba katılmıştır; burada sıcaklık verileri Ocak ve Şubat için alınmıştır.

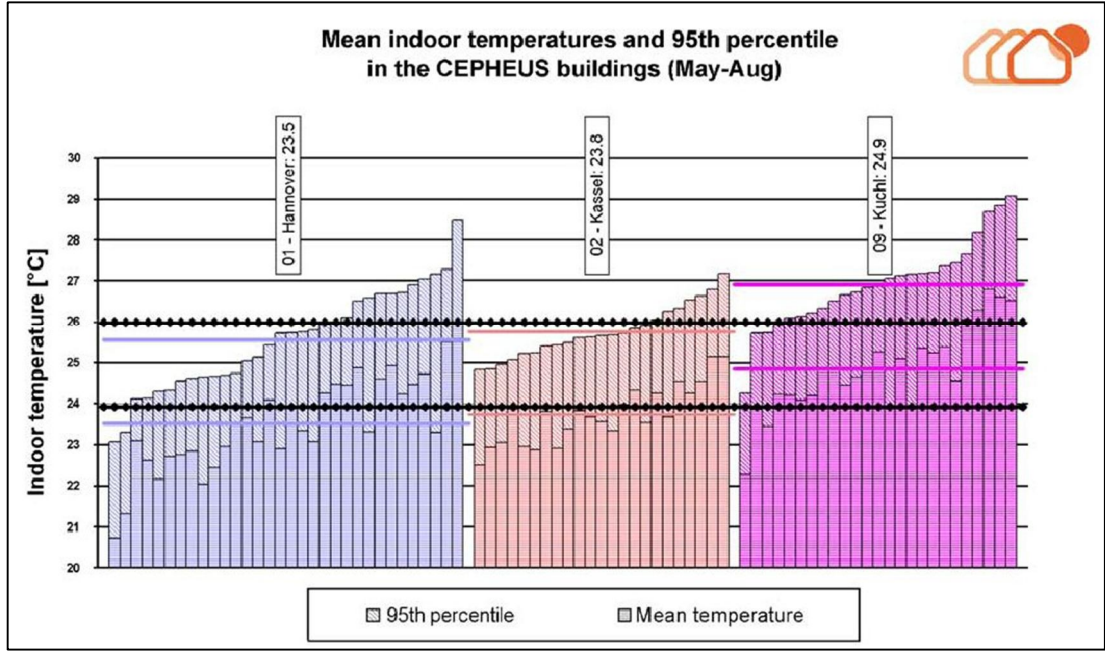


Şekil 7.5. PE’lerde ortalama iç ortam sıcaklığı (Kasım-Şubat) [29].

Bu şekil göstermektedir ki bütün PE binalarında ortalama iç sıcaklık evin bütün bölümlerinde ve bütün ölçme periyotlarında 20 °C’nin üstündedir. Ev sakinleri tipik olarak sıcaklıkları 21 °C ve 22 °C aralığına ayarladılar. Ele alınan evlerdeki sıcaklık aralığı bununla birlikte 17 °C – 25 °C aralığında değiştiği gözlenmiştir.

7.3.3.2. Yaz Aylarında İç Sıcaklıklar

Mükemmel ısı yalıtım ve optimizasyonu yapılmış pasif güneş enerjisi kullanımı belki de yazın aşırı ısıtma sağlayabilir. Yaz için veriler sadece birkaç PE projesi için vardır.



Şekil 7.6. PE’lerde ortalama iç ortam sıcaklığı (Mayıs-Ağustos) [29].

Şekil 7.6’da 1 Mayıs ile 31 Ağustos arasındaki ortalama iç sıcaklıkları sunulmuştur. Bu şekil ayrıca her bir ev için, sürenin % 95’inde belirtilen aylarda sıcaklığın aşılmadığı görülmektedir. Sonraki değer yaz ayı konforunda ulaşılan maksimum sıcaklıktan daha iyi bir değerdir, çünkü ev sakinlerinin olmaması durumunda ve ya istisnai durumlarda sıcaklıklar grafikte tepe noktası yapar ve bu nedenle belirleyici örnek değildir.

Sonuçlar göstermiştir ki 01-Hannover Pasif Evi ve 02-Kassel Pasif Evi’nde yaz süresince iç iklim koşulları kabul edilebilir seviyededir. 27 °C sıcaklık değeri sadece istisnai durumlarda aşılmaktadır. 09-Kuchl Pasif Evi yaklaşık 1 °C’lik daha yüksek ortalama sıcaklığa sahiptir fakat Kuchl’daki oda sıcaklığı, aynı zamanda, kışın nispeten yüksektir: yazın ortalama sıcaklıklar bu kıştaki sıcaklıktan sadece 1,8 °C daha yüksektir.

Ölçme sonuçları belirgin olarak göstermektedir ki PE’lerde yaz sıcaklıkları konforlu bir aralıkta tutulabilir. Bu sıcaklık eğrilerinin daha yakından incelenmesiyle anlaşılmaktadır. PE bina sakinleri uygun havalandırma yapılarak hayli konforlu yaz periyodu sıcaklıklarına kavuşabilirler. Kullanım süresi oranları ve gölgeleme elemanları önemlidir fakat ikincil olarak havalandırma durumu yer alır.

7.3.4. Maliyet Verimliliği

PE'lerde bina zarfının gelişmiş konstrüksiyon kalitesi ve bir hayli etkili havalandırma sistemi ekstara yatırım gerektirir. Eğer bu yaklaşım çok pahalıya patlarsa bir geleneksel ısıtma sisteminin yatırım maliyetinden kaçınılarak dengeleme yapılır. Bazı projelerde bina tasarımcıları ve binayı yapanlar ısı dağıtım sisteminden vazgeçilmesi noktasında tereddüt ettiler. Toplam olarak ekstra konstrüksiyon ve mühendislik sistemi yatırımı net konstrüksiyon maliyetlerinin % 0-17 arasında olduğu tespit edilmiştir [29]. Özgül ekstara maliyet yatırımı, 91 Euro/m² veya toplam bina maliyetinin % 8'i kadardır. PE'ler deki ısı tasarrufu fiyatının ortalaması 6,2 Cent/KWh'dir.

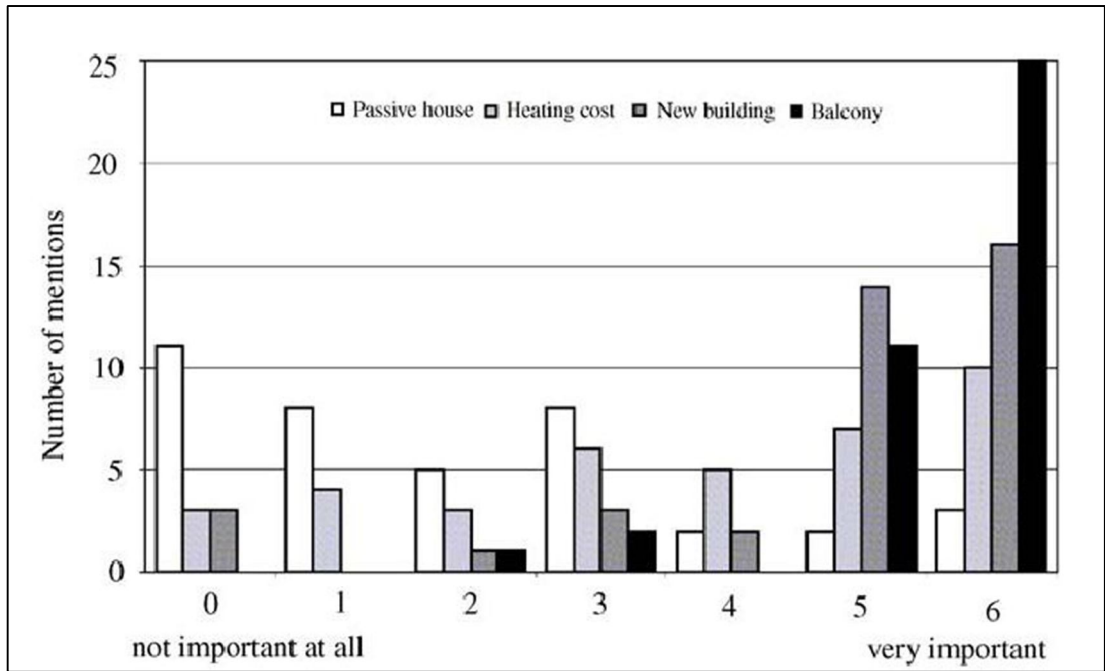
PE standardının ilave yatırım maliyetlerinin gelecekte önemli ölçüde düşmesi beklenebilir. Uygun pencereler ve yüksek verimli havalandırma sistemleri ilave fiyatların çoğunu dengelediği halde, ısı yalıtımı henüz nispeten ucuzdur. Eğer PE'nin 3 camlı pencereleri toplu imal edilirse, çift camlı konvansiyonel pencerelerden sadece % 10 pahalı olur. Yatırım maliyetlerinin tutarı analiz edildiğinde, birkaç yıl içinde, PE'lerin şimdiki enerji fiyatlarında bile daha ekonomik olacağı beklenmektedir.

7.3.5. Pasif Ev Kullanıcı Memnuniyeti

Birçok çalışmada PE sahiplerinin memnuniyetinin oldukça yüksek seviyelerde olduğu görüldü. Kışın iç ortam havasının memnuniyeti, sakinlerin büyük bir çoğunluğu tarafından oldukça iyi biçimde belirtilmiştir. Tek bir sakin bile olumsuz görüş bildirmemiştir. Dahası yüzey sıcaklıklarının yüksek olması ve hatta iç ortam sıcaklık dağılımı (sıcaklık katmanlaşması olmaksızın) normal evlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksek memnuniyet sağladığı görülmüştür. Yazın bile PE sakinleri, iç ortam havası ölçme sonuçlarına göre % 88 oranında memnun veya çok memnun olduklarını onaylamışlardır. PE sakinleri % 95 oranında hava kalitesinin iyi ve ya çok iyi olduğunu belirtmişler; havalandırma ve ısı geri kazanım sisteminin her ikisinden de hiçbir olumsuz görüş bildirilmemiştir [24]. Kullanıcı memnuniyetine ait raporlar CEPHEUS çalışmaları kapsamında rapor edilmiştir.

Isıl konfor teorisine göre iç hava sıcaklığı, iç ortamı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığından daha yüksek olmalıdır. Duvarların ve pencerelerin süper yalıtımı nedeniyle yüzey sıcaklıkları iç hava sıcaklığına çok yakındır. Yine de iç hava sıcaklıkları normal binalardan daha düşük değildir. Bunun anlamı daha yüksek çalışma sıcaklıkları nedeniyle bir konfor kazancı vardır.

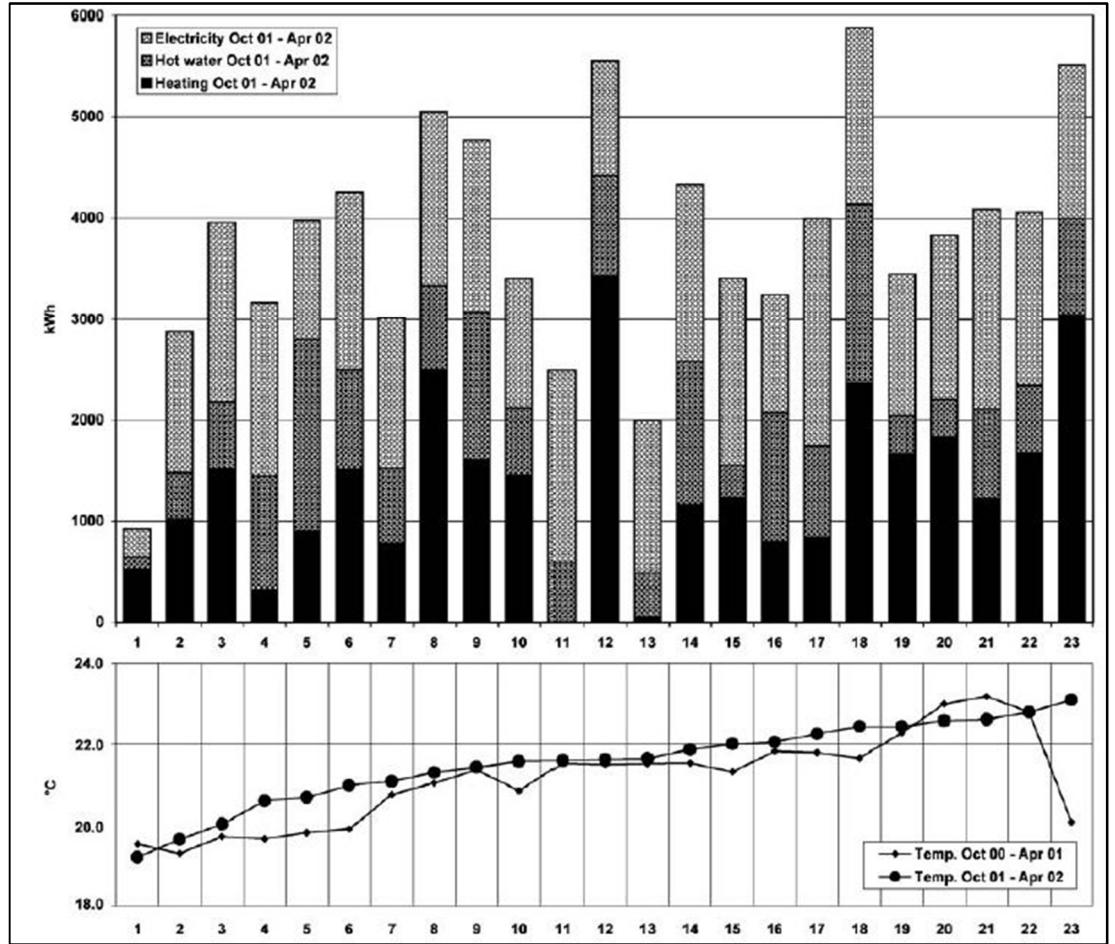
Havalandırma davranışı bir PE'nin enerji performansını güçlü bir biçimde etkileyebilir. Pencere açılarak düzenli havalandırma yapılması iki dezavantaja sahiptir: pencerelerin açılmasıyla havalandırma oranı artar. Bu nemin azalmasına yol açar. Diğer taraftan ısı geri kazanımının etkinliği düşer ki bu da önemli ölçüde daha yüksek enerji girişine yol açar. Bu nedenle PE kullanıcılarının pencereleri kapalı tutma istekleri enerji performansı açısından belirleyici bir faktördür.



Şekil 7.7. Pasif eve taşınma nedeni anketi [29].

Şekil 7.7'de insanların PE'ye taşınmasının nedenlerini gösterilmiştir. Açıkça görülmektedir ki en az önemsenen sebep yapının Pasif Ev olmasıdır. Yeni bir bina olması oldukça büyük bir paya sahiptir. Bunun yanında balkon olmasaydı çoğu kimse bu evlere taşınmazdı.

İlk kıştan önce alışılmamış havalandırma sistemi hakkında çok büyük bir şüphe vardır. “Havalandırma sistemi kış boyunca sizi ısıtmayacağı konusunda endişeli misiniz?” sorusuna şu şekilde cevap alınmıştır: 0’ dan (hiç endişeli değilim) 6’ ya (çok endişeliyim) kadar, görüşülen 29 tane Pasif Ev sakininin 21 tanesi 3 ve 6 arasında cevap vermiştir. İlk kıştan sonra aynı kişilere “havalandırma sisteminin dairenizi ısıtmasından memnun kaldınız mı?” sorusuna şu şekilde cevap verdiği görülmüştür: 0’ dan (hiç memnun değilim) – 6’ ya (çok memnunum) kadar görüşülen 29 Pasif Ev sakininin 26 tanesi 3 ve 6 arasında cevap vermiştir [29] ve ortalama puan 4,7 olmuştur.

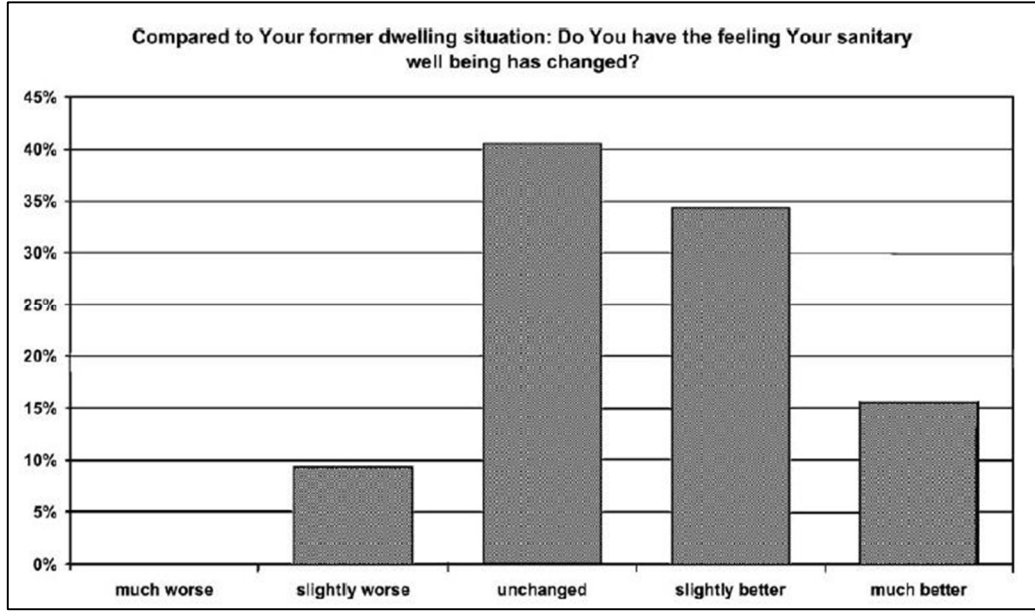


Şekil 7.8. Enerji kullanımı ve iç ortam hava sıcaklığı ilişkisi.

Evde kullanılan enerji alanında kullanıcı davranışı hakkındaki geleneksel araştırmada, amaç, psikolojik değişkenler nedeniyle kişilerin enerji talebi için doğrudan açıklamalar bulmaktır. Genellikle sıcaklık, enerji talebi üzerine doğrudan

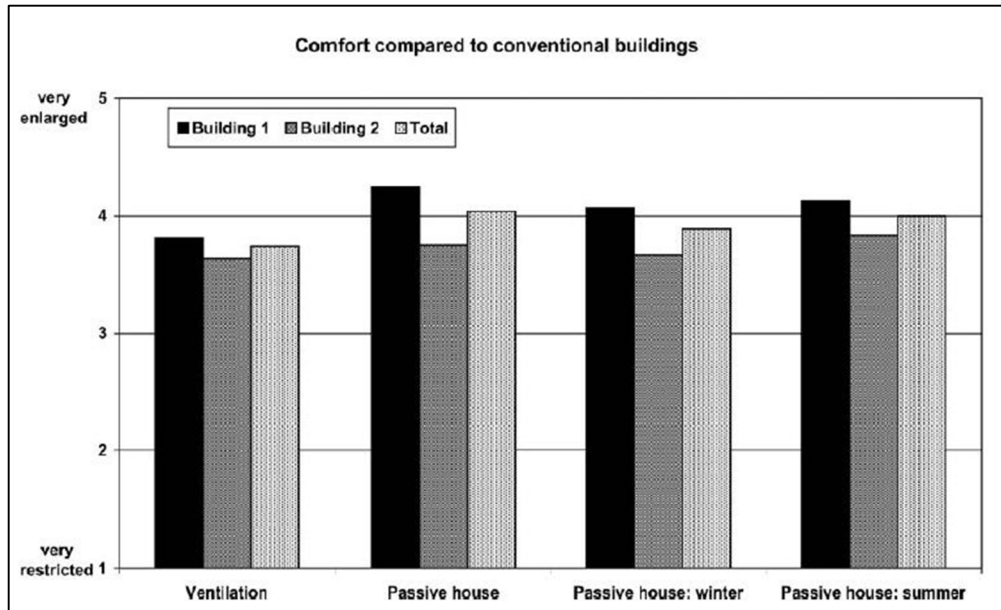
etki eden en önemli belirteçtir. Maalesef bu ilişki, psikolojik modellerden (örneğin Fishbein–Ajzen'nin planlı davranış modeli) gelen muhtemel ısı talebinin anlaşılmasını imkânsız hale getirecek şekilde, çok aileli PE'lerde artık geçersizdir. Şekil 7.8 mahal ısıtmada kullanılan enerji ve ortalama iç hava sıcaklığı arasında çok zayıf bir ilişki olduğunu gösterir. Bu şekil ortaya çıkarmaktadır ki dairelerdeki mahal ısıtma enerjisi ve daire içindeki ortalama sıcaklık arasındaki ilişki oldukça düşüktür ($r=0,38$) çünkü daireye toplam enerji girişi ve dairedeki sıcaklık arasında bağıntı vardır ($r=0,5$). İlk bakışta bu durumun “iç hava sıcaklıkları mahal ısı tüketiminden önemli bir ölçüde etkilenir” düşüncesine ters olduğu görülür. Daha derine inildiğinde bütün binada ortalama iç sıcaklık ve mahal ısı talebi arasındaki bu bağıntı yüksektir. Eğer çok aileli apartmanlardaki daireler söz konusuysa, bu bağıntı, özellikle bütün binanın enerji dengesinden etkilenmeyen komşu daireler arasındaki karşılıklı ısı geçişinden dolayı çok düşüktür çünkü bunlar binanın içinde yer alır. Daireler arasındaki bu ısı akışının mutlak miktarı sıradan binalarla aynıdır. PE'lerdeki çok düşük toplam tüketimden dolayı, bir dairenin mahal ısı talebindeki bu karşılıklı ısı geçişinin bağıl paylaşımı diğer binalardan daha fazladır, öyle ki bu durum mahal ısı talep bağıntısındaki sıcaklığı azaltır. Normal evlerle karşılaştırıldığında normal ısıtma ve sıcak su ile elektrik enerjisi arasındaki bağıntı hayli bozuktur. Normal evlerde mahal ısıtması için gerekli enerji, sıcak su ve elektriğe nazaran ağır basarken PE'lerde bu 3 enerji kaynağının payları hemen hemen aynıdır. Isıtmaya katkıda bulunan diğer faktör ev sakinlerinin vücut ısısıdır. Bu pay, yukarıda sayılan diğer enerji kaynaklarındaki gibidir.

Sürdürülebilir binalar sadece çok az enerjiye ihtiyaç duymazlar aynı zamanda insan yaşam konforunu ve insan sağlığını olumlu yönde arttırmaları. Düşük enerjili evler terleme ve küf oluşumu problemlerine çoğunlukla yatkındırlar ve buda aynı zamanda ev sakinlerinin sağlığını etkiler. PE'lerde ev sakinleri tarafından herhangi bir küf problemi rapor edilmemiştir. Ev sakinleri Şekil 7.9'da gösterildiği gibi rahatlıkları açısından PE'nin oldukça pozitif bir etkide olduğunu hissetmişlerdir.



Şekil 7.9. Sıhhi refah değişimlerinin değerlendirilmesi [29].

