T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN ÇATI ELEMANININ MALZEME VE YAPIM OLARAK İNCELENMESİ

SİNAN MERAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

EDİRNE-2017

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. H. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri İmza

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

Yrd. Doç. Dr. Seyhan YARDIMLI

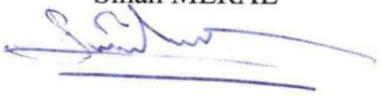
Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

27/01/2017

Sinan MERAL



Yüksek Lisans Tezi

Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik Açısından Çatı Elemanının Malzeme Ve Yapım Olarak İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, sanayinin hızla gelişmesi, sık yaşanan yer değişimler (göçler) nedeniyle bilinçsiz konut üretimleriyle konutlardaki enerji tüketimleri giderek artmıştır. Hızlı gelişen ve değişen konut kültürü için enerji verimliliğini artıracak mimari önlemler ve sistemler geliştirmek gerekmektedir.

Çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki farklı iklim (Derece Gün) bölgelerindeki, farklı özelliklerdeki (iki, dört ve altı katlı) konutlarda Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine bağlı, ulusal veri tabanı olan BEP-TR (Binalarda Enerji Performansı) hesap programını kullanarak binaların nihai enerji tüketimlerini incelemektir. Çalışmada öneri malzeme ve katmanlardan oluşan farklı çatı ve duvar yapı elemanı detayları ile bina kabuğu genelinde sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Farklı Derece Gün bölgelerine göre iki, dört ve altı katlı bu örnek konutlarda farklı yapı elemanı detayları incelenmiştir.

Çalışmada yöntem olarak, binalarda enerji performansı yönetmeliğine bağlı web tabanlı BEP-TR programı kullanılarak elde edilen sayısal veriler değerlendirilmiştir. Örnek olarak seçilen binaların ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su için gerekli enerji ihtiyaçları belirlenerek farklı Derece Gün bölgeleri temsili iller ile değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve literatür özeti giriş bölümünde verilmiştir. İkinci bölümde enerji kullanımı ve binalardaki sürdürülebilir enerjinin önemi vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde yapı elemanı olarak çatıların tasarımı ve sınıflandırılması verilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde örnek olarak belirlenen farklı kat adedine ve çatı, duvar özelliklerine sahip konutların BEP-TR programı yardımıyla enerji tüketimleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde farklı Derece Gün bölgelerine göre yapılan hesap sonuçları enerji tüketimlerine göre değerlendirilmiştir.

Elde edilen sayısal verilerin değerlendirilmesinde genel olarak çatı ve duvar elemanına yalıtım katmanının gelmesiyle sonuçlarda büyük bir iyileşme tespit edilmiştir. Ayrıca kat sayısı arttıkça enerji ihtiyacının azaldığı görülmektedir. Bu çalışmadaki kabullerle her Derece Gün Bölgesinde çatı tipine bağlı olarak en az ısıtma enerji ihtiyacı eğimli çatılarda elde edilmiştir.

Yıl : 2017
Sayfa Sayısı : 114
Anahtar Kelimeler : BEP-TR, binalarda enerji performansı, bina kabuğu, yalıtım

Master's Thesis

Investigation Of Roof Element As Material and Structure In terms Of Energy Efficiency And Sustainability

Trakya University Institute Of Natural Sciences

Department Of Architecture

ABSTRACT

Energy consumption has increased in houses in recent years due to the technological developments, the rapid development of the industry, frequent living changes (migrations), unconscious housing productions. It is necessary to develop architectural measures and systems that will increase energy efficiency for fast developing and changing housing culture.

The main objective of the study is to use the BEP-TR (Energy Performance in Buildings) calculator program, which is a national data base of the Energy Performance Regulations of Buildings, in two, four and six stored houses with different characteristics in different climate (degree days) with different roof and wall construction details, to examine the ultimate energy consumption of the building throughout the building shell. As a result, building performances were evaluated comparatively. In these sample houses with two, four and six floors, the details of different building elements were examined according to different degrees of day regions.

As a method of study, the numerical data obtained using the web-based BEP-TR program related to energy performance management at the buildings was evaluated. The energy needs of heating, cooling, ventilation, lighting and hot water of selected buildings are determined and evaluated with different degrees of day zones. The study consists of five parts. The purpose, scope, methodology and literature summary of the study are given in the introduction. The second section emphasizes the use of energy and the importance of sustainable energy in the buildings. In the third chapter, design and classification of roofs are given as building elements. In the fourth part of the study, energy consumption was determined with the help of the BEP-TR program of houses with different floor and roof and wall properties. The results of the calculations made

according to different Degree Day regions in the result of the study are evaluated according to their energy consumption.

A great improvement was observed in the evaluation of the numerical data obtained by result of the insulation layer coming to the roof and wall element in general. Also, as the number of stored increases, the energy demand seems to decrease. With the assumption of this study, the minimum heating energy requirement was obtained in pitched roofs, depending on the type of roof in each Degrees Day Region.

Year : 2017
Number of Pages : 114
Keywords : BEP-TR, energy performance of buildings, building envelope, insulation

ÖNSÖZ

Enerjinin etkin ve verimli kullanılması günümüzün en önemli konuları arasındadır. Özellikle bina kabuğunda alınacak önlemlerle binaların enerji tüketimi azaltılabilmektedir. Çatılar bina kabuğunda binayı dış etkilerden koruyan ve enerji tüketiminde rol oynayan önemli bir elemandır.

Tez çalışmamı hazırlamam aşamasında desteklerinden dolayı öncelikle danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR'a , Sayın Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI'na ve E.K.B.ve BEP-TR konusundaki teknik desteklerinden dolayı iş arkadaşım Emir KOÇYILMAZ'a, Erman TURAN'a, Zeynep ÖZDAL'a ve Sinem MERAL'e teknik çizimdeki desteklerinden dolayı iş arkadaşım Tülay TABAKLAR'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sf.

ÖZET……...……..i

ABSTRACT……...……...……..iii

ÖNSÖZ……..…….....…….....v

SİMGELER DİZİNİ…….……...……...…….viii

ŞEKİLLER DİZİNİ…….…….……...…….....…….x

TABLOLAR DİZİNİ……..……...…..……...……....…….xiv

BÖLÜM 1. GİRİŞ……...……1

1.1. Tezin Amacı ve Önemi…….……..…….3

1.2. Tezin Yöntemi ve Kapsamı…….…….……..……3

1.3. Literatür İncelemesi...……...…….……...……3

BÖLÜM 2. ENERJİ KULLANIMI VE BİNALARDAKİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİNİN ÖNEMİ……..8

2.1. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Tüketimi……...……..9

2.2. Enerji Verimliliği İle İlgili Ulusal ve Uluslararası Yasal Düzenlemeler ve Stratejiler…….…….……....15

2.3. Sürdürülebilir Enerji Kavramı ve Yeşil Binaların Önemi…….……17

2.4. Yeşil Bina İle İlgili Standartlar ve Bina Değerlendirme Araçları…….……18

BÖLÜM 3. YAPI ELEMANI OLARAK ÇATILAR…….23

3.1. İklim-Yapı Kabuğu İlişkisi…….……...…25

3.2. Çatı Elemanında Yaşanan Değişimler……...…….……..29

3.3. Çatıların Tasarımı ve Önemi…….……...…31

3.4. Çatıların Sınıflandırılması…….……32

3.4.1. Geometrik Biçimine Göre Çatılar……...…….32

3.4.1.1. Eğimli Yüzeylerine Göre Çatılar……...33

3.4.1.2. Eğrisel Çatılar……....38

3.4.1.3. Düz Çatılar…….41

3.4.2. Taşıyıcı Elemanların Malzemelerine Göre Çatılar……...……...42
3.5. Enerji Etkin Çatılar…….……..44
3.5.1. Yeşil Çatılar…….....…….....44
3.5.2. Havuz Çatılar…….....…….....45
3.5.3. Enerji Kazanım Sistemlerinin Kullanıldığı Çatılar…….…..……47
3.5.3.1. Pasif Sistemli Sağlanan Çatılar…….……...…….…..……47
3.5.3.2.Aktif Sistemli Sağlanan Çatılar…….……...…….……48
3.5.3.3. Sıfır Enerjili Çatılar……...…….……...48

BÖLÜM 4. ÖRNEK KONUT BİNALARININ ÜZERİNDE ÇATI ÖZELLİKLERİNE BAĞLI ENERJİ TÜKETİMLERİNİN BEP-TR İLE BELİRLENMESİ……..50
4.1. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP –TR)……..…….....52
4.2. BEP-TR Programı İle Binaların Belgelendirilmesi…..…….……53
4.3. Örnek Bina Özellikleri……..……66
4.4. Çalışmada Elde Edilen Sayısal Veriler……..……71

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ……...92

KAYNAKLAR……..……..….100

ÖZGEÇMİŞ…….105

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER..…..106

EKLER…….……107

SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	: America United States (Amerika Birleşik Devletleri)
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerika Isıtma, Soğutma Ve İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu)
BEP	: Binalarda Enerji Performansı
BEP-TR	: Binalarda Enerji Performansı Programı
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Metodu)
BM	: United Nations (Birleşmiş Milletler)
CASBEE	: Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency (Çevresel Verimliliğin Geliştirilmesi İçin Kapsamlı Değerlendirme)
CO_2	: Karbon Dioksit
COP	: Coefficient of Performance (Performans Katsayısı)
ÇAP	: Çatı Arası Piyesi
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGB	: Derece Gün Bölgesi
DGNB	: German Sustainable Building Council (Alman Sürdürülebilir Yapı Konseyi)
EN	: Europeane Norm (Avrupa Standartları)
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EPS	: Expanded Polystyren Foam (Genleştirilmiş Polistiren Köpük)
GREENSTAR	: Green Building Council of Australia (Avustralya Yeşil Bina Konseyi)
ISO	: International Organization of Standardization (Uluslararası Standartları Teşkilatı)

LEED	: Leadership in Energy and Environmental Desing (Enerji Ve Çevre Tasarımda Liderlik)
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
PV	: Photovoltaic (Fotovoltaik)
REN 21	: Renewable Energy Policy Network of the 21st Century 21. (Yüzyılın Yenilebilir Enerji Politikası Ağı)
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi
TS	: Türk Standardı
TS 825	: Isı Yalıtımı Kuralları Standardı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
XPS	: Ekstrude Polystyren Foam (Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük)

ŞEKİLLER DİZİNİ

BÖLÜM 2

Şekil 2.1. Dünya'daki enerji tüketiminin enerji türlerindeki dağılımı-2014.……..…..9
Şekil 2.2. Türkiye'deki yenilenemeyen enerji kaynakları…….……..12
Şekil 2.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel haritası..……...14
Şekil 2.4. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyel haritası..……..14

BÖLÜM 3

Şekil 3.1. Çatının farklı kullanım şekillerine göre yalıtılması……24
Şekil 3.2. Az katlı binalarda yapı elemanlarından ısı kayıpları……..24
Şekil 3.3. Çok katlı binalarda yapı elemanlarından ısı kayıpları……25
Şekil 3.4. Fiziksel çevre verilerinin bina kabuğunda değerlendirilmesi…….26
Şekil 3.5. Bayburt (Gümüşhane) geleneksel evlerinin ön cephesinde köşk katı biçimlenmesi (Kavalalılar Evi ön cephe görünüşü)……29
Şekil 3.6. Geleneksel Kastamonu evleri…….…….30
Şekil 3.7. Bir apartmanın son katı……...30
Şekil 3.8. Farklı çatı arası kullanımları……31
Şekil 3.9. Hafta sonu evi Kosta Rika……..…..……...31
Şekil 3.10. Eğimli yüzeylerine göre çatı tipleri…….…….33-38
Şekil 3.11. Eğrisel çatı tipleri…….38-40
Şekil 3.12. Düz çatı Tipleri…….……....41
Şekil 3.13. Taşıyıcı elemanların malzemesine göre çatı tipleri…….……42-43
Şekil 3.14. Kaliforniya bilimler akademisi, Amerika …….....44
Şekil 3.15. Rockefeller iş merkezi…….……..45
Şekil 3.16. Çatı havuzlarının kış dönemi çalışma prensibi……..45
Şekil 3.17. Çatı havuzlarının yaz dönemi çalışma prensibi…….46
Şekil 3.18. Exploded Evi, Bodrum……..47
Şekil 3.19. Gaziantep yeşil ev……48
Şekil 3.20. Samsung yarın evi…….……49
Şekil 3.21. Güz mimarlık, balık ev……...……...49

BÖLÜM 4

Şekil 4.1. BEP-TR hesaplama yöntemi esasları……51
Şekil 4.2. Ülkemizde binalara verilecek olan enerji kimlik belgesi……..52
Şekil 4.3. Örnek projenin tel çerçeve çizimi…….…….53
Şekil 4.4. BEP-TR başlangıç sekmesi……...54
Şekil 4.5. BEP-TR sisteme giriş sekmesi……..54
Şekil 4.6. BEP-TR proje ve bilgileri sekmesi……55
Şekil 4.7. BEP-TR geometri genel bilgiler sekmesi……..56
Şekil 4.8. BEP-TR veri giriş sekmesi…….56
Şekil 4.9. BEP-TR kat formu ve ölçüler sekmesi……...57
Şekil 4.10. BEP-TR katlar sekmesi…….…58
Şekil 4.11. BEP-TR/Isı köprüleri sekmesi……...58
Şekil 4.12. BEP-TR/Karşı engeller sekmesi…….……...59
Şekil 4.13. BEP-TR/Odalar sekmesi……...……....60
Şekil 4.14. BEP-TR/Duvarlar sekmesi…….…...……60
Şekil 4.15. BEP-TR/Zemin sekmesi……61
Şekil 4.16. BEP-TR/Geometri/Pencereler alt sekmesi……...62
Şekil 4.17. BEP-TR/Geometri/Aydınlatma alt sekmesi……..62
Şekil 4.18. BEP-TR/Mekanik/Isıtma sistemi……..63
Şekil 4.19. BEP-TR/Mekanik/Soğutma sistemi……..63
Şekil 4.20. BEP-TR/Mekanik/Sıcak su sistemi……...64
Şekil 4.21. BEP-TR/Mekanik/Havalandırma sistemi……..64
Şekil 4.22. BEP-TR/Mekanik/Sistemlerin zonlara bağlanması……...65
Şekil 4.23. BEP-TR/İşlemler ……..65
Şekil 4.24. İki Katlı (B+Z+1K) örnek bina kısmi kesit……..……...…….……68
Şekil 4.25. Dört Katlı (B+Z+3K) örnek bina kısmi kesit……..…...…..……68
Şekil 4.26. Altı Katlı (B+Z+5K) örnek bina kısmi kesit…….…...……69
Şekil 4.27. Teras çatı tipleri (Ç1,Ç2) nokta detayları……...…..……70
Şekil 4.28. Eğimli çatı tiplerinin (Ç3,Ç4,Ç5) nokta detayları……...……..70
Şekil 4.29. Dış duvar nokta detayları…….....71
Şekil 4.30. Isıtılan ve ısıtılmayan döşeme nokta detayları……..71
Şekil 4.31. 1. D. G. Bölgesinde (Adana) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları……...……...72

Şekil 4.32. 1. D. G. Bölgesinde (Adana) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları……..….73
Şekil 4.33. 1. D. G. Bölgesinde (Adana) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları…….....…75
Şekil 4.34. 1. D. G. Bölgesinde (Adana) iki, dört, altı katlı sonuçları ……...….75
Şekil 4.35. 2. D. G. Bölgesinde (İstanbul) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları …….....76
Şekil 4.36. 2. D. G. Bölgesinde (İstanbul) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları……...…77
Şekil 4.37. 2. D. G. Bölgesinde (İstanbul) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları …..…….…79
Şekil 4.38. 2. D. G. Bölgesinde (İstanbul) iki, dört, altı katlı sonuçları …….……79
Şekil 4.39. 3. D. G. Bölgesinde (Ankara) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları ……...…….80
Şekil 4.40. 3. D. G. Bölgesinde (Ankara) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları …....…….81
Şekil 4.41. 3. D. G. Bölgesinde (Ankara) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları ……..…..82
Şekil 4.42. 3. D. G. Bölgesinde (Ankara) iki, dört, altı katlı sonuçları …….……...…..83
Şekil 4.43. 4. D. G. Bölgesinde (Erzurum) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları ……...…....84
Şekil 4.44. 4. D. G. Bölgesinde (Erzurum) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları ……....…85
Şekil 4.45. 4. D. G. Bölgesinde (Erzurum) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları ……..87
Şekil 4.46. 4. D. G. Bölgesinde (Erzurum) iki, dört, altı katlı sonuçları ……...…….87

BÖLÜM 5

Şekil 5.1. Adana ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçlar……...…….93
Şekil 5.2. İstanbul ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları……...…….93
Şekil 5.3. Ankara ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları…….…… ……94
Şekil 5.4. Erzurum ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları…… ……94
Şekil 5.5. Adana ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları..……...……..95
Şekil 5.6. İstanbul ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları...……...…….95
Şekil 5.7. Ankara ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları...……...…….96

Şekil 5.8. Erzurum ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları...……..……..96

EKLER

Şekil A.1. İncelenen örnek proje bodrum kat planı……...107
Şekil A.2. İncelenen örnek proje zemin kat planı……..108
Şekil A.3. İncelenen örnek proje normal kat planı……109
Şekil A.4. İncelenen örnek proje son kat planı……...110
Şekil A.5. İncelenen örnek proje çatı arası planı…..…….111
Şekil B.1. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+2+1K / İki Katlı) …….……...….112
Şekil B.2. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+2+3K / Dört Katlı)…….113
Şekil B.3. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+2+5K / Altı Katlı)……..…114

TABLOLAR DİZİNİ

BÖLÜM 2

Tablo 2.1. Dünyadaki doğalgaz rezervleri-2015…….10
Tablo 2.2. Dünyadaki petrol rezervleri-2015……..10
Tablo 2.3. Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının 2015 yılı tüketimleri……..….11
Tablo 2.4. Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimleri (2013-2014)…...13
Tablo 2.5. Uluslararası yasal düzenlemeler……15
Tablo 2.6. Ulusal enerji politikaları……16
Tablo 2.7. Yeşil bina sertifika sistemleri ve değerlendirme kategorileri ……20-22

BÖLÜM 3

Tablo 3.1. İklim bölgeleri ve genel karakteristik özellikleri……27-28
Tablo 3.2. Farklı iklim bölgelerindeki çatıların özellikleri……28

BÖLÜM 4

Tablo 4.1. Örnek binaların özellikleri……..……..66
Tablo 4.2. İki katlı (B+Z+1K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri…..…66
Tablo 4.3. Dört katlı (B+Z+3K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri…...67
Tablo 4.4. Altı katlı (B+Z+5K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri..…67
Tablo 4.5. 1. D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+1/ İki Katlı) sonuçları……..……..…..72
Tablo 4.6. 1. D. G. Bölgesi (Adana) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları…….....….....73
Tablo 4.7. 1. D. G. Bölgesi (Adana) (B+Z+5/ Altı Katlı) sonuçları……...…..…74
Tablo 4.8. 2. D. G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+1/ İki Katlı) sonuçları…….....….....76
Tablo 4.9. 2. D. G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları…..…….....…77
Tablo 4.10. 2. D. G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları……...…..78
Tablo 4.11. 3. D. G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları…….80
Tablo 4.12. 3. D. G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları……..…81
Tablo 4.13. 3. D. G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları…..…….82
Tablo 4.14. 4. D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları…….…..…..84
Tablo 4.15. 4. D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları…….....85
Tablo 4.16. 4. D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları…….....86

Tablo 4.17. Dört Farklı D.G. Bölgesinde farklı çatı tiplerinde ($Ç_1$, $Ç_2$, $Ç_3$, $Ç_4$, $Ç_5$) iki, dört, altı katlı konutlarda ısıtma sistemi enerji ihtiyaçları ……....……88
Tablo 4.18. 1. ve 2. Derece Gün Bölgelerinde sera gazı emisyonu değişimi ……89
Tablo 4.19. 3. ve 4. Derece Gün Bölgelerinde sera gazı emisyonu değişimi…….…….90

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji kaynakları ağırlıklı olarak petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardır [1]. Bunların yanı sıra toplam enerjinin ortalama %10'u kadar güneş, biokütle, rüzgâr vb. yenilebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar da, bu kaynakların yeni rezervlerin bulunamaması ve tüketimin aynı oranda devam etmesi durumunda, Dünya'daki petrolün 2065, doğalgazın 2067, kömürün 2129 yıllarına kadar yetebileceği öngörülmektedir [2].

Ülkemizde de yankı bulan 1970'lere damgasını vuran enerji krizleri nedeniyle birçok Avrupa ülkesinde ekonomik enerji, geri dönüşüm, sürdürülebilir enerji ve enerji verimliliği kavramları önem kazanmıştır. Bu kavramlar üzerine birçok akademik çalışma yapılmıştır. Günümüz verilerine baktığımızda geri dönüşümleri almaya başladığımız görülmektedir. Akademik anlamda bu kavramların geliştirilmesi ve disiplinler arası yapılan çalışmalar ve eğitimler sayesinde gelişen ve eğitim alan nesiller ve devletin desteğiyle enerji sistemlerinin üretildiği birçok sektör açılmıştır. Bunların en yaygın olarak kullanılanları güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir ve sonsuz rezerve sahip enerji sistemleridir. Toplumların bilinçlenmesi ile tasarımcıların ve kullanıcıların bakış açıları değişmektedir. Yapılara genel bakış kullanımı ve işletilmesi süresince harcanan enerji de dikkate alınmaya başlamıştır. Hatta son dönemlerde "self sufficient" sistem ile kendi enerjisini üreten evler, "autonomous house" sistem ile pasif tasarımla çevre konfor şartlarına olanak sağlayan evler, "energy-plus house" ile enerji üretimi sağlayan ve gereksinimleri için harcayan sistemler geliştirilmiştir. Bireysel lisans alma ve kendi enerjisini üretme konusundaki taleplerde devletin Ar-Ge çalışmaları yapmasını sağlamaktadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi 2014 yılında %10 seviyelerindedir. Dünyada yenilebilir enerji kullanımının toplam enerjiye oranı %19'a kadar artmıştır. Gelişmekte olan Türkiye aynı zamanda enerjide dışa bağımlı bir ülkedir.

Ancak yenilebilir enerjide kullanım oranının artmasıyla, yapı üretimi sektöründe fosil yakıtlı enerjiye ihtiyaç duymayan yapılar tasarlamak ve uygulamak mümkün olabilecektir [3].

Avrupa ve özellikle soğuk iklim bölgesindeki Finlandiya, İsveç ve Norveç gibi ülkeler, 1970'li yıllardan itibaren, inşaatla ilgili yönetmeliklerinde, binalarda enerji verimliliği ve buna bağlı olarak ısı yalıtımı ile ilgili ayrıntılı düzenlemelere yer vermişlerdir[1]. Bu standartlar, gelişen yalıtım teknolojilerine bağlı olarak sürekli yenilenmektedir.

Avrupa Birliği'nde konutlarda ısıtma için tüketilen enerji oranı toplam tüketim içinde %57'dir. Yeni yapılacak olan binalarda yeni sınır değerler getirilmiştir. Bu değer 100-150 kWh/m^2 ile sınırlanmıştır [4].

Binaların çevresel etkilerinin azaltılması açısından; yapı üretiminden başlayarak kaynakların etkin kullanılması, enerji verimliliğinin arttırılması kullanıcı konforunun sağlanması gerekmektedir. Yürürlükteki mevcut yasalardaki yaptırımların gerekli kuruluşlarca denetlenmesi sağlanmalıdır. Sürdürülebilir bir dünya için enerji kaynaklarının doğru kullanımı ve devamlılığı esastır.

Bina kabuğu üzerinde özellikle de enerji kayıplarının yoğun olduğu çatılarda doğal enerji kaynaklarından faydalanmak mümkündür. Son zamanlarda hava bacaları, güneş panelleri, doğal aydınlatma güneş kontrolü için yapılan galeri boşlukları ve gölgeleme elemanları veya aynalar aracılığıyla geliştirilen yöntemler, yeşil çatılar, çatı havuzu vb. sistemler ile yapı elemanı olarak çatılar daha da önem kazanmıştır. İlgili yönetmeliklerde yapılan değişiklikler ve ekler ile enerji etkin çatı tasarımlarına da olanak sağlanmıştır.

Bu çalışmada örnek olarak seçilen konut projesi üzerinde; iki katlı (bodrum + zemin + 1 kat), dört katlı (bodrum + zemin + 3 kat) ve altı katlı (bodrum+zemin+5 kat), olması durumları incelenmiştir. İncelenen örnek konutlar için yaygın olarak kullanılan beş farklı çatı tipi ve malzeme katmanları oluşturulmuştur. Elde edilen farklı bina özellikleri BEP-TR programı yardımıyla dört farklı Derece Gün bölgesi için temsili

olarak seçilen iller için nihai enerji tüketimleri belirlenmiştir. Elde edilen sayısal veriler grafik ve tablolarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Enerji verimliliğinin çok önemli olduğu günümüzde Türkiye'deki binalarda tüketilen enerji miktarının %70'inin konutlarda kullanılıyor olması, konutlarda alınabilecek enerji verimliliği önlemlerinin önemini arttırmaktadır. Örnek konutlarda yapı elemanlarında (çatı, duvar vb.) malzeme ve detay değişimleriyle elde edilen ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. enerji tüketimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çalışmanın temel hedefi, farklı özelliklerdeki örnek olarak incelenen binalarda enerji korunumunu sağlayan uygun yapı elemanı seçeneklerini ve malzeme katmanlarını belirlemektir. Bu amaçla binaların enerji performansını arttıracak uygun detay ve çözüm önerileri incelenmiştir.

1.2. Tezin Yönetimi ve Kapsamı

Bu çalışma kapsamında, Türkiye genelinde yoğun olarak üretilen konutlar farklı iklim bölgelerine göre ulusal hesap programı BEP-TR yardımıyla karşılaştırılmıştır. Enerji korunumu açısından uygun duvar ve çatı elemanları araştırılmıştır.