Ev sakinlerinin yaklaşık % 50 si öncesine göre daha iyi olduklarını hissediyorlar. Sıradan yeni evlerle ilgili yeterli bilgi olmaması nedeniyle PE’lerdeki bu etkinin kısmen PE’lerin basitçe yeni oluşuyla açıklanabilir. Geleneksel evlerle karşılaştırıldığında konforun değerlendirilmesinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 7.10’da geleneksel binalar ile PE arasında yapılan karşılaştırma görülmektedir.



Şekil 7.10. Konforun değerlendirilmesi [29].

Oldukça kolay havalandırma kontrolü, oldukça yüksek ısı konfor ve hava kalitesi ev sakinlerinin oldukça yüksek konfor hissi duymasına yol açmıştır. Ayrıca ev sakinleri ısıtma fiyatlarının son derece düşük olduğunun farkına varmaktadırlar. Geleneksel binalardaki ev sakinlerinin tersine, mahal ısıtma fiyatları göz önüne alındığında PE'deki ev sakinleri artan enerji fiyatlarından hemen hemen hiç etkilenmemişlerdir. Ev sakinleri tarafından PE'lerin böyle yüksek bir kabulde olması bu etkili bina tipinin pazarlanmasında ve yaygınlaşmasında hayati öneme sahip olacaktır.

PE, çoğu ülkelerin mevcut bina yönetmeliklerinin ötesindeki birkaç adımdır. Bina yönetmeliklerini gereğince değiştirmek için çok erken olmasına rağmen mevcut ve gelecekteki bina standartları arasında bazı aşamaları geçmek, nispeten makul politik desteklerle mümkün olabilir.

BÖLÜM 8

ULUKAYA PASİF EVİ MİMARİ TASARIMI

“Ulukaya Pasif Evi” Bodrum Kat, Zemin Kat ve 1. Kat olmak üzere üç kattan oluşmaktadır. Bodrum kat aktif yaşam alanı içermeyip tesisat odası, depo ve hobi odasından oluşur.

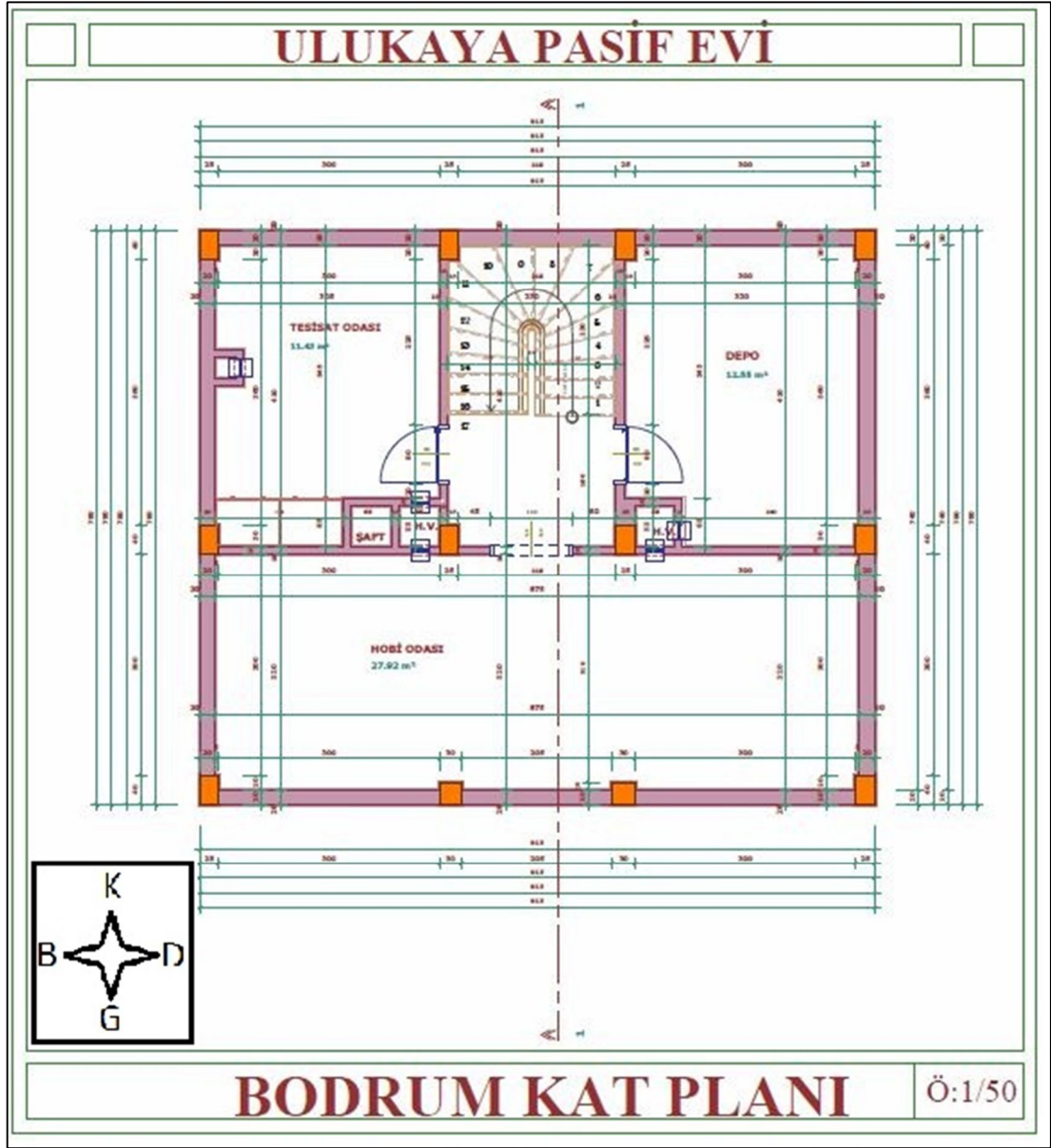
Bina girişi zemin katta olup 0.00 kotundadır. Binanın girişi ilk olarak küçük bir antreye açılmaktadır. Direkt olarak yaşam alanına giriş yapılmaz. Bunun temel sebebi ısı kayıplarını minimize etmektir. Antrenin sol tarafındaki duvardan WC'ye kapı açılmaktadır. Tuvalet ısıtılan hacim olmadığından binanın giriş tarafına ve de kapısı antreye açılacak şekilde yerleştirilmiştir. Aynı zamanda merdiven sahanlığı ile birlikte binanın kuzey cephesine yerleştirilerek daha değerli olan güney ve doğu yönlü cepheler yaşam alanlarına ayrılabilmiştir. Antre bir hole açılmaktadır. Holde ise kiler, yatak odası ve salona açılan kapılar bulunmaktadır. Şekil 8.2.'deki Ulukaya Pasif Evi zemin kat planında görüldüğü gibi, günlük hayatta en çok kullanılan alan olan salon binanın güney cephesinde yer almaktadır. Böylece güneşten maksimum istifade sağlanmış olur. Aynı zamanda mutfak, salonun içerisinde yer almaktadır ve binanın güney batı tarafındadır. Binanın güney cephesindeki cam alanı oldukça fazladır. Güneş etkisi ile pasif ısıtma ve doğal aydınlatmadan yararlanılmaya çalışılmıştır.

Şekil 8.3'de görüldüğü gibi binanın 1. Katında güney batı cephesinde 1 adet, güney doğu cephesinde 1 adet ve de kuzey doğu cephesinde 1 adet olmak üzere toplam 3 oda bulunmaktadır. Bununla birlikte güney batı cephesinde yer alan oda ebeveyn yatak odası olarak düşünülmüştür. Ebeveyn yatak odası bir iç kapı ile dolap odasına açılmaktadır. Binanın yine güney cephesinde, iki yatak odasının açıldığı bir adet hol bulunmaktadır. Burada holden balkona kapı açılmaktadır. Binada sadece 1 adet balkon bulunmaktadır. Yine zemin katta olduğu gibi merdiven sahanlığı ve bir ıslak

hacim olan banyo için binanın kuzey cephesi tercih edilmiştir. Banyo ile WC gibi ıslak hacimlerinin Zemin Kat ve 1. Katta aynı hizada üst üste gelmesi sağlanarak tesisat uygulamaları için kolaylık sağlanmıştır. Çizelge 8.1’de binanın kullanım alanlarının metrekareleri ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 8.1. Ulukaya Pasif Evi kullanım alanları (m²).

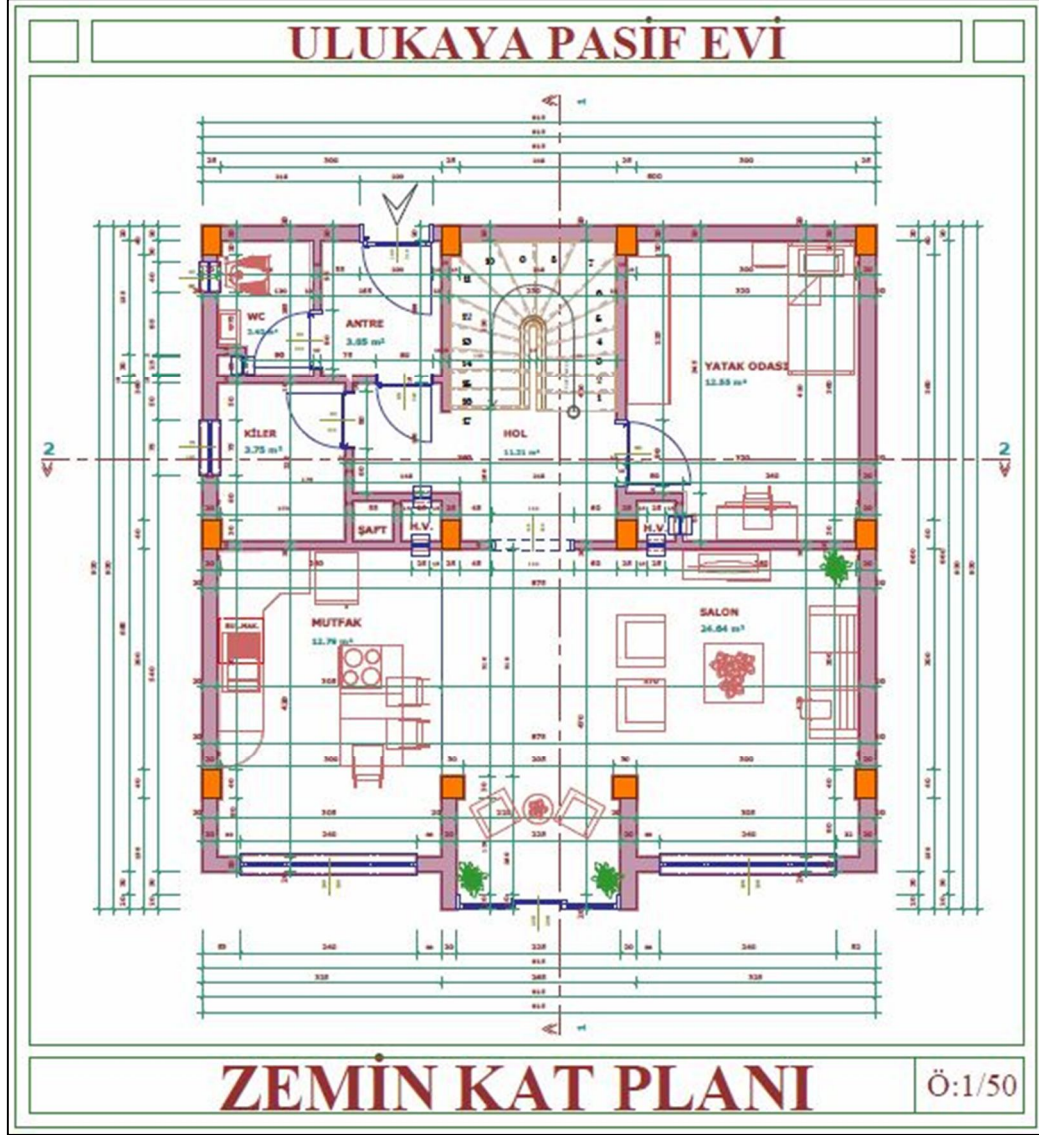
Bodrum Kat (m²)		Zemin Kat (m²)		1. Kat (m²)	
Tesisat O.	11,43	Salon/Mutfak	37,43	E. Yatak O.	11,27
Depo	12,55	Oturma Odası	12,55	Dolap O.	3,75
Hol (1)	9,36	Kiler	3,75	Yatak Odası (1)	11,27
Hobi Odası	27,92	WC	2,40	Yatak Odası (2)	12,55
		Antre	3,05	Hol (3)	11,21
		Hol 2	11,21	Hol (4)	7,60
				Banyo	5,47
BK Toplam (m ²): 61,26		Zemin Kat Toplam (m ²): 70,39		1.Kat Toplam (m ²): 63,12	
Toplam Bina (m²): 194,77					



Şekil 8.1. Ulukaya Pasif Evi bodrum kat planı.

Ulukaya Pasif Evi Bodrum Kat planı, Şekil 8.1’de de görüldüğü gibi dört bağımsız birim içermektedir. Bunlar; tesisat odası, hobi odası, depo ve bu üç hacmin açıldığı bir holden oluşur. Binanın su basman kotu (0.00 kotu) giriş ile aynı kot yüksekliğinde olup, bodrum katı tamamen toprağa gömülmüştür. Doğal olarak havalandırma mevcut değildir. Tesisat Odası, binanın HVAC sistemlerine ait tüm cihaz ve ekipmanların kurulumu ve yönetilmesi için tasarlanmıştır. Depo odası, isminden de anlaşılacağı üzere ikincil öncelikle olup gerektiğinde kullanılan

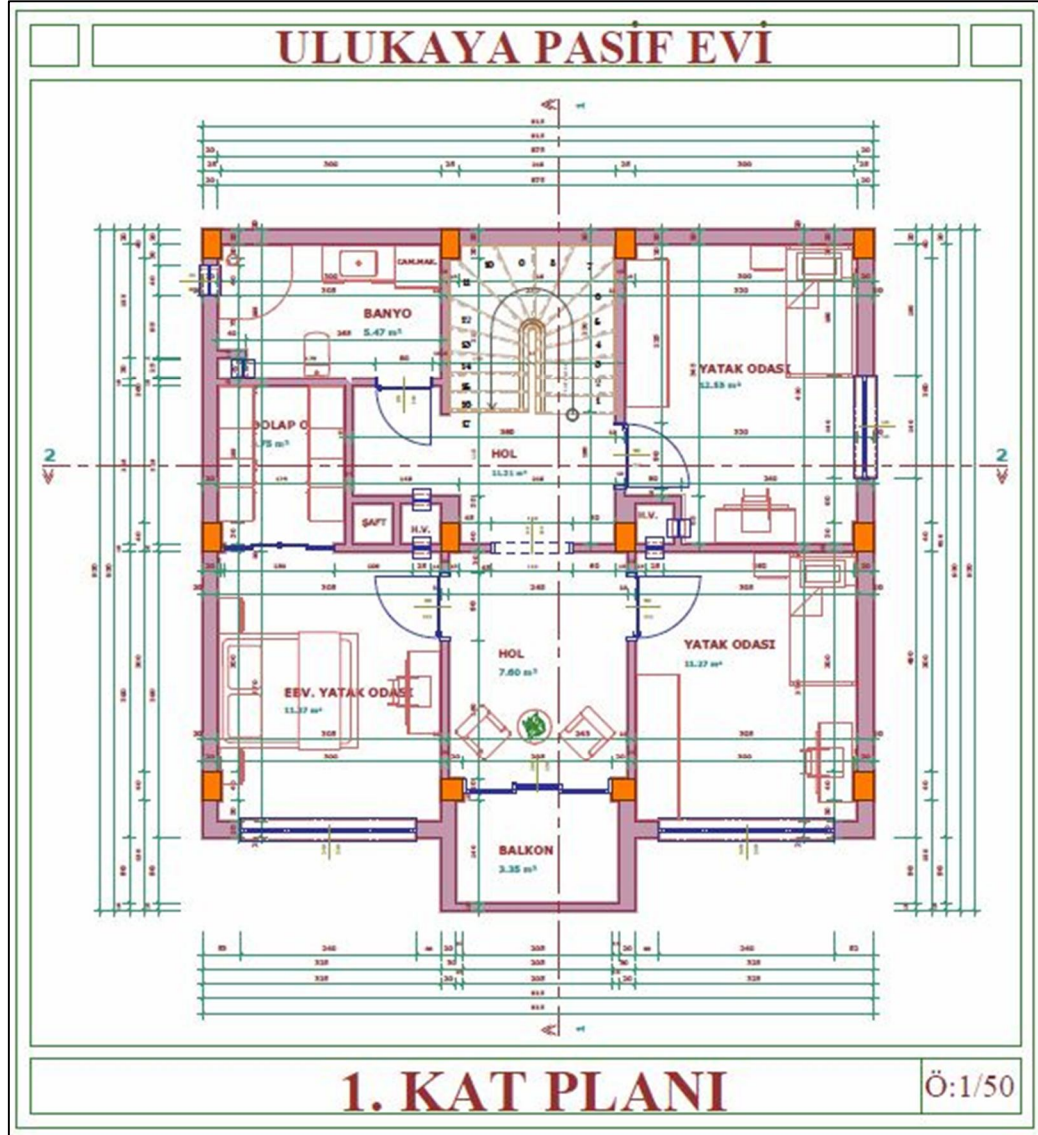
eşyaların saklanması ve istiflenmesine ayrılmış alandır. Hobi odası ise kullanıcı zevk ve isteklerine göre dizayn edilip kullanılabilir bir alan olarak düşünülmüştür.



Şekil 8.2. Ulukaya Pasif Evi zemin kat planı.

Ulukaya Pasif Evi'nin Zemin Katı ise ideal bir Türk ailesinin isteklerine cevap verecek genişlikte olup, günlük yaşamlarının büyük bir kısmının geçirecekleri düşünülen mekân olarak düşünülmektedir. Şekil 8.2'de görüldüğü gibi zemin kat, her biri iç kapılar ile birbirinden ayrılmış altı bağımsız birimden oluşmaktadır. Bunlar; Tuvalet, Antre, Kiler, Merdiven Holü, Oturma Odası ve Mutfak-Salon birimleridir. Zemin Kat 'da bulunan Oturma Odası isteğe bağlı olarak Yatak Odası olarak da

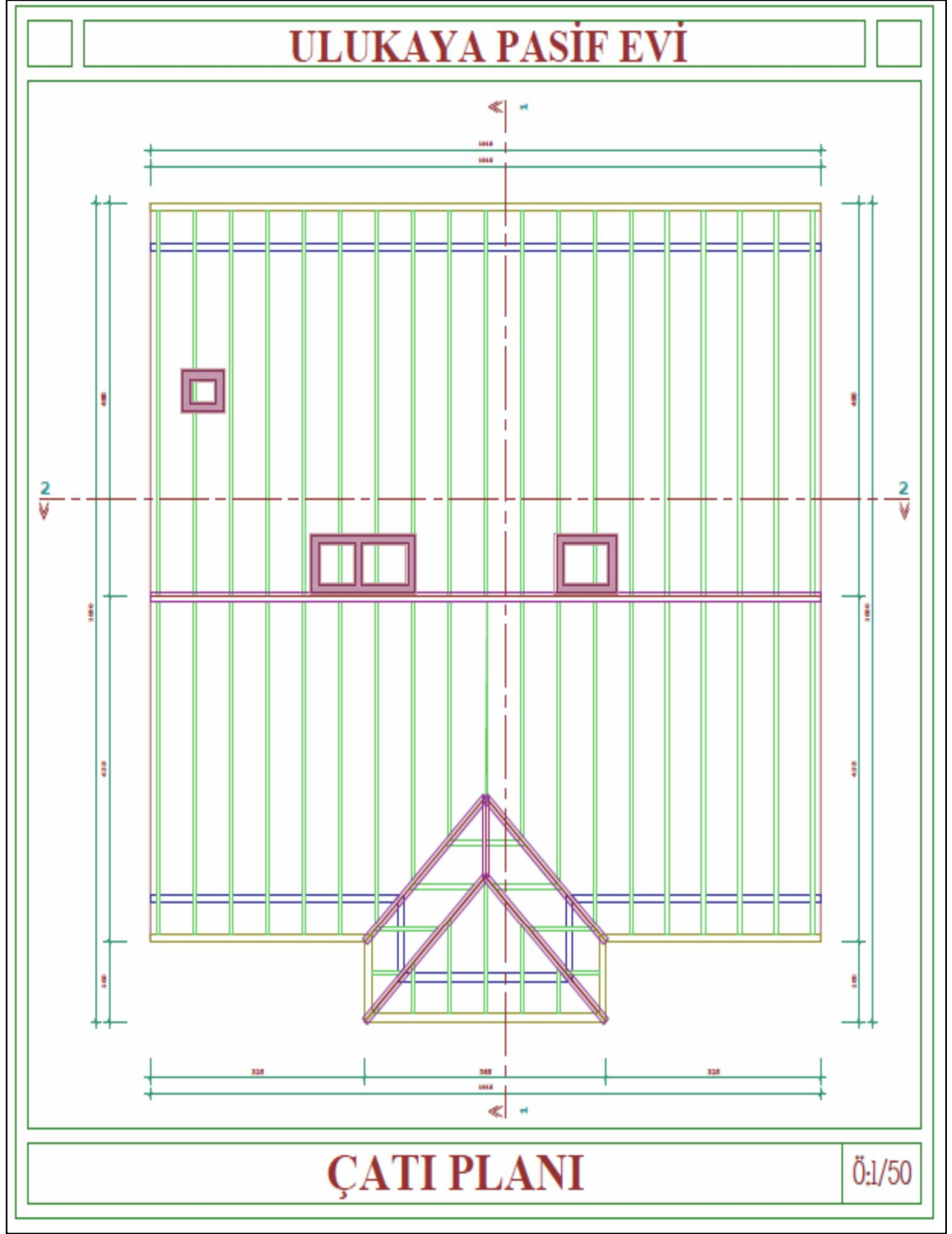
kullanılabilir. İçinde yaşayacak ailenin kişi sayısı, çekirdek ya da geniş olması gibi unsurlar belirleyici olacaktır. Yine Kiler olarak tasarlanan hacim kullanıcı istekleri doğrultusunda farklı amaçlara hizmet edebilir. Bu konuda çamaşır odası veya ütü odası iyi bir öneri olabilir.



Şekil 8.3. Ulukaya Pasif Evi 1.kat planı.

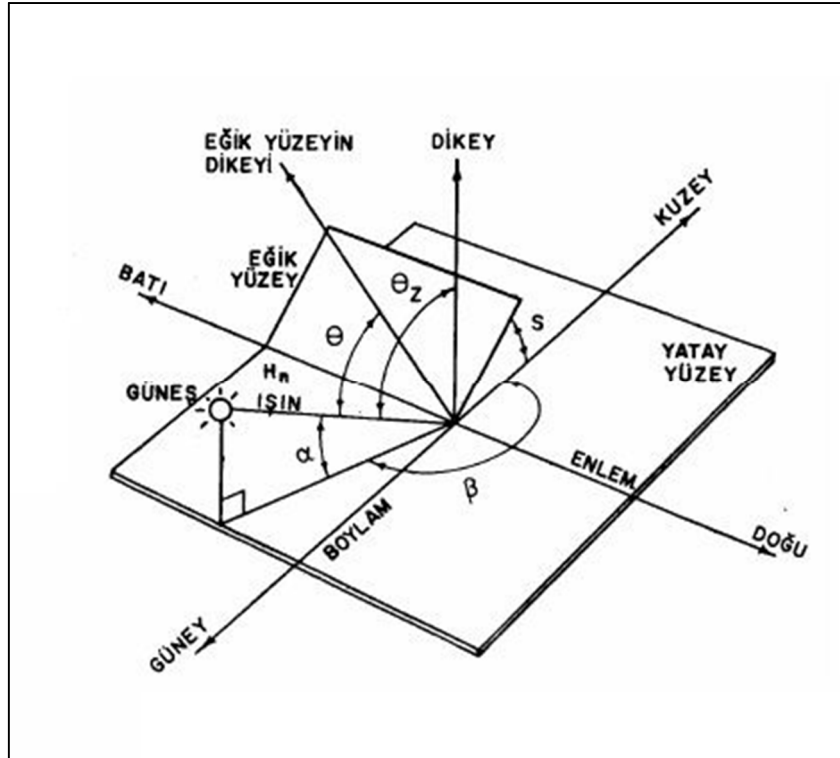
Ulukaya Pasif Evi'nin 1.Katı binanın uyku ve dinlenme gibi gece eylemleri ile banyo vb. kişisel ihtiyaçların giderildiği hacimleri içerir. Zemin Kat ve 1. Kat alanlarının tasarımındaki en temel fark, gündüz hacimleri ve gece hacimlerinin birbirinden ayrılmış olmasıdır. 1. Kat alanı yedi bağımsız birim ve bir adet balkondan

oluşmaktadır. Şekil 8.3’de görüldüğü gibi Ebeveyn Yatak Odası, ayrıca kendi içinden geçilebilen bir Dolap Odası ile ilişkilendirilmiştir. Ebeveyn Yatak Odası ile onun hemen karşısında yer alan Yatak Odası geniş bir hole açılmaktadır.



Şekil 8.4. Ulukaya Pasif Evi çatı planı.

Balkon çıkışı bu hol üzerindedir. Bu alan tefriş edilebilir genişlikte olup küçük çaplı bir salon gibi kullanılabilir. Kitap-gazete okuma gibi eylemler için gün ışığından daha fazla yararlanmak adına oldukça kullanışlı bir alandır. Ulukaya Pasif Evi'nin çatı planı Şekil 8.4'de görüldüğü gibi orta eğimli beşik çatıdır. Çatı kırma eksenini binanın Doğu-Batı eksenindedir. Binanın çatı eğimi, enlem ve global radyasyon değerleri gözetilerek hesaplanmıştır.



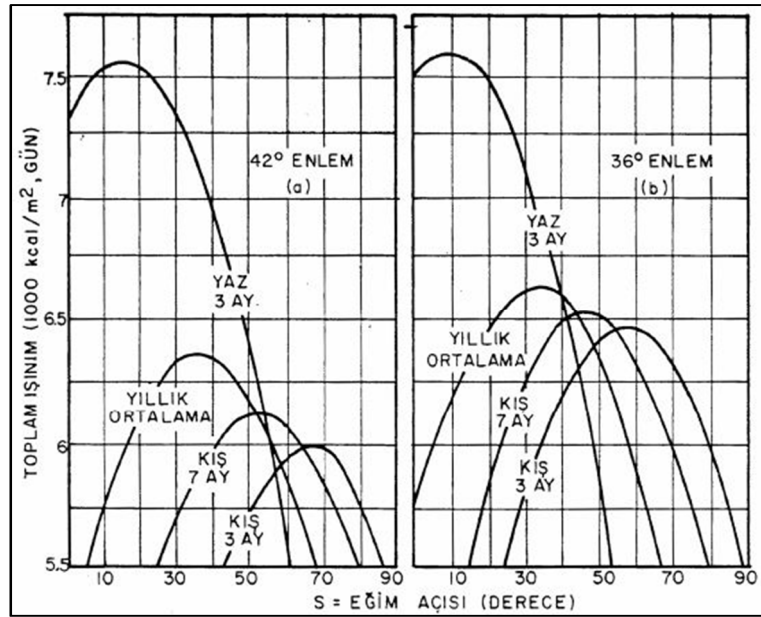
Şekil 8.5. Güneş açılarının gösterimi [31].

Güneş ışınları ile dünya üzerindeki yüzeyler arasında belirli açılar vardır. Şekil 8.5'de güneş açılarının bazıları görülmektedir. Bu açılar hakkında bilgi edinilerek güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanılabilir.

- Deklinasyon açısı (δ): Dünya-güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi yaptığı açıdır. Kuzey yarımküre için artı değerlidir. Deklinasyon açısı $-23,45^\circ$ (21 Aralık kış gündönümünde) ile $+23,45^\circ$ (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olur.

- Geliş açısı (θ): Eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır.
- Hava kütlesi (m): Işın radyasyonun geçtiği atmosfer kütesinin, güneş tam tepede iken ışın radyasyonun içinden geçeceği atmosfer kütesine oranıdır.
- Zenit açısı (θ_z): Yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasında oluşan açıdır.
- Yükseklik açısı (α): Güneş ışınımı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.
- Güneş azimut açısı (β): Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Örneğin saat 12.00 de 180° dir.
- Yüzey azimut açısı (λ): Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. -180° ile 180° arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı, batıya yönelen yüzeyde ise eksi değer alır.

Mevcut enerji sıkıntısını gidermek amacı ile güneş enerjisinin kış aylarında ısıtma giderlerine olumlu bir katkıda bulunmasını sağlamak temel hedeftir. Bu nedenle düz toplayıcıların optimum eğim açılarının saptanması gerekir. Şekil 8.6'da Türkiye için optimum eğim açıları görülmektedir [31].



Şekil 8.6. Türkiye için (36° - 42° Enlem) optimum eğim açısı (S, derece) [31].

Türkiye 36 ° - 42 ° Kuzey enleminde yer almaktadır [32]. Şekil 8.6'daki grafikler iki farklı enlemde eğim açısına bağlı metrekaşe başına düşen toplam ışınım değerini göstermektedir. Yazın üç ay, kışın üç ay, kışın yedi ay ve yıllık ortalama olmak üzere dört farklı durum için çizelgede gösterilmiştir. Yaz aylarında küçük eğim açılarında oldukça yüksek güneş radyasyonu gözlenirken, kış aylarında güneş ışınımı değerlerinin sayısal olarak azaldığı, buna bağlı olarak eğim açısının artırılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Prof Dr. Olcay KINCAY güneş enerjisi ders notlarında [31] optimum eğim açısı için geliştirilen basit bir denklem sunmaktadır.

- Yıllık optimum verim için;

$$S = \text{Enlem} \times 0,9 \quad (8.1)$$

- 7 aylık kış mevsimi için;

$$S = \text{Enlem} + 15^\circ \quad (8.2)$$

- Kış mevsiminde en soğuk üç ay için;

$$S = \text{Enlem} + 25^\circ \quad (8.3)$$

- Yaz mevsimi için;

$$S = \text{Enlem} - 25^\circ \quad (8.4)$$

Enleme ilave edilen sayısal değerlerin nedeni Zenit açısıdır. Bu açı kışın büyümekte yazın ise küçülmektedir. İdeal konumdan 15° sapma halinde enerji kayıp oranı % 6'dır [31]. Mimari ve diğer etkenler nedeni ile ideal açı uygulanamazsa enerji kayıpları büyük olmayacaktır.

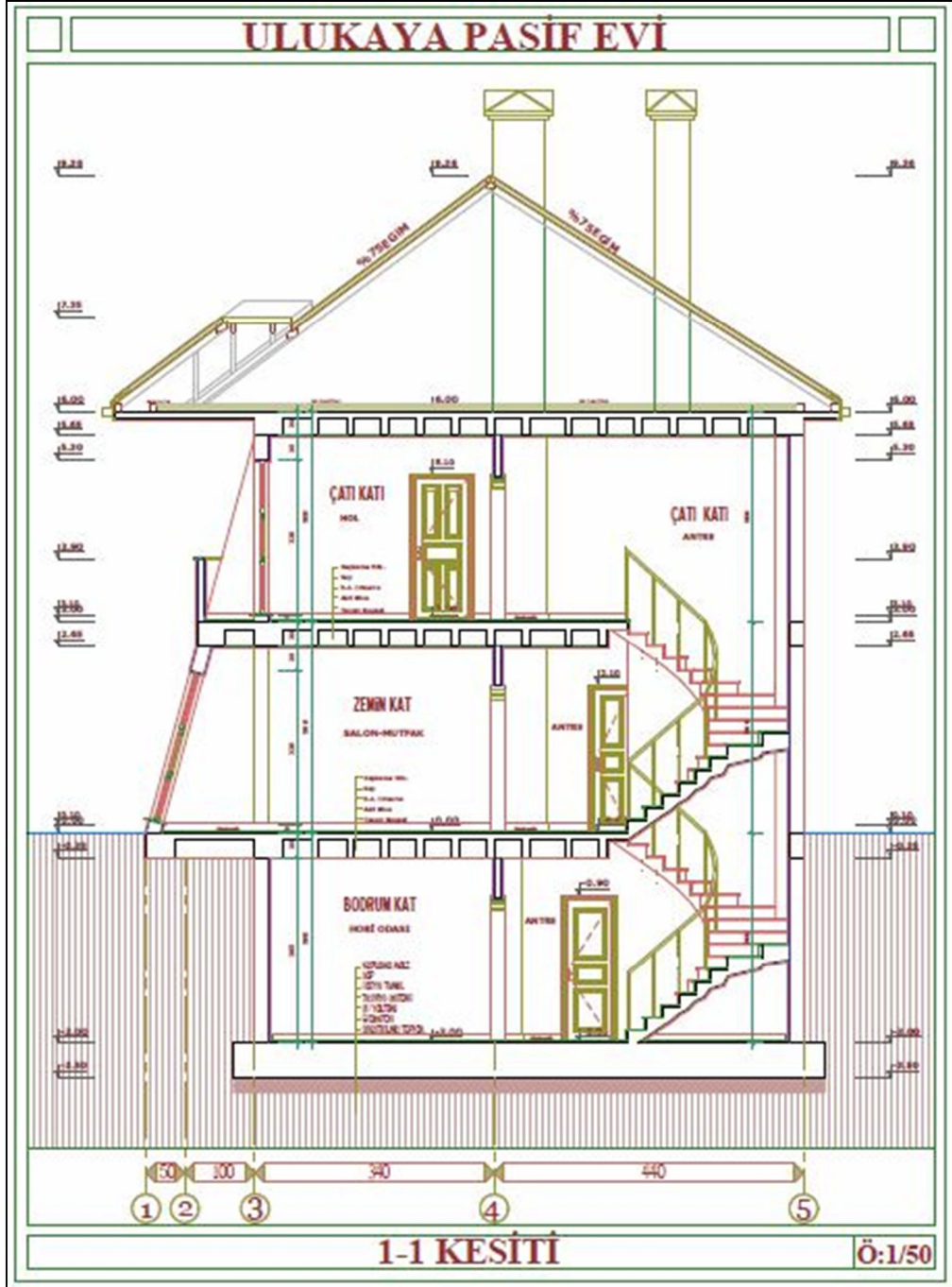
Karabük ili 41° 12' enleminde yer almaktadır [36]. Karabük ilinin coğrafi konumu dikkate alındığında eşitlik (8.1) kullanılarak yıllık optimum eğim açısı şu şekilde hesaplanabilir;

$41^\circ 12' = 41 + (12/60) = 41,20^\circ$ elde edilir. Burada dakika, dereceye çevrilmiştir.

$S = \text{Enlem} \times 0,9 = 41,20^\circ \times 0,9 = 37,08^\circ$ bulunur.

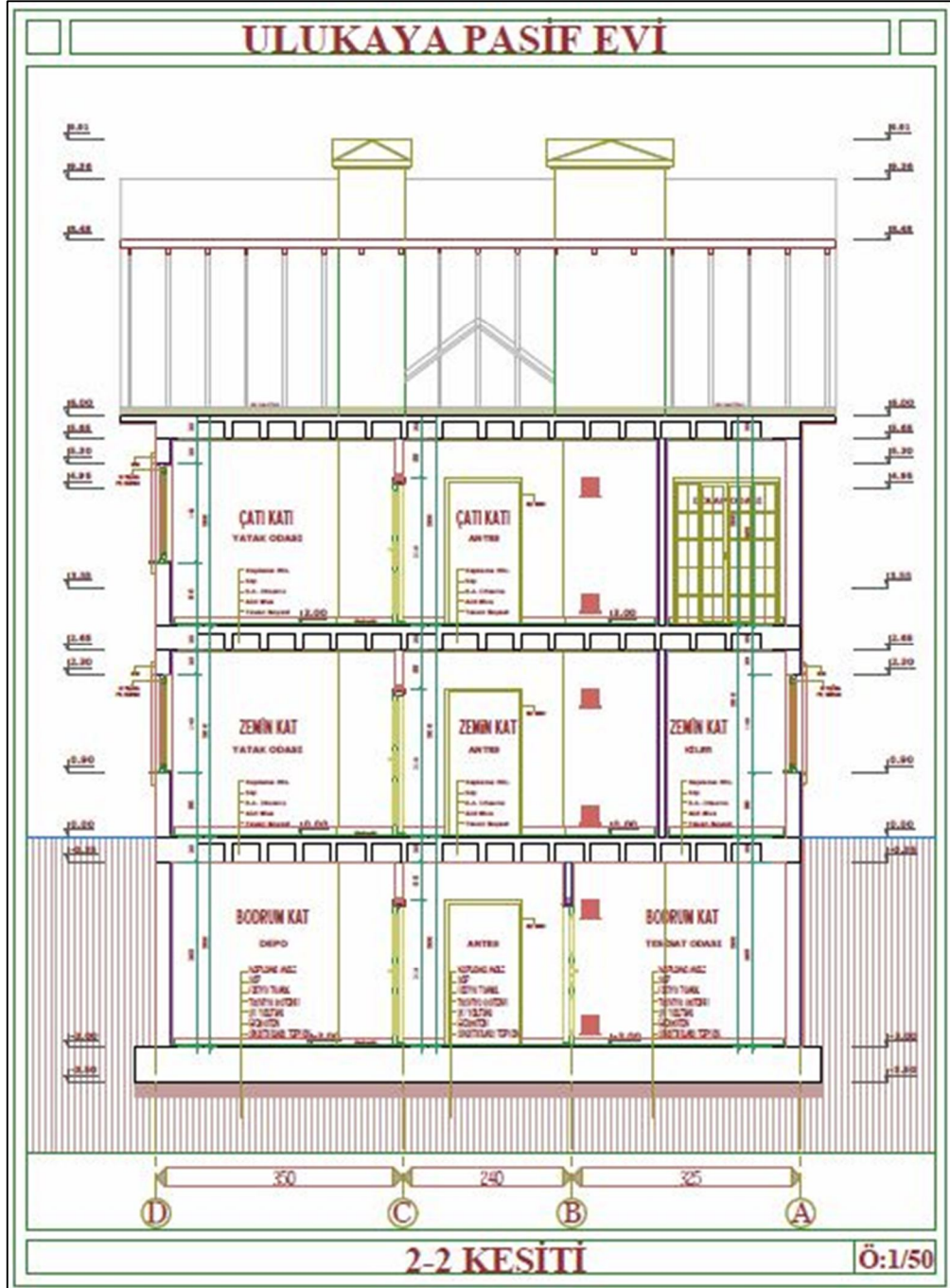
Karabük ili optimal eğim açısı 37° olarak kabul edilebilir. Fotovoltaik panel kullanımı için genel bir kural olarak yaz aylarında 30°, bahar aylarında ise 40° lik bir eğim tavsiye edilmektedir. Buradan hareketle çatı yüzeyinde ve de çatı eğimine

paralel yerleştirilecek olası fotovoltaik panel ve ya güneş kollektörü uygulaması için ideal çatı eğimi 30° ile 40° arasında seçilmesi, yıl boyunca maksimum güneş radyasyonu elde edilebilmesi adına önemli bir yaklaşımdır [33]. Ulukaya Pasif Evi'nin çatı eğimi % 75 yani $36,87^\circ$ olarak tasarlanmıştır (%75 eğim $\Rightarrow \tan\alpha=0,75 \Rightarrow \alpha= 36.87^\circ$ dir).



Şekil 8.7. Ulukaya Pasif Evi 1-1 kesiti.

Ulukaya Pasif Evi'nin 1-1 ekseninde kesit görünüşü Şekil 8.7'de görülmektedir. Bodrum Kat, Zemin Kat ve 1.Kat için kat yüksekliği eşit ve 3 metredir. Binanın tüm katlar için temiz kat yüksekliği (bulunduğu katın basılan döşeme üstünden, bir üst katın döşeme altına kadar olan mesafe) 2,65 metredir.



Şekil 8.8. Ulukaya Pasif Evi 2-2 kesiti.

Şekil 8.8’de ise Ulukaya Pasif Evi’nin 2-2 eksenindeki kesit görünüşü verilmiştir. Binanın temel üstü kotu -3.00 m, Zemin Kat kotu 0,00 m, 1. Kat kotu +3.00, Çatı Katı kotu +6.00 m olup mahya kotu ise 9,36 m.’dir.

8.1. ULUKAYA PASİF EVİNİN YAPI BİLEŞENLERİ

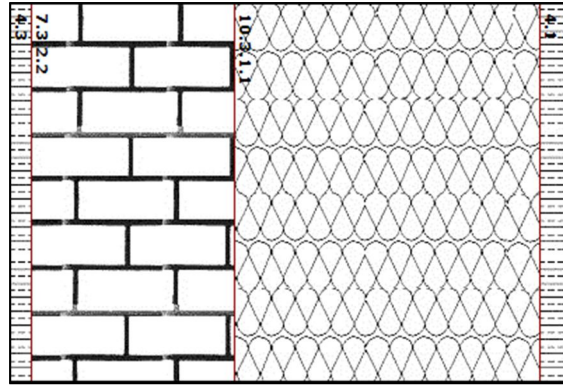
Ulukaya PE’de dış duvar için yapı bileşeni Gazbeton’dur. Gazbeton; silisli kum (kuvarsit), çimento, kireç ve su karışımıyla oluşturulan harcın, basınçlı buhar altında sertleşmesi ile elde edilen gözenekli bir yapı malzemesidir. Yapısının % 84’ü durgun hava içeren gözeneklerden oluşur. Gazbetona yüksek ısı yalıtımı ve en hafif yapı malzemesi olma özelliğini sağlayan, bu küçük gözenekler içine sıkışmış kuru havadır.

Çizelge 8.2. Gazbetonun sınıfları ve fiziksel özellikleri [21].

Sınıf İşareti	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Basınç Dayanımı N/mm ²	Isı İletkenlik Hesap Değeri* (λ) W/mK	Yanıcılık Sınıfı
G2/04	400	2,5	0,13	A1
G3/05	500	3,5	0,16	A1
G4/06	600	5,0	0,19	A1

Yukarıdaki çizelgede (Çizelge 8.2) görüldüğü gibi gazbeton oldukça düşük ısı iletkenlik hesap değeri ile dış duvar yapı bileşeni olarak önemli bir malzemedir. Gazbeton duvar örgü malzemesi yoğunluğu düşük "masif" bir malzemedir. Yüksek düzeyde ısı yalıtımı ve makul düzeyde de ses yalıtımı sağlar. Gazbeton, DIN 4102 normuna göre birinci derecede “yanmaz” üründür ve 1200° C’ye ulaşan sıcaklığa dayanır. Bu özelliğiyle yapılarda yangın güvenliği sağlayan güvenilir bir malzemedir. Hassas boyutlarda üretilen bir yapı malzemesidir. Milimetrik duyarlılıkta kesilebilir olması uygulama kolaylığı sağlar. Kolay işlenebilen; delme ve oyma işlemleri kolaylıkla yapılabilen bir yapı malzemesidir. Düzgün yüzeyli ve düzgün kenarlıdır. Bu özelliği gazbeton duvarlar üzerine yalın bir boya veya ince bir yüzey kaplama tabakası yeterli kılar.

Gazbeton, doğal hammaddeler ile tarım toprağı kullanılmadan üretilir. Hafifliğı ve sağladığı yalıtım sayesinde karbon emisyonunu azaltır. Fireleri üretimde değerlendirilerek sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Çevreye duyarlı özellikleri “Yeşil Bina” projelerinde ön plana çıkmasına katkı sağlar. Az enerjiyle, tarım toprağı kullanılmadan üretilen gazbeton, radyoaktif ve toksit madde içermez. Hem üretim hem de inşaat aşamasında çevreyi kirletmez, insan sağlığına zarar verici madde barındırmaz. Isı yalıtım özelliğı sayesinde yakıt tasarrufu sağlarken havayı kirletmez. Diğer yapı malzemelerinden farklı olarak, üretimde daha az hammadde kullanıldığı için, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar. Yoğunluğu düşük “masif” bir duvar malzemesi olan gazbeton, hafifliğı ve sağlamlığı ile binalardaki yükleri azaltarak deprem güvenliği sağlar. Bina, gazbetonun sağladığı hafiflik ve esneklik nedeniyle deprem dayanıklılığı daha fazla olacaktır.



Şekil 8.9. Ulukaya PE'nin dış duvar (DH-1) yapı bileşeni kesit görünüşü.

Ulukaya PE'nin DH-1 dış duvar yapı bileşenini Çizelge 8.3'de ve Şekil 8.9'da gösterilmiştir. DH-1 içten dışa doğru sırasıyla iç sıva, gazbeton, yalıtım ve dış sıvadan oluşmaktadır. Çizelgedeki malzeme tanımlamaları TS 825 standardından alınmıştır.

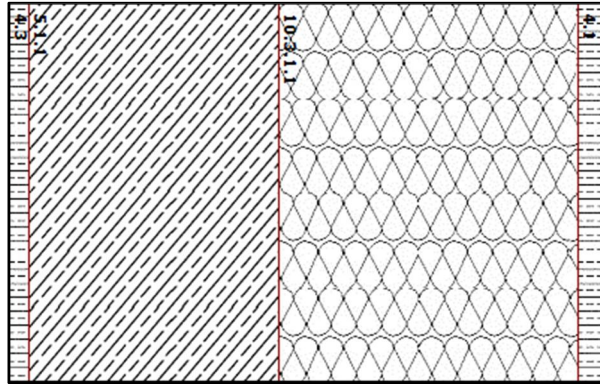
Çizelge 8.3. Ulukaya PE'nin dış duvar (DH-1) için TS 825 yapı bileşeni tanımları.