1.3. Literatür Özeti

Farklı iklim bölgelerinde farklı kriterler ve farklı hesap programlarıyla enerji etkin tasarımların araştırıldığı yüksek lisans tezleri yapılmıştır. Bilimsel çalışmalarda yapılan taramalarda,

ABD'de (Amerika Birleşik Devleti) (2004) gerçekleştirilen çalışmada enerji departmanı yapı bölümünün raporunda teşvik çalışmaları hakkında bilgiler verilmiştir. Küçük ama etkin tasarımlarla enerji tüketiminde %40-70'lere varan tasarruflar sağlanabileceği belirtilmiştir. Enerjide verimlilik sağlayan sistemler konutların üretiminde maliyeti açısından da ekonomik çözümlere yer verilmiştir. Konutlarda doğal havalandırma ve doğal aydınlatma yöntemleri ile uygulama ve tasarım kriterleri anlatılmaktadır [5].

TOKUÇ (2005) yüksek lisans tez çalışmasında "İzmir'de enerji etkin konut yapıları için tasarım kriterleri" konusunu araştırmıştır. Çalışmada farklı ülkelerdeki

enerji etkin konut yapıları ile İzmir'deki farklı konut yapıları incelenmiştir. İzmir'deki binaların problemleri tespit edilmiştir. Ayrıca Karşıyaka ilçesinde alan-anket çalışması yapılmıştır. Mevcut binalarda enerji performansı arttırıcı çözümler için problemin niteliğine göre çözüm önerileri geliştirilmiştir. Sonuç olarak mevcut binalarda yapı elemanlarında yapılacak iyileştirilmeler ile binalarda enerji etkinliğinin önemi vurgulanmıştır [6].

D. CRAWLEY vd. (2006) makale çalışmalarında sıfır enerjili binaları ele almışlardır. Çalışmada konuyla ilgili devlet desteğinin önemini vurgulanmıştır. Farklı az enerjili / sıfır enerjili yapılara farklı örneklerle uygulanabilirlik ve sürdürülebilir kavramları desteklenmiştir. CO_2 salınımının ve enerji tasarrufunun azaltılması için çözüm önerileri geliştirmişlerdir [7].

BEDİR (2006) yüksek lisans tez çalışmasında "konut yapılarında enerji performansının yükseltilmesine yönelik tasarım aşamasında Energy 10 programının kullanılması ve değerlendirilmesi" konusunu araştırmıştır. Tez çalışmasında enerjinin önemi vurgulanmış ve günümüzde önemi artan sürdürülebilirlik kavramları da değerlendirilmiştir. Tez çalışmasında Energy 10 programı yardımıyla konutlardaki pencere boyutları ve yönlenmeleriyle, dış kabuk özellikleri ile ilgili ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Programda pencerelerin cam özellikleri ile sızdırmazlıkları, dış duvarların yalıtılması vb. özelliklerine göre enerjideki etkinlikleri nihai enerji tüketimleri ile değerlendirilmektedir [8].

UÇURUM (2007) yüksek lisans tez çalışmasında sürdürülebilirlik ve ekoloji kavramlarına vurgu yapmak için yeşil çatıları incelemiştir. Ulusal ve uluslararası standartlar, platformlar ve sertifika sistemlerini ile enerji etkin tasarım konusunda ekolojik çatıları araştırmıştır. Türkiye'deki ve Avrupa'daki uygulanmış enerji etkin çalışmalardan örnekler değerlendirilmiştir [9].

SOYSAL (2008) yüksek lisans tez çalışmasında konut bloklarının yönlenme, kabuk U değeri, empoze duvar alanının pencere alanına oranı camla kapatılmış balkonların tampon bölge etkisi, ısıtılmayan dairelerin ısıtılan dairelere ısıtma yükü etkilerini analiz edip değerlendirmektedir. Aynı tip blokların farklı yönlendirilmesiyle harcadıkları enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Ecotect programı yardımıyla binaların farklı yönlerdeki cephelerde pencere doluluk boşluk oranlarıyla yapılan değişikliklerin nihai tüketime etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca balkonların kapatılması da program

yardımıyla incelenmiştir. Çalışmada kullanılan meskenin ara katta yer alması yani alt katının ve üst katının ısıtılması durumunda ve balkonlarının cam ile kapatılması ile ısıtma yüklerinin düştüğü sonucuna varılmıştır. Ancak çalışmada farklı iklim bölgeleri dikkate alınmamıştır [10].

MAÇKA (2008) yüksek lisans tez çalışmasında; Türkiye'deki farklı iklim bölgelerinde enerji etkin pencere türlerinin önemini vurgulamıştır. Çalışmada, yapı elemanlarından gerçekleşen enerji kayıpları incelenmiştir. Türkiye'de pencerelerde %87 tek tabaka cam, %9 çift tabaka cam, %4 low-e kaplama kullanıldığı belirlenmiştir. Tek tabakalı camlar diğerlerine göre yüksek ısı geçirgen yapıya sahip olmalarına rağmen çok kullanılan camlar arasında yer almaktadır. Sadece pencerelerde yapılan tek tabakalıdan çift tabakalıya geçişin bile pencerelerdeki enerji kayıplarında %50'lere varan iyileşmeler sağlandığı saptanmıştır [11].

Shang- Yuan Chen vd. (2009) otonom binaların kendi kendine yetebilen enerji etkin tasarımlara yaklaşımlarını örnekler üzerinden derlemişlerdir. Binanın çalışma prensibine göre malzeme kullanımı ve yapının tasarımda büyük önemi olduğuna vurgu yapılmıştır. Örnek olarak seçilen farklı ölçeklerdeki binaların bulunduğu bölgelere ve enerji ihtiyaçlarına göre nasıl bir tasarım anlayışına gittikleri irdelenmiştir. Bu çalışmada ayrıca söz konusu binaların enerji de tasarruf yapılırken binanın çevreye olan duyarlılığı, yapının yaşam boyu maliyeti, enerji kazanımının sağlanacağı sistemlerin yapı fiziği açısından teorik olarak incelenmesi ve hesaplanması gerektirdiği konusuna da vurgu yapılmıştır. Çalışmada, rüzgâr enerjisinden kazanım sağlanabilecek bir soğuk iklim ülkesinden güneşten daha düşük enerji sağlamak için maliyetinin de arttırılması enerji kaynaklarının yanlış kullanımına neden olabileceği belirtilmiştir [12].

WARGHORN (2010) kendi kendine yetebilen yaşam alanları üzerine yaptığı akademik çalışmada enerji tasarrufu sağlayan konutların ekonomiklik sağlayan, az enerji tüketen, gerektiğinde yer değiştirebilen konutların tasarımının önemini örnek bir proje üzerinden anlatmaktadır. Topografya ile uyumlu hem yeşili bünyesinde yaşatan, yaşayanlara da en iyi konfor koşullarını sağlayan kendi kendine yetebilen binalar değerlendirilmiştir. Güneş, rüzgar, topoğrafya, yönelim, işlevsellik ve yapı elemanlarının etkin tasarımı ile sürdürülebilir binanın değerlendirilmesi yapılıp sonuçları grafiksel olarak sunulmuştur. Çalışmada ayrıca basit, ekonomik ve

uygulanabilir yöntemler ile yüksek teknolojiye gereksinim duymayan ekolojik yapılar anlatılmıştır [13].

ÜNSAL (2012) yüksek lisans tez çalışmasında TOKİ konut örneğinde ısıtma ve soğutma yüklerini Designbuilder programı yardımıyla incelenmiştir. Program ile konutun mevcut durumunun iklim bölgelerindeki mevcut yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra bina performansını arttırmak amacıyla farklı kabuk, saydamlık ve yönlendirmeler ile tekrar hesaplanarak farklı değerlere ulaşmıştır. Sonuç olarak bölgeler için optimum olan değerler önerilmiştir [14].

YİĞİT (2013) yüksek lisans tez çalışmasında BEP-TR hesaplama yöntemi kullanılarak örnek olarak seçilen iki katlı binanın farklı aydınlatma türlerinin enerji performansına etkilerini incelemiştir. Çalışmada elde edilen sayısal veriler grafiklerle anlatılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre aynı tip binada kullanılan farklı türdeki lambaların farklı enerji tüketimleri saptanmıştır. Akkor flamanlı lambaların diğer lambalara oranla daha çok enerji tüketildiği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca LED (Light Emitting Diode) ışık kaynakların BEP-TR sisteminde yer almadığını, LED'in kullanılmasıyla enerji performansının daha da artacağı belirtilmiştir. Farklı doğal aydınlatma sistemlerinin yapılarda kullanılmasıyla enerji tüketimlerinin düşeceğini içeren öneriler sunulmuştur [15].

OWEN (2015) İsviçre otonom evleri üzerine yaptığı yüksek lisans tezinde "yeşil bina" olarak tabir edilen geleceğin enerji etkin binaları çeşitliliği, yapım metodları, kalite standartlarını arttırıcı çalışmalar ve malzemelerin sürdürülebilirlik açısından incelemesini yapmıştır. İsviçre'deki evler için sürdürebilirlik açısından tasarım detaylarını ve örnek seçilen ev ile çevre kontrolü, coğrafi özellikleri, malzeme, yapım açısından çözüm önerileri geliştirilmiştir [16].

KINACI (2015) yüksek lisans tez çalışmasında BEP-TR, Passivhaus, Energystar hesaplama yöntemlerini kullanarak örnek olarak seçtiği üç katlı bir binanın enerji analizlerini yapmıştır. Elde edilen sayısal verileri grafiklerle anlatarak kıyaslamasını yapmıştır. Sonuçların karşılaştırılması ile ortaya çıkan sonuçların farklılık gösterdiğini ancak hesaplama metodu ve mantığı benzer olduğu için değerlerin birbirine yakın çıktığı belirtilmiştir [17].

Literatür araştırmasında konuyla ilgili ulusal ve uluslararası standart, araştırma raporu, makale, bildiri, internet sitesi, tez ve kitap olmak üzere pek çok kaynak

incelenmiştir. Bu taramalar sonucu enerji verimliliği ile ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada Türkiye iklim koşullarında farklı çatı tipleri ve yalıtım özelliklerinin değişmesiyle web tabanlı ulusal yazılım BEP-TR ile örnek iki, dört ve altı katlı konut binalarının toplam enerji tüketimleri incelenmiştir. Böylece Türkiye'de çok kullanılan az ve çok katlı farklı kat adedine sahip binalarda farklı Derece Gün Bölgelerinde çatı tipi ve yalıtım özelliğinin değişimi sayısal verilerle grafik ve tablolarla karşılaştırarak değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

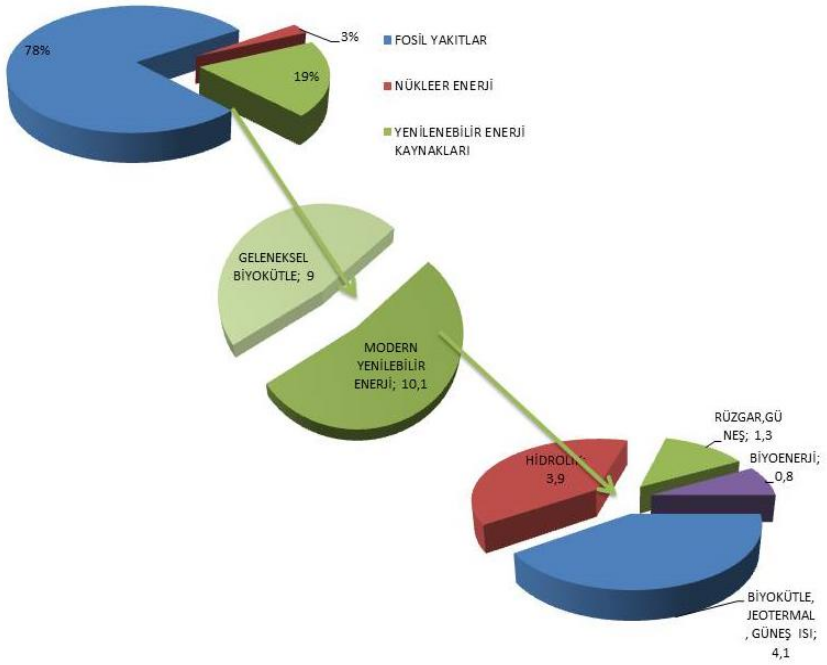
ENERJİ KULLANIMI VE BİNALARDAKİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİNİN ÖNEMİ

Petrol, doğalgaz ve kömür fosil yakıtlardır. Bu yakıtların sonsuz rezervleri olmadığı düşünüldüğünde sonsuz rezervlerin araştırılması ve geliştirilmesi gerektiği muhakkaktır. Derece Gün bölgelerine göre farklılık göstermekle birlikte konutlarda kullanılan enerjinin %70'i ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır [18]. Konutlarda tüketilen enerjinin önemli bir kısmı iç ortam konfor şartlarını yerine getirmek için harcanmaktadır. Ülkemizde güney illerde soğutma enerji yükleri, doğuda ısıtma enerji yükleri yüksektir. Konutlarda kullanılan malzemenin kalitesi, binanın konumu, bulunduğu Derece Gün bölgesi vb. faktörler iç ortam kalitesini etkilemektedir. Enerji tüketiminde binanın dış kabuğunun büyük önemi bulunmaktadır.

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de konutlarda artan konfor şartları ve gelişen elektrik, elektronik ve mekanik sistemlerden dolayı daha fazla enerji talebine ihtiyaç duyulmaktadır. Fosil yakıtların hızla tüketimi nedeniyle artan enerji talebini karşılayabilmek için özellikle gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile sürdürülebilir enerji sağlanmaktadır. Sürekli yapılan araştırmalar sonucu yenilenebilir enerjinin, elektrik üretiminde kullanılmak üzere, nükleer enerji üretimin arttığı görülmektedir. REN 21'in (Renewable Energy Policy Network of the 21st Century) RENEWABLES'in (Global Status Report) 2016 raporuna göre 2014 yılında 2009 yılına kıyasla yenilenebilir kaynakların tüketimlerinin arttığı görülmektedir. Türkiye ve birçok Avrupa ülkesinde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar, sertifikalandırma ve lisanslar ile bu oranların yıllarla beraber artacağı öngörülmektedir [19,20].

2.1. Dünyadaki ve Türkiye'de Enerji Tüketimi

Dünya genelinde ülkelerin en önemli sorunları ve gündemleri arasında enerji politikaları yer almaktadır. Dünyada çıkan savaşlar enerji kaynaklarına sahip olmak için yapılmaktadır. Çünkü fosil yakıtlar arasında petrol dünyanın ekonomisine ve siyasetine yön veren en önemli faktörlerdendir. Maalesef bu kaynakların yeni rezervlerin bulunamaması durumunda bitecek olmasıdır. Yarım asırdır alternatif sistemler ve yakıt türleri araştırılmaktadır. Özellikle de gelişmiş ülkeler sürdürülebilir enerji konusunda ciddi Ar-Ge çalışmaları yapmaktadır. Birçok kurum ve kuruluş eğitim ve araştırma için desteklenmektedir. Bunlardan REN 21'in RENEWABLES-2016 raporuna göre dünyadaki nihai enerji ihtiyacının %78,3 gibi büyük bir bölümü fosil yakıtlardan sağlanmaktadır (Şekil 2.1). Ancak yıllarla birlikte yenilenebilir enerji ve nükleer enerji ile enerji üretimlerinde artışlar gözlemlenmektedir [19,20].



Şekil 2.1. Dünya'daki enerji tüketiminin enerji türlerindeki dağılımı-2014 [19,20].

Yapılan araştırmalar ve sondaj çalışmaları ile fosil yakıtlarda yeni rezervler aranmaktadır. Böylelikle yeni rezervler ile sürdürülebilir enerji sistemleri için gerekli Ar-Ge çalışmalarına, ekonomikliği için sistemlere zaman kazandırılmaktadır. Ancak yapılan hesaplara göre ilave rezervlerin bulunamaması halinde 2015 yılı itibari ile

doğalgazın 52 yıl, petrolün 50 yıl, kömürün 114 yıl sonra biteceği ön görülmektedir [19,20].

Dünyada kanıtlanmış 2015 yılı doğalgaz rezervleri Tablo 2.1'de verilmiştir. Türkiye'de bulunan doğalgaz rezervi çok düşük olduğu için dünya sıralamasına girememiştir. Ancak listede kıyaslanması açısından tarafımca eklenmiştir [21].

Tablo 2.1. Dünyadaki doğalgaz rezervleri-2015 [2]

KANITLANMIŞ DOĞALGAZ REZERVİ	
ÜLKELER	(milyar ft3)
RUSYA	1.688.228
İRAN	1.201.382
KATAR	871.585
ABD	338.840
SUUDİ ARABİSTAN	294.311
TÜRKMENİSTAN	265.000
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	215.098
VENEZUELLA	197.087
NİJERYA	180.490
ÇİN	163.959
TÜRKİYE	1.3
DÜNYA TOPLAM	~6.967.000

Dünyada kanıtlanmış 2015 yılı petrol rezervleri ise Tablo 2.2'de verilmiştir. Türkiye'nin petrol rezervleri dünya genelinde %0,02 olduğunda sıralamada yer almamıştır. Ancak listede kıyaslanması açısından tarafımca eklenmiştir [21].

Tablo 2.2. Dünyadaki petrol rezervleri-2015 [2]

KANITLANMIŞ PETROL REZERVİ	
ÜLKELER	(milyar varil)
VENEZUELLA	298,4
SUUDİ ARABİSTAN	268,5
KANADA	172,5
İRAN	157,8
IRAK	144,2
KUVEYT	104,0
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	97,8
RUSYA	80,0
LİBYA	48,4
ABD	37,2
TÜRKİYE	0,4
DÜNYA TOPLAM	~1658,00

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na göre enerji bağımlılığımız 2012 yılında %74.3, 2017 yılında artış göstererek %76 olmuştur. Enerji tüketimleri sektör bazında incelendiğinde ilk sırayı %35,4 ile konut sektörü almaktadır. Bunu sırasıyla %34,1'i hizmet sektörü, %23,3'ü ulaştırma sektörü, %2,2'si tarım sektörleri izlemektedir. Konut ve hizmet sektörleri enerji tüketiminin büyük bir kısmını kapsadığı için konutlardaki enerji verimliliği önemi artmaktadır. Konutlarda alınacak enerji tasarrufu önlemleri ile fosil yakıtlı kaynakların rezerv süresi arttırılacaktır [21].

2015 yılı sonu itibariyle dünyada enerji kaynaklarının dağılımı ise % 32,9 petrol, % 29,2 kömür, %23,8 doğalgaz, %4,4 nükleer enerji, %6,7 hidroelektrik, %2,7 yenilenebilir enerjidir [18]. Türkiye'nin fosil kaynaklı enerji tüketimleri Tablo 2.3'de verilmiştir. Dışa bağımlılığımızın oldukça yüksek olduğu fosil yakıtları dünya yakın oranlarda kullanmaktadır. Toplam enerji tüketimi 131.3 milyon TEP (Ton Eşdeğer Petrol)'dür.

Türkiye'de yenilenemeyen enerji kaynaklarımızın durumu Şekil 2.2'de belirtilmiştir. Bu durumda Türkiye bor ve kömür kaynakları bakımında kaynak zenginleri arasında yer almaktadır. Ancak kömür tüketimi fosil yakıt kullanımının %26,1'dir (Tablo 2.3). Bu durum dışa bağımlılığımızı arttırmaktadır. Enerji politikası açısından bakıldığında dışa bağımlılığı azaltmak için ya iç kaynaklara yönelim sağlanacak ya da farklı enerji kaynaklarının üretimleri için Ar-Ge çalışmaları yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreci ve sürdürülebilir olması açısından önem arz etmektedir.

Tablo 2.3. Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının 2015 yılı tüketimleri [18]

ENERJİ TÜRÜ	(binTEP)	%
DOĞALGAZ	39.200	29,8
KÖMÜR	34.400	26,1
PETROL	38.800	29,5

Bu durumda fosil yakıtlarda %98,7 dışa bağlı olduğumuz ve birinci enerji talebimiz olan doğalgaza alternatif sistemler ve teknolojiler geliştirilmesi gerekmektedir. Doğalgaz yoğun olarak elektrik (2013'de %51,7) ve konutlarda ısıtma (2013'de %23,9) ihtiyacında kullanılmaktadır [21]. Bu sektördeki sistemler doğaya zarar vermeden veya en az şekilde zarar verecek şekilde uygulanmalıdır.

	BOR: Dünyadaki rezervlerin %73'ü Türkiye'de bulunmaktadır. Yeni rezervlerin bulunamaması durumunda borun kalan ömrü 1666 yıldır [21].
	DOĞALGAZ: Türkiye'nin doğalgaz talebi 2013 yılı baz alındığında 43,6 milyar m^3'tür [18]. 2016 yılı baz alındığında kalan doğalgaz rezervimiz 18,7 milyar m^3'tür. Yani toplam %42'sine denk gelmektedir. Bu oranda ülkemize 6 ay yetecek kadardır [2]. Silivri doğalgaz depolama tesisinin kapasitesi 2,6 milyar m^3 olduğundan doğalgaz rezervimizin kalan ömrü 8 yıldır.
	URANYUM: Nükleer enerjinin hammaddeleri arasında yer almaktadır. Dünyadaki rezervlerin %0,3'ü Türkiye'de yer almaktadır.
	PETROL: Türkiye'de 2015 yılında toplam 2,5 milyon ton petrol üretilmiş olup, Ülkemizdeki petrol rezervlerin kapasitesi 388,5 milyon varil olup dünyadaki rezervlere oranla %0,022'dir. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, 2015 üretim seviyesi ile yurtiçi toplam ham petrol rezervinin 21 yıl sonra biteceği tahmin edilmektedir. 2015 yılında ham petrol talebinin %7'si yerli üretimle karşılanmıştır [21].
	KÖMÜR: Dünyadaki kömür rezervlerinin %1,6'sı Türkiye'de yer almaktadır. 2015 yılı baz alındığında kömür üretimi 44 milyon olmuştur. enerji tüketiminde kömürün payı %26'dır. Yeni rezervlerin bulunamaması durumunda kömürün kalan ömrü 300 yıldır [21,22].

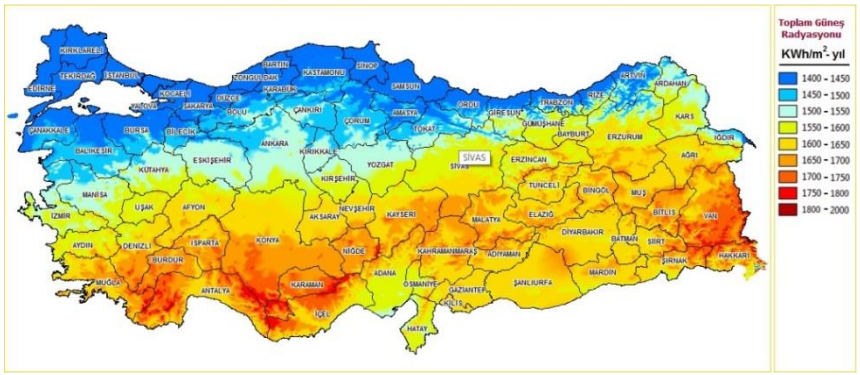
Şekil 2.2. Türkiye'deki yenilenemeyen enerji kaynakları [18,21,22]

Türkiye'de sonsuz enerji rezervine sahip kaynaklar vardır. Bunlardan başlıcaları; Güneş, rüzgar, jeo-ısı, jeotermal, hidrolik, bio-yakıt, odun, hayvansal atıklar vb.dir (Tablo 2.4). Ancak bu kaynaklar iklim bölgelerine, bulunduğu konumlara göre farklılık göstermektedir. Enerji etkin binalarda fosil yakıtlı enerji tüketimlerini azaltmak ya da idareli kullanmak gerekmektedir. Ancak sıfır enerji tüketimli binaların ekonomik anlamda mümkün olmadığı durumlar vardır. Bu yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarını aktif veya pasif sistemlerle birlikte dolaylı veya dolaysız kullanarak sürdürülebilir enerji sağlanabilir.

Tablo 2.4. Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimleri (2013-2014) [19,23]

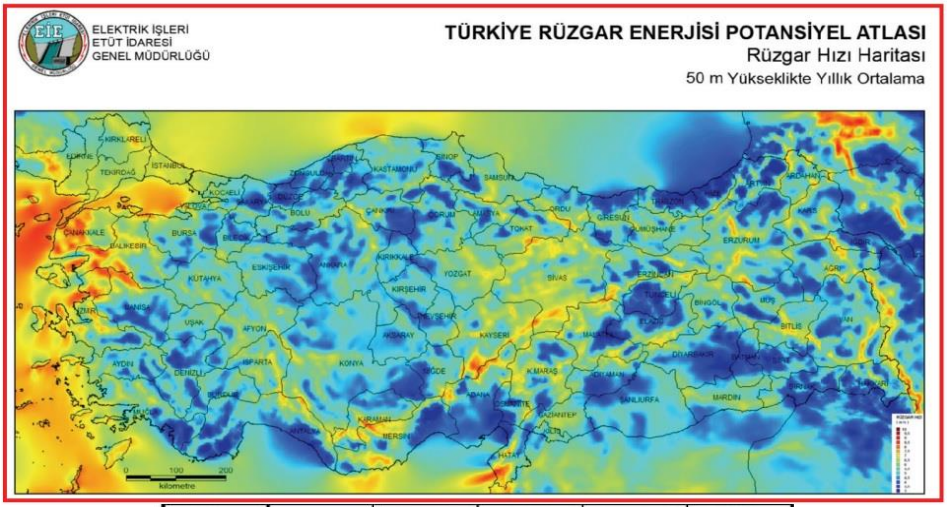
YIL	2013		2014	
ENERJİ TÜRÜ	(binTEP)	%	(binTEP)	%
HİDROLİK	5110	4,2	3495	2,8
ODUN	2707	2,2	2162	1,7
HAYVANSAL VE BİTK. ATIK	1616	1,3	1007	0,8
JEOTERMAL VE DİĞER ISI	2636	2,2	3524	2,8
GÜNEŞ	795	0,7	803	0,6
RÜZGAR	650	0,5	733	0,6
BİYOYAKIT	51	0,04	77	0,06
TOPLAM	13565	11,14	11801	9,36

Türkiye'nin güneşlenme ve rüzgar haritalarına göre binaların güneydeki illerde güneşten, kuzeydeki illerde ise rüzgardan faydalanmasının enerji etkinliğini arttıracağı muhakkaktır (Şekil 2.3) (Şekil 2.4). Güneşlenme haritasına baktığımızda Antalya çevresinde güneş panelleri ile enerji kazanımları sağlanacaktır. Enerji etkin tasarımla güneşten sağlanan enerji ile ilave şebeke hattına ihtiyaç duymayan sıfır enerjili yapılar uygulanabilir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltan global çözümlerden biri de rüzgardan elde edilen yenilebilir enerji çözümleridir. Rüzgâr panelleri ile sağlanan çevreci sistemler Amerika ve Avrupa'dan sonra Türkiye'de de son dönemlerde tercih edilmeye başlanmıştır.