1/α _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
7.3.2.2	TS EN 998-2 e uygun ve yoğunluğu ≤1000 altında harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğu ≥ 500mm) gazbeton bloklarla yapılan duvarlar	0,2	0,13	1,54
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15; ısı iletkenlik grubu 035	0,3	0,035	8,57
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,0	0,03
1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04

Burada yapı bileşenlerinin kalınlıkları (l,m) ve ısı iletkenlik hesap değerleri (W/mK) gösterilmiştir. Ortalama ısı geçirgenlik değeri aşağıdaki formül ile bulunacaktır.

$$q=k.A.\Delta T \text{ (W)} \quad (8.5)$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} + \frac{l_3}{k_3} + \frac{l_4}{k_4} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (8.6)$$



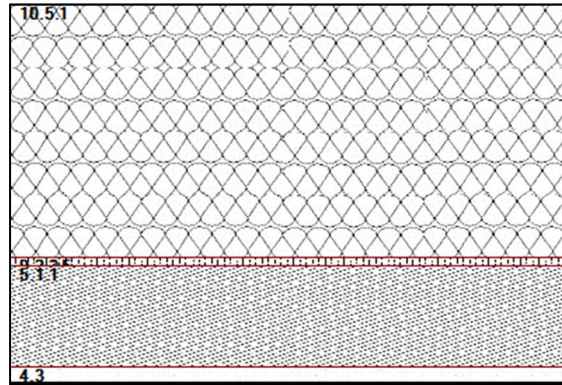
Şekil 8.10. Ulukaya PE'nin dış duvar (DH-2) yapı bileşeni kesit görünüşü.

Şekil 8.10'da Ulukaya PE'nin betonarme dış duvar (DH-2) yapı bileşeni gösterilmektedir. DH-2'nin malzeme tanımları ve ısı iletkenlik hesap değerleri Çizelge 8.4'de verilmiştir.

Çizelge 8.4. Ulukaya PE dış duvar (DH-2) için TS 825 yapı bileşeni tanımları.

$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,25	2,5	0,1
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥ 15 ; ısı iletkenlik grubu 035	0,3	0,035	8,57
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,0	0,03
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04

Binaya ait iki farklı dış duvar vardır. Bunlardan ilki dış hava temaslı dolgu malzemeli (gazbeton) dış duvar ve diğeri ise betonarme dış duvardır. Bu nedenle DH-1 ve DH-2'nin ısı geçirgenlik değerleri farklı olacaktır. DH-2, dış hava temaslı betonarme duvarı ifade eder. Binanın dış ortama bakan kolon ve kiriş yüzey alanlarının toplamıdır. Dolgu malzemeli (DH-1) duvar ile betonarme duvar (DH-2) arasında ısı köprüsü oluşmayacak şekilde yalıtımı yapılmalıdır.

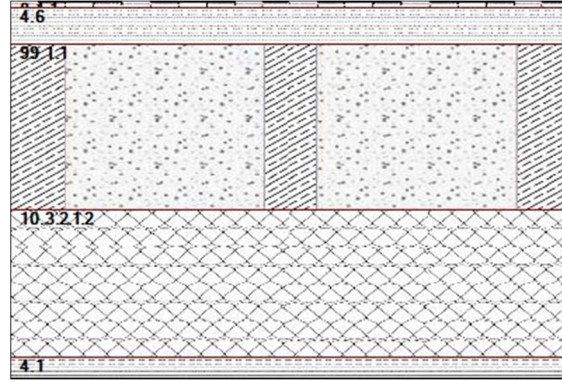


Şekil 8.11. Ulukaya PE'nin Tavan (CC-1) kesit görünüşü.

Çizelge 8.5'de tanımlamaları ve ısı iletim katsayıları verilen Ulukaya Pasif Evi'nin Tavan (CC-1) yapı bileşeni Şekil 8.11'de kesit olarak verilmiştir. Çatı arası, kullanılmayan çatı arasıdır. Bu kısım 30 cm mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi (cam yünü) ile yalıtılmıştır. Oldukça iyimser U_T değeri elde edilecektir. Bu yapı bileşeninde yüksek yalıtım ile ısı kayıp miktarı minimize edilmiştir.

Çizelge 8.5. Ulukaya PE'nin tavan (CC-1) için TS 825 yapı bileşeni tanımları.

$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,3	0,035	8,57
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	0,19	0,05
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,12	2,5	0,05
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13

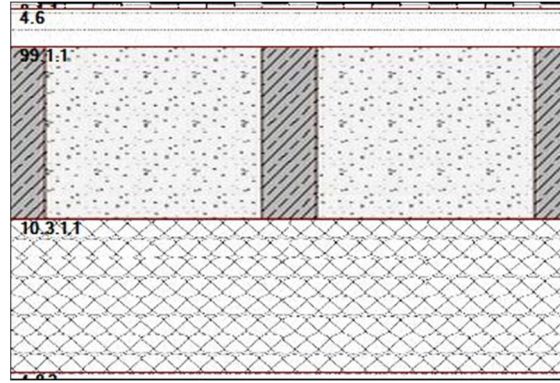


Şekil 8.12. Ulukaya PE'nin TT-1 yapı bileşeni görünüşü.

Ulukaya PE'nin güney cephesinde, Bodrum ile Zemin Kat arasında ve Zemin Kat kotunda olan alandır. Doğrudan toprak ile temas halindedir. Binanın Bodrum Katı tamamıyla toprağa gömülmektedir. Çizelge 8.6'da malzeme tanımlamaları verilmiştir. Yapı bileşeninin kesit görüntüsü Şekil 8.12'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 8.6. Ulukaya PE'nin toprak temaslı taban için yapı bileşeni tanımları.

$1/\alpha_i$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	0,13	0,08
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04
99.1.1	Gazbeton Asmolen	0,225	0,14	1,61
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 035	0,2	0,035	5,71
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	1,0	0,03
$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0



Şekil 8.13. Ulukaya PE ısıtılmayan iç ortama bitişik taban (TO-1) kesit görünüşü.

Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar (TO-1), Çizelge 8.7'de gösterilmiştir. TO-1 yapı bileşenine ait kesit görüntüsü ise yapı malzemelerinin TS 825 malzeme kodları ile birlikte Şekil 8.13'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 8.7. Ulukaya PE'nin TO-1 İçin TS 825 yapı bileşeni tanımları.

1/α _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	0,13	0,08
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,04
99.1.1	Gazbeton Asmolen	0,225	0,14	1,61
10.3.1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15; ısı iletkenlik grubu 035	0,2	0,035	5,71
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17

8.1.1. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (8.1)$$

$$Q_{ay} = (H(T_i - T_d) - \square_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})) \cdot t \quad (8.2)$$

Q_{ay} :Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı

H :Binanın özgül ısı kaybı

T_i , T_d :Aylık ortalama iç ve dış sıcaklıklar

□_{ay} :Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

Φ_{i,ay} , Φ_{g,ay} :Aylık ortalama iç ve güneş enerjisi kazançları

t :Zaman

Binanın Özgül Isı Kaybı (H)

$$H = H_i + H_h \quad (8.3)$$

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H_i)

$$H_i = \sum (A \cdot U) + I \cdot U_i \quad (8.4)$$

Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (H_h)

$$H_h = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h \quad (8.5)$$

Aylık Ortalama İç Kazançlar ($\Phi_{i,ay}$)

$$\text{Konutlarda; } \Phi_{i,ay} = 5 \times A_N ; A_N = 0,32 \times V_{brüt} \quad (8.6)$$

Aylık Ortalama Kazanç Kullanım Faktörü

$$\square_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (8.7)$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H (T_i - T_d) \quad (8.8)$$

Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (8.9)$$

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

$g_{i,ay}$: i yönünde saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı

Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (8.10)$$

U : Isıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)

$1/\alpha_i$: İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

$1/\alpha_d$: Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci

8.1.2. Buhar Difüzyonu Hesabı

Su buharı difüzyon direnci ($1/\Delta$):

$$\frac{1}{\Delta} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \mu \cdot d \quad (8.11)$$

Su buharı difüzyonu eşdeğer tabakası (S_d):

$$S_d = \mu \cdot d \quad (8.12)$$

Kısmi su buharı basıncı (p):

$$p = \varphi \cdot p_s \quad (8.13)$$

Su buharı difüzyon akış yoğunluğu (i).

$$i = \frac{P_i - P_d}{1/\Delta} \quad (8.14)$$

Bağıl nem (φ) :

$$\varphi = \frac{P}{P_s} \quad (8.15)$$

Bağıl nem; hava içindeki, aynı sıcaklıktaki kısmi su buharı basıncının, doymuş durumdaki su buharı kısmi basıncına oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır. Birimsizdir. Bir ondalık kesir halinde denklemde yer almalıdır. P_s : “ θ ” sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa)’dır. TS 825 F.1 (30,9 °C ilâ - 20,9 °C) arasındaki sıcaklıklarda doymuş su buharı basıncı çizelgesinden okunur. Doymuş buhar basıncının bir fonksiyonu olarak sıcaklık (θ) ise, aşağıda verilen eşitlik (8.16) ve (8.17) kullanılarak bulunabilir.

$$\theta = \frac{237,3 \log_e\left(\frac{P_s}{610,5}\right)}{17,269 - \log_e\left(\frac{P_s}{610,5}\right)} \quad P_s \geq 610,5 \text{ Pa} \quad (8.16)$$

$$\theta = \frac{265,5 \log_e\left(\frac{P_s}{610,5}\right)}{21,875 - \log_e\left(\frac{P_s}{610,5}\right)} \quad P_s \geq 610,5 \text{ Pa} \quad (8.17)$$

8.2. YAPI BİLEŞENLERİNİN TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

8.2.1. Dış Hava Temaslı Duvar Dolgu (DH – 1)

Çizelge 8.8. Ulukaya PE'nin DH – 1 termofiziksel özellikleri çizelgesi.

1	2	3	4	5	6	7	8	
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Malzemenin Isıl Direnci	Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R	R_t
-	-	m	-	m	m	W/(mK)	m²K/W	m²K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
7.3.2. 2	TS EN 998-2 e uygun ve yoğunluğu ≤1000 altında gazbeton	0,2	8	1,6	1,8	0,13	1,538	1,82
10.3. 1.1	Polistiren - parçacık köpüklü - TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥15;	0,3	30	9	10,8	0,035	8,571	10,39
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	15	0,45	11,25	1,0	0,03	10,42
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	10,46
U Değeri= 0.097 W/m²K								

Çizelge 8.8'de Dış hava temaslı dolgu duvar (DH-1) yapı bileşenine ait termofiziksel özellikler görülmektedir. Su buharı difüzyonu eşdeğer tabakası; Eşitlik (8.12)'de verilen denklem ile hesaplanır. Su buharı difüzyonu eşdeğer tabakası, su buharı difüzyon direnci katsayısı ile tabaka kalınlığının çarpımına eşittir. Su buharı difüzyon direnci ise eşitlik (8.11)'de verilen denklem ile bulunur.

8.2.2. Dış Hava Temaslı Betonarme Duvar (DH – 2)

Çizelge 8.9. Ulukaya PE'nin DH – 2 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.

	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R	R_t
-	-	m	-	m	m	W/(mK)	m²K/W	m²K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
5.1.1	Donatılı – Normal beton (TS 500e uygun) yapılmış bet.	0,25	100	25	25,2	2,5	0,1	0,38
10.3.1.1	Polistiren – parçacık köpüklü – TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk ≥ 15	0,3	30	9	34,2	0,035	8,571	8,95
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,03	15	0,45	34,65	1,0	0,03	8,98
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	9,02
U Değeri= 0.112 W/m²K								

Su buharı, sıcaklık ve bağıl nem ile değişen kısmi buhar basıncı, yüksekte az, doğru ilerlerken bir direnç ile karşılaşır. Tüm yapı malzemelerinin 1 m'lik yüzeyi, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna direnç gösterir. Bu direncin, havanın buhar difüzyon direncine oranlanmasına buhar difüzyon direnç katsayısı denir. Isı yalıtım malzemelerinde, detaya göre değişmekle birlikte, genellikle buhar difüzyon direnci yüksek olması idealdir. Çizelge 8.9'da görülen yapı bileşenindeki TS 825'de 10.3.1.1 sıra numarasıyla tanımlı Ekspande Polistiren Köpük levha için bu değer 30'dur. Bu katsayıya etki eden faktörler: Malzemeye bağlı olmayan sıcaklık, malzemeye bağlı olan sıcaklık, hücre cidar kalınlığı, hücre duvarlarındaki kohezyon, kapalı hücre olması, küçük hücre olması ve homojenlik olarak sıralanabilir.

8.2.3. Üzeri Çatılı Tavan (CC – 1)

Çizelge 8.10. Ulukaya PE'nin CC-1 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.

	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R	R_t
-	-	m	-	m	m	W/(mK)	m²K/W	m²K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) beton	0,12	100	12	12,2	2,5	0,048	0,33
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	20000	200	212,2	0,19	0,053	0,38
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun;	0,3	5	1,5	213,7	0,035	8,571	8,95
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	8,99
U Değeri= 0.112 W/m²K								

8.2.4. Toprak Temaslı Taban (TT – 1)

Çizelge 8.11. Ulukaya PE'nin TT-1 için termofiziksel özellikleri çizelgesi.

	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R	R_t
-	-	m	-	m	m	W/(mK)	m²K/W	m²K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	40	0,4	0,4	0,13	0,077	0,33
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	15	0,75	1,15	1,4	0,036	0,36
99.1.1	Gazbeton Asmolen	0,225	100	22,5	23,65	2,5	0,09	0,45
10.3.2.1.2	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ;	0,2	150	30	53,65	0,035	5,714	6,17
4.8.2	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,01	10	0,1	29,75	0,35	0,029	6,2
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0	6,2
U Değeri= 0.132 W/m²K								

Yapı malzemelerinin kalınlıkları, ısı geçişi ve su buharı difüzyonuna gösterdikleri direnç ve malzemelerin diziliş sırası, yapı malzemeleri içerisindeki oluşan sıcaklık dağılımı, yapının kullanım amacı ve yapının bulunduğu bölgenin iklim şartları yoğunlaşma oluşumuna etki eden temel faktörlerdir. Şekil 8.10 ve Şekil 8.11'de Ulukaya PE'nin üzeri çatılı tavan (CC-1) ve toprak temaslı taban (TT-1) için termofiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan farklı buhar basınçları meydana gelir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda, genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz hâlinde bulunan su buharı ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması hâlinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısı performansından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri direnç ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su buharının gaz hâlinde sıvı hâle geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. Bu hesaplama metodları genellikle “Glaser metodları” olarak anılır [21]. İstenmeyen bir durum olan yoğuşmanın meydana gelme riski, tahkik edilmeli ve yoğuşma olması hâlinde ise yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilebilmesi sağlanmalıdır. Yoğuşan su miktarının tamamının buharlaşma süresi boyunca sistemden uzaklaşmaması durumunda yapı bileşeni yeniden tasarlanmalı ve uygunluk sağlanana kadar yoğuşma tahkiki tekrarlanmalıdır. Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı toplam olarak $1,0 \text{ kg/m}^2$ 'yi aşmamalıdır [21].

Çizelge 8.12. Ulukaya PE yapı elemanlarının U ($\text{W/m}^2\text{K}$) değerleri.

Simge	Açıklama	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	A (m ²)
DH1	Dış Hava Temaslı Duvar (Dolgu Malzemeli)	0,097	149,02
DH2	Dış Hava Temaslı Duvar (Betonarme)	0,112	29,14
CC-1	Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)	0,112	74,82
TT-1	Taban (Toprak Temaslı)	0,132	10,48
TO-1	Taban (Isıtılmayan İç Ortama Bitişik)	0,128	71,37
PE	Pencere (Dış Ortama Açılan Pencere)	0,7	38,14
K	Kapı (Dış Ortama Açılan Kapı)	3,5	2,10

Ulukaya PE için tanımlanan yapı elemanlarının ayrı ayrı yapı bileşenleri gösterilmiş, her bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik değerleri ile yapıda kullanılan malzeme kalınlığı ve termofiziksel özellikleri çizelgeler halinde sunulmuştur. Her bir yapı

elmanı için ortalama ısı geçiş katsayısı U (W/m^2K) değeri hesaplanmıştır. Çizelge 8.12’de Ulukaya PE’nin yapı bileşenlerine ait ısı iletim değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 8.13. Ulukaya PE’nin pencere verileri.

PENCERE-1		
Toplam Alan	U – Değeri (W/m^2K)	Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)
38,14 m ²	0,7	<2W/m ² K Üniteler (0,5)
Yönler	Alan (m²)	Gölgeleme Faktörü
Güney	32,93	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Kuzey	0	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Doğu	3,92	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Batı	1,29	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)

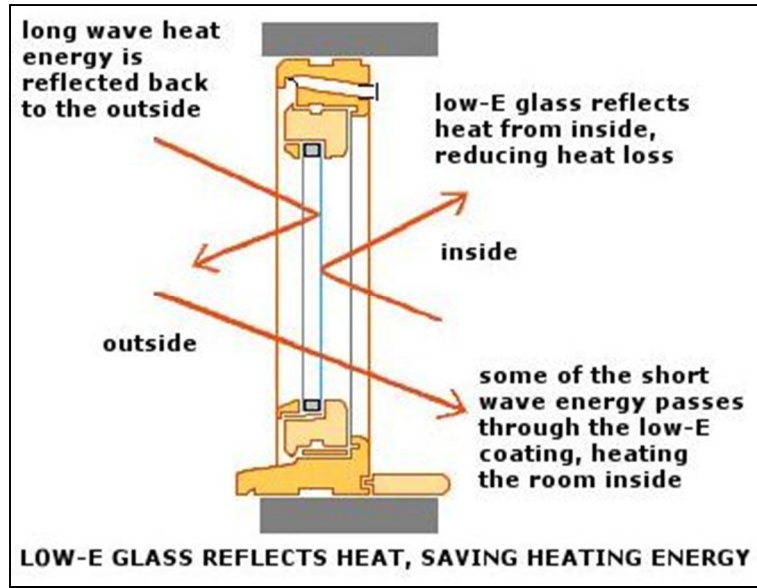
Ulukaya PE’nin pencere verileri Çizelge 8.13’de görülmektedir. Pencere alanları yönlere göre sırasıyla Güney’de 32,93 m², Kuzey’de 0 m², Doğu’da 3,92 m² ve Batı yönünde 1,29 m²’dir. Gelişen teknoloji çok düşük ısı geçirgenlik yeteneğine sahip cam ve pencere sistemlerinin üretimlerini mümkün kılmıştır. 3 katmanlı cam (low-e kaplamalı) uygulamaları ile U = 0,7 W/m²K değerleri elde edilebilmektedir.

Çizelge 8.14. Trakya Cam ısıcam sinerji 3+ performans değerleri [34].

Ürün	Gün Işığı (EN 410)		Güneş Işığı (EN 410)		U (W/m^2K) (EN 673)	
	Geçirgenlik (%)	DışaYansıtma (%)	Toplam Geçirgenlik	Gölgeleme Katsayısı	Hava	Argon
Isıcam-sinerji 3+ 4(*)+9+4+9+4(*)4	80	14	0,75	0,86	1,2	0,9
Isıcam-sinerji 3+ 4(*)+12+4+12+4(*)4	79	12	0,56	0,64	0,9	0,7
Isıcam-sinerji 3+ 4(*)+16+4+16+4(*)4	69	14	0,48	0,55	0,7	0,6

U=0,7 W/m²K değeri 4+16+4+16+4 birleşimi ve Hava ara boşluklu cam tipidir. Aynı şekilde 4+16+4+16+4 birleşimi ve ara boşlukta Argon gazı kullanılarak U=0,6 W/m²K ısı geçirgenlik değeri elde edilmektedir [34]. Türkiye’de Trakya Cam’ın etkin enerji tasarrufu için geliştirdiği bu ürünü Isıcam-sinerji 3+, iki plakası Low-e kaplamalı ısı kontrol camı (TRC Ecotherm) olan çift ara boşluklu üçlü ısıcam ünitesidir. Şekil 8.14’de verilen çizelgede ısıcam-sinerji 3+ tipi camın gün ışığı

geçirgenlik değeri % 69 ve dışa yansıtma oranı ise % 14 olarak görülmektedir. Isıcam-sinerji 3+ ünitesinde yer alan Low-e ısı kontrol kaplamaları 2. ve 5. yüzeylerde kullanılır. Isı kaynağından gelen ısıyı iç ortama geri yansıtarak enerji tasarrufu sağlar. Güneş enerjisi geçirgenliği 0,48 ve gölgeleme katsayısı ise 0,55'dir. Bu 3 katmanlı Low-e cam tipi, klasik camlara göre yaklaşık olarak ısı kaybını % 77 azaltmaktadır [34].



Şekil 8.14. Low-e Cam'da ısı enerjisi geçişi ve yansıtılmasının şematik gösterimi.

Şekil 8.14'de bir Low-e camın iç ve dış ortamlar arasındaki ısı geçişi davranışı gösterilmektedir. Low-e cam iç ortamdaki ısı yansıtarak ortamın ısı kaybını azaltır. Kışın düşük dalga boyundaki güneş ışınlarının içeri girmesine müsaade eder. Bu durum ısıtma sistemine destek olmaktadır. Uzun dalga boyundaki güneş ışınları ise camın dış yüzeyinden yansıtılır ve içeri girmesi önlenir. Böylece yaz ayları için gereksiz ısınma engellenmiş olacaktır.

Çizelge 8.15. Ulukaya PE'nin kapı tipi ve alanı tanımlaması.

KAPI - 1	
Toplam Alan	U - Değeri
2,10 m ²	Ağaç - Plastik, Dış (3,5) W/m ² K

Ulukaya PE dış kapısı ağaç malzemeden yapılmıştır. Isıl geçirgenlik değeri $U=3,5$ W/m^2K değerindedir. Kapı alanı Çizelge 8.15’de görüldüğü gibi $2,10$ m^2 dir.

Çizelge 8.16. Ulukaya PE’de ısı kaybı / ısı kazancı çizelgesi.

	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	Φ_i	Φ_g	$\Phi_t = \Phi_i + \Phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	144	19,3	2.788	752	830	1.582	0,57	0,828	3.829.689
Şubat	144	18,9	2.730	752	980	1.732	0,63	0,793	3.515.644
Mart	144	14,9	2.153	752	1.129	1.881	0,87	0,681	2.255.994
Nisan	144	8,9	1.286	752	1.025	1.777	1,38	0,515	960.853
Mayıs	144	4,6	665	752	1.160	1.911	2,88	(-)	
Haziran	144	0,5	72	752	1.204	1.956	27,08	(-)	
Temmuz	144	Td yüksek	(-)	752	1.173	1.925	(-)	(-)	
Ağustos	144	Td yüksek	(-)	752	1.157	1.909	(-)	(-)	
Eylül	144	1,8	260	752	1.073	1.825	7,02	(-)	
Ekim	144	7,4	1.069	752	962	1.714	1,60	0,464	709.199
Kasım	144	13,4	1.936	752	774	1.526	0,79	0,719	2.174.372
Aralık	144	17,7	2.557	752	736	1.488	0,58	0,821	3.462.590

$$\text{Toplam } Q_{\text{yıl}} = \square Q_{\text{ay}} = 16.908.340 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 0,278 \times 1/1000 \times 16.908.340 = 4.701 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı } Q' = 31,17 \text{ kWh} / m^3$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = 10 \text{ kWh} / m^3$$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 8.17 ve Çizelge 8.18’de dış hava temaslı dolgu duvar (DH-1) yapı bileşeninin aylara göre basınç ve sıcaklık değişimi çizelgesi oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalarda Karabük ili iklim verileri kullanılmıştır. Hesaplarda kullanılacak olan Karabük ilinin dış ortam ortalama sıcaklık değerleri ise şöyledir. Eylül; $17,2$ °C, Ekim; $11,6$ °C, Kasım; $5,6$ °C, Aralık; $1,3$ °C, Ocak; $-0,3$ °C, Şubat; $0,1$ °C, Mart; $4,1$,

Nisan; 10,1 °C, Mayıs; 14,4 °C, Haziran; 18,5 °C, Temmuz; 21,7 °C, Ağustos; 21,2 °C'dir.

Sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu ay -0,3 °C ile Ocak, en yüksek olduğu ay ise 21,7 °C ile Temmuz'dur. En düşük sıcaklıklı 2 ay; Ocak, Şubat ve Aralık olurken en yüksek sıcaklık ortalamasında bulunan üç ay sırasıyla Haziran, Ağustos ve Temmuz'dur.

Basınç dağılımı sonuçları incelendiğinde; iç ortam basınç değeri tüm aylarda 2339 Pa değerindedir. Dış ortam basıncı 2596 Pa ile en yüksek değerine Temmuz ayında ulaşır. En düşük dış ortam basıncı, sıcaklık ortalamasının da en düşük olduğu Ocak ayında oluşur. -0,3 °C ortalama sıcaklık değerine karşılık 598 Pa basıncındadır. Düşük dış basınç değeri, iç ve dış ortam arasında oldukça yüksek bir basınç farkı oluşumuna neden olur. Ocak ayı için basınç farkı 1741 Pa'dır. Sıcaklık ve basıncın, yapı bileşeninde iç yüzeyden dış yüzeye doğru izlediği yol, malzemenin yoğuşma ve buharlaşma döngüsü için önemlidir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda, genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz hâlinde bulunan su buharı ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması hâlinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısı performansından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri direnç ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su buharının gaz hâlinden sıvı hâle geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur.

Çizelge 8.17. Ulukaya PE İçin aylara göre sıcaklık dağılımı.

	İç Ortam	İç yüzey	1. Ara yüzey	2. Ara Yüzey	3.Ara Yüzey	Dış Yüzey	Dış Ortam
ULUKAYA PE SICAKLIK DAĞILIMI (°C)							
Eylül	20	19,93	19,92	19,51	17,21	17,2	17,2
Ekim	20	19,98	19,78	18,54	11,66	11,64	11,6
Kasım	20	19,66	19,62	17,5	5,7	5,66	5,6
Aralık	20	19,55	19,5	16,75	1,43	1,38	1,3
Ocak	20	19,51	19,45	16,46	-0,18	-0,24	-0,3
Şubat	20	19,52	19,46	16,53	0,22	0,16	0,1
Mart	20	19,62	19,58	17,24	4,22	4,16	4,1
Nisan	20	19,76	19,73	18,27	10,15	10,12	10,1
Mayıs	20	19,87	19,85	19,03	14,44	14,42	14,4
Haziran	20	19,96	19,96	19,74	18,51	18,51	18,5
Temmuz	20	20,04	20,04	20,29	21,69	21,69	21,7
Ağustos	20	20,03	20,03	20,21	21,2	21,2	21,2

Çizelge 8.18. Ulukaya PE için aylara göre basınç dağılımı.

	İç Ortam	İç Yüzey	1. Ara Yüzey	2. Ara Yüzey	3.Ara Yüzey	Dış Yüzey	Dış Ortam
ULUKAYA PE BASINÇ DAĞILIMI (Pa)							
Eylül	2339	2329	2327	2269	1965	1964	1964
Ekim	2339	2310	2307	2136	1373	1371	1368
Kasım	2339	2290	2284	2001	917	915	911
Aralık	2339	2274	2267	1908	678	676	672
Ocak	2339	2269	2260	1874	604	601	598
Şubat	2339	2270	2262	1882	621	619	616
Mart	2339	2284	2279	1968	827	824	820
Nisan	2339	2304	2300	2100	1242	1240	1238
Mayıs	2339	2320	2317	2202	1646	1644	1642
Haziran	2339	2333	2333	2301	2132	2132	2131
Temmuz	2339	2344	2344	2381	2594	2594	2596
Ağustos	2339	2343	2343	2369	2518	2518	2518

Çizelge 8.19. Karabük ili ortalama dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri.

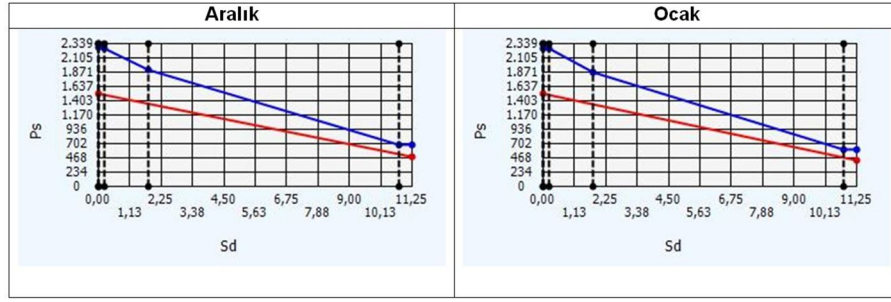
İç Sıcaklık - $\theta_i(^{\circ}\text{C}) = 20^{\circ}\text{C}$ ve İç Bağıl Nem - $\phi_i(\%) = 65$									
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
$\theta_d,^{\circ}\text{C}$	17,2	11,6	5,6	1,3	-0,3	0,1	4,1	10,1	14,4
$\phi_d(\%)$	61	65	71	75	73	68	64	64	59

Çizelge 8.19’de DH-1 için iç sıcaklık (20°C) ve iç bağıl nem (% 65) şartlarında Karabük ilinin aylara göre dış sıcaklık ortalamalarına bağlı iç bağıl nem oranı değişimi gösterilmiştir. Bağıl nemin % 75 ile en yüksek değere Aralık ayında ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte iç bağıl nemin en düşük değeri, % 58 ile Haziran ayında gerçekleşmektedir.

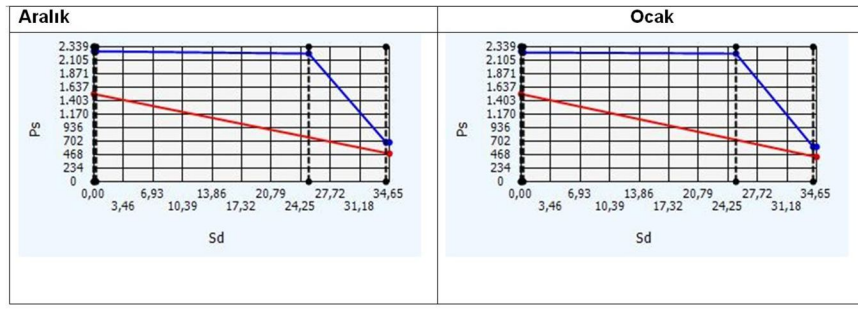
Ulukaya Pasif Evi yapı bileşenlerinin her birinde yoğuşma oluşup oluşmadığı kontrol edilmiş ve P_s-S_d (doymuş su buharı basıncı-su buharı difüzyonu eşdeğer tabakası) grafikleri ile gösterilmiştir.

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Bu basınç farkı nedeniyle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharı bu geçişi sırasında yapı elemanı içerisinde, doyma sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeye temas ederse, bir kısmı yoğuşarak su hâline geçer ve yapı elemanı içerisinde veya yüzeyinde birikerek yapıya zarar verir.

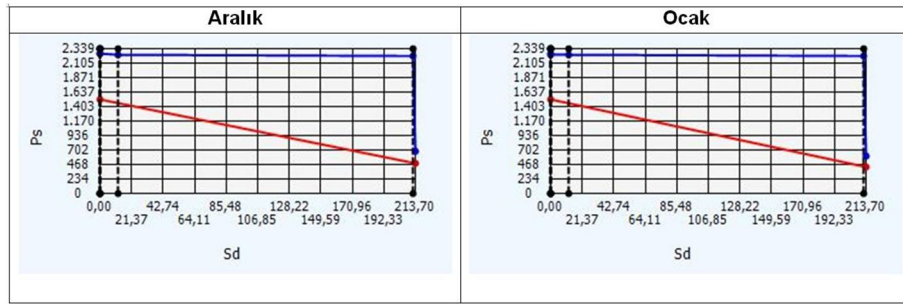
Yapı elemanı yüzeyindeki yoğuşma kendisini siyah lekeler, küf, mantar vb. organizma oluşumu ile göstererek, insan sağlığı ve ortamın konfor şartlarını olumsuz etkiler ve yapı malzemesinde hasarların oluşmasına neden olur. Yapı elemanları arasında meydana gelen yoğuşma ise; özellikle yapıların taşıyıcı kısımlarındaki donatıların paslanarak işlev ve dayanımlarının zamanla azalması neticesinde yapı ömrü ve deprem dayanımının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.



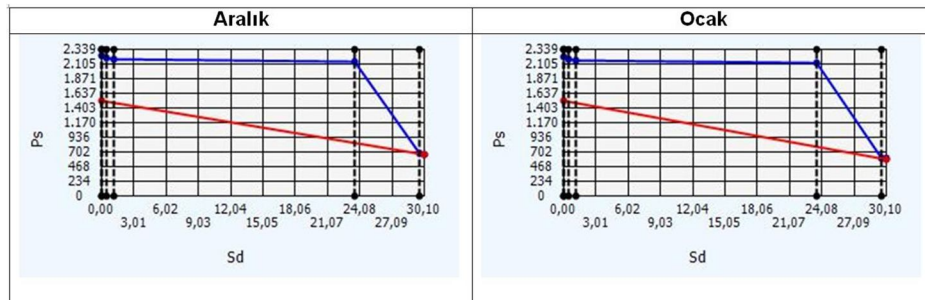
Şekil 8.15. DH-1 için Aralık ve Ocak ayı yağışma miktarı ve buharlaşma periyodu.



Şekil 8.16. DH-2 için Aralık ve Ocak ayı yağışma miktarı ve buharlaşma periyodu.



Şekil 8.17. CC-1 için Aralık ve Ocak ayı yağışma miktarı ve buharlaşma periyodu.



Şekil 8.18. TT-1 için Aralık ve Ocak ayı yağışma miktarı ve buharlaşma periyodu.

Ayrıca yoğuşma; yapı elemanlarının çürümesi, bütünlüklerinin bozulması ve ısı kayıplarının artmasına da neden olur. Yukarıda bahsedilen olumsuz sonuçların ortadan kaldırılması için, TS 825’de tarif edilen hesap metoduna göre yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki, sınırlandırılması ve neticelerin raporlanması gerekmektedir. Şekil 8.15-16-17-18 sırasıyla Ulukaya Pasif Evi’nin DH-1, DH-2, CC-1 ve TT-1 yapı bileşenleri için buhar geçişini ve yoğuşmanın meydana geldiği ayları göstermektedir.

Binalarda, ısı köprülerinden kaçınma, doğru yalıtım uygulamaları ve yoğuşma tahkiki sağlıklı ve konforlu bir yaşam ile uzun ömürlü binaların yanı sıra önemli oranda enerji tasarrufunu daima da beraberinde getirecektir.

BÖLÜM 9

PASİF EV YALITIM ÖZELLİKLERİNİN STANDART EVLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

9.1. REFERANS BİNA TANIMI

Ulukaya Pasif Evi'nin (UPE) mimari yapısı, Pasif Ev tanımını sağlayan yalıtımsal değerler, TS 825 standardına göre yalıtım yapılmış C sınıfı bina ve yalıtımsız bina modeli olmak üzere üç farklı durum için ele alınmış ve karşılaştırılmıştır. Ulukaya Pasif Evi'nin mimari planı, referans bina olarak kabul edilmiştir. Elde edilen bulgular çizelge ve şekiller ile değerlendirilecektir.

Yalıtım ile ilgili hesaplar TS 825 standardına göre tasarlanmış olan TGUB TS825 v4.0 programı ile yapılmıştır. TGUP, Türkiye Gazbeton Üreticileri Birliği'nin kısaltmasıdır.

Şunu belirtmek gerekir ki bir binaya hangi bileşenler Pasif Ev yapar sorusunun cevabı tezin 6. Bölümünde anlatılmıştır. Ulukaya Pasif Evi, sadece yalıtımsal özellikleri ile değil diğer mekanik bileşenleri ile tam bir Pasif Ev olarak tasarlanmıştır. Fakat bu bölümde yapılacak olan kıyaslamalar yalıtım ile ilgili bileşenleri içerir. Binanın yalıtım durumunun neden olduğu farklı ısı geçirgenlik değerleri, buna bağlı olarak ısı kaybı değerleri, ısı kazancı miktarları, kullanılan yalıtım malzemelerin termofiziksel özellikleri ile kalınlıklarına bağlı olarak yaz/kış dönemlerine ait yoğuşma/buharlaştırma periyodları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda elde edilen rakamsal değerler, çizelge ve şekiller yardımı ile gösterilmiştir.

Burada ki en önemli ayrıntı pencerelerin kullanımı ile ilgili ayrıntıdır. Dünyadaki Pasif Ev tipleri incelendiğinde açılan pencere tipinin olmadığı görülür. Burada temel

amaç havalandırma yolu ile meydana gelen ısı kaybını ortadan kaldırmaktır. Bunun için de Pasif Ev'ler mekanik olarak havalandırılmaktadır. Bu havalandırma sistemi, ön ısıtmalı-enerji geri kazanımlı havalandırma sistemi ile yapılır. Hava sızdırmazlığına sahip binalarda iç hava kalitesini, en az enerji kaybı ile sağlamak geri ısı kazanımlı havalandırma cihazları ile mümkün olabilmektedir. Bu cihazlar egzoz havasından taze besleme havasına ısı aktarımı yaparlar. Sadece ısı aktarımı yapan cihazlara HRV (ısı geri kazanımlı havalandırma cihazı), hem ısı hem de nem geri kazanımı yapabilen cihazlara ERV (enerji geri kazanımlı havalandırma cihazı) adı verilir. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemleri (HRV) bina içine, egzoz havasından aktardıkları ısı ile sürekli taze hava verirler. Enerji geri kazanımlı sistemler (ERV) ise, egzoz havasından taze havaya hem ısı hem de nem aktarımı sağlarlar. Enerji geri kazanımlı sistemler, ısıtma ve soğutma mevsimlerinde dış ortamlara atılan gizli ısı yüküne sahip nemin geri kazanılarak iç enerji yükünün azaltılmasını hedeflemektedir [35]. Enerji geri kazanımlı havalandırma cihazlarının (ERV), ısı geri kazanımlı cihazlardan (HRV) temel farkı ise ısı değiştirici elemanlarında nem geçirme özelliği bulunmasıdır. Özellikle yaz mevsiminde egzoz havasından taze havaya aktarılan nem, klimaların soğutma yükünü önemli ölçüde azaltır. Aynı şekilde kış aylarında ısıtılmış nem, taze havaya aktarılarak yine önemli bir gizli ısı tasarrufu yapılmış olur.

Gerek ısı ve gerekse enerji geri kazanımlı cihazların kullanımı, hem iç hava kalitesi, hem de enerji tasarrufu yönünden son derece faydalı olmaktadır. Bu cihazların en kötü ihtimalle % 50 verimle çalıştığı kabul edilirse dahi, amortisman süresinin bir yıl kadar olması çok cazip bir avantajdır [35]. Isı geri kazanımının yanında enerji (nem) kazanımı da yapılabilirse bu amortisman süreleri daha da kısalmaktadır.

Referans binanın aynı mimari için üç farklı durumu, yalıtım değerleri değiştirilerek kıyaslanabilir hale getirilmiştir. Burada temel fark Pasif Ev tipi ile diğer iki bina modeli arasındaki havalandırma sistemi farkıdır. Bu nedendir ki Pasif Evi'nde diğer bina modelleri gibi doğal havalandırma şartlarında olduğu kabul edilmiştir. Aksi halde, bir adet mekanik havalandırma ve iki adet doğal havalandırma bina modellerinin infiltrasyon ve havalandırma ile meydana gelecek ısı kaybı değerlerini karşılaştırmak ve yorumlamak mümkün olmayacaktır.

Referans bina, 8. Bölümde Ulukaya Pasif Evi olarak tanıtılmıştır. Şekil 8.1-2-3-4’de referans binanın Bodrum, Zemin, 1. Kat ve Çatı planı gösterilmiştir. Şekil 8.7 ve Şekil 8.8’de ise kesit görünüşleri verilmiştir. Karşılaştırma için Karabük dış iklim şartları esas alınmıştır. Karabük, Türkiye’nin 3. Isı-derece gün bölgesinde yer alan bir ilidir. Dış iklimsel parametreler TS 825’den alınmıştır. Aynı mimari plana sahip ve eşit iklimatik koşullarda fakat farklı yalıtım durumu, yapı bileşenleri Çizelge 9.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 9.1. UPE, C sınıfı ve yalıtımsız bina yapı bileşenleri.

	UPE	C SINIFI	YALITIMSIZ
DH-1-Duvar	İç Sıva (2 cm) Gazbeton (20 cm) EPS (30 cm) Dış Sıva (3 cm)	İç Sıva (2 cm) Gazbeton (20 cm) EPS (5 cm) Dış Sıva (3 cm)	İç Sıva (2 cm) Gazbeton (20 cm) Dış Sıva (3 cm)
DH-2-Duvar	İç Sıva (2 cm) Betonarme (25 cm) EPS (30 cm) Dış Sıva (3 cm)	İç Sıva (2 cm) Betonarme (25 cm) EPS (5 cm) Dış Sıva (3 cm)	İç Sıva (2 cm) Betonarme (25 cm) Dış Sıva (3 cm)
CC-1-Tavan	İç Sıva (2 cm) Tavan Döşemesi (12 cm) Su Yalıtımı (1 cm) Cam Yünü (30 cm)	İç Sıva (2 cm) Tavan Döşemesi (12 cm) Su Yalıtımı (1 cm) Cam Yünü (10 cm)	İç Sıva (2 cm) Tavan Döşemesi (12 cm)
TT-1-Taban	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Asmolen Döşeme+XPS (20 cm) Dış Sıva (3 cm)	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Asmolen Döşeme+XPS (4 cm) Dış Sıva (3 cm)	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Asmolen Döşeme Dış Sıva (3 cm)
TO-1-Taban	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Asmolen Döşeme+EPS (20 cm) Dış Sıva (3 cm)	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Asmolen Döşeme+EPS (4cm) Dış Sıva (3 cm)	İğne Yapraklı Ağaç (1 cm) Çimento Harçlı Şap (5 cm) Dış Sıva (3 cm)

9.2. ISIL GEÇİRGENLİKLERİN (U,W/m²K) KARŞILAŞTIRILMASI

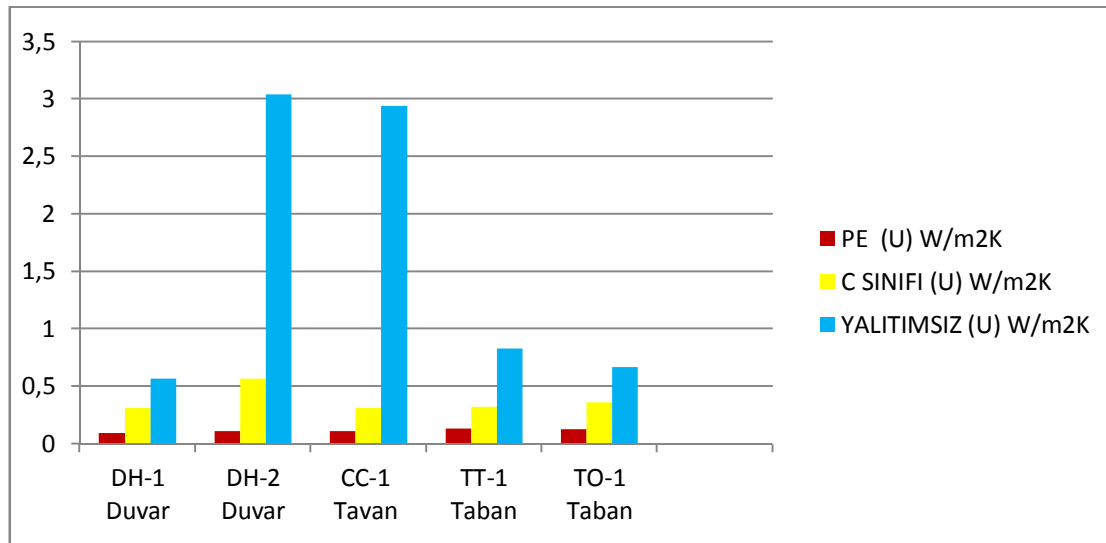
Isıl geçirgenlik; kalınlığı d (m) olan bir malzemenin paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1 K=1 °C olduğunda 1 saatte 1 m yüzeyden dik olarak geçen ısı miktarıdır. U ile gösterilir ve birimi (W/m²K)’dir. U değeri hesabı eşitlik (8.10) ile hesaplanır.

Ulukaya Pasif Evi'nde kullanılan yalıtım tipi ve kalınlığı bir önceki bölümde anlatılmıştır. C Sınıfı bina modeli, TS 825 standardını asgari şartlarda sağlayacak şekilde yalıtılmıştır. Çizelge 9.1'de bu üç bina modelinin yapı bileşenleri gösterilmiştir. Binanın hangi ölçüde yalıtılması gerektiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ile tespit edilir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı Bölüm 8.7'de verilen eşitlikler yardımıyla yapılmıştır.

9.2.1. Binaların Yapı Bileşenlerinin U (W/m²K) Değerlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 9.2. PE, C sınıfı ve yalıtımsız binada ısıl geçirgenlik (U,W/m²K) değerleri.

	UPE U (W/m ² K)	C SINIFI U (W/m ² K)	YALITIMSIZ U (W/m ² K)
DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı Dolgu Duvar)	0,097	0,313	0,566
DH-2-Duvar (Dış Hava Temaslı Betonarme Duvar)	0,112	0,569	3,040
CC-1-Tavan (Üzeri Çatılı Tavan)	0,112	0,313	2,940
TT-1-Taban (Toprak Temaslı Taban)	0,132	0,320	0,830
TO-1-Taban (Isıtılmayan İç Ort. Bitişik Taban)	0,129	0,364	0,667



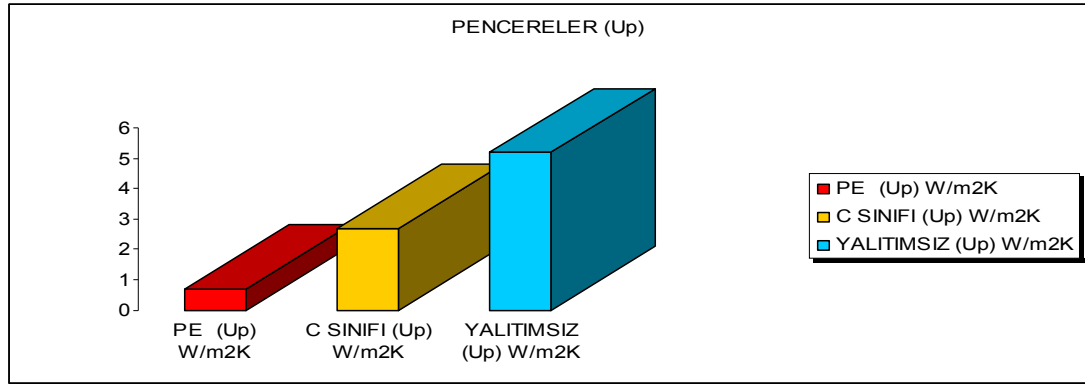
Şekil 9.1. UPE, C sınıfı ve yalıtımsız binada ısıl geçirgenlik (U,W/m²K) değerleri.