Şekil 2.3. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel haritası [24].

Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyel haritasına baktığımızda özellikle batısında rüzgardan enerji üretme potansiyeli olduğu görülmektedir (Şekil 2.4). Teknolojik gelişmeler, piyasadaki büyüme hızı, Ar-Ge yatırımları ve maliyetlerin azalması ile birlikte daha ekonomik enerji sistemlerinin üretimleri sağlanmaktadır [25].



U (m/s)	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 –6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/ m^2)	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100

Şekil 2.4. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyel haritası [26].

Devletin izlediği enerji politikalarıyla yapılan teşvikler ve yasal düzenlemeler ile özel işletmelerin üretimleri ve hatta bireysel kullanımlı kurulumların sayısı artmaktadır. Bu durumda konut tipi ev türbini ile bireysel üretimde söz konusudur. Enerji etkin bir tasarım ile sürdürülebilir enerji üretimiyle bu bölgedeki konutlarda kendi enerjilerini kendi karşılayan "self sufficient" (kendi kendine yetebilen) konutlar uygulanabilir.

2.2. Enerji Verimliliği İle İlgili Ulusal Ve Uluslararası Yasal Düzenlemeler Ve Stratejileri

Dünyadaki 1996 ve sonrası uluslararası enerji politikaları özetle Tablo 2.5.'de verilmektedir.

Tablo 2.5. Uluslararası yasal düzenlemeler

Platformlar	Yılı	Alınan Kararlar
Kyoto Protokolü	1996	✓ Ağırlıklı olarak gazların emisyonlarının sınırlandırılması, ✓ Ulusal düzeyde programların geliştirilmesi, ✓ Eğitimlere ve araştırmalara destek verilmesi yönünde politikalar geliştirilmiştir. [8].
Rio+5 (New York)	1997	✓ Kyoto'da ulaşılamayan amaçlar için konferansta yeni kararlar alınmıştır. ✓ Sınır değerler belirlenmiştir. ✓ Katılımcı Ülkelere yönelik somut kararların alınması sağlanmıştır.
Bonn Anlaşması	2001	✓ Kyoto protokolüne garantör anlaşmasıdır. ✓ Kyoto kararlarının önemi vurgulanmıştır. ✓ Avrupa Birliği, Kanada, İzlanda, Norveç, İsviçre ve Yeni Zelanda gelişmekte olan ülkelere finansal açıdan destek verme kararı almışlardır [8].
Avrupa Birliği G-8 Zirvesi	2005	✓ Sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji ve hava kalitesini arttırmak zirvenin ana gündemleri olmuştur. ✓ Üye ülkelerin dışa bağımlı fosil yakıtlı enerji talebini azaltıcı çözümlerin geliştirilmesi ve yenilebilir enerjiye yöneliminin sağlanacağı çözümlerin olduğu kararlar da alınmıştır [8].
COP 21 (Paris) Conference of the Parties (Taraflar Konferansı)	2015	✓ 21.BM (Birleşmiş Milletler) İklim değişikliği taraflar konferansı 195 ülkenin katılımıyla gerçekleşmiştir. ✓ Konferansın amacı; sanayi devrimi öncesi göre sıcaklığın 2^{o}C-1,5^{o}C arasında tutulması ön görülmüştür. ✓ Gelişmemiş ülkelere finansal destekte verileceği belirtilmiştir. ✓ Ülkelere ulusal sınırlar belirlenmiştir [27].

Türkiye, enerji politikaları ile ilgili olarak birçok uluslararası platformlarda yer almıştır. Dünyanın en büyük zirvelerinden biri olan Paris konferansında Türkiye, 2030 yılına kadar CO_2 salınımını %21 oranında azaltacağını ön görmüştür. Uluslararası düzeyde alınan kararların gereğinin yapılabilmesi için Tablo 2.6.'da verilen ulusal

düzenlemeler de yapılmıştır. Toplam enerji tüketimi içerisinde önemli bir paya sahip olan Binalardaki Ulusal Enerji Politikası hedefleriyle binalardaki konfor şartlarını ve yaşam standardını düşürmeden kişi başı enerji tüketimini de 2011 yılı baz alınarak 2023 yılında %20 azalma hedeflenmektedir [27].

Türkiye, AB (Avrupa Birliği) parlamentosuna uyum paketlerini uygulamak için bir takım enerji politikaları geliştirmiştir. Avrupa Birliğinin birçok direktifinin yanı sıra Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ve Japonya, Almanya vb. ülkeler ile yapılan karşılıklı protokoller ile ulusal enerji politikalarına yön vermektedir. Ayrıca koordinatörlüğünü Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü'nün yaptığı "Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi" ulusal standart, yönetmelik, yasaları Ar-Ge çalışmaları ile geliştirilmektedir. Bu çalışmalar diğer ülkelere örnek teşkil etmektedir.

Tablo 2.6. Ulusal enerji politikaları

Yönetmelik/ Kanun vb.	**Yılı/revizyon**	**Amaç, Kapsam, Karar vs.**
TS (Türk Standartları) 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı	1999 2008 2009 2013	✓ Isıtma yüklerini düşürerek enerji tasarrufu sağlamak, ✓ Ortak hesaplama metodu oluşturmak, ✓ Konforu yüksek binaların üretilmesini sağlamak.
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerji Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun	2005 2007 2008 2011 2012 2013 2016	✓ Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretimi arttırmak ✓ Sistemlerin sayısı arttırmak için maddi teşvikler sağlamak ✓ Bireysel kullanıma teşvik sağlamak ✓ Özel işletmelere tesis kurma yetkisi vermek.
Enerji Verimliliği Kanunu	2007 2008	✓ Enerji etkin kullanım, ✓ Enerjide tasarruf, ✓ Daha ekonomik enerji, ✓ Bilinçli kullanımını sağlamak, ✓ Çevreyi korumak, ✓ Mevcut enerjide verimlilik sağlamak.
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	2008 2010 2011	✓ Enerjinin etkin kullanımı, ✓ Enerjide tasarruf, ✓ Ulusal bina envanteri oluşturma, ✓ Eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerini yürütmek.

Tablo 2.6'da belirtilen yasal uygulamaların dışında Türkiye'nin ön gördüğü başlıca hedefler aşağıda verilmiştir [21].

- Ekonomi de büyüme sağlarken enerjide yapılacak tasarrufla büyümeye doğrudan katkı sağlamak,
- Sosyal kalkınma sağlamak ve sosyal hayatı geliştirmek,
- İç kaynaklarımızı idareli kullanmak,
- Üniversite vb. eğitim kurumlarında eğitimle akademik çalışmaları sağlamak,
- Akkor flamanla ampullerin üretimini azaltmak ve kullanımını yasaklamak,
- Dışa bağımlılığı azaltmak,
- Yenilebilir enerji kullanımında bireysel lisanslar vermek [21],
- Doğal çevreyi en az etkileyen şekilde kullanmak,
- İklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin arttırmaktır.
- 2030 yılına kadar sera gazının salınımını en az %21 oranında azaltmak,
- BEP-TR ile binaları kontrol altına almak.
- 2017 yılının sonuna kadar bütün binalarda zorunlu ısı yalıtımını sağlamak,
- Yönetmelikler aracılığıyla çatılarda, balkonlarda, teraslarda, kat bahçelerinde çevreci yaklaşımlara hibe ve teşvikler sağlamaktadır.

2.3. Sürdürülebilir Enerji Kavramı ve Yeşil Binaların Önemi

Sürdürülebilir enerji ve sürdürülebilir tasarım kavramları birbirleriyle doğrudan bağlantılıdır. Bu kavramları sadece uluslararası sertifikalı veya yeşil binalarda aramamak gerekmektedir. Yaygın olarak üretilen sosyal konut niteliğindeki binalara enerji anlamında yük getirmeyecek yaklaşımlarla etüt edilmelidir. Çünkü mevcut binaların çoğunluğu konutlardan oluşturmaktadır. Kurgulayıp tasarlanan, uygulanan, işletilen ve hatta yıkımına kadar binalar, enerji etkinliği açısından incelenmelidir. Binaların kullanıldığı ve işletildiği süre içinde de verimliliğin sağlanması gerekmektedir. Bunu sağlayan birçok pasif ve aktif sistemler geliştirilmiştir. Gün ışığının etkin kullanılması, etkin ve doğal havalandırma, doğru yönlendirme, güneş panelleri, yapı kabuğunda iyileştirmeler, kaliteli ve standartlara uygun malzeme kullanımı gibi birçok kriter geliştirilebilir.

Enerji etkinliği potansiyeline sahip binalar vardır. Bu binaların tamamı yeniden yapım olması gerekmemektedir. Mevcut binalarda sonrada ilave olabilecek güneş,

rüzgâr, vb. sistemler mevcuttur. Çünkü CO_2 salınımı giderek artmakta ve küresel ısınmanın sürekliliği söz konusudur. Doğanın dengesinin bozulmaması ve çevre kirliliğinin azalması için bu kavramlar ön planda tutulmalıdır. Meslek disiplini gereği ürettiğimiz ve üretmeyi düşündüğümüz her binanın çevreye, binayı ürün olarak ortaya koyan mimar ve teknik ekibin topluma karşı sorumluğu olmalıdır.

Geliştirilen aktif ve pasif sistemler, uygulanan politikalar çıkartılan yönetmelikler ve eğitim kurumlarındaki akademik çalışmalar ile son 20 yılda önemli yol kat edilmiştir. Yapılan ve geliştirilen tüm sistemlerde esas amaç; insanın binalardaki konfor şartlarını değiştirmeden optimum çözümler üretmek olmuştur.

Türkiye'de ekolojik tasarım yaklaşımı son yarım asırda ivme kazanmıştır. Ancak cumhuriyet öncesi ve sonrası yapılan binalarda, bu binalara sivil yapılar dahil birçok binada ekolojik yaklaşımlar söz konusudur. Yüzyıllar öncesi yapılan yapılarda; verimli tarım arazilerinden uzak verimsiz yerlerde oluşturulan konut alanlarının belirlenmesi, ekolojik ve sürdürülebilir yerel malzeme olan taş, toprak, ahşap malzemelerin uygulama için kullanılması, çevre sularının korunumu ve atık malzemenin yönetimi gibi birçok konuda çevreci yapılar karşımıza çıkmaktadır.

2.4. Yeşil Bina İle İlgili Standartlar Ve Bina Değerlendirme Araçları

Ülkemizde 2008 yılında TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardı geliştirilmiş ve güncellenmiştir. 2009 yılında yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği ile 2011 yılında da BEP-TR sisteminin zorunlu hale getirilmesini izlemiştir. Yönetmelik binalarda birincil enerji tüketimleri ve CO_2 salınımları hakkında bilgi sahibi olmak ve kontrol altına almak amacıyla oluşturulmuştur. Program dünyadaki örnekleri temel alınarak hazırlanmıştır. Belgelendirme sistemi için BEP-TR hesaplama programı geliştirilmiştir. Programın temel amacı binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemektir. Ayrıca merkezi bir veri tabanı oluşturarak binaları da kayıt altına almaktadır.

Sürdürülebilir enerjinin önemine dikkat çekmek ve kullanıcıları teşvik etmek için eğitim kurumlarının yanı sıra birçok sivil toplum kuruluşu ve dernekler bulunmaktadır. Bu kuruluşların büyük bir kısmı Avrupa ülkelerinden olup bulundukları ülkeler tarafından da finanse edilmektedir. BREEAM (Building Research Establishment

Environmental Assessment Method), LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), GREENSTAR (Green Building Council of Australia), CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency), DGNB (Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen), dünyada önde gelen sertifika sistemleri arasındadır. Bu sistemlere başvuru yaparak sertifika alan ulusal yapılarımızda vardır. Bu kurumlar ön gördükleri standart ve kaliteleri belirlenen puanlama sistemi ile değerlendirmektedir. Başvuru yapan yapılar hakkında raporlar düzenlenmektedir. Binalar aldıkları puanlara göre sınıflandırılmaktadır. Sertifika sistemlerinde en dikkat çekici madde; dünyanın ortak sorunu olan CO_2 salınımını azaltan sistemleri dikkate almaktır. Türkiye'de konu ile ilgili yapılan çalışmalara paralel EKB (Enerji Kimlik Belgesi) sistemi oluşturulmuştur. Ayrıca yeşil ve akıllı binaların teşviki için de ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği) derneği kurulmuştur. Bu dernekte 2016 yılı itibari ile gerekli puanlama sistemi ile değerlendirmeler yapılmaktadır. ÇEDBİK ilk sertifikasını 2016 yılında vermiştir [28].

Puanlama sistemi kuruluşlara ve ülkelere göre farklılık göstermektedir (Tablo 2.7). Aynı konuya farklı puanlar verilebilmektedir. Binaların ölçeklerine göre puanlama maddeleri ve sayıları farklılık gösterebilmektedir. Ağırlıklı olarak binanın üretim aşamasından, uygulama aşamasına, işletmeden atık yönetimine kadar birçok madde vardır. Enerjinin ve suyun etkin kullanımı, iç ortam kalitesi, malzeme ve kaynak seçimi, çevresel etkileri vb. maddeler dikkate alınmaktadır [29].

Dünyadaki yapı stoku dikkate alındığında mevcut binalar için de sertifika veriliyor olması önem arz etmektedir. Mevcut binalara uygulanacak aktif ve pasif sistemlerle enerji etkin sürdürülebilir binalar teşvik edici olacaktır.

Türkiye'de yapılan çalışmalar ve uluslararası platformlardaki protokoller neticesinde birçok ulusal politika geliştirilmiş ve yasal düzenlemelerle desteklenmiştir.

Tablo 2.7. Yeşil bina sertifika sistemleri ve değerlendirme kategorileri [28,29,30,31,32,33]

Sertifika	Amblem	Ülke ve çıkış yılı	Dünya üzerinde toplam ne kadar sertifika verildiği, (adet)	Değerlendirmede Kategoriler / Puanlama (%'ler veya oranlar)
Breeam	breeam	İngiltere, 1990	548.401 Yaklaşık 2,3 milyon başvuru değerlendirilmiştir.	➢ Enerji (%19) ➢ Yönetim (%12) ➢ Sağlık (%15) ➢ Ulaşım (%8) ➢ Su (%8) ➢ Malzeme (%12,5) ➢ Atık (%7,5) ➢ Kirlilik (%9) ➢ Arazi kullanımı (%9)
LEED	U.S. GREEN BUILDING COUNCIL LEED CERTIFIED USGBC	Amerika 1998	Toplam 201 bin sertifika verilmiştir.	➢ Enerji ve atmosfer (%24,7) ➢ Yenilik ve tasarım (%7,2) ➢ İç mekan hava kalitesi(%21,8) ➢ Malzeme-kaynak (%18,8) ➢ Su (%7,2) ➢ Sürdürülebilir arazi (%20,3)

GREENSTAR		2003 yılında Avustralya yeşil bina konseyi tarafından kurulmuştur	Ülke genelinde 600 adet sertifika verilmiştir.	➢ Enerji (%18) ➢ Salınım (%9) ➢ Malzeme(%18) ➢ Yönetim (%7) ➢ İç Mekan Hava Kalitesi (%18) ➢ Ekoloji Ve Arazi Kullanımı(%6) ➢ Su (%11) ➢ Ulaşım (%10)
CASBEE		Japonya 2005 yılında sertifika sistemine başlamıştır.	Nisan 2015 tarihine kadar toplam 450 sertifika verilmiştir.	➢ Enerji ➢ Ekoloji ➢ Su ➢ Sağlık Ve Refah ➢ İç Mekân Hava Kalitesi ➢ Yönetim ➢ Malzeme ➢ Çevre Kirliliği
DGNB		Almanya 2009	1565 adet projenin 718 adeti sertifikalandırılmıştır	➢ Ekoloji ➢ Arazi ➢ Ekonomi ➢ Sosyo-Kültürel ➢ Teknik

ÇEDBİK-KONUT		2007	İlk sertifikasını 2016 yılında vermiştir.	➢ Enerji (%25) ➢ Proje yönetimi (%6) ➢ Arazi (%13) ➢ Su (%12) ➢ Sağlık ve konfor (%10) ➢ Malzeme, kaynak (%14) ➢ Yaşam kalitesi (%13) ➢ İşletme, bakım (%5) ➢ Yenilikçi tasarım (%2)

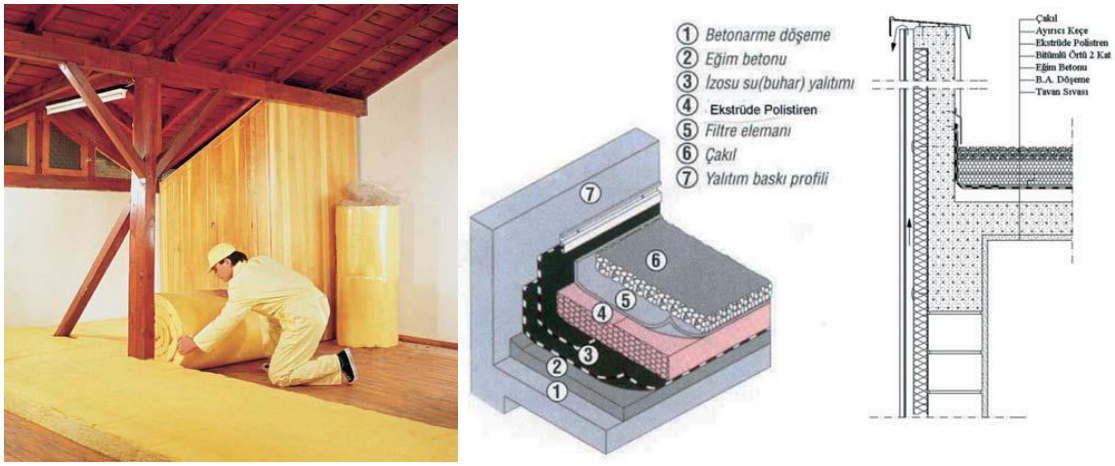
Ulusal ve uluslararası yeşil bina sertifika sistemlerinde puanlamada temel maddeler sabit kalmak kaydıyla yapılar özelliklerine göre farklı derecelendirilmektedir. Konutlardaki yapı elemanlarını baz alan herhangi bir puanlama sistemi yoktur. Ancak çatılarda yapılacak yenilikçi ve ekolojik tasarımlar puanların arttırılmasına ve sertifika almasına katkı sağlayacaktır. Örneğin çatıda suyun etkin kullanımı için depolanması, enerji tüketimini azaltacak çatı katmanlarının seçimi, arazinin etkin kullanımı için zeminde kaybedilen tabii zeminin çatıda kazandırılması, yerel malzemenin kullanımı ile ulaşım, enerji, ekonomi ve kaynak yönetimin sağlanması, vb. proje geliştirme yöntemleri ile kazanımlar sağlanabilir.

BÖLÜM 3

YAPI ELAMANI OLARAK ÇATILAR

Çatılar, binaları dış etkenlerden koruyan önemli yapı elemanlarından biridir. Bazı kültürlerde sadece çatıdan oluşan yapılar da görülmektedir. Çünkü ilk çağlarda insanlar sadece dış hava koşullarında ve dış etkenlerden korunma maksadıyla yapılara ve çatılara gereksinim duymuşlardır. Geçmişten günümüze geldikçe yaşam şartları ve bunun neticesinde konfor şartları da değişmiştir. Gelişen teknoloji farklı çatılara olanak sağlamıştır. Binaların en önemli strüktür sistemi olan ve binaların 5.ci cephesi kabul edilen çatılar, estetik anlamda da önemli katmanlardan biridir.

Günümüzün önemli parametrelerinden olan ülke ekonomilerine yön veren enerji kavramının çatılar üzerinde de dolaylı olarak etkisi vardır. Geleceğin çatıları olacak yeşil çatılar teknolojinin yardımıyla günümüzde enerji üretebilir hale gelmiştir. Binayla birlikte çalışabilecek sistemler ya da pasif yöntemle enerji etkin yapılar oluşturulabilmektedir. Bu tür çalışmaların ülkemizdeki ve dünyadaki örnekleri giderek artmaktadır. Yapı elemanlarından çatıların enerji kayıplarındaki oranı kullanım alanı işlevine göre farklılık göstermektedir. Ancak her koşulda enerji kaybını önleyecek uygulamalar günümüzdeki yönetmelik ve standartlarla daha iyi hale getirilmektedir. Daha konforlu konutlar ve konutlarda çatı arasının kullanımı için çatı yalıtımında birçok kritere dikkat edilmelidir. Çatının eğimi, bulunduğu iklim bölgesi, çatı arasının kullanımı, iç mekân ile bağlantısı, havalandırma koşulları, vb. kriterler değerlendirilip sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak çözümler üretilmelidir. Çatı arası kullanılmayan konutlarda ısıtma yüklerini düşürmek için son kat döşemenin üstüne yalıtım katmanı eklenmelidir (Şekil 3.1.a). Düz (teras çatı) çatıların kullanımına göre çakıl, yeşil zemin ve seramik benzeri kaplamalar ile son kat döşeme arasına yapılacak yalıtım ile enerji tüketiminde düşüş sağlanacaktır (Şekil 3.1.b) [34].



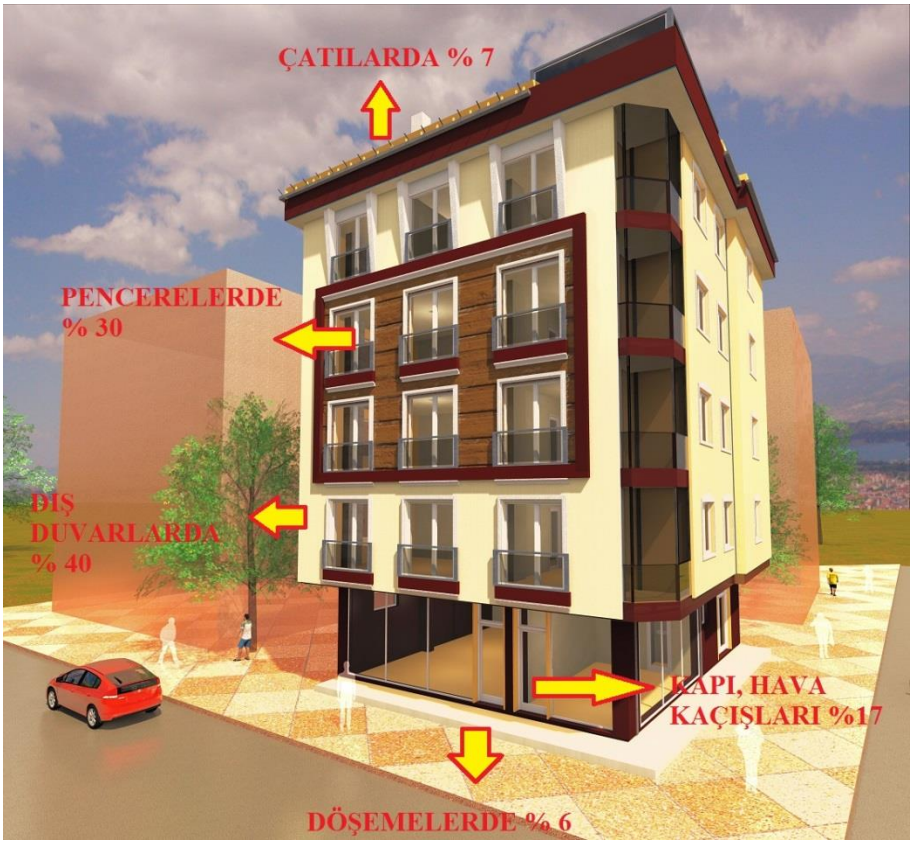
a. Çatı arası yalıtımı **b.** Teras çatı yalıtımı

Şekil 3.1. Çatının farklı kullanım şekillerine göre yalıtılması [34]

İklim bölgelerinin özelliklerine bağlı olarak enerji etkin tasarım ve çözümlerinde; duvar, çatı, pencere vb. yapı elemanlarının enerjideki önemini arttırmaktadır. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de belirtilen bina kabuğundaki ısı kayıpları oranları farklı iklim bölgelerine ve binaların kat yüksekliklerine göre değişiklik gösterse de ısı kayıplarının büyük bölümüne yapı elemanları sebep olmaktadır [18,35].



Şekil 3.2. Az katlı binalarda yapı elemanlarından ısı kayıpları



Şekil 3.3. Çok katlı binalarda yapı elemanlarından ısı kayıpları

3.1. İklim – Yapı Kabuğu İlişkisi

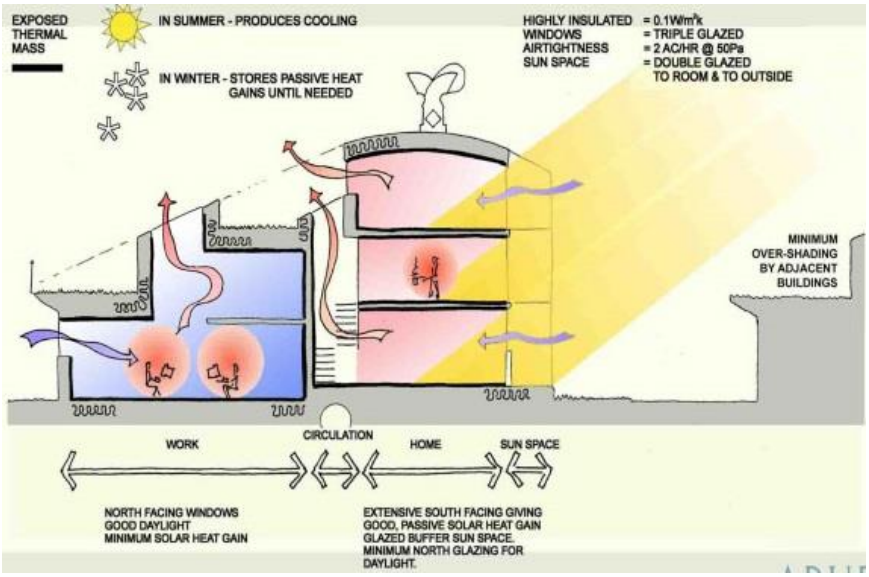
Yapı kabuğu, mimari tasarımın iklim verilerine göre şekillenmesi ile doğrudan ilişkilidir. Kullanıcıların gereksinimleri ile fiziksel ve psikolojik durumları da irdelenerek çatının şekli belirlenir [36].