Çizelge 9.2 tablo halinde verilen değerler, Şekil 9.1 ile şematik olarak gösterilmiştir. U değerleri arasındaki farklar net bir şekilde görülmektedir. Özellikle betonarme duvarlar da daha büyük bir farkın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum betonarme kısımların (kolon, kiriş, perde duvar vb.) ne ölçüde ısı kaybettiğinin de bir ifadesidir.

9.2.2. Pencere U (W/m²K) Değerlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 9.3. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada pencerelerin U (W/m²K) değerleri.

	UPE (Up) W/m²K	C SINIFI (Up) W/m²K	YALITIMSIZ (Up) W/m²K
PENCERELER (Up)	0,7	2,7	5,2



Şekil 9.2. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada pencere U (W/m²K) değerleri.

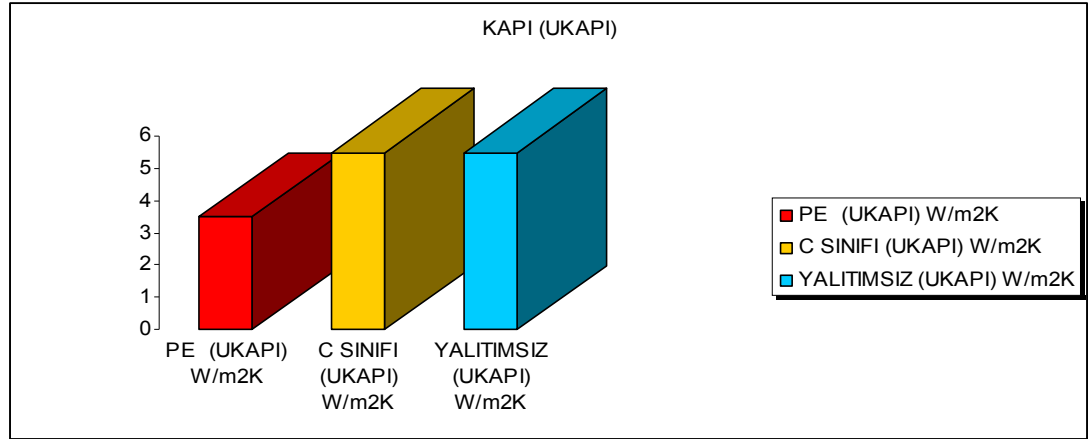
Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan pencerelerin (PVC-çift cam) U değeri 2,4 - 3,5 W/m²K aralığındadır. C Sınıfı Bina için bu pencere tipi seçilmiştir. Yalıtımsız bina da ise tek camlı ahşap doğramalı tek camlı bir pencere olduğu varsayılmıştır. Bu pencerenin ısı geçirgenliği U= 5,2 W/m²K'dır. PE tipindeki bina modelinde ise Low-e kaplamalı, ısı geçirgenlik değeri U=0,7 W/m²K olan pencere tipi kullanılmıştır. Low-e ısı yalıtım kaplamaları güneşin görünür ve görünmez ışınım enerjisini içeri geçirirken, odanın sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalgalı ışınım enerjisinin dışa kaçışını engeller. Pencerelerden kaybedilen enerjinin yaklaşık % 70'i ışınım ile, % 30'u ise iletimle gerçekleştiği bilinmektedir. Low-e camlarının kullanımı ile pencerelerden olan ısı kaybı büyük oranda azaltılmış olacaktır.

9.2.3. Kapıların U (W/m^2K) Değerlerinin Karşılaştırılması

Binalarda dış kapı bileşeni için, iki farklı kapı seçilmiştir. Çizelge 9.4’de görüldüğü gibi C Sınıfı ile Yalıtımsız Bina modelinde aynı kapı tipi kullanılmıştır. PE binasının da ise yalıtımlı bir dış kapı kullanılmış ve daha küçük ısı geçirgenlik değeri elde edilmiştir.

Çizelge 9.4. UPE, C sınıfı ve yalıtımsız binada dış kapıların U (W/m^2K) değerleri.

	UPE (U_{KAPI}) W/m^2K	C SINIFI (U_{KAPI}) W/m^2K	YALITIMSIZ (U_{KAPI}) W/m^2K
KAPI (U_{KAPI})	3,5	5,5	5,5



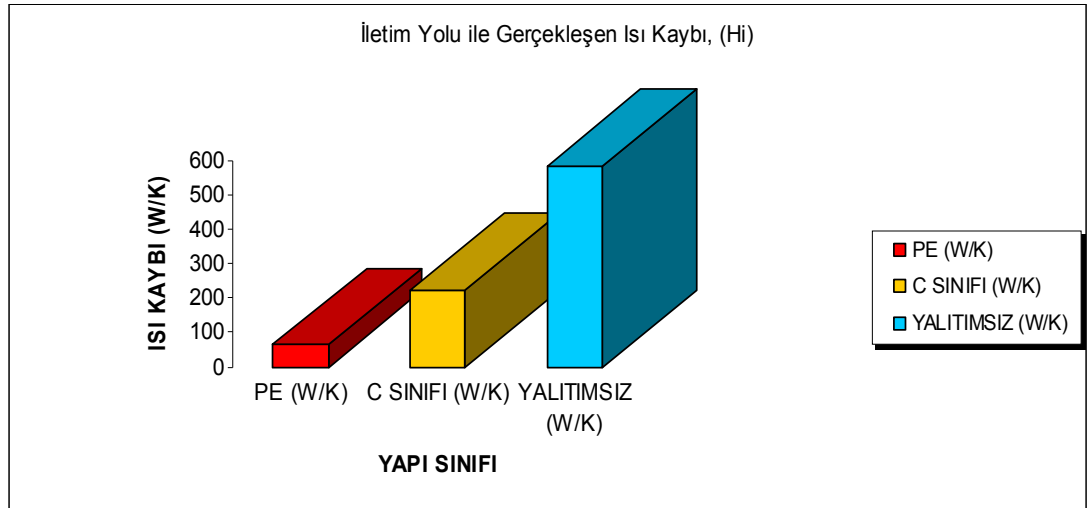
Şekil 9.3. UPE, C sınıfı ve yalıtımsız binada kapıların (U , W/m^2K) değerleri.

Kapılardaki ısı kaybı, kuşkusuz sadece kapı malzemesine bağlı değildir. Bir kapının ısı yalıtım özelliği, montajı, kasa-kanat arasındaki boşluk, kullanılan bağlantı elemanları gibi birçok faktöre bağlı olarak gerçekleşir. Kapılarda ahşap, çelik, alüminyum ve PVC malzemeler kullanılabilir. Isıl geçirgenlik değeri ahşap malzemeyi ön plana çıkarsa da dış kapılar için güvenlik unsuru çelik malzemeyi tercih sebebi kılabilir. Kullanacak malzeme her ne olursa olsun iyi bir hava sızdırmazlığının sağlanması temel prensip olmalıdır. Şekil 9.3 ile PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız bina modeli için dış kapılara ait U değerleri şematik olarak sunulmuştur.

9.3. ISI KAYBI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çizelge 9.5. UPE, C sınıfı ve yalıtımsız binada ısı kaybı değerleri.

	UPE (W/K)	C SINIFI (W/K)	YALITIMSIZ (W/K)
İletim Yolu ile Isı Kaybı, (H_i)	63,74	222,95	587,55
Havalandırma Yolu ile Isı Kaybı, (H_v)	99,25	99,25	99,25
Binanın Toplam Isı Kaybı, ($H = H_i + H_v$)	162,99	322,20	686,80



Şekil 9.4. İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybının (H_i) karşılaştırılması.

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı eşitlik (8.4) yardımıyla hesaplanmıştır. H_i ile ifade edilen bu değer yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik değeri ile toplam pencere alanının çarpımına eşittir. Hesaplamalar sonucunda bulunan değerler Çizelge 9.4'de rakamlarla, Çizelge 9.4'de de şematik olarak gösterilmiştir. PE'de iletimle olan ısı kaybı; C sınıfı binaya kıyasla 3,5 kat, Yalıtımsız binaya göre 9,2 kat daha az değerdedir. İletimle olan ısı kaybının yapı bileşenleri içindeki yüzdesel dağılımı hesaplanmış ve Çizelge 9.5'de gösterilmiştir.

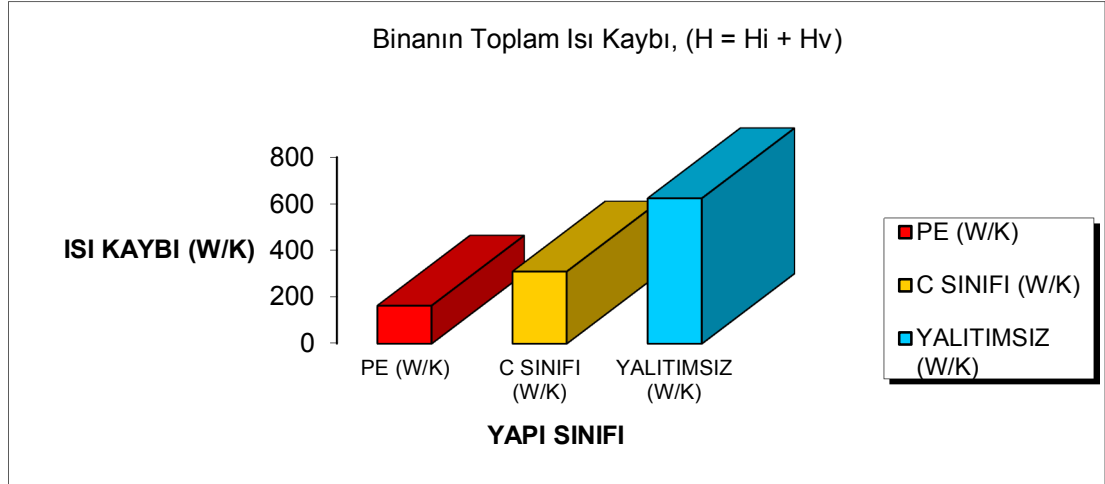
Çizelge 9.6. İletimle olan ısı kayıplarının yüzdesel (%) dağılımı.

	Dış Duvar	Tavan	Taban	Pencere	Kapı
PE	% 27	% 11	% 8	% 42	% 12
C Sınıfı	% 28	% 9	% 7	% 51	% 5
Yalıtımsız	% 29	% 30	% 5	% 34	% 2

Binanın iletimle olan ısı kaybının bileşenlere göre dağılımı incelendiğinde her üç durum içinde en büyük kaybın pencerelerden meydana geldiği görülmektedir. Tabii ki bu değerler, binaların mimari tasarımlarına göre farklılık gösterecektir. Referans binanın ısı kaybeden yüzey alanı toplamı 375,07 m²'dir. Pencere alanının, toplam ısı kaybeden yüzey alanına oranı %10,17'dir. Yaklaşık % 10'luk bir yüzey alanı oranı ile PE için toplam ısı kaybının % 42'si pencerelerden gerçekleşmektedir. Ayrıca PE için pencere/duvar oranı 0,21'dir. Buna karşılık pencere/duvar için iletimle olan ısı kaybı değerlerinin oranı 1,51 çıkmaktadır. Binaların ideal pencere alanı, yönleri de dikkate alınarak pencere/duvar alanı için bir modelleme yapılabilir ve bir enerji performansı programı ile analiz edilebilir. Binaların opak ve saydam yüzeyleri enerji kayıp ve kazançları açısından önemli bir role sahiptir. Binalarda, pencerelerden kaynaklanan güneş enerjisi kazanç ve ısı kayıp miktarları, pencere/duvar alanı oranı, cam tipi ve çerçeve gibi özelliklere bağlıdır. Enerji etkin tasarım bağlamında ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimine olan etkisi nedeni ile pencerelerden kazanılan güneş enerjisi ve kaybedilen ısı miktarının, erken tasarım aşamasında yerel iklim koşullarına göre analiz edilmesi gereklidir. Binanın enerji analizi ısıtma ve soğutma dönemleri için ayrı ayrı ele alınmalı ve pencere alanının ısıtma/soğutma ihtiyacına etkisi kıyaslanarak ideal pencere alanı tespit edilmelidir.

Isı kaybına neden olan diğer bir parametre havalandırmadır. Havalandırma ile olan ısı kaybı eşitlik (8.5) yardımıyla hesaplanır ve H_h ile gösterilir. Bu hesap metodunda binanın havalandırılan hacmi hesaba brüt hacmin 0,8 katı olarak katılır. Daha sonra saatlik hava değişim katsayısı ($n_h = 0,8 \text{ h}^{-1}$) ve de sabit bir değer (0,33) ile çarpılarak hesaplanır. Havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybı değerleri Şekil 9.5'de görüldüğü gibi üç bina modeli için de aynı değerdedir. Zira aynı mimari özellikte olması sebebiyle, havalandırılan hacimleri eşittir. Hesap metodunda kullanılan diğer bileşenler sabit olduğundan sonuç üç durum için de aynı çıkacaktır. Pasif Evler,

genel itibariyle doğal havalandırma tipinde tasarlanmazlar. Bu çalışma da diğer bina modelleri ile karşılaştırabilmek için doğal olarak havalandırıldığı varsayılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 9.5’de verilmiştir. Binaların havalandırma ile olan ısı kaybı 99,25 W/K’dir.



Şekil 9.5. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada toplam ısı kaybı ($H=H_i+H_v$).

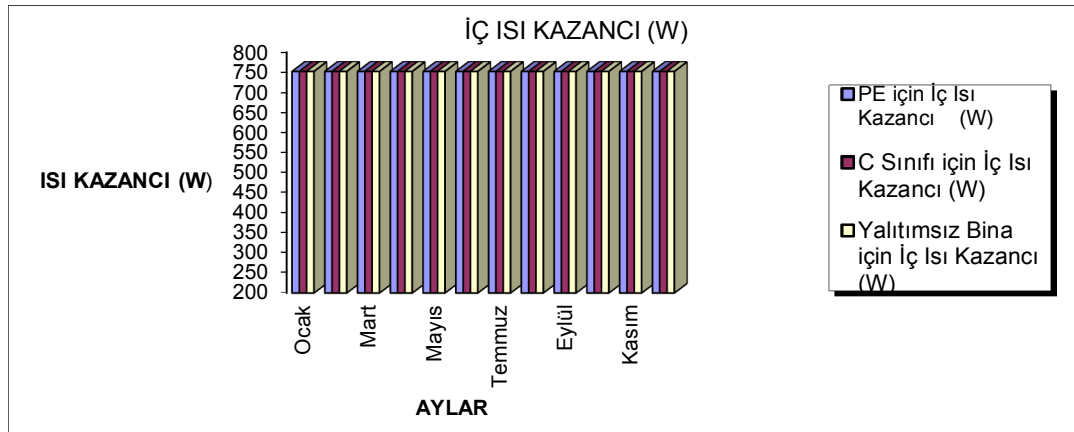
Binanın iletimle ve havalandırma ile olan ısı kaybı bize toplam ısı kaybı değerini verecektir. Şekil 9.5’da üç bina modeli için toplam ısı kaybı şematik olarak gösterilmektedir. Binaların ısı kayıp değerleri yüzdesel olarak incelendiğinde PE için toplam ısı kaybının % 39’u iletim ile % 61’i havalandırma ile gerçekleştiği sonucu bulunur. Aynı şekilde bu oran C Sınıfı bina için % 69 iletim, %31 havalandırma ve Yalıtımsız bina için ise % 86 iletim ve %14 havalandırma ısı kaybı şeklindedir. Ayrıca iletim ile olan ısı kaybı/havalandırma ile olan ısı kaybı oranları PE için 0,64, C sınıfı bina için 2,25 ve Yalıtımsız bina için 5,92’dir. Binanın ısı kaybeden yüzey alanı arttıkça; iletimle olan ısı kaybı, binanın brüt hacmi arttıkça; (havalandırılan hacmi artacağından) havalandırma ile olan ısı kaybı artacaktır. Binaların iletimle olan ısı kaybı ile havalandırma ile olan ısı kaybı oranlarının bir tasarım parametresi olup olmayacağı ayrı bir çalışma konusu olarak araştırılmalıdır.

9.4. ISI KAZANCI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Binalarda iç enerji kazançları iki ana başlık altında incelenebilir. Bunlar iç ısı kazancı ve güneş enerjisi kazancıdır.

9.4.1. İç Isı Kazancı (W)

TS 825'e göre konutlarda binanın net kullanım alanı başına 5 W olarak hesaplanması öngörülmüştür. Binanın net kullanım alanı ise brüt hacmi 0,32 ile çarpılarak bulunur. Her ay için elde edilen iç ısı kazancı değerleri toplanarak yıllık iç ısı kazancı bulunacaktır. İç kazançlar r; insanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları, aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarını kapsar. Aydınlatma dışındaki değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. TS 825'de aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve konutlar için 5 W/m² değeri kabul edilmiştir.



Şekil 9.6. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada iç ısı kazancı (W).

Her üç bina modeli için iç ısı kazancı değeri eşittir ve bu değer 752 W'dır.

9.4.2. Güneş Enerjisi Kazancı (W)

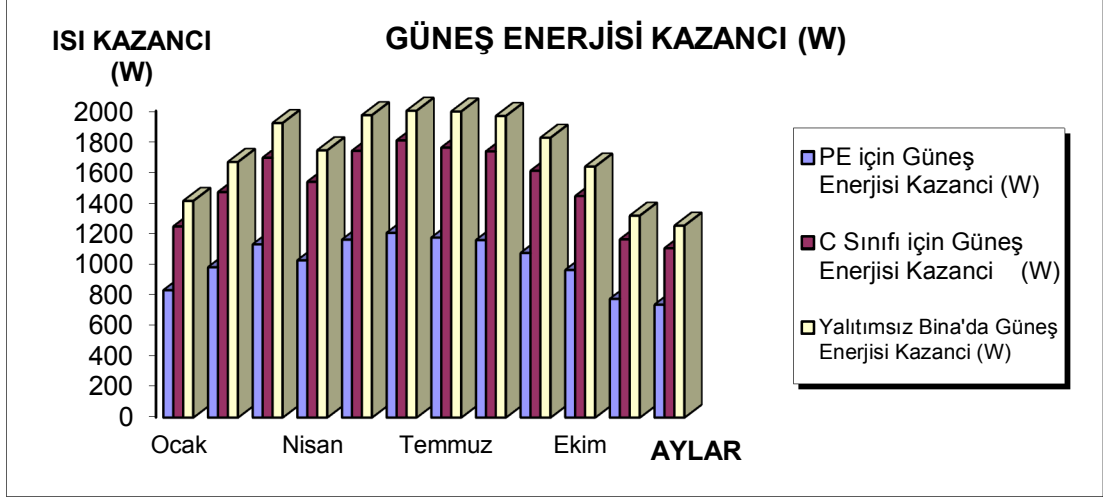
Güneş enerjisi binalarda enerji tüketimini etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Binalarda güneş enerjisi kazancı taşınım, iletim ve ışınım yolu ile gerçekleşir. Bu yüzden bina kabuğunu oluşturan opak ve saydam yüzeyler enerji gereksiniminde önemli role sahiptir. Enerji tüketiminin azaltılmasında pencere/duvar alanı oranı, cam tipi ve yön gibi tasarım parametrelerinin incelenmesi gerekir. Mimari proje sürecinin erken aşamasında simülasyon programlarının kullanılması ile iklime dayalı analizler

yapılarak enerji verimliliği açısından amaçlanan değerlerin elde edilmesi olanaklıdır. Isı kayıp/kazançları açısından bina kabuğunu oluşturan elemanların ısı geçirgenlik katsayısı en etkili parametrelerden biridir. Bu bağlamda pencereler, duvar, çatı ve döşeme elemanlarına göre daha az direnç göstermekte olup, ısı kayıp/kazançları önemli ölçüde pencerelerden gerçekleşir. Bilindiği üzere özellikle sıcak iklim bölgelerinde yüksek oranda güneş ışınımına maruz kalan pencereler, iç ısı konfor koşullarını olumsuz etkiler. İç ortam sıcaklığının yükselmesi ve bu nedenle insanlar üzerindeki stresi artırması, insanların çalışma verimini düşürmesi, iç ortamdaki elektrikli aletlerin çalışma verimini azaltması, direkt güneş ışınımının yansımaya neden olması şeklinde sıralanabilir.

Çizelge 9.7. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız Binada güneş enerjisi kazancı (W).

	UPE için Güneş Enerjisi Kazancı (W)	C Sınıfı için Güneş Enerjisi Kazancı (W)	Yalıtımsız Bina'da Güneş Enerjisi Kazancı (W)
Ocak	830	1.246	1.412
Şubat	980	1.470	1.666
Mart	1129	1.694	1.920
Nisan	1025	1.537	1.742
Mayıs	1160	1.739	1.971
Haziran	1204	1.807	2.048
Temmuz	1173	1.760	1.995
Ağustos	1157	1.735	1.966
Eylül	1073	1.609	1.824
Ekim	962	1.444	1.636
Kasım	774	1.162	1.316
Aralık	736	1.104	1.251

Güneş enerjisi kazancı eşitlik (8.9) yardımıyla hesaplanmıştır ve Çizelge 9.7'da PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız bina modeli için sonuçlar verilmiştir. Pencerelerin gölgelenme faktörü, güneş geçirme faktörü, güneş ışınımı şiddeti ve toplam pencere alanı verileri güneş enerjisi kazancı hesabını oluşturur.



Şekil 9.7. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada güneş enerjisi kazancı (W).