Yapı içindeki kullanıcının dış çevre koşullarından korunması görevini yapı kabuğu üstlenmektedir. Dış ortamdaki tüm yapay ve doğal çevre unsurları da yapı kabuğunun biçimlenmesine ve farklı görevler almasında önemli rol oynamaktadır [6].

Yapı kabuğuna etki eden fiziksel çevre bileşenleri;

- Binanın dış kabuğu ve malzeme özellikleri
- Binanın kitlesi
- Yatay ve düşey yüzeyler
- Donatı ve donatı elemanları
- Doğal unsurlar
- Atmosferik unsurlardır [37].

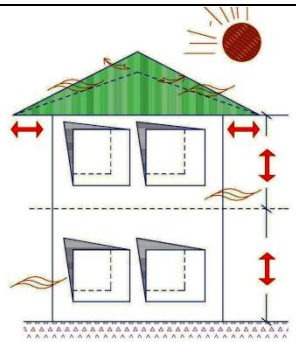
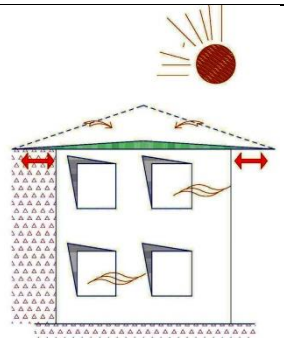
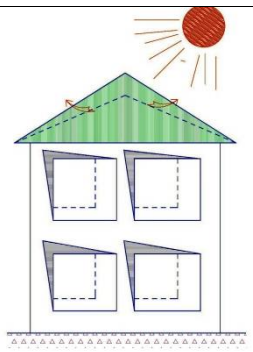
Bu unsurların doğru değerlendirilmesiyle ile konfor şartları optimum olan mekanlar tasarlamak mümkün olabilmektedir (Şekil 3.4). Güneş paneli, rüzgârgülü, hava bacaları, soğuk hava kanalları, haraketli dış duvar panelleri, vb. sistemler akıllı ev teknolojileri ile uzaktan bile yönetilebilen sistemler haline gelmiştir. Yeterli şartlar sağlanmadığında veya sağlanması mümkün olmadığı durumlarda teknolojik imkânları ve gelişmiş sistemleri de kullanmak gerekmektedir. Günümüzde akıllı telefon ve tablet vb. elektronik gereçlerle bile kontrolü sağlanabilen akıllı bina sistemleri oluşturmak mümkündür. Ayrıca; doğal aydınlatma için günışığından faydalanmak, yağmur sularını etkin kullanmak, güneş panelleri ile enerji üretmek, bacalar ile soğutma sistemi oluşturmak, bioyakıt ile elektrik ihtiyacını karşılamak mümkün olabilmektedir.

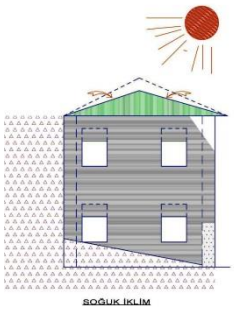


Şekil 3.4. Fiziksel çevre verilerinin bina kabuğunda değerlendirilmesi [38].

İklim, bina tasarımında öncelikle ele alınması gerekmektedir. Türkiye farklı bölgelere ayrılsa da genel olarak sıcak nemli, sıcak kuru, ılımlı nemli-kuru ve soğuk iklim bölgesi olmak üzere 4 farklı iklim bölgesine ayrılmaktadır. Bölgelerin özelliklerine göre aynı tip yapıların bile farklı yönlenmesi, topoğrafyadaki konumu, yapı fiziği özellikleri ve yapı elemanları değişmektedir. Tablo 3.1'de iklim bölgeleri ve yapı kabuğu karakteristik özellikleri verilmektedir.

Tablo 3.1. İklim bölgeleri ve genel karakteristik özellikleri [10,11.]

İklim Bölgeleri	**Karakteristik Özellikleri**
Sıcak Nemli İklim Bölgesi 	✓ Fazla nemli bölge olması nedeniyle gölge alanlarına ve rüzgâr alabilen bölgelere ihtiyaç vardır. ✓ Sokaklar hâkim rüzgâra açılmalı ve doğal havalandırma sağlayan açıklıklar bulunmalıdır. ✓ Güneşe maruz kalan yapı elemanlarının ısı tutuculuğu az olmalıdır. ✓ Isınan havanın yukarı doğru çıkması nedeniyle iç mekânların yüksekliği arttırılmalıdır. ✓ Pencereler kepenkli vb. dekoratif elemanlarla gün ışığından korunmalıdır. ✓ Arkatlı yapılar ile soğutma yükleri düşürülebilir.
Sıcak Kuru İklim Bölgesi 	✓ Açık renkli cepheler ve ısı tutucu olmayan yapı kabuğu elemanları olmalıdır. ✓ Duvarlarda hafif ve hava geçişini kolaylaştıran katmanlar seçilmelidir. ✓ Gün ışığından doğal aydınlatma için geniş açıklıklar ve gölgeli avlulara sahip olmalıdır. ✓ Güneş ışığından korunmak için küçük pencereler ve gölgelendirme elemanları seçilmelidir. ✓ Havuz çatılar vb. sistemler tasarlanmalıdır.
Ilımlı Kuru-Nemli İklim Bölgesi 	✓ Isı kontrolü sağlayan pencere boyutları seçilmelidir. ✓ Gerekli konfor şartlarını sağlayan yapı kabuğu seçilmelidir. ✓ Yaz aylarında güneş kontrolü sağlayan tasarıma gidilmelidir. ✓ Kış aylarında ısı kaybını önleyen sistemler tasarlanmalıdır. ✓ Yaz ve kış ayları gün sayısı eşit olduğundan kabuk tasarımında U değerleri optimum düzeyde olmalıdır.

Soğuk İklim Bölgesi 	✓ Toprağa dayalı döşemelerden ısı kaybını en aza indirmek için mümkün olduğunca toprağa gömülü mekânlar olmalıdır. ✓ Blok ve bitişik nizama sahip ve en az köşeli binalar olmalıdır. ✓ Pencereler normalden daha küçük olmalıdır. ✓ Isı kaybını azaltıcı ağır ve kalın yapı kabuğuna sahip olmalıdır. ✓ Isı tutucu ve koyu renkli cepheler olmalıdır.

İklim bölgelerinin özelliklerine göre yapı elemanlarının ve çatılarında karakteristik özellikleri değişmektedir (Tablo 3.2). Bu çalışmada aynı tip konutun çatısındaki malzeme ve geometri değişikliklerinin yıllık enerji tüketimlerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın 4.bölümünde öneri çatı tipleri ile farklı Derece Gün özelliklerindeki illerde sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.2. Farklı iklim bölgelerindeki çatıların özellikleri

İklim Bölgeleri	**D.G.B.**	**Temsili il**	**Çatıların Karakteristik Özellikleri**
Sıcak Kuru İklim Bölgesi	1.D.G.	Adana	Enerji etkinliği arttırmak için düz çatı olmalıdır. Nemliliği arttırmak için havuz çatılar vb. sistemler tasarlanabilir.
Sıcak Nemli İklim Bölgesi	2.D.G.	İstanbul	Çatılar daha yüksek ve havalandırılabilir olmalıdır.
Ilımlı Kuru-Nemli İklim Bölgesi	3.D.G.	Ankara	Güneş enerjisini etkin kullanımına derin saçaklar ile optimal ısı kontrolü en sıcak devrede güneş kontrolü sağlamalıdır.
Soğuk İklim Bölgesi	4.D.G.	Erzurum	Yüksek ısı tutucu özelliklere ve alçak çatıya sahip olmalıdır. Ancak kar yükü gereği soğuk çatıların çok eğimli olması statik açıdan önemlidir.

3.2. Çatı Elemanında Yaşanan Değişimler

Dünyada yaşanan kültürel sosyal farklılaşmalar yaşam kurgusunu oluşturdukları ve yaşamın bütününde var olan yapılara yansımıştır. Değişimleri yaşayan yapı elemanlarından biriside çatılardır. Mekânları kurgularken dışa kapalı yapılar ile dışarı olabildiğince şeffaf yapılar yer değiştirmeye başlamıştır. 19. yüzyıldan başlayarak gelişen yapı malzemeleri çıplak strüktürlü saydam yapılara sahip akımlar oluşmaya başlamıştır. Yapıların tasarımında iç ve dış ilişki kurulmaya başlamış ve 5. cephe kabul ettiğimiz çatılarında tasarımına verilen önem artmıştır [14].

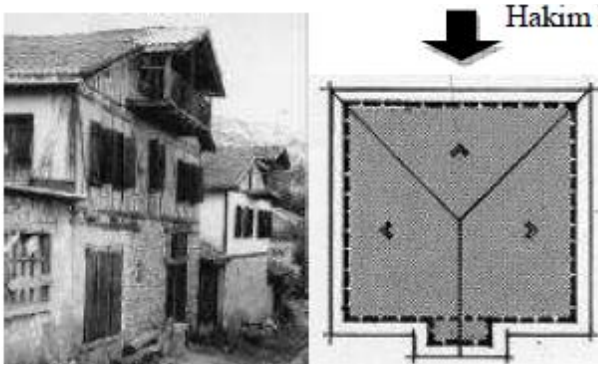
Konutların kat sayılarının artması ve artan arsa maliyetleri nedeniyle konutlarda da değişimler gözlenmektedir. Bu değişimlerde çatıların kullanımı ve tasarımlarında farklılaşmalar olmuştur. Bu farklılık çeşitliliği de arttırmıştır. Cumhuriyet öncesi sadece üst örtü olarak kullanılan çatılar cumhuriyet sonrası geleneksel konutlarda çatı arası kullanılmaya başlamış ve günümüze kadar farklılıklar göstermiştir. Örneğin, geleneksel Bayburt evlerinde çatı arası kullanımı yoktur. Ancak geleneksel evlerde en üst katlarda çatıların bir kısmında oluşturulan köşk katı olarak biçimlendirilmiş mekânlar vardır. Geleneksel Gümüşhane evlerinde de (Şekil 3.7) bu tarz katları görmek mümkündür. Farklı sivil mimari örneklerinde bu tür çatı kullanımları bulunmaktadır [39].



Şekil 3.5. Bayburt (Gümüşhane) geleneksel evlerinin ön cephesinde köşk katı biçimlenmesi (Kavalalılar Evi ön cephe görünüşü) [39]

Benzer şekilde Kastamonu'da, yoğun yağışlı bölge olması nedeniyle suyun ivedi şekilde yapıdan uzaklaştırılması gerektiğinden bu özellikleri taşıyan çatılar yapıların genelinde görülmektedir. Çatılar genellikle geniş saçaklı ve çatı arası mekânların

kullanımı çok azdır. Ancak bazı köylerdeki yapılarda kısmi beşik çatı (Şekil 3.8) yapılarak çatı arasında mekanların oluşturulduğu görülmektedir [39].



Şekil 3.6. Geleneksel Kastamonu evleri [39]

Günümüzde çatı arasına ve uygulamasına verilen önem artmış ve inşaat kültürü de değişmeye başlamıştır. Öyle ki, eskiden gelişigüzel yapılan ve malzeme kalitesine önem verilmeyen çatılar günümüzde konutlarda özenli bir şekilde uygulanmaktadır. Çatı katmanlarına su, ısı ve ses yalıtımı eklenmiştir. Bunlar yapılan denetim ve getirilen standartlarla kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Ancak büyükşehirlerde ve kent merkezlerinde yönetmelik ve standartlara rağmen gelişigüzel yapılaşma ve çatılarda bırakılan teras ve ortak olanların estetik kaygı gözetmeyen sadece ticari nedenlerle camekanlarla kapatılmasıyla kentin sokaklarında estetikten yoksun anlamsız sokak siluetlerine dönüşmektedir [3] (Şekil 3.9).



Şekil 3.7. Bir apartmanın son katı

3.3. Çatıların Tasarımı ve Önemi

Çatıların, uygulama, üretim ve tasarımında önemle üzerinde durulması gerekir. Çünkü binanın performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı malzemelerinin performanslarının tasarımcı tarafından bilinmesi gerekmektedir. Mümkün olduğunda yerel malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri irdelenerek kullanılması gerekir. İlk çağlarda insanlar doğanın yansımalarını yine doğadan tedarik ettikleri malzemelerle inşa etmişlerdir. Ancak teknolojinin günümüzde geldiği seviye ve hızla artan gelişimi bina kabuğuna da yansımıştır (Şekil3.8).



a. Bir evin çatı arası **b.** Paris'ten bir sokak **c.** New York'ta bir bina

Şekil 3.8.(a.b.c) Farklı çatı arası kullanımları

Bina kabuğunun etkin tasarımı ile mekanik yardım olmadan kendi enerji yükünü minimuma indirebilecek tasarımlar yapmakta mümkündür (Şekil 3.6.). Her binanın kullanımı farklı olacağından farklı değişim ve adaptasyona ihtiyaç duyulacaktır [40].



Şekil 3.9. Hafta sonu evi Kosta Rika

Şekil 3.9'daki konutun aynı zamanda mal sahibi olan mimarın kendisi için tasarladığı hafta sonu evidir. Mimar, yapıyı 'doğaya en az şekilde müdahale ederek minimum bütçe ile bir ev inşa etmekti' diye tanımlamaktadır. Mimar hem bütçeyi düşük

tutmak hem de geri dönüştürülebilir bir malzeme için araştırma yaptıktan sonra deniz taşımacılığında kullanılan kargo konteynerlerini kullanmaya karar vermiştir.

Çatıların tasarımına ve yapımına etki eden; sosyo-kültürel etkenler, dış etkenler, fonksiyon, yasal sınırlamalar, iç ve dış mekânlar arasındaki ilişkiler, ölü ve hareketli yükler, malzemelerin özellikleri ve sağladığı imkânlar, mimari akımlar ya da moda uygulamalar başlıca faktörlerdir [37].

Malzemelerin geliştirilmesi ve yeni ürünlerin ortaya çıkarılmasıyla çatıların altında yaşanan mekânlar giderek artmaya başlamıştır [40]. Çatı arası mekânlarının kullanımı arsa maliyetlerindeki artış, yaşam, çalışma ve depo alanlarını arttırmak ve estetik nedenlerinden dolayı oldukça artmıştır.

Çatılar toplam bina maliyetinin % 2-4'ünü oluşturmaktadır. Bu oran binanın büyüklüğüne ve kat sayısına göre değişiklik gösterse de konutlarda sorunlarının büyük bir kısmı çatıdan kaynaklanmaktadır [39].

3.4. Çatıların Sınıflandırılması

Çatıları farklı başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür. Bu çalışmada çatılar, eğimlerine, yüzeylerine ve kullanıldıkları malzemelerine göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca çatılar yapı fiziği açısından çatı katmanları arasında hava katmanı bulunup bulunmaması durumuna göre soğuk çatılar (hava katmanı bulunan) ve sıcak çatılar (hava katmanı bulunmayan) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.4.1. Geometrik Biçimine Göre Çatılar

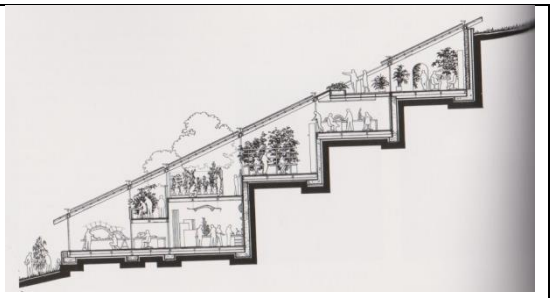
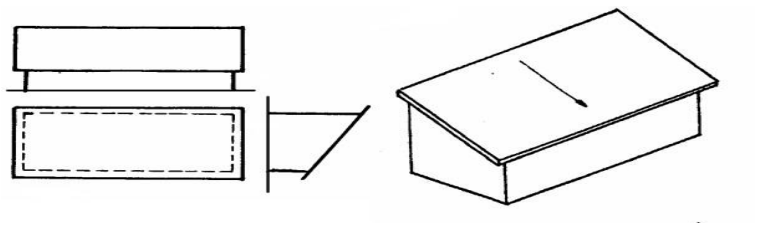
Çatılar, eğimlerine ve yüzeylerine göre farklılık göstermektedir. Bu farklılıklarına göre isimlendirilmektedir. Bu farklılıklar prestij niteliğinin yanı sıra bulundukları coğrafyaya ve iklim özellikleri ile işlevlerine göre değişkenlik göstermektedir.

Binaların önemli yapı elemanlarından biri olan çatılar, yapıyı dış ortamdan tekrar koruyan bir üst örtü görevindedir. Çatıların eğimlerinin belirlenmesinde iklim bölgelerinin özellikleri etkin faktörlerden biridir. İklimsel faktörler, bölgelerin dönemsel yağış miktarları, rüzgâr etkisi, kar kalınlığı ve ortalama sıcaklık çatının şeklinde ve eğiminde değişkenlikler gösterecektir. Örneğin; soğuk iklim bölgesi olan Erzurum kar yükünün en çok olduğu iller arasındadır. Kar yükünü azaltmak ve uzaklaştırmak, çatı

yüzeyinin eğimini arttırarak çözülebilir. Sıcak iklim bölgesi olan Diyarbakır'da kar ve yağmur yükü az olduğundan çatı yüzeyinin eğimi düşürülebilir [41]. Ancak çatı arası kullanımlarının tercih edilmesi durumu ve arsa fiyatlarındaki artış nedeniyle rüzgâr etkisinin statiğe etkisi göz önünde bulundurularak çatı eğimlerinde artış gözlenebilir.

3.4.2. Eğimli Yüzeylerine Göre Çatılar

Çatıların yüzey seçiminde binanın coğrafyası, yönü ve işlevi dikkate alınarak karar verilmektedir. Tek yöne eğimli çatılar maliyet açısından diğer yüzeylere nazaran daha ekonomik olması açısında tercih edilmektedir. Çatı aralarının kullanılması ve kullanılmamasına göre çatı tipi belirlenmektedir [42]. Gün ışığının etkin kullanımı da tercih edilme sebeplerindendir. Bu gibi durumlarda çatı, iç mekân ile dış ortam arasında ara kesit oluşturup kabuk görevini üstlenmektedir. Son zamanlarda PV panellerinin kullanımından dolayı da yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Şekil 3.10'da eğimli yüzeylerine göre çatı tipleri ve özellikleri örneklerle birlikte verilmektedir.

<table>
<tr><td rowspan="2">EĞİMLİ YÜZEYLERİNE GÖRE ÇATILAR</td><td>Tek Yöne Eğimli Çatı
Çatı yüzeyi tek yöne eğimlidir.
Maliyeti ucuzdur.
İşçilik kolaydır.
Eğimli arazilerde sıcak çatı olarak tasarlanmaktadır.</td><td>
UNESCO Laboratory-Workshop
Tasarım:Renzo Piano Building Workshop. Doğal aydınlatma ile enerji etkinliği sağlanmaktadır [43].</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Beşik Çatı

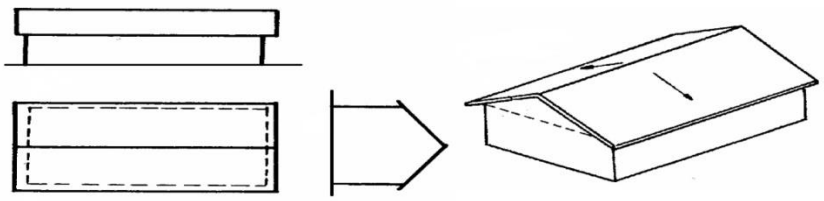
- Çatı iki yöne eğimlidir.
- Maliyeti ucuzdur.
- Çatı arası kullanıma uygundur.
- İşçilik kolaydır.
- Sıcak ve soğuk çatı olarak uygulanabilir.



Geleneksel Konut Örneği

Tasarım: Sivil Mimari

Ayder yaylasında yer alan örnek yerel malzeme olan ahşabın kullanılması ile sürdürülebilir konut niteliğindedir.



Kırma Çatı

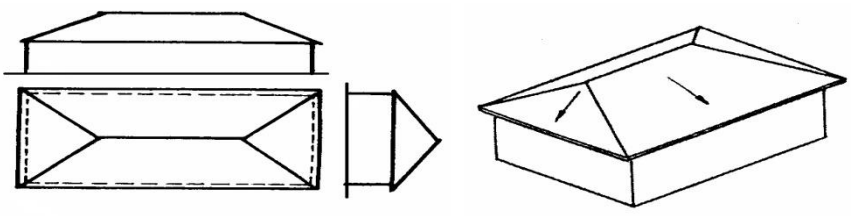
- Çok yüzeyli çatıdır.
- 4 yöne eşit değerde eğimlidir.
- Maliyet açısından ekonomiktir.
- Küçük yapılarda çatı arası kullanıma olanak yoktur.
- İşçilik kolaydır.
- Büyük bloklarda sıcak çatı olarak kullanılabilir.



Geleneksel Konut Örneği

Tasarım: Sivil Mimari

Karadeniz bölgesindeki yaylalarda yaygın kullanılan ahşap karkas konutlar ve serenderler yerel malzeme kullanılmıştır. Yerel malzemenin kullanılmasıyla CO_2 salınımını düşürmektedir.

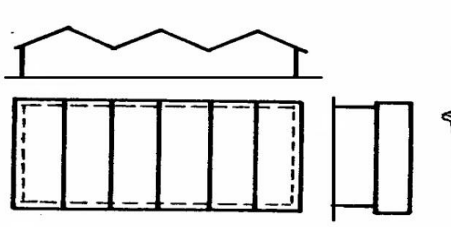


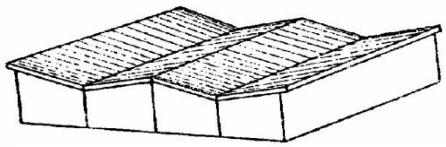
Kelebek Çatı

- Çatı yüksekliğinin fazla olduğu durumlarda kullanılmaktadır.
- Çatı yüzeyi iki yöne eğimlidir.
- İçe eğimli yüzeyler vardır.
- Geniş açıklıklı yapılarda kullanıma uygundur.



Alexander Home in the Twin Palms Neighborhood, Palm Springs, California





Haçvari Çatı

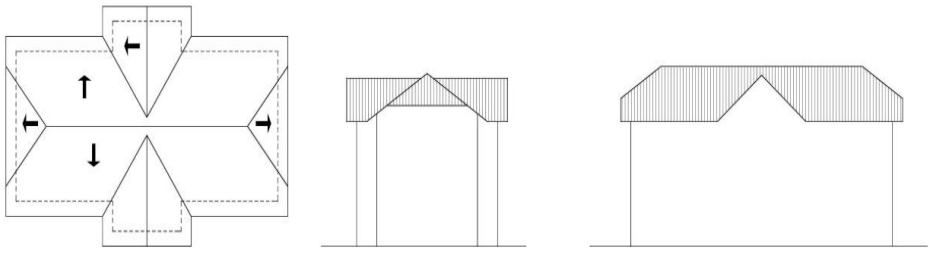
- Yapının bir bölümünü belirtmek için kullanılmaktadır.
- Etkin havalandırma sağlar.
- Çatı arası alanının arttırır.
- Maliyet açısından daha fazla malzemeye ihtiyaç olduğundan maliyeti arttırır.
- Kırma çatıya oranla daha fazla işçilik gerektirir.



Kırklareli Tren Garı [44]

Tasarım:

Yanlardan açılan pencere ile doğal havalandırma sağlayarak soğutma yüklerini düşürmektedir.

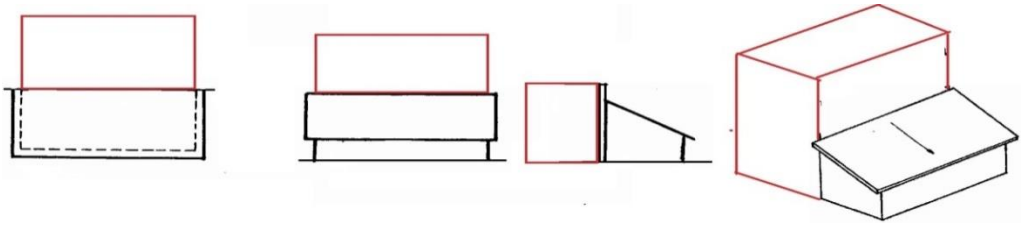


Sundurma Çatı

- Genelde garaj, kış bahçesi, müştemilat ve eklenti türü yapılarda tercih edilir.
- Çatı yüksekliği fazla olmayan küçük açıklıklarda kullanılır.
- Ucuz işçilik,
- Daha az maliyetlidir.
- Ana yapıdan ayrı yapılabildiği için işlevselliğini yitirdiğinde yıkım maliyeti daha düşüktür.



Tasarım: Brenda and Robert Vale/ 1993 Enerjisini güneşten ve rüzgârdan almaktadır. Ayrıca yağmur suyunu depolayıp konut içinde kullanmaktadır. Konutun yapımında ağırlıklı olarak geri dönüşebilir yerel malzeme kullanılmıştır [12].



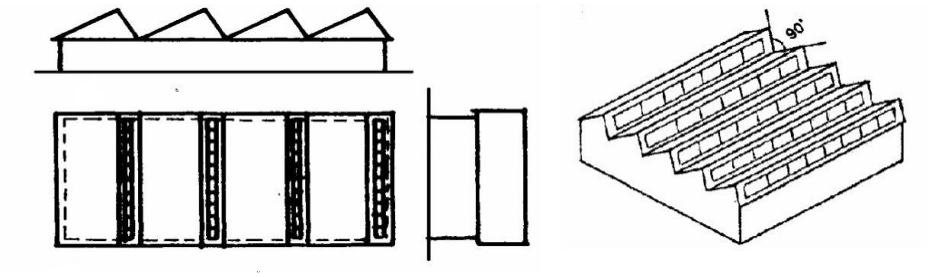
Şed Çatı (testere dişli çatı)

- Geniş açıklı yapılarda tercih edilmektedir.
- Çatı yüksekliğini azalmak için kullanılır.
- Eğimi fazla olan yüzeylerden iç mekâna ışık ve hava almak için kullanılmaktadır.
- Çatı arası kullanıma imkân sağlar.
- Maliyet açısından ekonomiktir.
- İşçilik kolaydır.
- Sıcak çatı kullanıma olanak sağlar.



Kanada'da yeşil bina konseyi tarafından desteklenen müstakil evler

Tasarım: Sivil Mimari, Leed gold sertifikasına sahiptir. Güneş kollektörleri ve yağmur suları toplanarak etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Enerji etkinliği için özel finansman destekleri sağlanmaktadır [45].



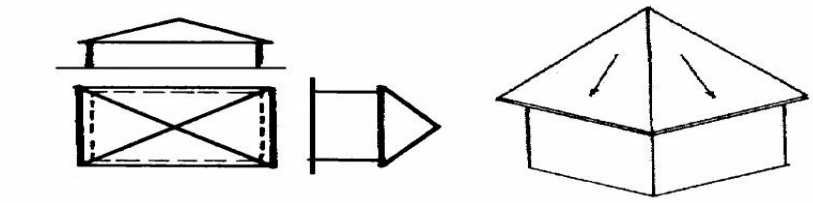
Topuz Çatı (sivri çatı)

- Tüm çatı yüzeyleri tepe noktasında birleşir.
- Genelde daire tipi veya eşkenar plan tiplerinde kullanılır.
- Orta mesnetli taşıyıcı sistem olduğundan yük dağılımı eşittir.
- Çatı alanı arttıkça maliyet daha fazla oranla artmaktadır.
- Büyük yapılarda maliyeti arttırmaktadır.



R&J Evi [46]

Çatı 12 eş kenara sahiptir. Çatının yanı sıra evin tamamı ahşap yapı elemanlarından oluşmaktadır. Sürdürülebilir özelliği yanı sıra CO_2 salınımı azaltılması sağlanmaktadır.

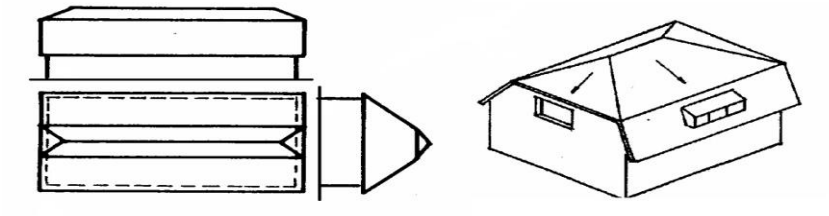


Mansard Çatı

- Çatı yüzeyleri farklı eğimlere sahiptir.
- Çatı arasının kullanımında hacim ve alan arttığı için tercih edilmektedir.
- Çatı yüzeyleri farklı eğimlere sahip olduğundan orta bölümlerde çatının



Beaux Arts School of Architecture in

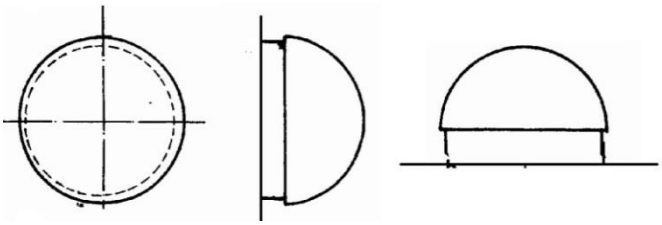
	yüksekliğini arttırırken tepe mahya bölgesinde yüksekliği düşürmektedir.	Paris [33] Çatı arası mekân kazanımının arttırılması sağlanmaktadır.
		

Şekil 3.10. Eğimli yüzeylerine göre çatı tipleri

3.4.1.2. Eğrisel Çatılar

Dış ortam ile iç ortam arasında ara kesit oluşturan yapı kabuklarında ve prestij yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu zaman yapının formu da çatıyı oluşturmaktadır. Eğri geometrilerde sistemlerin dayanımları arttığından yüklerin dağılımına katkı sağlayarak geniş açıklıklar geçmektedir. Yapının işlevine ve bulundukları iklim koşullarına göre çatı yüzeylerinin eğrilikleri ve formları değişiklik göstermektedir. Şekil 3.11'de eğrisel çatı tipleri ve özellikleri örneklerle birlikte verilmektedir.

EĞRİSEL ÇATILAR	**Kubbeler** • Çift eğriliktedir. • İç yüksekliği artırır. • Geniş açıklık geçer. • Yerel malzeme kullanılması durumunda ekonomiktir. • İşçiliği zordur.	 Harran evleri **Tasarım:** Sivil Mimari Sıcak iklim bölgesinde yer alan konutlar yerel malzemeden üretilmiş olup sürdürülebilir enerji etkin özelliktedir. Kubbe üst örtüsü sayesinde soğutma yüklerini sıfıra düşürmektedir.



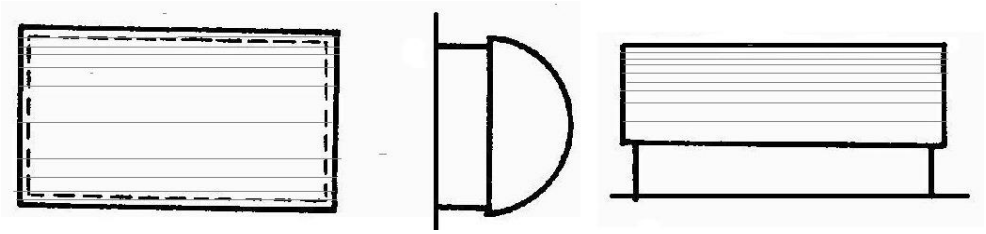
Tonozlar

- Tek eğriliklidir. İşçilik diğerlerine nazaran daha kolaydır.
- Tek yöndeki geniş açıklıkları geçer.
- Lineer planlama sistemine uygundur. Büyüyebilirlik sağlar [48].
- Hacimsel büyüklük,
- Saçak uçlarında daha yüksek iç mekan,



Ayzade Konakları / Antalya

Geniş açıklık geçerek iç mekan ve dış ortam arasında ara kesit oluşturarak doğal aydınlatmaya olanak sağlamaktadır.



Parabolik Şekiller

- Hem ötelemei hemde çizel yüzey olarak türetilebilir.
- Düz kenarlı ve eğri kenarlı olabilir.
- Estetiktir.
- Geniş açıklıklar geçebilir.
- Maliyet açısından ekonomik değildir.



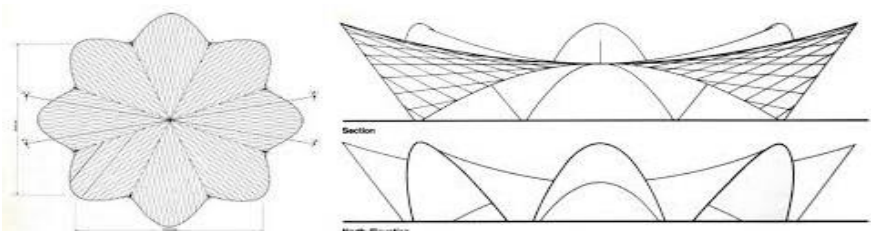
Church of San José Obrero

Mexico--completed in 1959.

Tasarım: Felix Candela

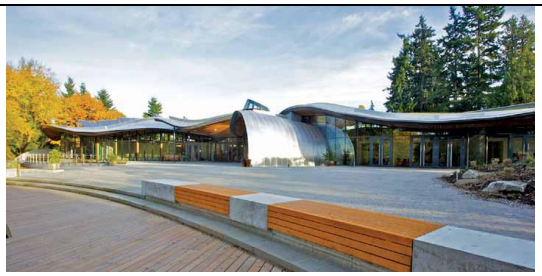
<table>
<tr><td></td><td>

- Prestij nitelik sağlar.

</td><td>Estetiğin yanı sıra yapı açtığı yırtıklarla doğal aydınlatmaya olanak sağlamaktadır.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td>

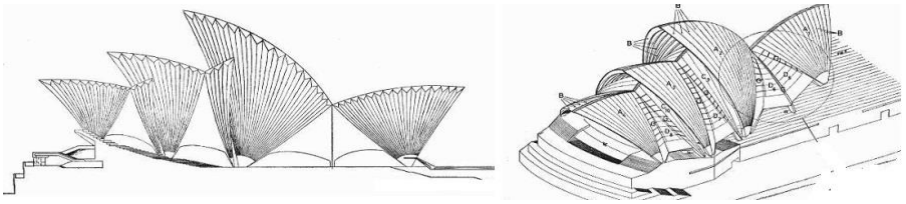
Serbest biçimler

- Eğri yüzeylerin birbirleriyle kombinasyonu sonucu ortaya çıkan geometrik biçimlerdir.
- Net bir kuralı yoktur.
- Deneysel tasarımlarla ortaya çıkabilir.
- Maliyeti diğerlerine göre daha yüksek olabilmektedir.
- İşçiliği zordur.
- Estetiktir.
- Prestij nitelik sağlar.

</td><td>

Van Dusen Living Building

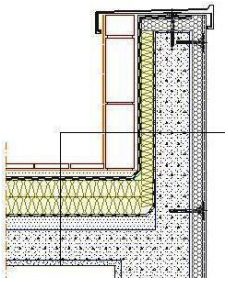
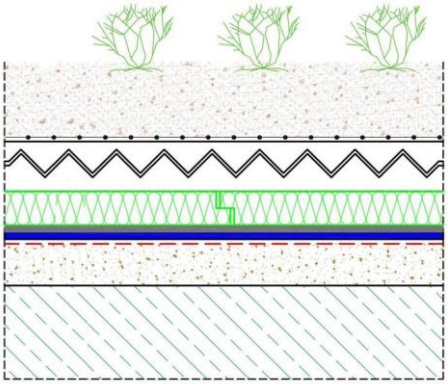
Tasarım: Busby Perkins + Will

Leed platin sertifikasına sahip canada da yer alan yeşil bina örneklerindendir. Botanik bahçe ziyaretçi merkezi binası suyu etkin kullanan ve güneş panelleri ile elektrik üreten ve co2 salınımını azaltan tasarımıyla enerji etkin binadır [45].</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Şekil 3.11. Eğrisel çatı tipleri

3.4.1.3. Düz Çatılar (Sıcak Çatılar)

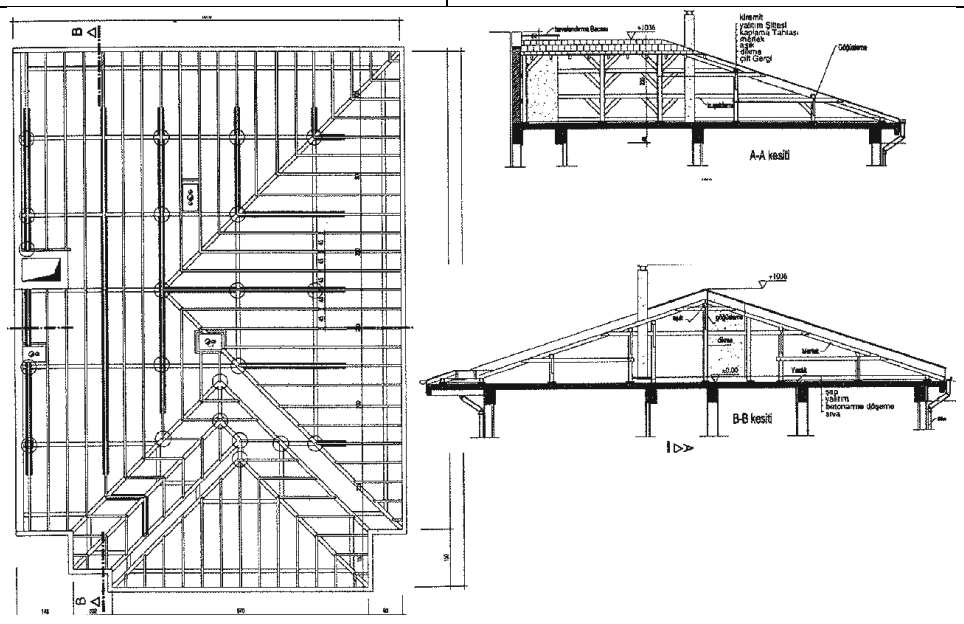
Eğimi %1 ve daha az olan çatılardır. Çatı kabuğunun kullanımına (gezilebilen veya gezilemeyen) göre çatı katmanında farklılıklar göstermektedir. Günümüzde enerji etkinliği arttıran yeşil çatılarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.12).

<table>
<tr>
<td rowspan="2">DÜZ ÇATILAR</td>
<td>Üzerinde Gezilen (Teras) Çatı
Çatı yüzeyinin sert veya toprak vb. yumuşak tabakalarla kaplanmasıyla teras gibi kullanılan çatılardır. Üzerinde gezen insan yükü ve kar yükü faktörü nedeniyle statik açıdan ilave maliyet getirecektir.
</td>
<td>
Norveç Opera Binası
Ödüllü opera binası sahilden yapının çatına doğru hafif yükselmektedir. Üzerinde yürünen çatının altında hem farklı mekânlara hizmet veriyor. Hem de zirveden manzara keyfini sunuyor [10].</td>
</tr>
<tr>
<td>Üzerinde Gezilmeyen Çatı
Çatı yüzeyi bitki örtüsü ile ya da farklı malzemelerle oluşturulabilir. Üzerindeki bitki örtüsüyle CO_2 salınımı azaltılabilir.
</td>
<td>
Tatil konutu Guanacaste Köyü , Kosta Rika [49]
Tasarım: Kalia Modern Eco- Living
Yapının tüm çatılarının farklı kotlarda olması, toprak ve bitki örtüsü ile kaplı olması nedeniyle doğanın bir parçası görünümündedir.</td>
</tr>
</table>

Şekil 3.12. Düz çatı tipleri

3.4.2. Taşıyıcı Elemanların Malzemesine Göre Çatılar

Çatılar genel olarak yapıldıkları malzemelere göre ahşap, metal ve betonarme olarak 3'e ayrılabilir. Çatı taşıyıcısındaki malzeme seçiminde bulunulan bölgenin yerel malzemeleri ve malzemenin nakil özellikleri de etki etmektedir. Örneğin; Karadeniz yapılarında sivil mimaride ahşap yerel malzeme olması nedeniyle daha yaygın kullanılmaktadır. Şekil 3.13'de taşıyıcı elemanların malzemesine göre çatı tipleri örnekleriyle birlikte verilmektedir.

<table>
<tr>
<td rowspan="2">TAŞIYICI ELEMANLARINA GÖRE ÇATILAR</td>
<td>Ahşap çatılar
• Sürdürülebilir malzemedir.
• Karkas sistemlerde farklı birleşimlerle geniş açıklıklar geçebilmektedir.
• Çevrecidir.
• Tadilatı kolaydır.
• İşçilik kolaydır.
• Yerel malzeme kullanılması durumunda ekonomiktir.</td>
<td>
Bir villanın iç mekanı
Lamina ahşap malzemeden imar edilmiştir. Malzemeden tasarruf sağlamaktadır.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">
</td>
</tr>
</table>

Betonarme çatılar

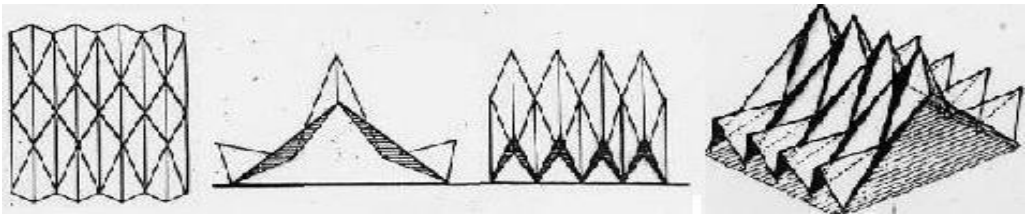
- Konutlarda ağırlıklı olarak karkas sistemler kullanılmaktadır.
- Özellikle çatı arası kullanımın olduğu bölümle betonarme olarak uygulanmaktadır.
- Az sayıda olsa da kabuk çatılarda iç ortam ile dış ortam ara kesitinde kullanılmaktadır.



Amsterdam'da bir bina

Tasarım: +NL Mimarlık

Yeşil çatılı binanın çevreci özelliği yanı sıra çatısında açılan boşluklarla gün ışığından da faydalanmaktadır.



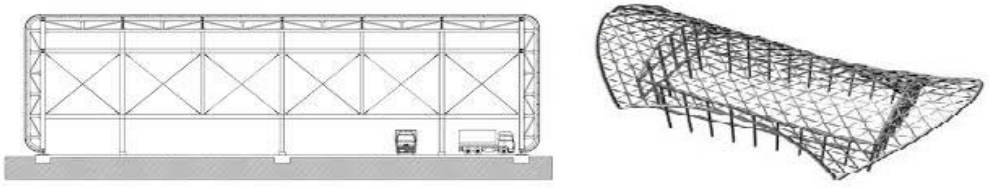
Metal çatılar (Makaslar, Kafes kirişler, Uzay kafes kirişler vb)

- Şeffaf ve Hafiftir.
- Serbest formlar oluşturulabilir.
- Sürdürülebilir olarak kabul edilebilir.
- Büyük açıklıklar geçirilebilir.
- Mekandan tasarruf edilir.
- Esneklik, Büyüyebilir özelliğe sahiptir.



Tatilya, İstanbul 1996

Tasarım: Okay Nayman



Şekil 3.13. Taşıyıcı elemanların malzemesine göre çatı tipleri

3.5. Enerji Etkin Çatılar

Günümüzde ihtiyaçların artması ile binalar farklılıklar göstermeye başlamıştır. Enerji olarak insan gücü kullanımı endüstri devrimine kadar devam etse de 1970'lere kadar fosil yakıtlı enerji kullanımı giderek artmıştır. Bu durum şehirlerde CO_2 salınımlarının artmasına ve çevrenin olumsuz etkilenmesine sebep olmuştur. 1970'lerden sonra toplumun bilinçlenmesi ve yeşil alanların arttırılması arzusu ile çatılarda enerji etkinliği sağlayan tasarımlar ve uygulamaların örnekleri çoğalmaya başlamıştır. Şehirlerde yeşil alanların yok olması veya azalmasının çevreye zararları nedeniyle zeminde kaybedilen yeşil örtü katlara ve çatıya çıkarılmıştır. Günümüzde sürdürülebilir ekolojik çatılar ile çevreye ve doğaya saygılı, aktif ve pasif sistemlere entegre olarak enerji tasarrufu sağlanarak CO_2 salınımını da azaltılabilmektedir [50].

3.5.1. Yeşil Çatılar (Çatı Bahçesi)

Yeşil çatılar, normalin altındaki ağırlıktaki çevrede yetişen mikroorganizmaların ve bitkilerin yaşayan biyolojik topluluklarıdır. Estetik açıdan da yeşil bir görünüm sağlayan sistemlerdir. Ekolojik özelliği ile doğadan kopan parçayı tekrar doğaya kazandırmak için doğal zeminden kaybedilen yeşil alanın çatıda tekrar tasarımı çevreci ve sürdürülebilir çatı bahçelerini oluşturmaktadır (Şekil 3.14).

Yeşil çatılarda düzenleme yaparken çatıya getireceği yük düşünülmelidir. Bitkilerin seçiminde fazla bakıma ihtiyaç duymayan ve farklı iklim koşullarına dayanıklı türlerin seçilmesine özen gösterilmelidir.

Uygulanacak çatı bahçelerinde bulunması gereken nitelikler; yeterli ve uygun su kaynağı, yeterli drenaj, bitki gelişimi için yeterli ortam, periyodik olarak beslenme gerekli niteliklerdir.



Şekil 3.14. Kaliforniya bilimler akademisi, Amerika [51].

Rockefeller iş merkezi yan yana beş yapının çatısına uygulanmış bir örnektir. Bu çatılar bahçe çatı olarak kullanılmalarının yanı sıra etraftaki yüksek yapılar için yeşil bir manzara da oluşturmaktadır (Şekil 3.16).

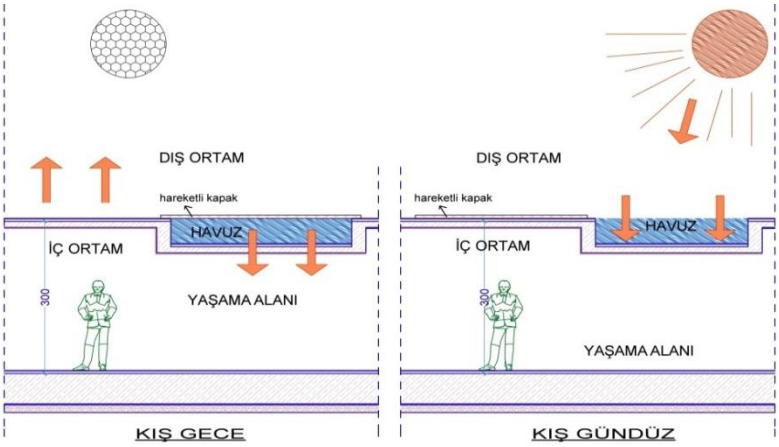


Şekil 3.15. Rockefeller iş merkezi [48].

3.5.2. Havuz Çatılar

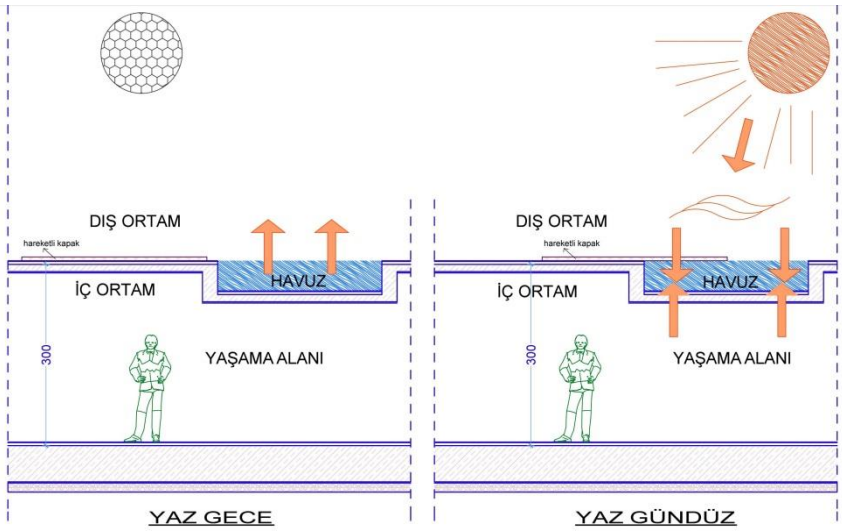
Çatıda, gerekli su yalıtım detayları ile sığ su katmanı kullanılarak uygulanan sisteme havuz çatı denilmektedir. Çatıda oluşturulan havuz sistemi, ısıtma ve soğutma yüklerinin düşürülmesinde önemli ve etkin bir sistemdir.

Çatıdaki sığ havuz yaşama mekanlarında oluşturularak iç konfor şartlarını optimum düzeyde tutmak için tasarlanmaktadır. Bu çatılar gece ve gündüz ile yaz ve kış dönemlerinde farklı çalışma sistemlerine sahiptir. Soğuk iklim bölgelerinde ve farklı iklim bölgelerinde kış mevsiminde ısıtma yüklerini azaltmak için derin olmayan ancak geniş yüzeye sahip havuz güneşin etkin enerjisinden yararlanmaktadır (Şekil 3.16). Isı kaybını düşürmek içinde su kütlesinin üzeri farklı bir tabaka ile kapatılıp ısıtma yükleri düşürülmektedir [48].



Şekil 3.16. Çatı havuzlarının kış dönemi çalışma prensibi [48]

Sıcak iklim bölgelerinde ve farklı iklim bölgelerinde yaz aylarında çalışma prensibi soğuk iklim bölgelerinin tam tersidir. Söz konusu yaşama mekânlarında soğutma yüklerini düşürmek için su kütlesinin dış ortamla bağlantısı farklı bir tabaka ile kapatılır. Ancak sıcak kuru iklim bölgelerinde açık kalması daha uygun olacaktır. Çünkü ısınan hava sayesinde buharlaşma ve ortam nemi artacaktır (Şekil 3.17). Böylece iç mekândaki sıcak hava korunaklı hale getirilmektedir. Güneşin etkin olduğu dönemlerde iç ortamdaki sıcak havanın kaybını azaltmak için de su kütlesi güneş ışınlarına maruz bırakılmaktadır.



Şekil 3.17. Çatı havuzlarının yaz dönemi çalışma prensibi

Çatıda tasarlanan su ve havuz öğeleri özellikle yeşillendirmeyle beraber kullanıldığında doğal bir ortam yaratarak ekosisteme yararlı bir katman oluşmasını sağlamaktadır. Ancak çatıda havuz sistemi oluşturulurken yalıtım detaylarına azami derecede önem vermek gerekir. Çünkü havuz altında yaşanan mekânlar söz konusu olduğu için su sızdırmaz zeminler oluşturmak gerekir. Havuzda, buharlaşmadan dolayı azalacak suya takviye amaçlı tesisat sistemi oluşturulmalıdır. Fazla suyun boşaltımı için de drenaj sistemi oluşturulmalıdır [7].

Çevreye duyarlı konut tasarım anlayışı ile yaz ile kış ayrımı, gece ile gündüz ayrımına göre farklı özelliklerde kullanılan enerji etkin akıllı modern evler bulunmaktadır. Çevreci konut farklı işlevlere hizmet etmenin yanı sıra çatısında yer alan havuzu yaz aylarında eğlence amaçlı kullanım hizmeti vermektedir. Kullanılmayan

dönemlerde yağmur suyu toplayıcısı olarak görev yapmaktadır. Havuzda biriken su yeşil alanların sulanmasında kullanılmaktadır (Şekil 3.18) [52]. Ayrıca toplama havuzunun olması su taşkınını önleyici görevler de yüklenmektedir.



Şekil 3.18. Exploded evi, Bodrum [52]

3.5.3. Enerji Kazanım Sistemlerinin Kullanıldığı Çatılar

3.5.3.1. Pasif Sitemlerle Sağlanan Çatılar

Fosil yakıtların sonsuz rezerve sahip olmaması ve çevreye verdiği zararları en aza indirmek için yeni yenilebilir veya sonsuz rezervlere sahip enerji kaynaklarını kullanmak gerekmektedir. Binalardaki enerji tüketimini en aza indirmek veya harcanan enerjiyi geri kazanmak için bina kabuğunda enerji etkin sistemler tasarlanabilir.