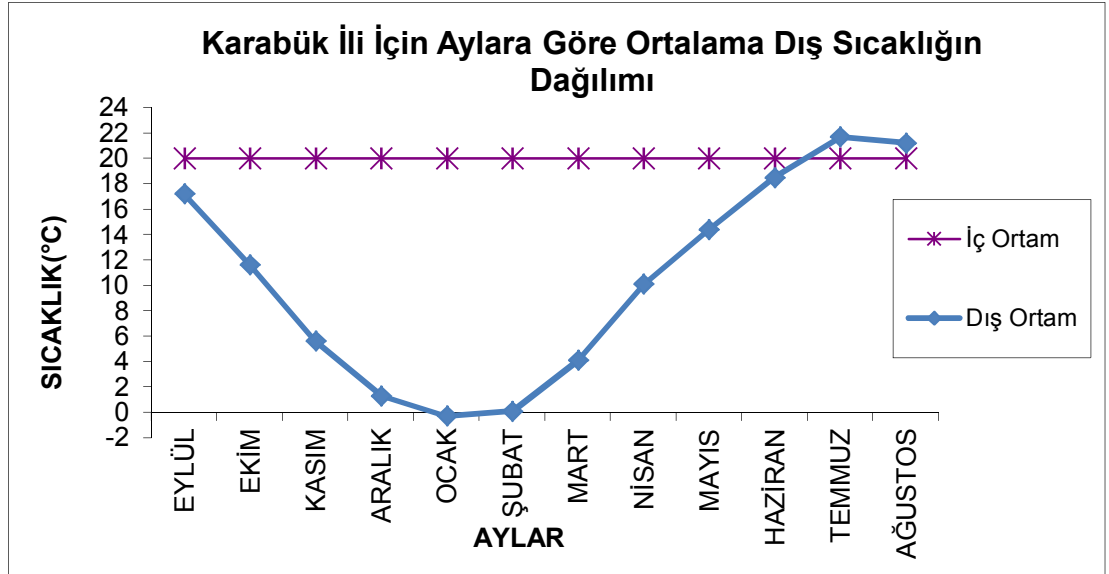
Güneş enerjisi kazançları üç bina modeli için incelendiğinde en düşük kazancın PE'de meydana geldiği görülür. Bunun temel sebebi PE tipi binada kullanılan cam tipinin güneş geçirme faktörünün diğerlerinden daha düşük olmasıdır. Hesaplarda güneş geçirme faktörü (g) değeri 3+ katmanlı Low-e cam için PE'de 0,5 alınmıştır. Bu değer klasik camlar için 0,75 iken Yalıtımsız binada kullanılan tek camlı pencere tipi için 0,85 değerindedir. Dış iklime dayalı parametreler ile gölgelenme katsayısı aynı olduğundan, bu üç bina modelinde farklı güneş enerjisi kazançlarının oluşmasının temel nedeni kullanılan cam tipinin güneş geçirme katsayısıdır. Güneş enerjisi, binalarda kışın ısıtma sistemine destek olması adına istediğimiz bir durumken yaz aylarında yüksek iç ortam sıcaklığı oluşumuna neden olduğundan istenmeyen bir durumdur. O halde pencere alanı, yönü ve kullanılan pencere tipi binanın mimari plan aşamasında ısı kaybı/ısı kazancı ölçeğinde değerlendirilerek analiz edilebilir. Ortaya çıkacak olan sonuç optimal fayda sağlamalıdır.

9.5. SICAKLIK DAĞILIMININ KARŞILAŞTIRILMASI

Karabük'te kısmen Karadeniz ikliminin özellikleri görülmektedir. Yalnız Karabük, kıyıda içeride kaldığı için, Karadeniz'in nemli havasından yeterince yararlanamamakta karasal iklimin özellikleri daha ağır basmaktadır. Karabük ili; yağış parametrelerine göre yarı kurak, az nemli, kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak bir iklim özelliğindedir. Bu iki iklim tipinin arasında geçiş iklimine sahiptir.

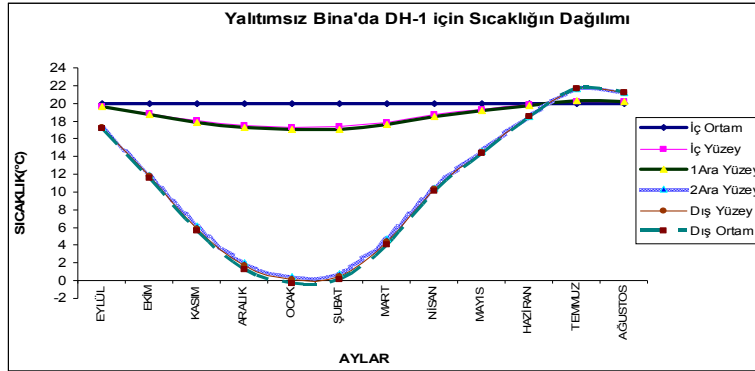
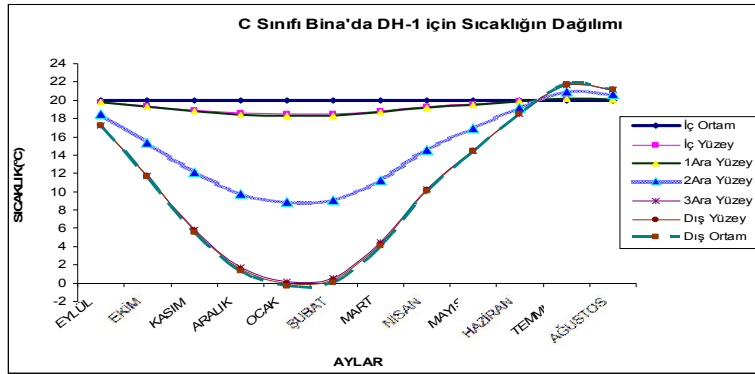
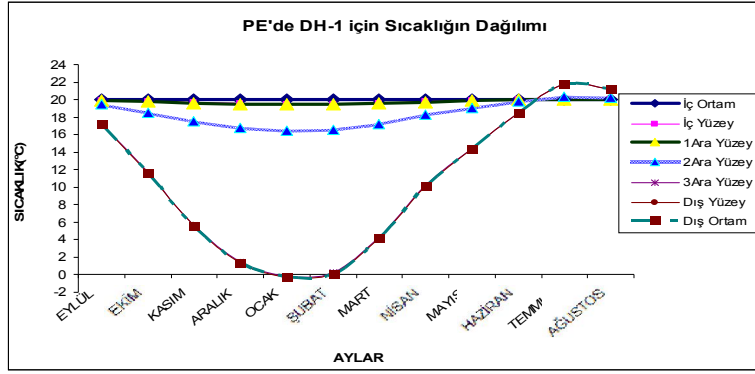
Karabük'te Kaydedilen uç ve ortalama değerler (veri aralığı 1965-2010'dur) ise şöyledir;

En yüksek sıcaklık (°C)	:	44,1	(11.08.1970)
En düşük sıcaklık(°C)	:	-15,1	(25.01.1974)
En çok yağış (kg/m ²)	:	79,0	(10.06.2008)
En hızlı rüzgâr (km/saat)	:	118,8	(16.08.1972)
En yüksek kar (cm)	:	35	(06.01.1983)
Uzun yıllar ortalama sıcaklığı (°C)	:	13,2	
Ortalama nispi nemi (%)	:	66,8	
Ortalama güneşlenme süresi	:	-	
Ortalama rüzgâr hızı (m/sn)	:	0,8	
Ortalama yıllık toplam yağışı (mm)	:	491,1	



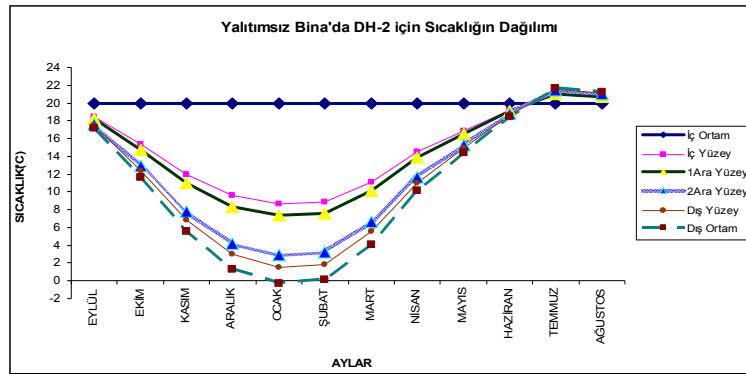
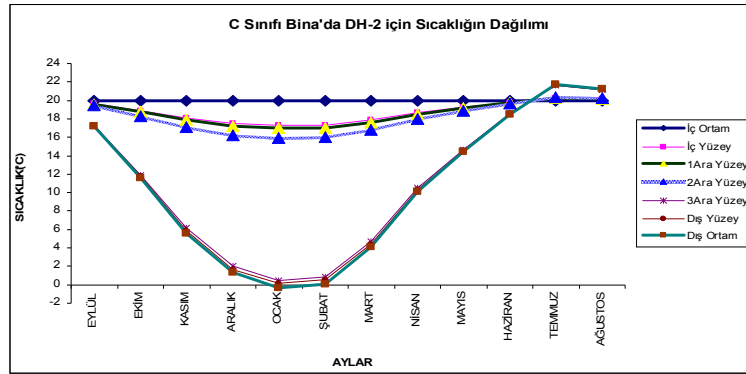
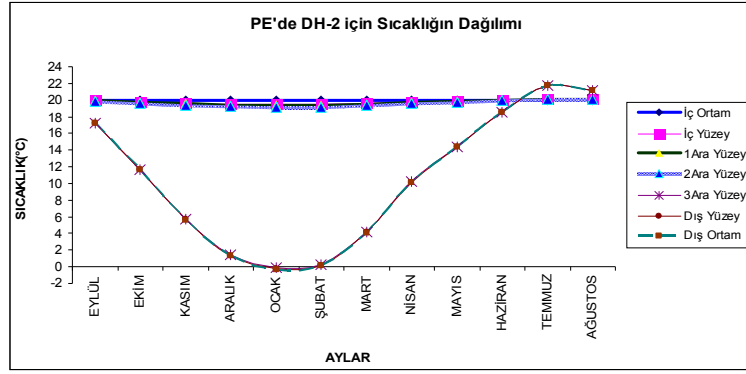
Şekil 9.8. Karabük ili aylık dış sıcaklık ortalama değerleri.

TS 825 standardından alınan Karabük ili aylık dış sıcaklık ortalama değerlerine göre Şekil 9.8 hazırlanmıştır. En yüksek aylık sıcaklık ortalaması değerine 21,7 °C ile Ağustos ayında ulaşılırken bunu 21,2 °C ile Temmuz, 18,5 °C ile Haziran ve 17,2 °C ile Eylül takip etmektedir. En düşük dış sıcaklık ortalamasına sahip olan kış ayları Ocak (-0,3 °C), Şubat (0,1 °C) ile Aralık (1,3 °C)'dır.



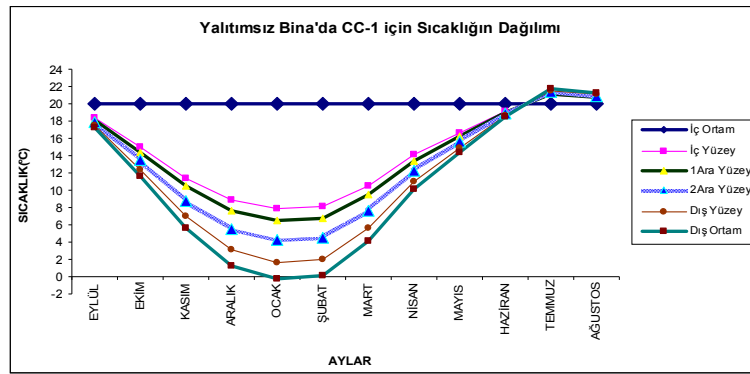
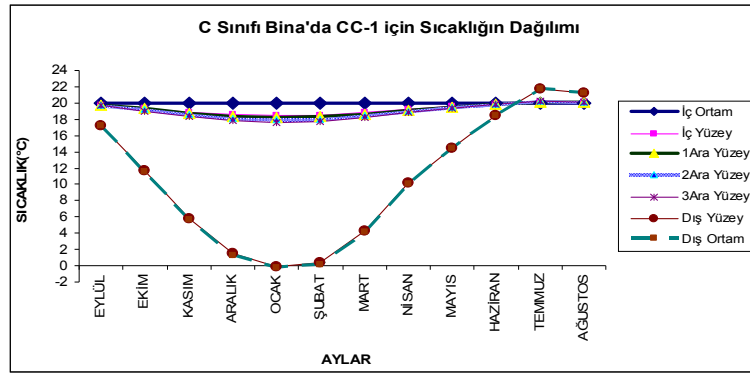
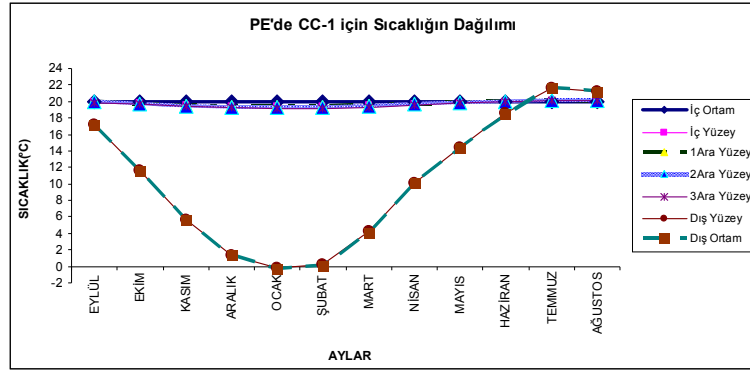
Şekil 9.9. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın DH-1'deki dağılımı.

Şekil 9.9'da DH-1, Şekil 9.10'da DH-2, Şekil 9.11'de CC-1 ve Şekil 9.12'de TT-1 için iç ortam ile dış ortam arasında yapı bileşenlerindeki sıcaklığın dağılımı eğrileri, aylara göre gösterilmiştir. İç ortam, İç yüzey, 1. Ara Yüzey, 2. Ara Yüzey, 3.Ara Yüzey, Dış Yüzey ve Dış Ortam Sıcaklığının yılın 12 ayı için hesaplanması suretiyle elde edilen veriler ışığında oluşturulmuştur. İç ortamdaki doğru sıcaklığın dağılımı bize yapı elamanındaki yalıtımsal durum ve yoğunlaşma periyodu hakkında önemli bilgiler verir.



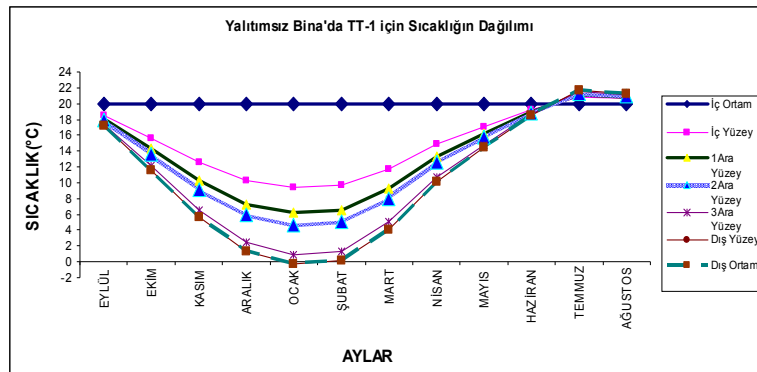
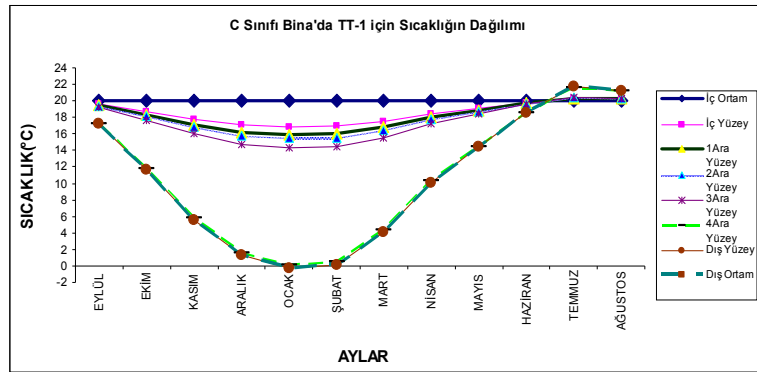
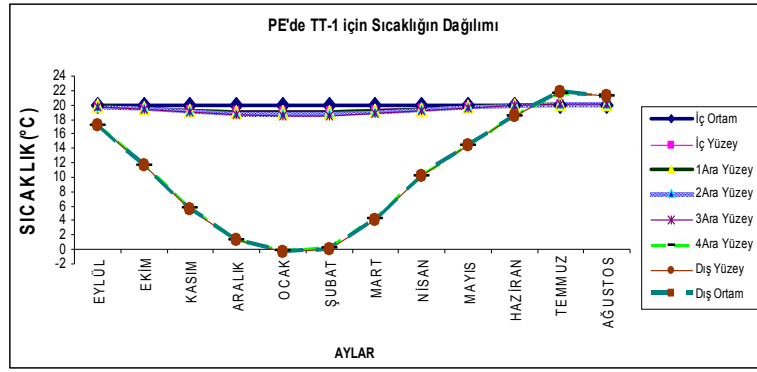
Şekil 9.10. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın DH-2'deki dağılımı.

Karabük iline ait dış sıcaklık verileri Şekil 9.8'de gösterilmiştir. İç sıcaklık 20 °C kabul edilmiştir. Tüm bu sıcaklık dağılımı eğrileri bu değerler eşliğinde hazırlanmıştır.



Şekil 9.11. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın CC-1'deki dağılımı.

CC-1 (üzeri çatı tavan) her üç bina modelinde su yalıtımı olduğu varsayılmıştır. PE'de 30 cm, C Sınıfı binada ise 10 cm mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtımı malzemesi kullanılmıştır. Üçüncü bina modelinde çatı arasında ısı yalıtımı mevcut değildir.



Şekil 9.12. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada sıcaklığın TT-1'deki dağılımı.

Toprak temaslı taban (TT-1) için PE'de asmolen döşeme ve 20 cm XPS kullanılmıştır. C sınıfı binada 4 cm XPS kullanılmıştır. Diğer bina modelinde ısı yalıtımı mevcut değildir. Döşeme ve sıva bileşenleri ise her 3 durumda da eşdeğerdir. Bu bileşenlere ait bilgiler Çizelge 9.1'de detaylı bir şekilde verilmiştir.

Yalıtım, bina içerisindeki ısı konforu ile birlikte enerji tasarrufu sağlamak için yapılmaktadır. Ancak, yalıtım yapılırken su buharı hareketlerinin de göz önüne alınması gerekir. Bina duvarlarında su buharı difüzyonu sonucu oluşan yoğuşma, yapı

malzemeleri üzerinde olumsuz etki oluşturduğu gibi ısı transferinin de artmasını sağlar [36]. Yoğuşma önlenemez ve yapı içerisinde yayılırsa duvarlarda zamanla rutubet meydana gelir.

Çizelge 9.8. PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada hava dengi difüzyon kalınlığı.

Yapı Bileşenleri	PE	C Sınıfı Bina	Yalıtımsız Bina
	S _{dT} (m) Hava dengi difüzyon tabakası kalınlığı (kümülatif)	S _{dT} (m) Hava dengi difüzyon tabakası kalınlığı (kümülatif)	S _{dT} (m) Hava dengi difüzyon tabakası kalınlığı (kümülatif)
DH-1	11,25	3,75	2,25
DH-2	34,65	27,15	26,65
CC-1	213,70	212,30	212,20
TT-1	50,10	29,75	23,75

TS 825 bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının nem ile ilgili performansının belirlenmesinde kullanılmak üzere hesaplama modeli olarak Glaser Grafik Yöntemi'ni esas almaktadır. Glaser yöntemi için pratik hesaplamalarda kullanılan eşdeğer hava tabakası kalınlığının hesabı (S_d) Eşitlik (8.12) yapılmaktadır. Her malzeme, farklı bir Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısına sahiptir. Malzemenin, kalınlığı ile su buharı difüzyon direnci katsayısının çarpımı ile su buharı difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı bulunur. Elde edilen değerler toplanarak kümülatif su buharı difüzyon tabakası kalınlığı (S_{dT}) elde edilir. Bu değer, yapı bileşenini oluşturan tüm malzemelerin (iç sıva, gazbeton, eps, dış sıva) su buharı difüzyon dengi hava tabakası değerlerinin toplamına eşittir. Elde edilen S_{dT}, doymuş su buharı basıncı (Pa) ile bir grafikte gösterilir. Aynı şekilde yapı bileşeninin buharlaşma hesabı yapılmalıdır. Yoğuşma kontrolünde, duvar katmanları arasındaki herhangi bir bölgede su buharı doyma basıncı değeri hiçbir zaman su buharı kısmi basınç eğrisinin altında olmamalıdır. Eğer olursa bu durumda yoğuşma meydana gelecektir.

Yoğuşma esnasında ilgili yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilebilmesi sağlanmalıdır. Her üç bina modelinde de yapı bileşenlerinde yoğuşma oluşmamıştır. Küf oluşumunun başlamaması ve konfor şartlarının bozulmaması için iç yüzey sıcaklığı

θ_{yi} en düşük, TS 825 [21] göre kabul edilen iç ortam sıcaklık değerlerinden (çatı, duvar vb. bütün yüzeyler için) en fazla 3 °C, düşük olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu şart, PE ve C Sınıfı binada tüm yapı bileşenleri için sağlanmış fakat Yalıtımsız binada sağlanamamıştır.

Yapı elemanı içinde yoğuşan su, malzemenin gözenek ve kapillerlerinde tutulur, bu miktar, malzemenin bünyesinde barındırabileceği miktardan (doyma nemi) büyükse, su malzeme içinde hareket etmeye başlar. Yerçekimi etkisiyle duvarlardan ve tavandan akma veya damlama riski doğar. Yoğuşan su miktarı fazlaysa, mevsime göre donarken veya buharlaşırken hacim artışı nedeniyle yapı malzemelerine zarar verebilir, çatı örtülerini ve duvar kaplamalarını patlatabilir. Yoğuşma sırasında buhar gizli ısısının serbest kalması ve malzemelerin gözeneklerinin su ile dolu olması yapı bileşeninden ısı geçişini hızlandırır [36]. Bu da içerideki ısıtma tesisatının yeterli olmamasına ve yüzeylerde terleme sonucu yoğuşmalara neden olur. Yoğuşma suyunun yapı bileşeni içinde uzun süre kalması, yapı elemanlarında korozyona (inşaat çeliklerinin paslanması gibi), küf ve mantar oluşumlarına neden olacaktır.

Bir yapı bileşeninin içinden birim zamanda geçen su buharı miktarının, iç ortam buhar kısmi basıncına (P_i), dış ortam buhar kısmi basıncına (P_d) ve yapı bileşeninin toplam eşdeğer hava tabakası kalınlığına bağlı olduğu görülür [36]. Buradan, yapı bileşeni içinde yoğuşan su miktarını azaltmak için yapı içinden birim zamanda geçen buhar miktarının (i) azaltılması gerektiği sonucu çıkarılabilir. (i) 'nin azaltılabilmesi için de iç ve dış ortamlar arası kısmi basınç farkının ($P_i - P_d$) azaltılması veya yapı bileşeninin toplam eşdeğer hava tabakası kalınlığının (S_d) artırılması gerekir [37].

Buhar difüzyonunda temel itici güç, iç ve dış ortam arasındaki kısmi buhar basıncı farkıdır. Dolayısıyla iç ve dış ortamlar arası kısmi basınç farkının ($P_i - P_d$) azaltılması için yapılabilecek tüm işlemler yoğuşma miktarını azaltacaktır. Dış ortamın kısmi buhar basıncını (P_d) değiştirmek mümkün olmayacağı için, yapmamız gereken işlem iç ortamdaki buharın kısmî basıncını (P_i) azaltmak olacaktır.