Türkiye'nin ilk sertifikalı pasif evi olan Gaziantep Yeşil Ev, LEED platin sertifikasına sahiptir. R-M-P Mimarlık Almanya tarafından tasarlanan tek katlı kültürel tesisin sertifika alabilmek için çatı, duvar, döşeme, pencere yapı elemanları ile mekanik sistemlerde klasik uygulama sistemlerine nazaran daha iyi yalıtılmıştır. Ağırlıklı olarak pasif sistemlerin tercih edildiği binanın dış duvarları 40cm camyünüyle, yeşil çatı kısmı 30cm XPS ısı yalıtım levhasıyla, toprakaltı döşemesi 30cm XPS ısı yalıtım levhası ile izole edilmiştir. Pencerelere nitelikli camlar, mekanik sisteme kompakt mekanik havalandırma sistemi uygulanmıştır. Çatı da yer alan yeşil tabaka (Şekil 3.19) ısıtma ve soğutma yüklerini düşürmektedir. Ayrıca eko sisteme de katkı sağlayarak CO_2 salınımına engel olmaktadır. İhtiyacı olan elektrik enerjini bahçesinde kurulan güneş

panellerinden sağlayarak yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık verilmiştir [53].



Şekil 3.19. Gaziantep yeşil ev [53]

3.5.3.2. Aktif Sistemlerle Sağlanan Çatılar

Çatılarda uygulama esnasında ya da uygulama sonrasında monte edilerek ve de binaya entegre edilerek enerji üretimi sağlayan fotovoltaikler rüzgar tribünleri v.s. elemanlarla ya da pasif enerji sistemleriyle yapının ihtiyacı olan enerji sağlanmaktadır.

3.5.3.3. Sıfır Enerjili Çatılar

Konutlardaki enerji tüketimleri ağırlıklı olarak ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinde harcanmaktadır. Yapılardaki bu enerji tüketimlerini öncelikle en aza indirmek gerekmektedir. Mümkünse fosil yakıtların hiç kullanılmadığı enerji etkin akıllı bina sistemleri tasarlanmalıdır. Işıklık, kule, boşluk, ışık tüpleri, prizmatik paneller, çatı pencereleri, ışık şaftı, ışık bandı, hava koridoru, hava bacaları, güneş panelleri vb. yapı elemanı ve pasif sistemlerle, enerji tüketimine ihtiyaç duymadan enerji etkinliği sağlanabilmektedir. PV paneller, rüzgârgülü, vb. sistemlerle enerji tüketimi en aza indirilebilmektedir. Aktif ve pasif sistemler binalarda uygulandığında sera gazlarının salınımı da azalmaktadır.

Samsung yarın evi, kendi enerjisini kendi üretebilen bir konuttur. LEED platin sertifikasına sahiptir [54]. Şekil 3.20'de görüldüğü gibi çatıdaki uygulamalar enerji etkinliği açısından önemli bir yere sahiptir. Çatıda yer alan yeşil tabaka ile çevreci yapıya sahiptir. Fotovoltaik paneller enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Suyun etkin kullanımı ile doğaya saygı gösterilmiştir. Çatı penceresi yardımı ile gün ışığından doğal

aydınlatma sağlanmaktadır. Çatı saçaklarının uzatılması ile gün ışığını etkin kullanarak konut içinde ısı adaları engellenmiştir.

Diğer bir örnek Guz mimarlık tarafından tasarlanan Singapur'da bulunan balık evin çatısında kullanılan fotovoltaik sistemle, yapıda kullanılan mekanik soğutma sistemi minimuma indirgenmiştir ve yapının kısmi elektrik ihtiyacı karşılanmıştır. Derin saçaklı bir yapıya sahip olması nedeniyle güneş ışınlarının sıcaklığını koruyarak, ilave donatılara ihtiyaç duyulmayan bir gölgeleme elemanı olarak işlev kazanmıştır (Şekil 3.21) [55].



Şekil 3.20. Samsung yarın evi [54]



Şekil 3.21. Güz mimarlık, balık ev [55]

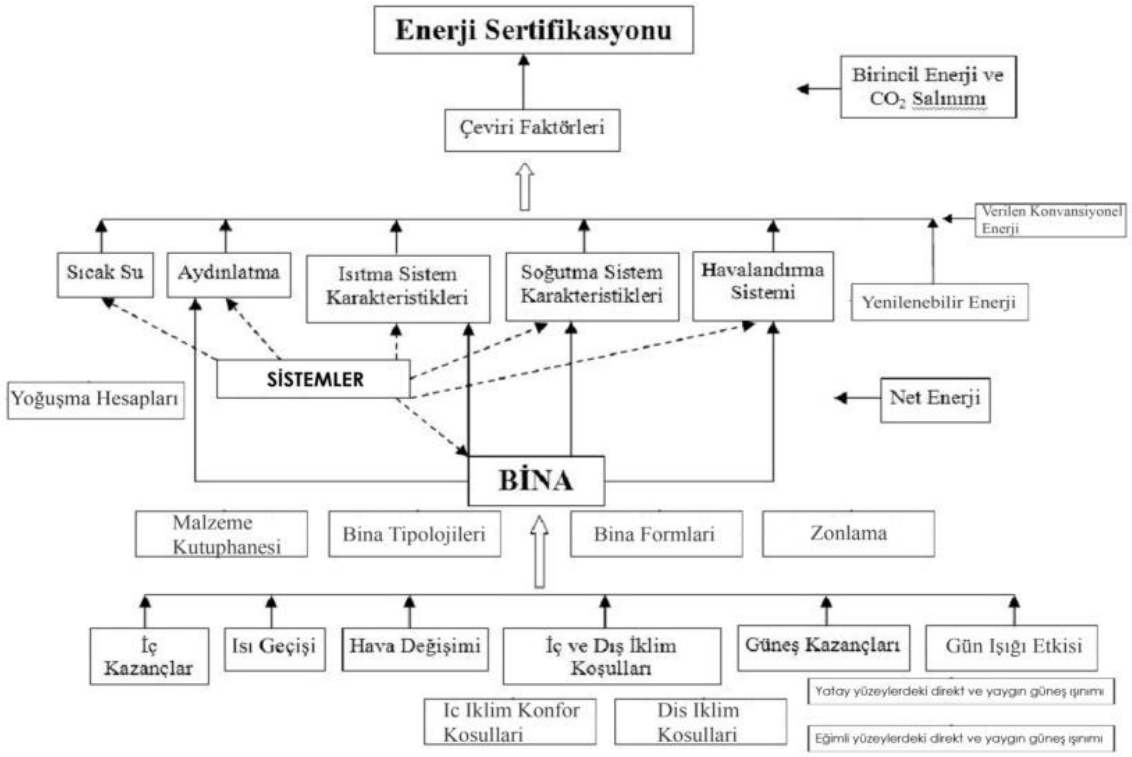
BÖLÜM 4

ÖRNEK KONUT BİNALARININ ÜZERİNDE ÇATI ÖZELLİKLERİNE BAĞLI ENERJİ TÜKETİMLERİNİN BEP-TR İLE BELİRLENMESİ

4.1. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP-TR)

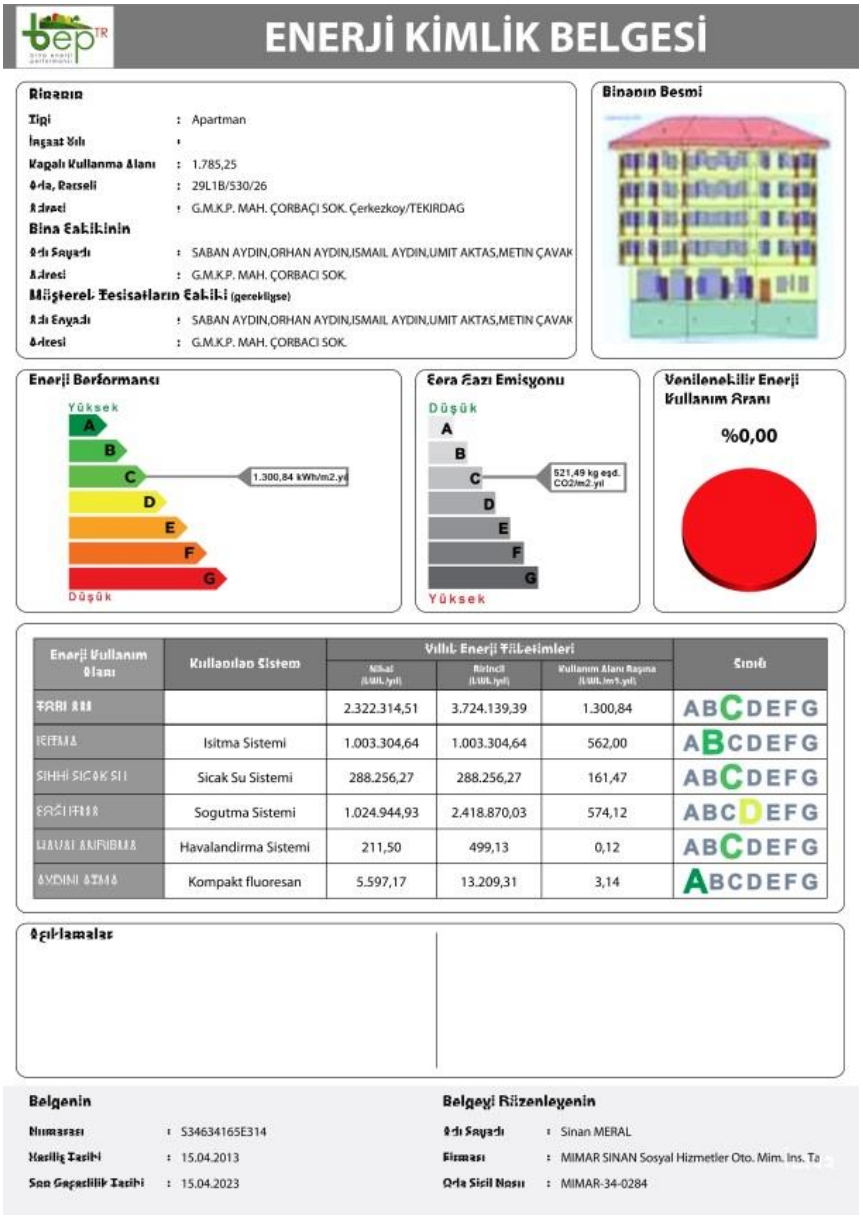
Avrupa Birliğinin 2002/91/EC Çerçeve Direktifi ve 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin alt yapısını oluşturmaktadır. 5 Aralık 2008 yılında çıkarılan ve 2009 yılında yürürlüğe giren (BEP) Bina Enerji Performansı Yönetmeliğinde son olarak 20.04.2011 tarihinde değişiklik yapılmıştır [56]. Yeni yapılacak ve yönetmelikte belirtilen binalar Şekil 4.2'deki enerji kimlik belgesi (EKB) düzenlenmeden iskan (yapı kullanma izin belgesi) alamayacak, mevcut binaların iyileştirilmesi ise Mayıs 2017 yılına kadar tamamlanıp EKB'ye sahip olması sağlanacaktır [57].

Bina Enerji Performansı Hesaplama yöntemi; bina enerji performansını değerlendirirken; binaların ısıtılması ve soğutulması için ihtiyaç olan net enerji miktarının hesaplanmasını, net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimini belirlemektedir. Bununla birlikte havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini, günışığı etkilerini de göz önüne alarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını, sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır (Şekil 4.1) [57,58]. Bu hesaplama yönteminde binanın ısıtma ve soğutma için gerekli net enerji ihtiyacı, EN ISO 13790 (Energy Performance of Buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling) standardı ve onun yönlendirdiği diğer AB standartları ile ilişkili ASHRAE ve Türk standartlarından yararlanılarak hesaplanmaktadır [57,58].



Şekil 4.1. BEP-TR hesaplama yöntemi esasları [58].

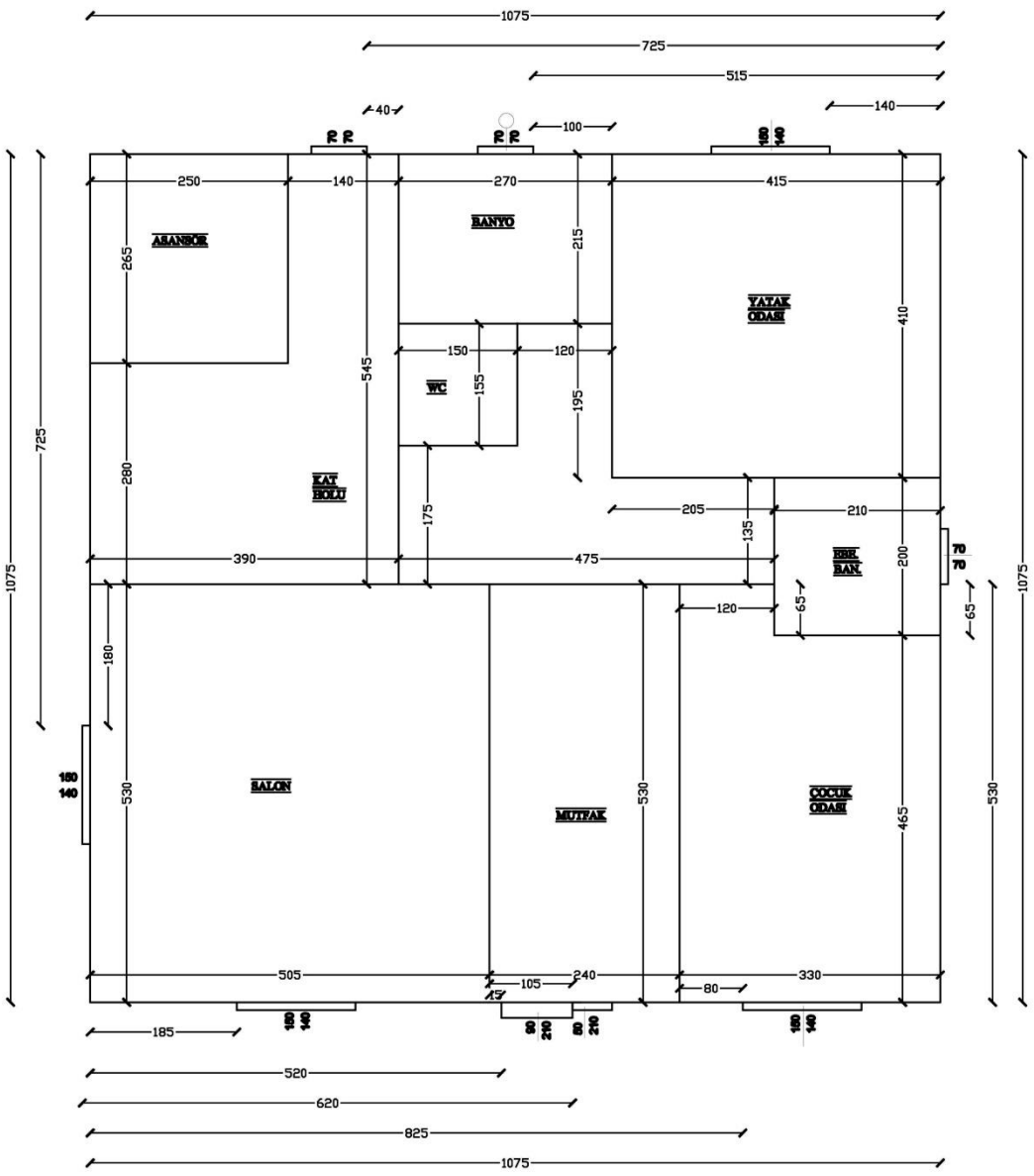
BEP-TR'de kullanılan yöntem; ISO 13790'nın önerdiği üç yöntemden biri olan "basit saatlik" hesaplama metodudur. Basit saatlik hesaplama metodu yarı dinamik bir hesaplama yöntemidir. Isıtma ve soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesini gerektirmez. Saatlik hesap dilimi belirlenen yöntemlere göre gerçeğe yakın değerlerde hesaplamaktadır. Sisteme girilen geometrinin güneş kazançlarını, güneşin yıl, gün ve saat içindeki pozisyonunu dikkate alarak, güneş kontrol elemanlarının performansını hesaba katarak belirler. Isıtma ve soğutma net enerji hesaplama yöntemi için gerekli olan başlıca girdiler; iklim verileri, bina geometrisi, binanın havalandırma ve ısıl özellikleri ve güneş enerjisinden kazançlara bağlı özellikleri, bina malzemelerinin ve bina bileşenlerinin tanımı, bina fonksiyonuna bağlı iç konfor şartları (sıcaklık ve nem ayar değerleri, havalandırma miktarı), bina tipolojisine bağlı zonlama yöntemleri ve zon bilgileridir. Türkiye'nin farklı iklim özelliklerine sahip bölgeleri bulunması nedeniyle BEP-TR programının kullanılması uygun görülmektedir [59].



Şekil 4.2. Ülkemizde binalara verilecek olan enerji kimlik belgesi [60]

4.2. BEP-TR Programı İle Binaların Belgelendirilmesi

Programda veri girişinde kolaylık sağlaması için belgesi hazırlanacak projenin kat planlarının (çatı planı dâhil) kapalı alanı (dıştan dışa) tel çerçeve haline getirilmiştir.



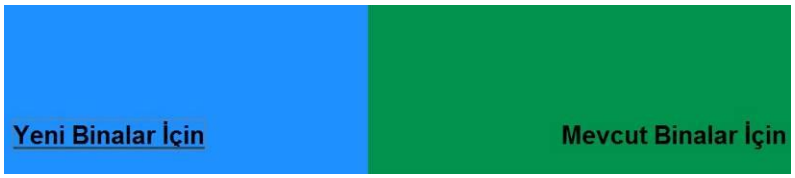
Şekil 4.3. Örnek projenin tel çerçeve çizimi

4.2.1. BEP-TR hesaplama yöntemi

Ulusal hesaplama yöntemi web tabanlıdır. İnternet üzerinden online olarak hesaplama yapılan bir sistemdir. Sisteme verileri aktarılacak projenin Şekil 4.3'deki 2 boyutlu tel çerçeve halini girmek için internetten bakanlığa ait olan beptr.gov.tr adresine girilir. Sırasıyla aşağıdaki yollar izlenir.

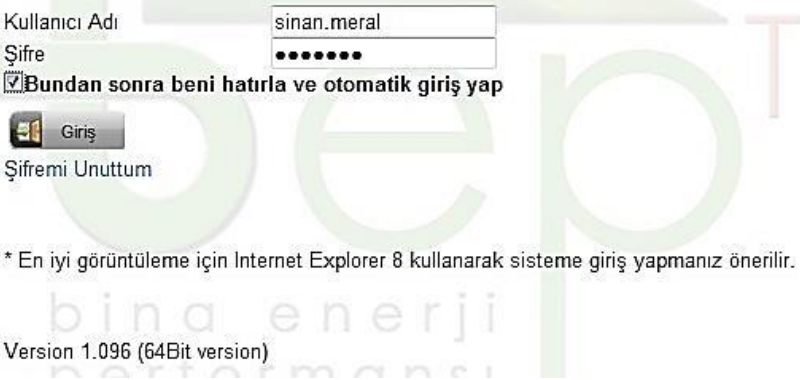
- Yapının ruhsat tarihi baz alınarak hangi tarihte imal edildiği tespit edilir. Binanın yapı ruhsatı onay tarihi 01.01. 2011 tarihinden önce ise mevcut yapı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihten günümüze kadar olanlar ise yeni yapı olarak kabul edilir.

Arasındaki fark 2017 yılına kadar bütün mevcut binaların yalıtılması zorunluluğu nedeniyle en düşük enerji sınıfı "D" olarak belge alabilmektedir. Yeni binalarda enerji sınıfı en düşük "C" olarak belirlenmiştir. Sistem A'dan G'ye kadar olan enerji sınıfından D-G arasında çıkan sonuçlara belge vermemektedir. Şekil 4.4'de başlangıç sekmesinden projemize uygun olanı seçilecektir. Örnek olarak seçtiğimiz projenin 2017 yılına ait olduğu kabul edilmiştir.



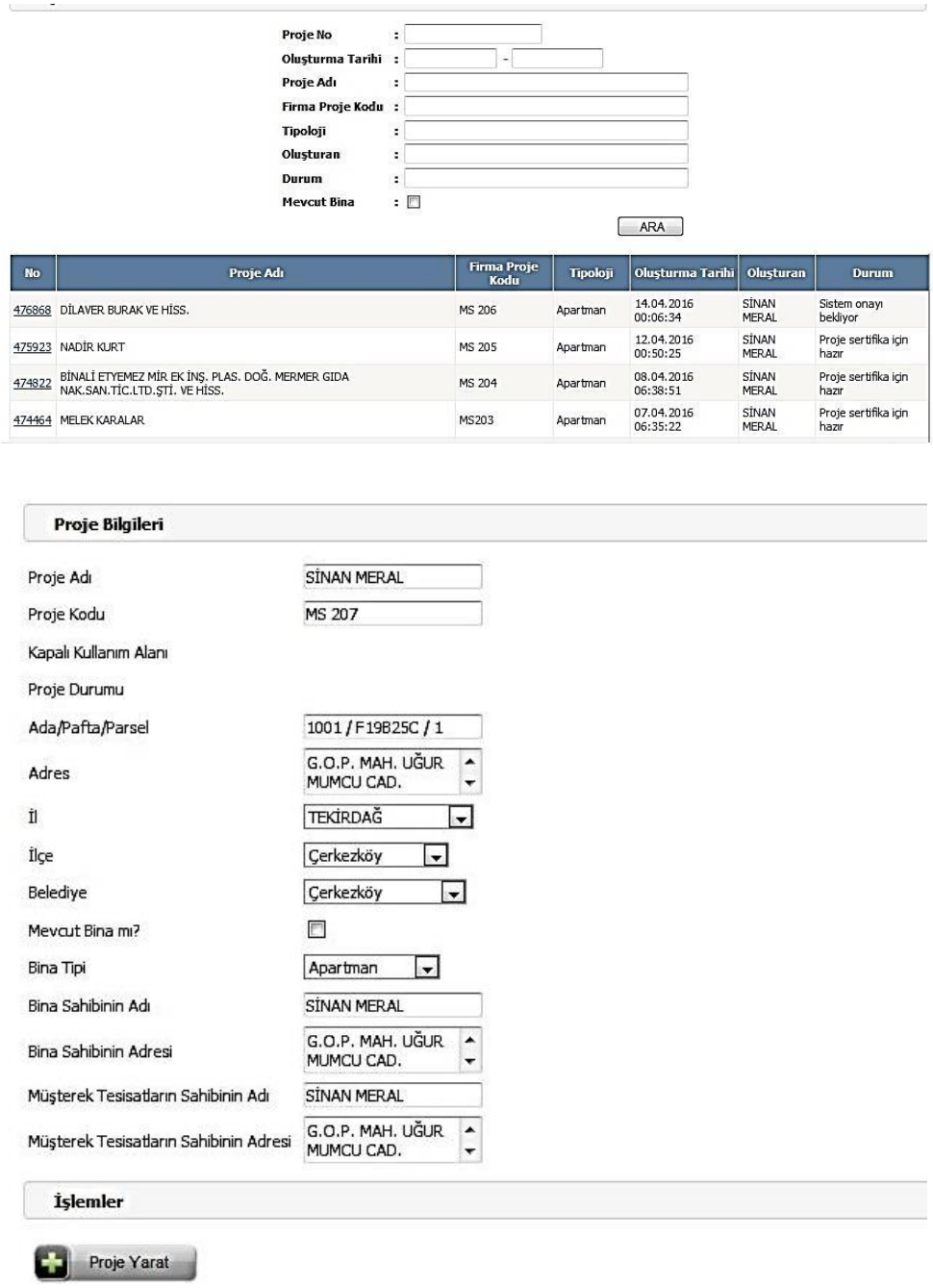
Şekil 4.4. BEP-TR başlangıç sekmesi

- Bakanlık tarafından sınavla kazanılan hak ile BEP-TR veri tabanına ulaşım imkânı sağlanır. Hesaplamada halen güncel olarak kullanılan BEP-TR veri tabanının versiyon 1.096 (64Bit versiyon) kullanılarak sisteme giriş yapılmaktadır (Şekil 4.5).



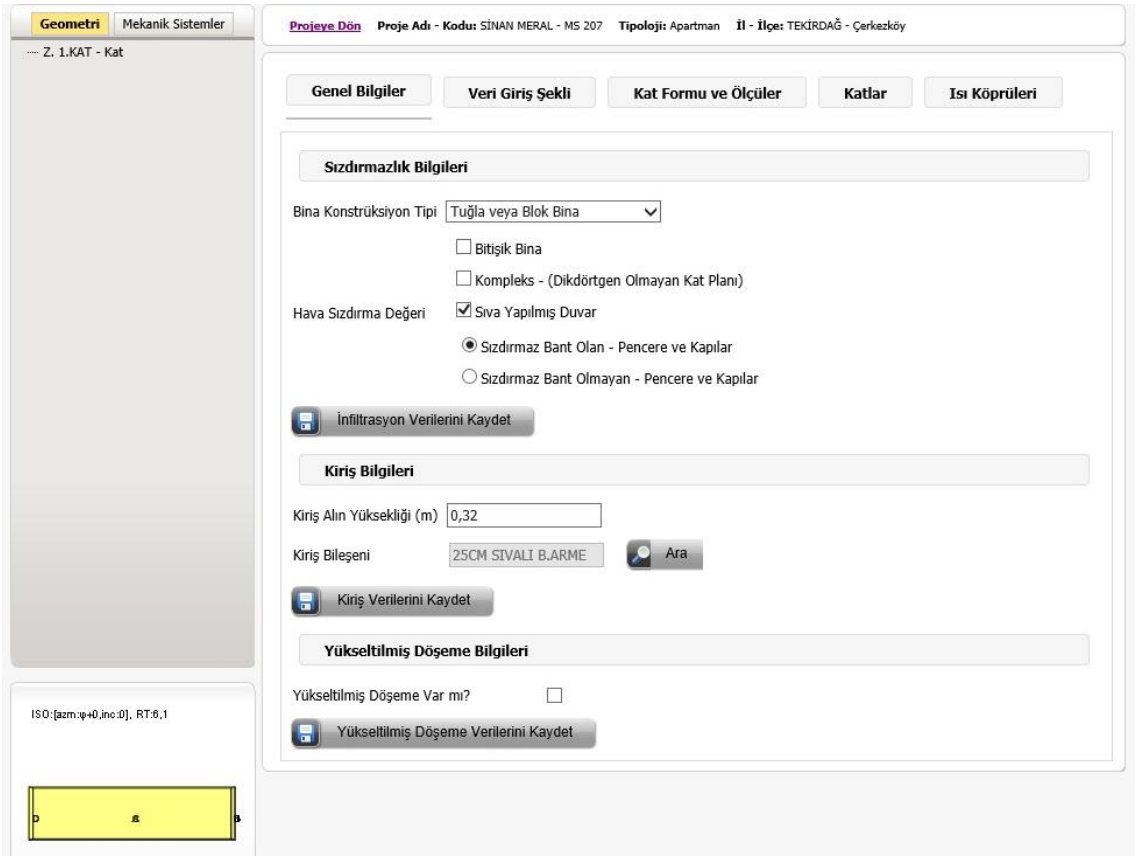
Şekil 4.5. BEP-TR sisteme giriş sekmesi

- Yeni bir projeyi hesaplamak için Şekil 4.6'da belirtilen Bakanlık tarafından istenen bilgilerin girişi yapılıp proje oluşturur. Daha sonraki girişler için son işlem yapılan projelerin yer aldığı sekmeden sürekli giriş sağlanır.



Şekil 4.6. BEP-TR proje ve bilgileri sekmesi

- Bu aşamadan sonra projenin bilgileri veri olarak girilecektir. İlk önce Şekil 4.7'deki geometrik sekmesindeki bilgiler girilecektir. Alt sekmelerinde yer alan genel bilgiler sekmesinde binanın strüktür sistemini taşıyıcı olmayan dış duvarların özellikleri, döşeme ve kiriş özellikleri, malzeme özellikleri ve temel ile teması girilmektedir.



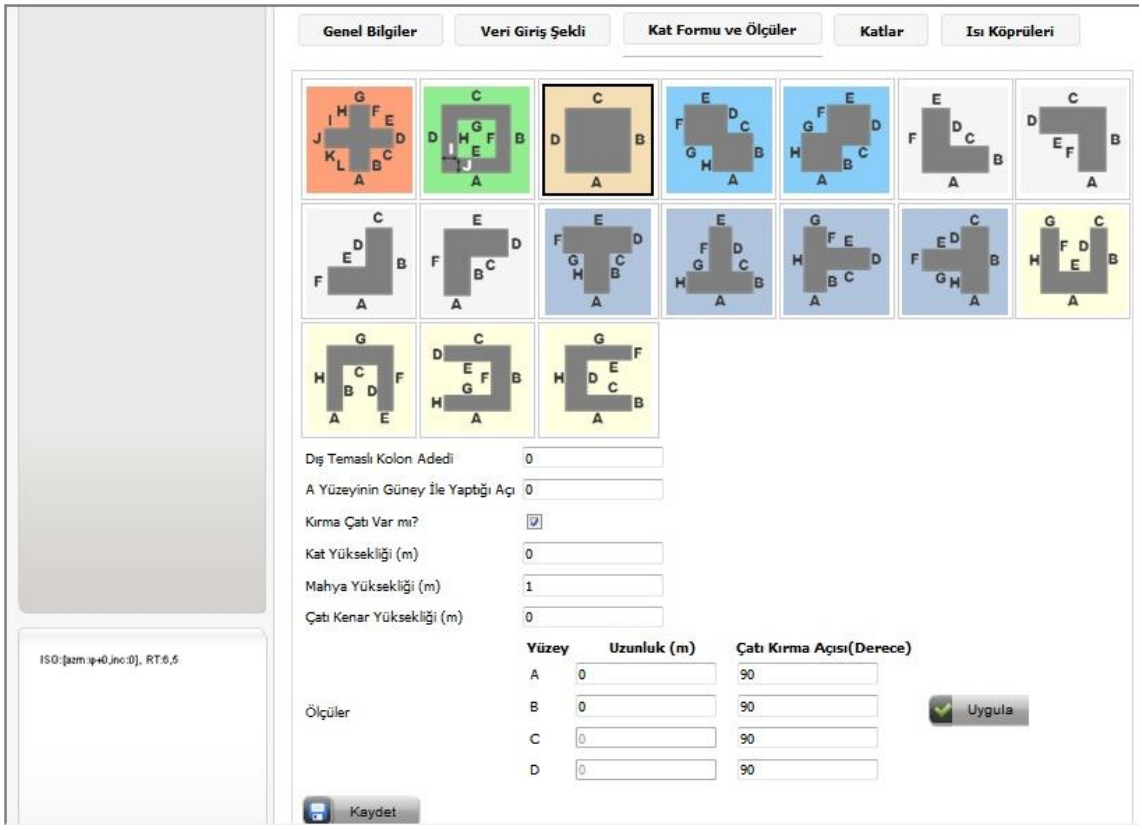
Şekil 4.7. BEP-TR geometri genel bilgiler sekmesi

- *Veri Giriş Şekil:* Binanın formu hakkında bilgiler girilecektir. Ancak Şekil 4.8'deki seçenek çok önemlidir. Çünkü geri dönüş yapılarak yapı formu değiştirilemez. Tek çözüm çalışmanın silinip yeniden başlamasıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus katlar arasında radikal değişimler yoksa ve küçük değişimler söz konusu ise tüm katları aynı formda geçmek ve işlemin süresinden zaman kazanmaktadır.



Şekil 4.8. BEP-TR veri giriş sekmesi

- *Kat Formu Ve Ölçüler:* Bu aşamadan itibaren makro ölçekten mikro ölçeğe geçilmektedir. Şekil 4.9'da belirtilen sekmede binanın genel bilgileri girildikten sonra katların formunu, dış temaslı kolon adedi, binanın güneyle yaptığı açı, çatı özellikleri, kat yüksekliği, mahya yüksekliği, çatı kenar yüksekliği, ve formun ölçüleri veri olarak girilmektedir.



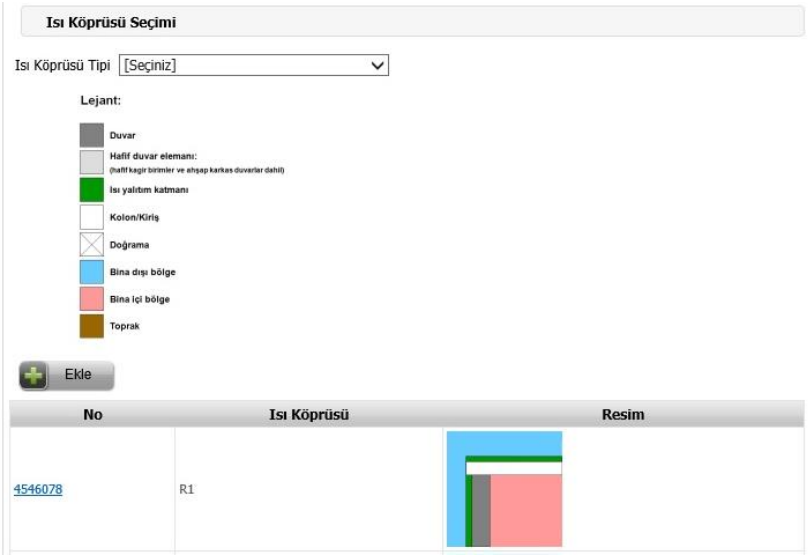
Şekil 4.9. BEP-TR kat formu ve ölçüler sekmesi

- *Katlar ve Katların Kopyalanması :* Katlar sekmesinde belgesi hazırlanacak binanın kat bilgileri girilmektedir (Şekil 4.10). Bu çalışmada bodrum, normal katlar, ve çatı bilgileri olduğu için tüm kat tipleri tanımlanmaktadır. Normal katlarda ayni tipteki katların hepsinin girilmesi yerine 1 katta yer alan veriler kata işlenmektedir. Tekrar katlar sekmesine gelerek tüm verileri girilmiş katları kopyalamak mümkündür. Kopyalama işleminde aktarılan veriler; duvarlar, oda ölçüleri, pencereler, kapılar ve aydınlatma bilgileridir.



Şekil 4.10. BEP-TR katlar sekmesi

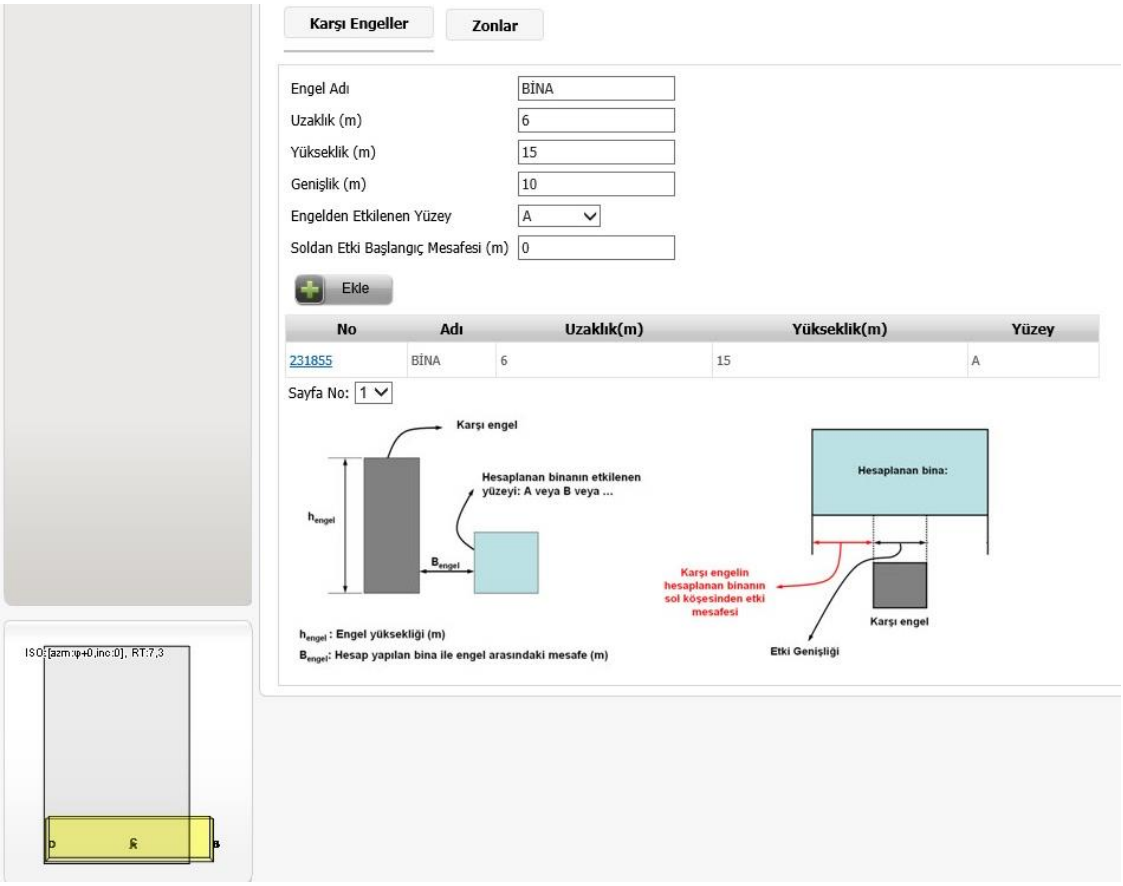
- *Isı Köprüleri :* Örnek konutun nokta detayları iyi irdenlenmelidir. Çünkü veri olarak BEP-TR sistemine girilecektir. Isı köprüleri hesapları ve sonuçları etkilemektedir. Isı köprüsü türleri; Çatılar, Balkonlar, Kolonlar, Bölme Duvarlar, Ara Kat Döşemeleri, Toprağa Basan Döşemeler, İklimlendirilmeyen Zona Basan Döşemeler, Pencere ve Kapı Açıklıklarından oluşan toplam 72 adet ısı köprüsü türü bulunmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. BEP-TR/Isı köprüleri sekmesi

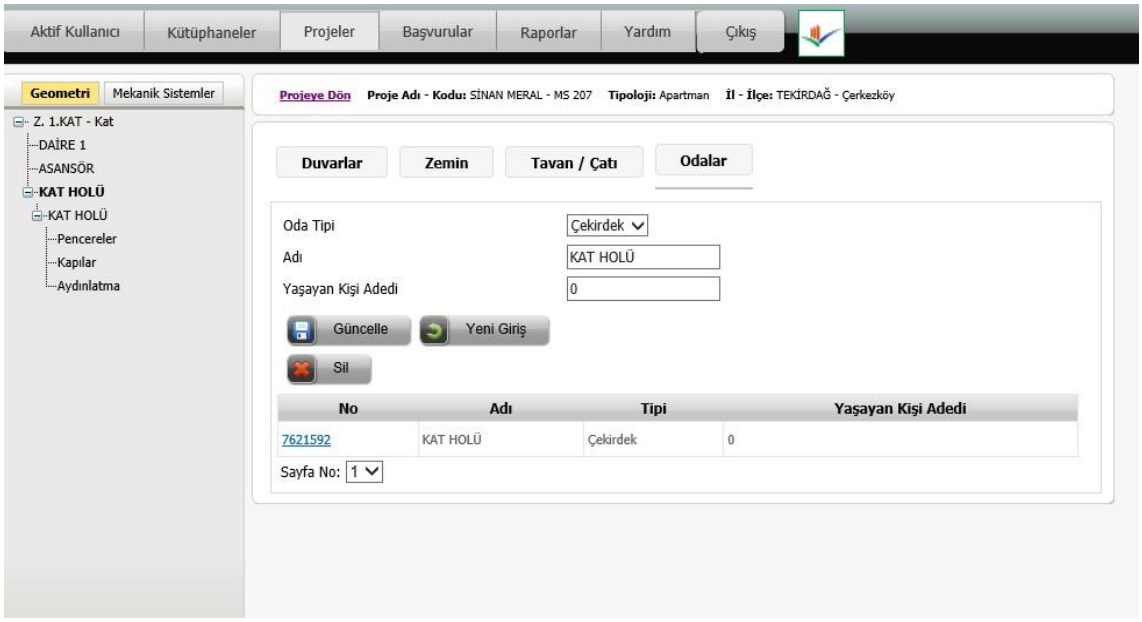
- *Karşı Engeller:* Geometri bölümüne ilk geçiş zemin katta veri olarak girilen karşı engeller ile başlar. Karşı engel her türlü fiziksel etken olabilir. Genel olarak ağaçlar, binalar vb. kütlelerin bina olan uzaklığı ve engelin boyutları sisteme veri olarak

girilmektedir (Şekil 4.12). En ufak bir engel bile rüzgarın etkisi, güneşlenme etkisi vs. hesaplarda ciddi oranlarda değişiklikler sebep olabileceği farklı denemelerde tespit edilmiştir. Bu çalışmada binanın etrafı boş olarak kabul edilmiş olup karşı zon girilmemiştir. Hesaplamalar bu kabullerle gerçekleştirilmiştir.



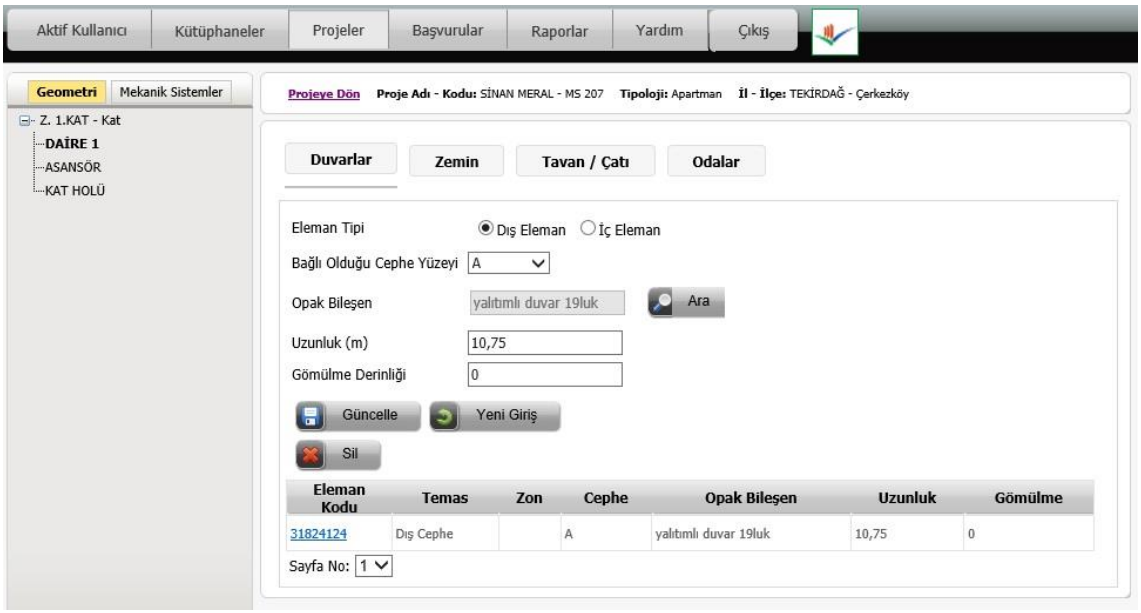
Şekil 4.12. BEP-TR/Karşı engeller sekmesi

- *Odalar (Zonlar)*: Katlar oluşturulduktan sonra her katın zonlarını oluşturan daireler ve ortak alanlar oluşturulur. Şekil 4.13'de odalar sekmesi altında kategorize edilere oda tipi; konutlar daire, ortak alanlar da çekirdek olarak girilecektir. Daire zonunda yaşayan kişi sayısı bilgileri oluşturulacaktır. Ayrıca burada doğru seçeneği belirlemek önemlidir. Çünkü, daha sonraki aşamalarda karşımıza çıkacak olan mekanik sekmede iklimlendirilmesi gereken alanlara mekanik tesisat bağlanabildiği görülecektir.



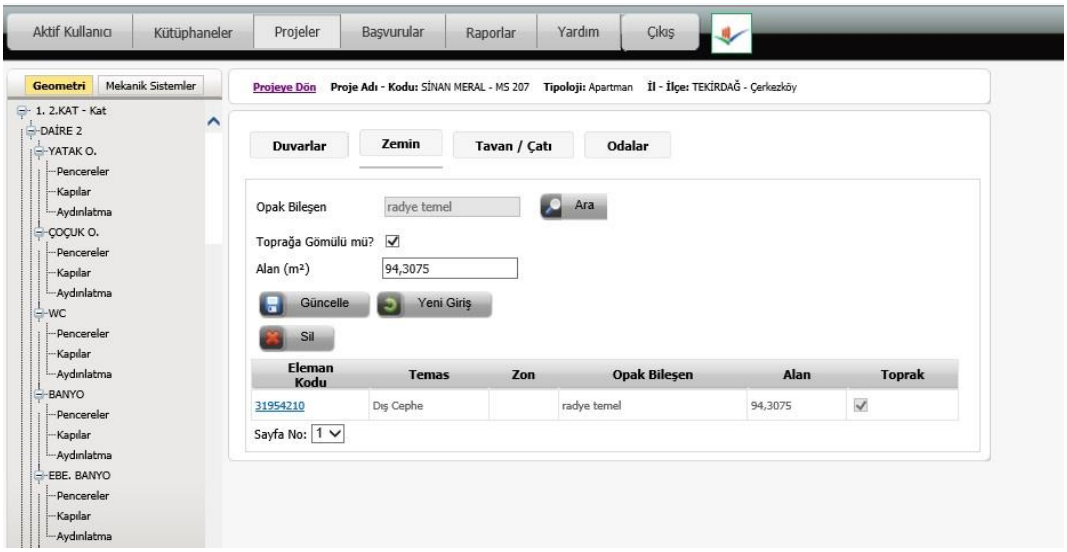
Şekil 4.13. BEP-TR/Odalar sekmesi

- *Duvarlar*: Odalar sekmesinde oluşturulan iç mekan birimleri oluşturulduktan sonra oluşan birimlerin (salon mutfak vs.) duvarlarına ait özellikleri verilmektedir. Odayı oluşturan duvarların hangi cepheye baktığı, duvar bileşen özellikleri, toprak ile olan temas, uzunluğu, dış ortam ile olan temas bilgileri girilmektedir (Şekil 4.14). Burada eksik bilgi girilme olasığına karşı program tarafından kontrolü yapılmaktadır.



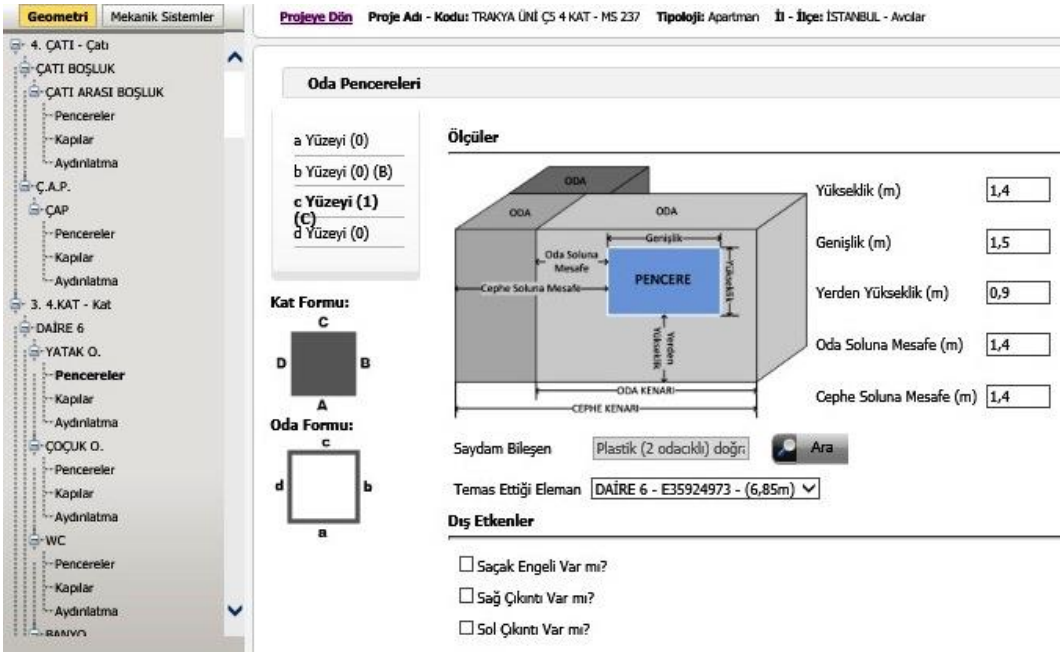
Şekil 4.14. BEP-TR/Duvarlar sekmesi

- *Zemin:* Döşemeler, zonlar arasında yer alan tabakanın özelliklerinde oluşmaktadır. Girilecek olan bilgiler; döşemenin türü, döşemenin temas ettiği zon veya ortam, alanı, tabii zemin altında kalıyorsa toprağa gömülü olup olmadığıdır (Şekil 4.15). Zonların altında yer alan diğer zonların arasındaki döşemeler farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin; 100m^2 alana sahip tek zonun altında 50m^2'si ısıtılan, 50m^2'si ısıtılmayan alana sahip olabilir. Bunun için döşeme alanları parça parça m^2 olarak girilebilmektedir. Ancak aynı döşeme türüne sahip alanlar olsa bile altında birden fazla zon varsa o zaman yine parçalamak gerekmektedir. Asansör vs. boşluklarda da döşeme özelliği yerine boşluk kutucuğu işaretlenip alan bilgisi girilmektedir.

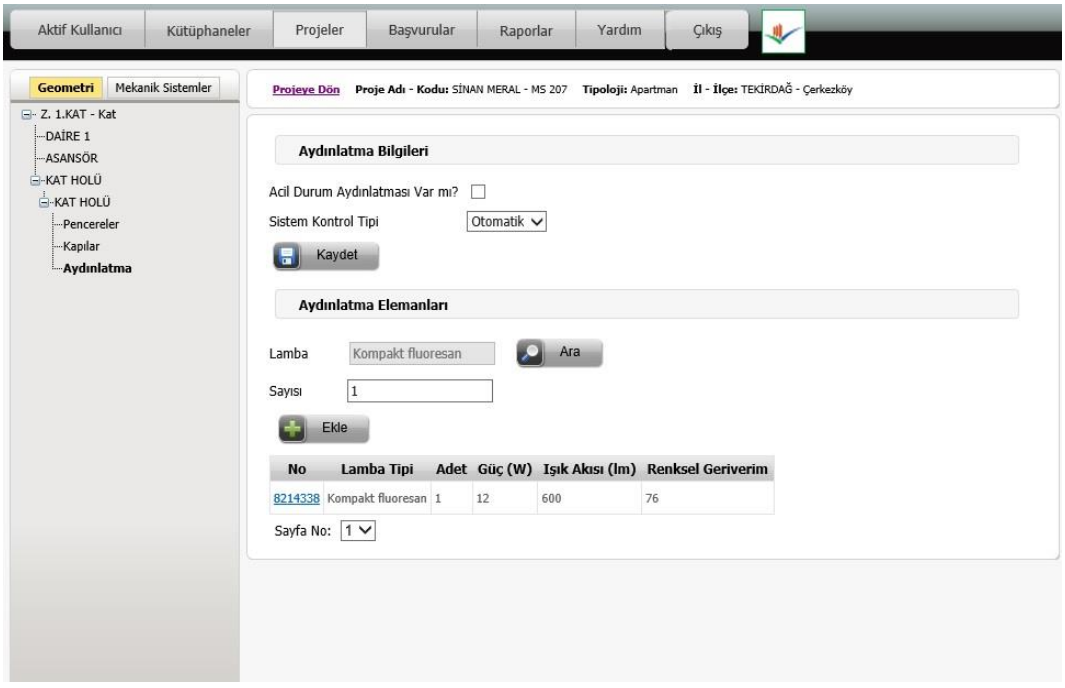


Şekil 4.15. BEP-TR/Zemin sekmesi

- *Tavan / Çatı :* Döşemelerin girilmesi ile birebir benzerlikleri bulunmaktadır. Hatta bütün katların zemin bilgilerini girdiğimizde alt kattakilerin çatı/tavan sekmesine tıkladığımızda otomatik olarak görülmektedir. Bu durum iş kolaylığı açısından avantaj sağlamaktadır. Bu sekme, genel olarak son katlarda ve çatı zonunda kullanılmaktadır.
- *Pencere, Kapı ve Aydınlatma* **:** Geometri bölümde yer alan salon vb. hacimlerin alt sekmesinde bulunan pencere (Şekil 4.16), kapı ve aydınlatma (Şekil 4.17) bilgisinden aydınlatma kısmını göstermektedir. Diğer bölümlerle benzer şekilde oluşturulmaktadır. Programın seçimler için yönlendirici özelliği de bulunmaktadır.