Kısmi buhar basıncını azaltmak için yapılabilecek iki metod vardır. Bunlardan ilki bağıl nemin sabit tutulup doyma basıncının azaltılmasıdır. Ancak bu pratikte

mümkün değildir. Çünkü doyma basıncını azaltmak için iç ortam sıcaklığının azaltılması gerekir bu efektif bir çözüm olmadığı gibi böyle bir durumda bağıl nemin sabit kalması mümkün değildir. İkinci metod ise doyma basıncının sabit tutulup bağıl nemin azaltılmasıdır. Bu işlem, iç ortam havası içerisindeki nem miktarı azaltılmasıyla veya iç ortam havasının aynı sıcaklıkta daha düşük bağıl neme sahip bir hava ile değiştirilmesiyle yapılabilir.

İç ortam havasındaki nem miktarı nem alma cihazlarıyla veya nem adsorbe eden katı maddeler yardımıyla (örneğin silica gel) yapılabilir [36]. İç ortam havasının aynı sıcaklıkta daha düşük bağıl neme sahip havayla değiştirilmesi ise kontrollü bir mekanik havalandırma gerektirir.

Eşdeğer hava tabakası kalınlığı (S_d) artırılması yapı bileşeninin katmanları arasında buhar geçirgenliği çok az olan (buhar geçirgenlik direnci yüksek) bir malzeme yerleşmesiyle sağlanabilir. Bunun temeli, yapı bileşeninin toplam difüzyon direncinin artırılması sonucu içeriden dışarı çıkan buhar miktarının azalması, dolayısıyla yoğuşma miktarının azaltılmasına dayanır. Bu işlem için kullanılan malzemelere genel olarak "Buhar Kesicileri" veya "Buhar Bariyerleri" adı verilir. Buhar kesiciler genellikle ince, tabakalar halinde esnek membranlardan yapılır. Bazı özel uygulamalarda sert, kalın tabakalar halinde güçlendirilmiş plastik, alüminyum, paslanmaz çelik gibi malzemeler bindirme boşluklarında sızdırmazlık sağlanarak kullanılır.

Alüminyum, polietilen, PVC, çeşitli plastikler, bitüm esaslı malzemeler, ince membranlar haline getirilip buhar kesici olarak kullanılabilirler. Ayrıca, binanın iç yüzeylerine yapılan bazı tip boyaların da buhar kesici görevi görebilir.

Buhar kesici uygulamalarında, buhar kesici malzeme, yapı bileşeni içinde sıcaklığı çığ noktası sıcaklığının altında kalan tabakadan önce konulmalıdır. Yani, buhar kesici, ısı yalıtım malzemesinin sıcak ortama bakan yüzüne uygulanmalıdır ve buhar kesici tabakalarının birleşme yerlerinde sızdırmazlık sağlanmalıdır.

PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız bina modelinin S_d değerleri Çizelge 9.8’de verilmiştir. Eşdeğer hava tabakası (hava dengi difüzyon tabakası) kalınlıkları DH-1 için ele alındığından en yüksek değerinin 11,25 ile PE’de olduğu, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada 3,75 ve 2,25 değerleri ile bunu takip ettiği görülür. Eşdeğer hava tabakasının artırılması, yapı elamanı içinden birim zamanda geçen su buharı miktarı azalacak bu da yoğuşma oluşma ihtimalini azaltacaktır. Eşdeğer hava tabakası kalınlığı, su buharı difüzyon direnci katsayısı ve malzeme kalınlığına bağlı olduğu düşünülürse; difüzyon direnci yüksek malzemelerin tercih edilmesi, yalıtım kalınlığının artırılması ve buhar geçirgenliği çok az olan buhar kesici malzemelerin kullanılması ile yapılarda yoğuşma azaltılabilir.

Pasif Evler, ısı köprülerinden arındırılmış olması ve sağlamış oldukları yüksek yalıtım sayesinde oldukça yoğuşma oluşma riskini en aza indiren bina sistemidir. Ayrıca bu binalar mekanik olarak havalandırıldığında, iç ortam sıcaklığı sabit kalmak kaydı ile iç bağıl nemin düşürülmesine olanak sağlayabilir. Bu durum yapı bileşenin de yoğuşma miktarını azaltacak ve daha sağlıklı bir iç ortam iklimi sunacaktır.

9.6. YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı [21] olarak tanımlanır. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre hesaplanır. 3. Derece gün bölgesinde olan Karabük için $Q_{3,DG}$ formülü Çizelge 9.9’da verilmiştir.

Çizelge 9.9. Sınırlandırılan ısıtma enerjisi ($Q_{3,DG}$) değerleri [21].

En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri				
3. Bölge		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
		A_n ile ilişkili $Q_{3,DG}$	51,7	116,5
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q_{3,DG}$	16,6	37,3	kWh/m ³ , yıl
Ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan $Q_{3,DG}$ nun hesaplanması				
3. Bölge	[$Q_{3,DG}=76,3 \times A/V + 36,4$]			kWh/m ² , yıl
	[$Q_{3,DG}=24,4 \times A/V + 11,7$]			kWh/m ³ , yıl

Binanın mimari planı, brüt hacmi, kullanım alanı vb. ile ilgili bilgiler 8.Bölümde verilmişti. Bu değerler ve eşitlikler yardımıyla PE, C Sınıfı ve Yalıtımsız bina modeli için yıllık ısıtma enerjisi TGUP programı yardımıyla yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 9.10’da görüldüğü gibidir.

Çizelge 9.14. Müsaade edilen maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) değerleri.

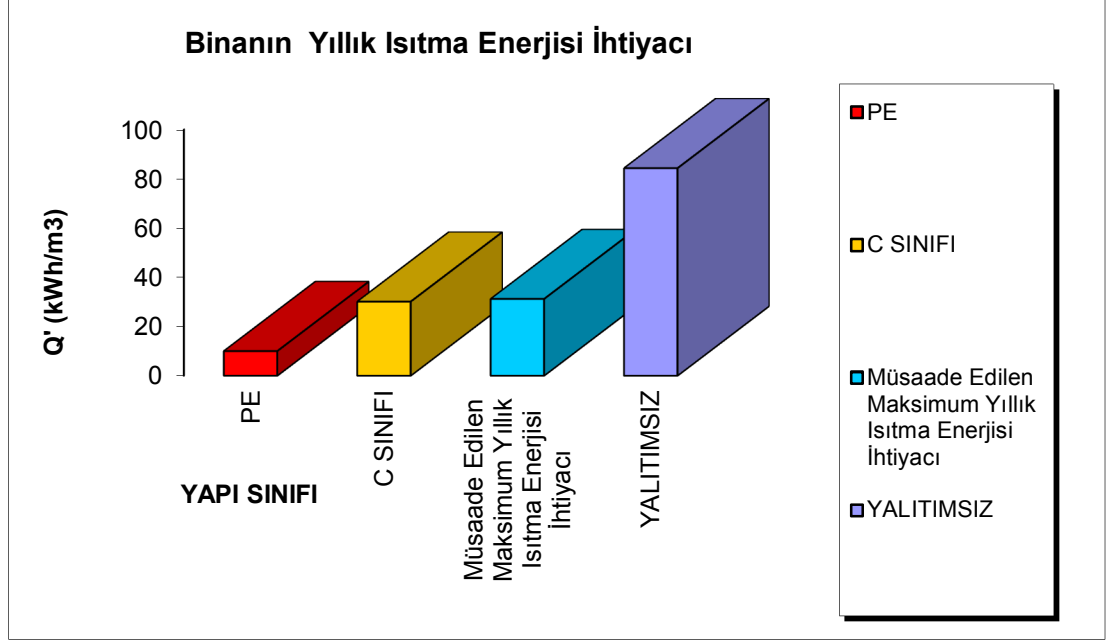
	PE	C SINIFI	Maks. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (Q)	YALITIMSIZ
Q' (kWh/m ³)	10	30,08	<u>31,17</u>	84,27

Yapılan hesaplama da PE için 10 kWh/m³, C Sınıfı için 30,08 kWh/m³ ve de Yalıtımsız bina modeli için 84,27 kWh/m³ sonuçları elde edilmiştir. Aynı bina mimari planı-geometrisi ve eşdeğer iklim parametrelerinde yapılan hesap ile maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q' =31,17 kWh/m³ olarak bulunmuştur. C Sınıfı bina, müsaade edilen yıllık ısıtma enerjisi değerinin hemen altındadır ve TS 825 standardını sağlamaktadır. Yalıtımsız bina modeli ise müsaade edilen değer bir hayli üstünde olup TS 825 ile sınırlanan değer uzağındadır. PE tipi bina ise müsaade edilen değer üçte birinden daha az değerdedir. TS 825 standardında binaların yalıtım durumuna göre yapılan ve “enerji verimliliği endeksi” olarak nitelendirilen sınıflandırmaya göre C sınıfı normal enerji verimli bina, B sınıfı iyi enerji verimli bina ve A sınıfı süper enerji verimli bina olarak tanımlanmaktadır. Enerji sınıfı ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla sıralanır.

$$\begin{aligned}
 &< 0,99 \text{ veya } \geq 0,90 && \text{ise C tipi bina} \\
 Q_{\text{yıl}}/Q &< 0,90 \text{ veya } \geq 0,80 && \text{ise B tipi bina} \\
 &< 0,80 && \text{ise A tipi bina}
 \end{aligned} \tag{9.1}$$

Referans binamız için TGUP programı ile hesaplanan Q' değeri 31,17 kWh/m³ dür. Eşitlik (9.1)’de verilen oran ile hesaplama yapıldığında; PE için $Q_{\text{yıl}}/Q' = 10/31,17 = 0,32$ olarak bulunur. Yönetmelik 0,8’in altını A tipi (süper enerji verimli) bina olarak nitelendirmiştir ki PE’de elde edilen $Q_{\text{yıl}}/Q'$ oranı bunun çok altındadır.

Muhakkak gelecek yıllarda bu tanımlama değişecektir. Zira PE'nin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı A tipi binanın oldukça altındadır.



Şekil 9.13. UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız binada yıllık ısıtma enerjisi.

UPE, C Sınıfı ve Yalıtımsız bina modeli için elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ($Q_{yıl}$) değerleri, müsaade edilen maksimum ısıtma enerjisi (Q') Şekil 9.13'de şematik olarak da gösterilmiştir. Aralarındaki fark net bir şekilde görülmektedir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç ısı kazançları çıkartılarak hesaplanır. Isıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunduğu binanın ısıl performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün kılmaktadır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır.

Binaların yıllık ısıtma enerjisi değerlerinin değişiminde, bina yönlendiriliş açısı, bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ve yalıtımın en önemli parametreler oldukları anlaşılmaktadır.

BÖLÜM 10

SONUÇLAR

Nüfus artışı, hızlı ve plansız yapılaşma ve kentleşme, ekolojik çevrenin bozulmasına neden olmakta, enerji kaynaklarının da aynı hızla tüketilmesi sonucunu doğurmaktadır. Daha kaliteli, sağlıklı, konforlu, yaşanabilecek ve gelecek kuşaklara aktarılacak bina tasarımları üzerinde durulmalıdır. Aynı zamanda, sürdürülebilir bir çevre yaratmak için sınırlı enerji kaynaklarını optimum kullanan binalar inşa etmek temel hedef olmalıdır.

Günümüz koşullarında sürdürülebilir binaların ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Ancak bu tip binalar, enerji maliyetleri de azalmaktadır. Binalarda uygulanabilecek sürdürülebilir yaklaşımların geri ödeme süreleri, tüketilen enerji miktarlarını azaltma oranına göre değişkenlik gösterecektir. Yenilebilir enerji sistemleri ile desteklenmesi bu hususta önemlidir. Bu tip sistemler enerji maliyetlerini de düşürecektir. Hükümetler tarafından vergi indirimleri veya krediler ile teşvik edilmesi gerekmektedir. Türkiye’de yenilenebilir enerjilerin binalarda kullanımının önündeki en temel sorun olarak yeterli devlet teşvikinin olmamasıdır.

Bu tez çalışması kapsamında, güneş enerjisinden optimum ölçüde yararlanan, yüksek oranda yalıtılmış ve enerji tüketimi en aza indirilmiş, bir enerji etkin bina modeli Pasif Ev tasarımı üzerinde durulmuştur. Pasif Ev tasarım süreci, ilgili standartlar ve Avrupa ülkelerindeki uygulama örnekleri ölçeğinde incelenmiştir. Tasarımın nasıl yapılması gerektiği, hangi bileşenler kullanıldığında ve hangi şartları sağladığında Pasif Ev olarak nitelendirilebileceği anlatılmıştır. Ayrıca, özgün bir mimari tasarım yapılmış ve bunun Karabük iklim şartlarında yalıtım, termofiziksel özellikleri, ısı

kaybı, ısı kazancı, yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi değerleri hesaplanarak aynı şartlarda ve aynı mimari planda olduğu varsayılan diğer iki bina modeli ile kıyaslamalar yapılmıştır. Diğer iki bina modeli, C Sınıfı bina ve Yalıtımsız bina olarak isimlendirilmiştir. Aynı mimari plan için farklı yalıtım tipi ve kalınlıkları eşdeğer dış iklim parametreleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan tüm hesaplar TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına uygundur.

Bu çalışmada, enerji tasarrufu sağlayan yapı tasarımı için projelendirme safhasında yararlı olabilecek, mimarlık, makine ve enerji mühendisliği alanlarında kullanılabilecek teknik bilgi ve yorumlara yer verilmiştir. Özellikle yalıtım konusu detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Pasif Ev tasarımı için en temel bilgileri içeren bu tez çalışması ile Pasif Evi diğer ekolojik yapılardan ayıran nitelikli özellikler gösterilmiş ve hatta bir çok Avrupa ülkesinde Pasif Ev kullanıcılarının memnuniyetlerini ifade eden anket çalışmalarının bir takım sonuçlarından bahsedilmiştir. Pasif Ev, bir ekolojik ve ya diğer bir deyişle enerji etkin bir bina modeli olarak karşımıza çıkmakla beraber kendine özgü kuralları olması nedeniyle diğer iyimser ve çevreye duyarlı yapılardan farklılık göstermektedir. Oldukça yüksek enerji tasarruf potansiyeli olan bu ev tekniği ülkemiz için oldukça yenidir. İler ki yıllarda örneklerinin ülkemizde de hızla artacağını düşünmekteyiz.

Her bina, ayrı ayrı çevresel, fonksiyonel, davranışsal, ekonomik, kültürel ve teknik faktörlerin, mimari, statik, mekanik, elektronik bileşen ve sistemler çerçevesinde etkilediği, tasarım, malzeme, konstrüksiyon, kullanım, bakım ve işletme kararlarına dayalı karmaşık bir yapıdadır. Tasarımda istenilen performansın elde edilebilmesi tasarıma başlanılan ilk aşamadan itibaren bilinçli bir yaklaşım izlenmesi ile mümkün olabilir.

Çalışmamızın Türkiye’de tasarlanması düşünülecek bir Pasif Ev için rehberlik edeceği kanaatindeyim. Ayrıca bu konunun öneminin anlaşılmasına katkı sağlamak en büyük hedefimdir.

KAYNAKLAR

1. Alparslan, B., Gültekin, A. B. ve Dikmen Ç. B., “Ekolojik yapı tasarımı ölçütlerinin Türkiye’deki güneş evleri kapsamında incelenmesi”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)**, Karabük, 982-997 (2009).
2. Feist, W., “Climate neutral passive house estate in Hannover-Kronsberg: Construction and measurement results”, **CEPHEUS Project**, BU/0127/97, Hannover, 94-143 (2001).
3. Badescu, V. and Sicre B., “Renewable energy for passive house heating part I. building description”, **Energy and Buildings**, 35 (11): 1077–1084 (2003).
4. Göksu, Ç., “Güneş-Kent, Güneş Enerjili Yerleşim Modeli”, **Güneş Kitapları Dizisi**, Ankara, 29-133 (1999).
5. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Türkiye enerji raporu 2010”, **DEK-TMK Yayını**, Ankara, 17: 1-173 (2010).
6. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Türkiye enerji raporu 2008”, **DEK-TMK Yayını**, Ankara, 9: 13-115 (2008).
7. Uyar, T. S., “Yenilenebilir enerji”, **Yapı Mimarlık, Tasarım, Kültür ve Sanat Dergisi**, 312: 6-9 (2007).
8. Erengözgin, Ç., “Enerji yaşamın çekirdeği ve enerji mimarlığına doğru”, **Yapı Mimarlık, Tasarım, Kültür ve Sanat Dergisi**, İstanbul, 260: 12-15 (2002).
9. Akkaya, A. V., Akkaya E. K., ve Dağdaş A., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel değerlendirilmesi”, **IV. Ulusal Temiz Enerjiler Sempozyumu**, İstanbul, 14: 37-43 (2002).
10. Özkul, Z., ”Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 stratejik planı”, **V. Uluslararası Enerji ve Çevre Konferansı**, İstanbul, 18-19 (2010).
11. Dağıstan, H., “Jeotermalde açılım: Kızgın kuru kaya çalışmaları projesi”, **Termal ve Maden Suları Konferansı Bildiriler Kitabı**, Afyonkarahisar, 137-138 (2008).
12. Durak, S., “Jeotermal enerji alternatif mi?”, **TMMOB Maden Mühendisleri Odası Madencilik Bülteni**, Ankara, 49: 22-24 (1996).
13. The European Parliament and of the Council, ”On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing directives 2001/77/EC and 2003/30/EC”, **Official Journal of the European Union**, 140 (L): 16-61 (2009).

14. IEA, “World Energy Outlook 2009”, *International Energy Agency*, Paris, 1-17 (2009).
15. Zervos A., Lins C., and Muth J., “Re-thinknig 2050, a 100 % renewable energy vision for he European Union”, *European Energy Council Renewable Energy House*, Brussels, 6-74 (2010).
16. Elektrik İşleri Etüt İdaresi, “Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli”, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, (2011).
17. Arısoy, A., Öner, F., ve Uluçay U., “Binalarda sürdürülebilir enerji kullanımı ve ekonomik optimizasyon”, *TTMD 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*, İstanbul, 366-380 (2008).
18. Küçükçalı, R., “Enerji ekonomisi”, 1. Baskı, *Isısan Çalışmaları*, İstanbul, 112-155 (2005).
19. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, “5627 sayılı enerji verimliliği kanunu”, *T.C. Resmi Gazete*, Ankara, 26510: 1-8 (2007).
20. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, “Binalarda enerji performansı yönetmeliği”, *T.C. Resmi Gazete*, 27075: 1-22 (2008).
21. TSE, “TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, 91.120.10: 1-76 (2008).
22. Özdemir B. B., “Sürdürülebilir çevre için binaların enerji etkin pasif sistemler olarak tasarlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 7-14 (2005).
23. Doğan A. ve Pırasacı T., “Bina cephelerinde yalıtım yerine trombe duvar kullanımının incelenmesi”, *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 112: 41-51 (2009).
24. Çakmanus, İ. ve Bilgin, A., “Güneş enerjisi ile binaların pasif ısıtılması”, *TTMD Dergisi*, 36 (2): 21-26 (2005).
25. Çakmanus, İ., “Enerji verimli bina tasarımı yaklaşımı”, *TTMD Dergisi*, 84: 20-27 (2004).
26. Kaynaklı Ö. ve Yiğit A., “İnsan vücudu için ısı dengesi ve ısı konfor şartları”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2): 9-17 (2005).
27. Küçükçalı, R., “Mimarın Tesisat El Kitabı”, 1. Baskı, *Isısan Çalışmaları*, 28-33 (2008).

28. Berköz, E. ve Küçükdoğu, M., “Enerji etkin konut ve yerleştirme tasarımı”, *Enerji Dergisi*, 3: 50-54 (1997).
29. Schnieders J. and Hermelink A., “Cepheus results: measuraments and occupants’ satisfaction provide evidence for passive houses being on option for sustainable building”, *Energy and Buildings*, 35 (2):1085-1096 (2003).
30. Badescu, V. and Sicre B., “Renewable energy for passive house heating II. model”, *Energy and Buildings*, 35 (11): 1085–1096 (2003).
31. İnternet: Kıncay, O., “Güneş Enerjisi Ders Notları” <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/den.html> (2012).
32. İnternet: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, “Türkiye İklimi”, <http://www.dmi.gov.tr/iklim/iklim.aspx>, (2012).
33. Ulukaya, C., “Çelik Erengözgin ile kişisel görüşme”, Yüksek Mimar, *Ça-ba Tasarım*, Karabük (2011).
34. İnternet : Trakya Cam Sanayi A.Ş., “Binalarda Isı Yalıtımı ile Güneş Kontrolünün Önemi”, http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/urunler.php, (2012).
35. Bulgurcu., H., “Lokal ısı-enerji geri kazanımlı havalandırma cihazlarının tasarımı”, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 269 (1): 141-150 (2001).
36. Bolattürk., A. ve Dağdır C., “Güneş radyasyonu dikkate alınarak sıcak iklim bölgelerindeki binalarda optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi”, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 33 (1): 87-99 (2011).
37. Hepbaşlı A., “Binalarda enerji kullanım performansının değerlendirilmesi”, *TTMD Dergisi*, Ankara, 51: 12-18 (2007).
38. Ulukaya, C., “Sencer Erten ile kişisel görüşme”, Makine Mühendisi, *Vaillant Isı San ve Tic. Ltd. Şti.*, Karabük (2011).

ÖZGEÇMİŞ

Cantekin ULUKAYA 1985 yılında Karabük'te doğdu, ilk orta öğrenimini bu şehirde tamamladı. Karabük 75. Yıl Anadolu Lisesi'nden 2003 yılında mezun oldu ve aynı yıl Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği lisans eğitimine başladı. 2007 yılında Makine Mühendisliği lisans eğitimini tamamladı. Lisans eğitimi sırasında başladığı tesisat proje ve uygulama işlerine üniversiteden mezun olduktan sonra devam etti. Karabük'e gelerek Ulukaya Mühendislik adıyla kendi firmasını kurdu. Askerlik görevini Erzincan ilinde yaptı. 2009 yılında Karabük Üniversitesi'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2010 ve 2011 yıllarında Enerji Bakanlığı bünyesinde katıldığı Enerji Yöneticiliği ve Enerji Etüt Proje eğitimlerini tamamladıktan sonra Enerji Yöneticisi sıfatını almaya hak kazandı. 2007 ile 2012 yılları arasında Makine Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen sertifikalı eğitimlere katılarak Mekanik Tesisat, Doğalgaz, Havalandırma ve Yangın Tesisatı, Şantiye Şefliği, Enerji Kimlik Belgesi, Endüstriyel ve Büyük Tüketimli Tesislerin Doğalgaza Dönüşümü gibi konularda uzmanlık elde etti. 2010 – 2012 yılları arasında Karabük ilinde yapılmış olan birçok inşaat için Mekanik Tesisat Projesini hazırladı ve kontrollerini yaptı. Halen Ulukaya Enerji Mühendislik firması adı altında, firma sahibi ve uzman Makine Mühendisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Bayır Mah. Ptt. Cad. Derya İşhanı Kat:3 No:1
Merkez / KARABÜK

Tel : (370) 412 92 21 - 505 344 01 25

E-posta : cantekinulukaya@hotmail.com

Web : www.ulukayaenerji.com.tr