Şekil 4.16. BEP-TR/Geometri/Pencereler alt sekmesi

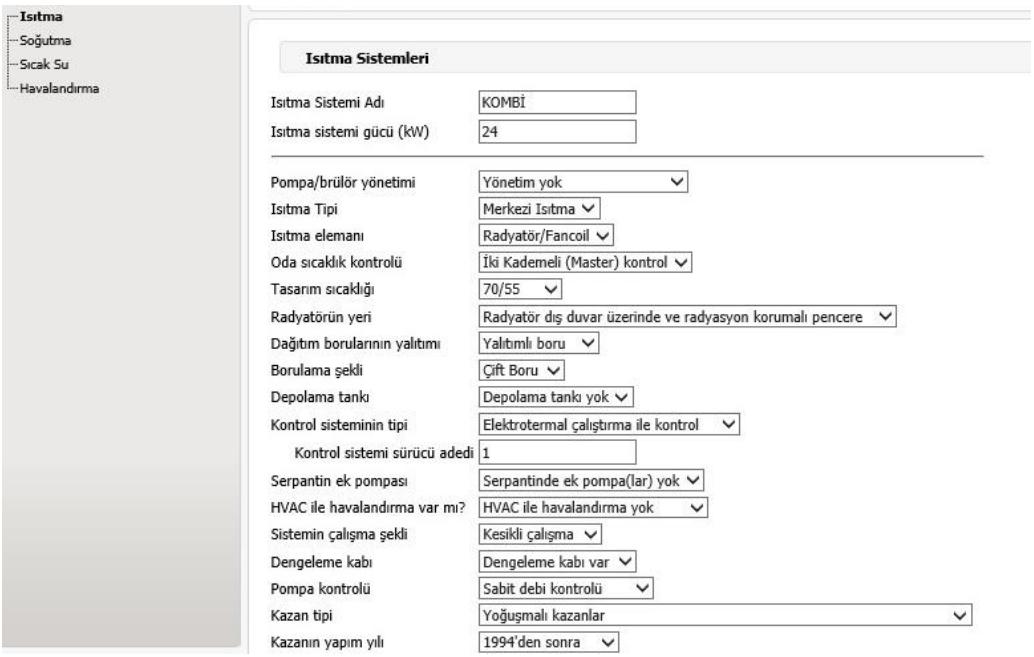


Şekil 4.17. BEP-TR/Geometri/Aydınlatma alt sekmesi

Bu sekmeye kadar olan tüm alt sekmelerde tamamlandıktan sonra benzer olan katlar kopyalanmaktadır. Kat kopyalama işlemi için Katlar ve katların kopyalanması işlemine geri dönüş yapıp yönlendirmeler takip edilmektedir. Buraya kadar olan kısımlarda tamamlandıktan sonra bina tamamlanmış olacaktır. Mekanikler bölümüne

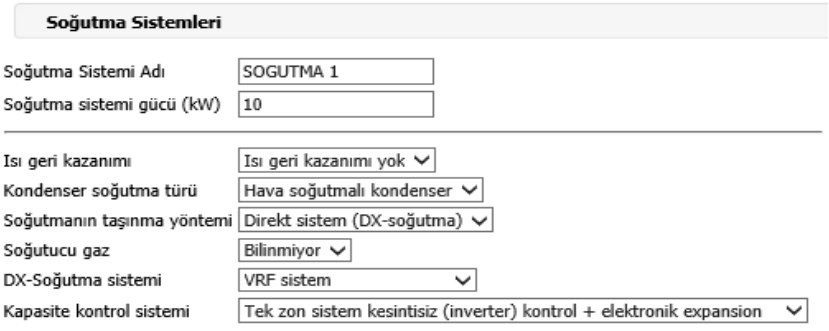
geçilerek ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, aydınlatma sistemleri belirlenmektedir.

- *Mekanik / Isıtma sistemi* **:** Örnek binada ısıtma sistemi için bireysel sistemli kombi kullanılacaktır (Şekil 4.18). Dış duvarlarda peteklerin olduğu peteklerin de kendi içinde bağımsız olduğu varsayılmıştır.



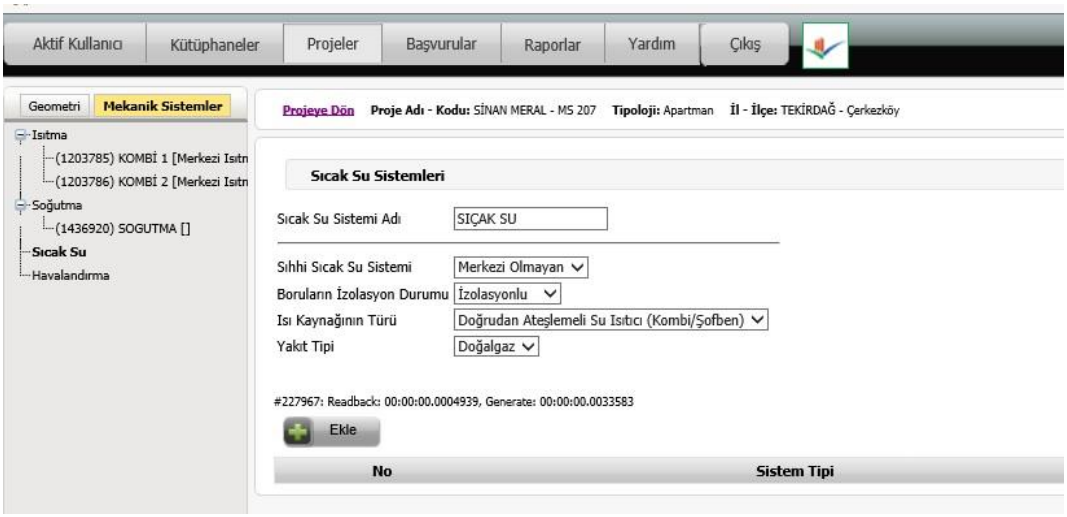
Şekil 4.18. BEP-TR/Mekanik/Isıtma sistemi

- *Mekanik / Soğutma sistemi :* Örnek binada soğutma sistemi için dairelerin bireysel sistemli olan ancak odaların birlikte kullanacağı VRF tipi soğutma sistemi olduğu kabul edilmiştir (Şekil 4.19).



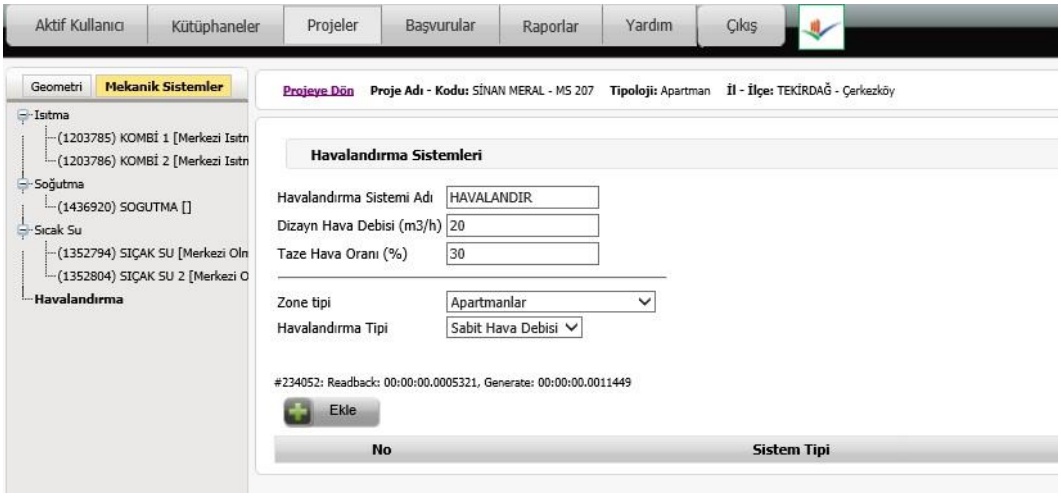
Şekil 4.19. BEP-TR/Mekanik/Soğutma sistemi

- *Mekanik / Sıcak su sistemi :* Örnek binada sıcak su sistemi için enerji ihtiyacı dairelerin bünyesinde yer alan doğalgazlı kombilerden sağlanmaktadır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. BEP-TR/Mekanik/Sıcak su sistemi

- *Mekanik / Havalandırma sistemi :* Örnek binada havalandırma sistemi için dairelerin bünyesinde herhangi bir mekanik sistem düşünülmemiştir. Sadece doğal hava değişimi sağlayan minimum sistem düşünülmüştür (Şekil 4.21).



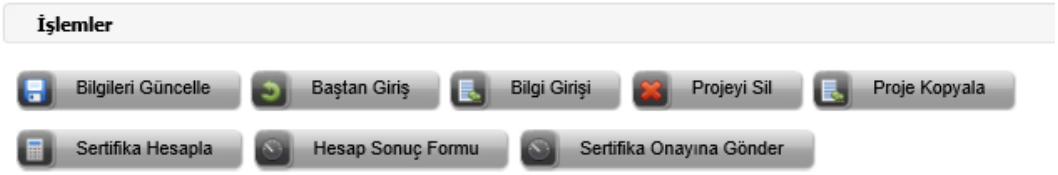
Şekil 4.21. BEP-TR/Mekanik/Havalandırma sistemi

- *Mekanik sistemlerin bağlanması:* Sistemler binanın tamamına veya bölüm bölüm eklenmektedir. Örnek olarak şekil 4.22'de sıcak su sisteminin zonlara bağlanması gösterilmiştir. Diğer sistemin eklenmesi de benzer şekilde yapılmaktadır.



Şekil 4.22. BEP-TR/Mekanik/Sistemlerin zonlara bağlanması

- *Sertifika hesaplama:* Sistemde hesaplama yapılabilmesi için tüm veriler girilmektedir. "Projeye Dön" sekmesi tıklanarak proje bilgileri kısmına gelinip "Sertifika Hesapla" butonuna basılır. Sistem hesaplamayı yapmaktadır. Eğer sistemdeki veri girişinde eksik veya hatalı bilgi girilmiş ise sistem hata verip bir liste hazırlamaktadır. Listede yer alan sorunlar giderildikten sonra tekrar hesaplama yapmaktadır (Şekil 4.23). Çıkan sonuç binanın bulunduğu ile ait eşik değerlerin üzerinde ise sistemde onaylatmak için sertifika onayla butonuna basılır. Online olarak bakanlığa bildirilir. Bakanlık da uygun bulursa internet üzerinde onay verilir. Onay alınan sertifikaya bu aşamadan sonra müdehale edilemeyeceği için doğru ve dikkatli hazırlanmalıdır. Onay alınan sertifika pdf formatlı sisteme eklemektedir. Çıktı alınıp imzalanacak ilgili kurum/kişilere verilmektedir.



Şekil 4.23. BEP-TR/İşlemler

4.3.Örnek Bina Özellikleri

TUİK'in yaptığı kapsamlı bir çalışmanın sonuçlarına göre hane halklarının %20'sinin tek katlı binalardaki, %25,5'inin dört, beş katlı binalardaki, %23,1'inin de altı katlı ve daha çok katlı binalardaki konutlarda yaşadığı tespit edilmiştir [61]. Bu veriden faydalanılarak çalışmada aynı tipteki konut planı örneği iki, dört, altı katlı olarak incelenmiştir. Bu katlar zemin üstü kat sayısı olarak belirlenmiştir. Ayrıca yol altı kat sayısı ise 1 olarak belirlenmiştir. Bodrum katlar binanın ortak alanı olarak kabul edilmiştir. Zemin üstü katlar konut olarak kullanılmaktadır. Örnek bina özellikleri Tablo 4.1'de verilmektedir. İki, dört, altı katlı konut örneğinde değişen çatı ve duvar elemanı özellikleri Tablo 4.2 - 4.4'de, kısmi kesitler Şekil 4.24- 4.26'da verilmektedir.

Tablo 4.1. Örnek binaların özellikleri

Yakıt sistemi ve türü	Kombi(Bireysel), doğalgaz
Havalandırma	Doğal havalandırma
Soğutma sistemi	VRF klima (bireysel)
Aydınlatma sistemi	Flouresan lamba
Yaşayan kişi sayısı	5 (2015 yılı Türkiye çocuk ortalaması 2,14) [61]
Yenilenebilir enerji	Binada yenilenebilir enerji ve kojenerasyon bulunmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 4.2. İki katlı (B+Z+1K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri

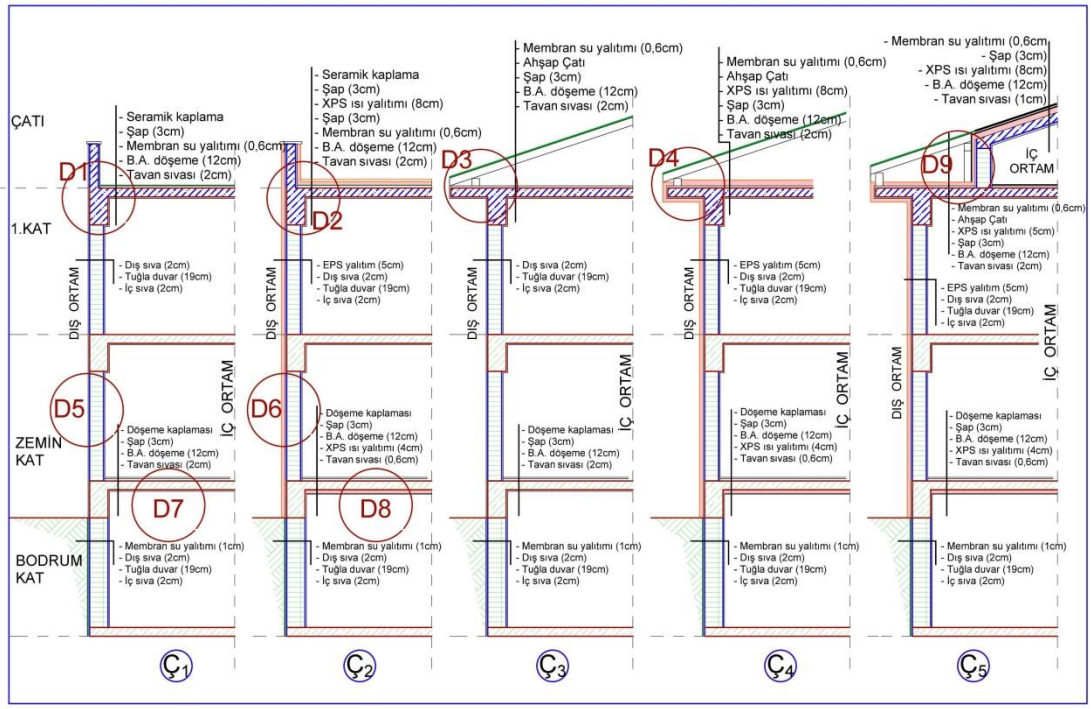
Çatı tipleri					
Kod	$Ç_1$	$Ç_2$	$Ç_3$	$Ç_4$	$Ç_5$
Çatı özellik	teras çatı (ısı yalıtımsız su yalıtımlı)	teras çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı (ısı yalıtımsız, su yalıtımlı)	kırma çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı arası kullanılan (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)
Alan /m^2	188	188	188	188	234
Isıtılan hacim/m^3	980	980	980	980	1050
Yapı elemanı özellikleri	Zemin ve 1.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatısı yalıtımsız teras çatıdır.	Zemin ve 1.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS ısı yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatısı 8cm XPS ısı yalıtımlı teras çatıdır.	Zemin ve 1.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatı arası ısı yalıtımsızdır.	Zemin ve 1.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4 cm ve çatı döşeme üstü 8cm XPS ısı yalıtımlı soğuk çatıdır.	Zemin, 1.katın ve Ç.A.P. ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatı betonarme altı 8cm XPS ısı yalıtımlı sıcak çatıdır.

Tablo 4.3. Dört katlı (B+Z+3K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri

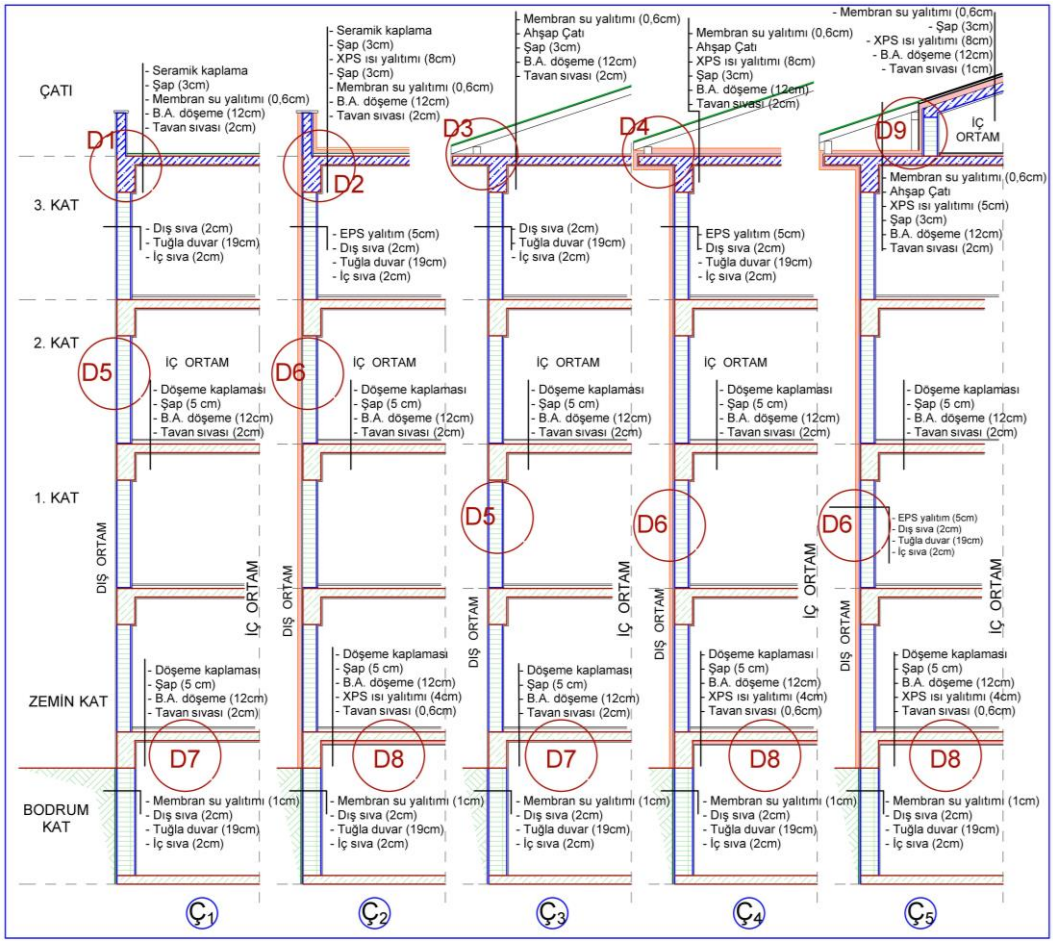
Çatı tipleri					
Kod	$Ç_1$	$Ç_2$	$Ç_3$	$Ç_4$	$Ç_5$
Çatı özellik	teras çatı (ısı yalıtımsız su yalıtımlı)	teras çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı (ısı yalıtımsız, su yalıtımlı)	kırma çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı arası kullanılan (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)
Alan /m^2	376	376	376	376	422
Isıtılan hacim/m^3	1960	1960	1960	1960	2030
Yapı elemanı özellikleri	Zemin,1.,2.ve 3.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatısı yalıtımsız teras çatıdır.	Zemin,1.,2.ve3.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS ısı yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatısı 8cm XPS ısı yalıtımlı teras çatıdır.	Zemin,1.,2.ve 3.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatı arası ısı yalıtımsız.	Zemin,1.,2.ve 3.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar,bodrum 4cm ve çatı döşeme üstü 8cm XPS ısı yalıtımlı soğuk çatıdır.	Zemin,1.2.,3.katın ve Ç.A.P. ısıtıldığı ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatı betonarme altı 8cm XPS ısı yalıtımlı sıcak çatıdır.

Tablo 4.4. Altı katlı (B+Z+5K) örnek bina plan, çatı ve duvar elemanı özellikleri

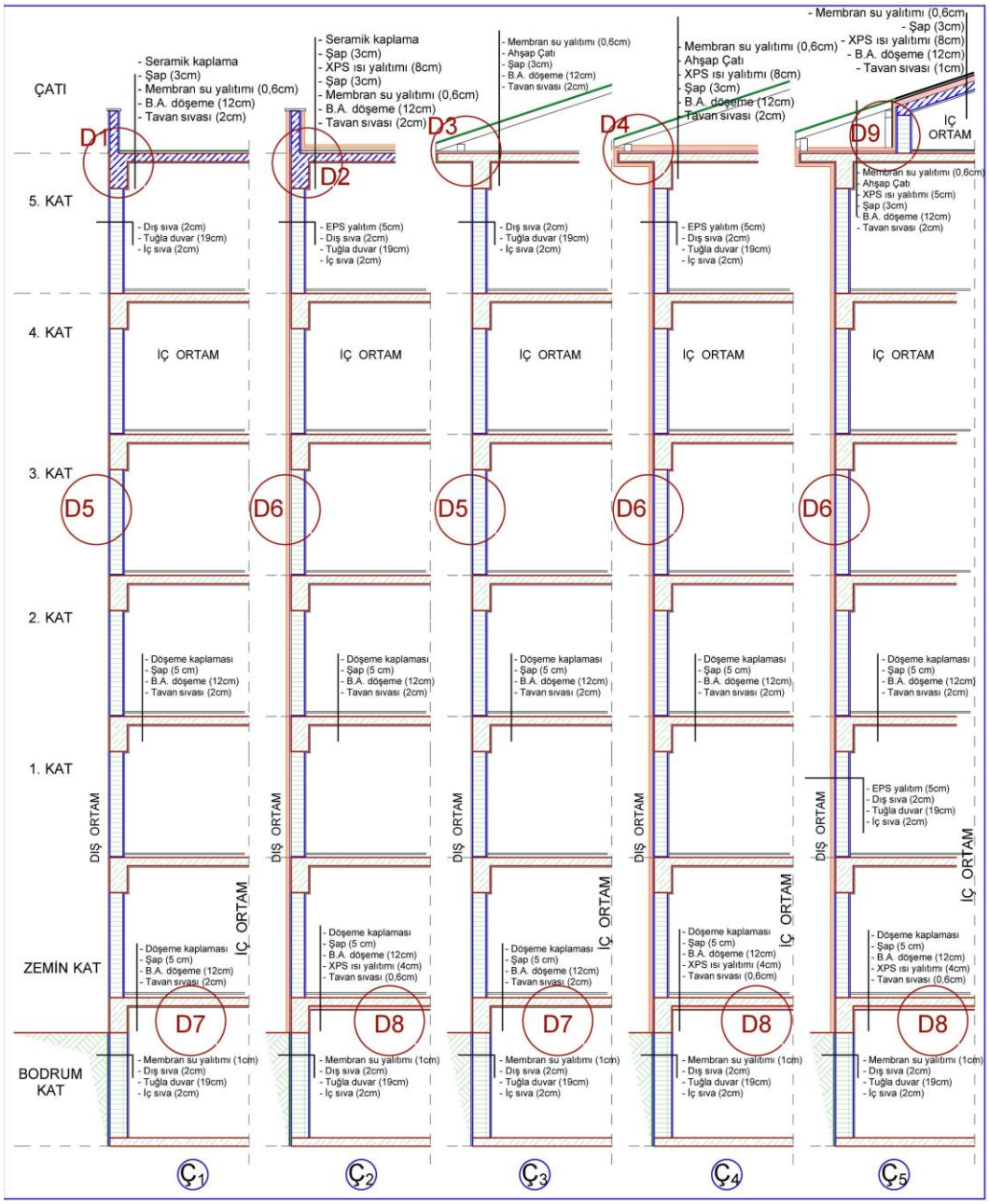
Çatı tipleri					
Kod	$Ç_1$	$Ç_2$	$Ç_3$	$Ç_4$	$Ç_5$
Çatı özellik	teras çatı (ısı yalıtımsız su yalıtımlı)	teras çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı (ısı yalıtımsız, su yalıtımlı)	kırma çatı (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)	kırma çatı arası kullanılan (8 cm ısı yalıtımlı, su yalıtımlı)
Alan /m^2	564	564	564	564	610
Isıtılan hacim/m^3	2940	2940	2940	2940	3010
Yapı elemanı özellikleri	Zemin,1.,2.,3., 4. ve 5.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatısı yalıtımsız teras çatıdır	Zemin,1.,2.,3.,4. Ve 5.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS ısı yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatısı 8cm XPS ısı yalıtımlı teras çatıdır.	Zemin,1.,2.,3., 4.ve 5.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı tuğla duvar ve çatı arası ısı yalıtımsız.	Zemin,1.,2.,3.,4. Ve 5.katın ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar,bodrum 4 cm ve çatı döşeme üstü 8cm XPS ısı yalıtımlı soğuk çatıdır.	Zemin,1.2.,3., 4.,5.katın ve Ç.A.P. ısıtıldığı ısıtıldığı, duvarları 19cm sıvalı 5cm EPS yalıtımlı tuğla duvar, bodrum 4cm ve çatı betonarme altı 8cm XPS ısı yalıtımlı sıcak çatıdır.



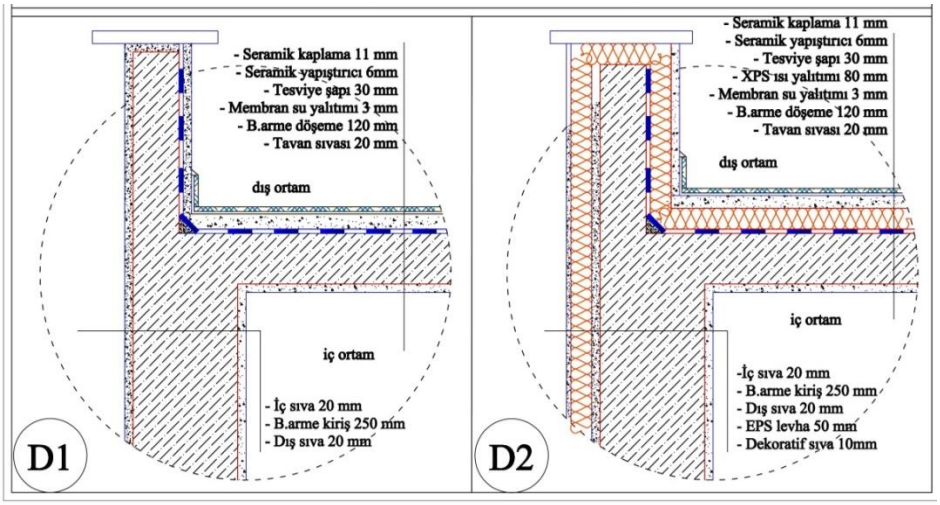
Şekil 4.24. İki Katlı (B+Z+1K) örnek bina kısmi kesit



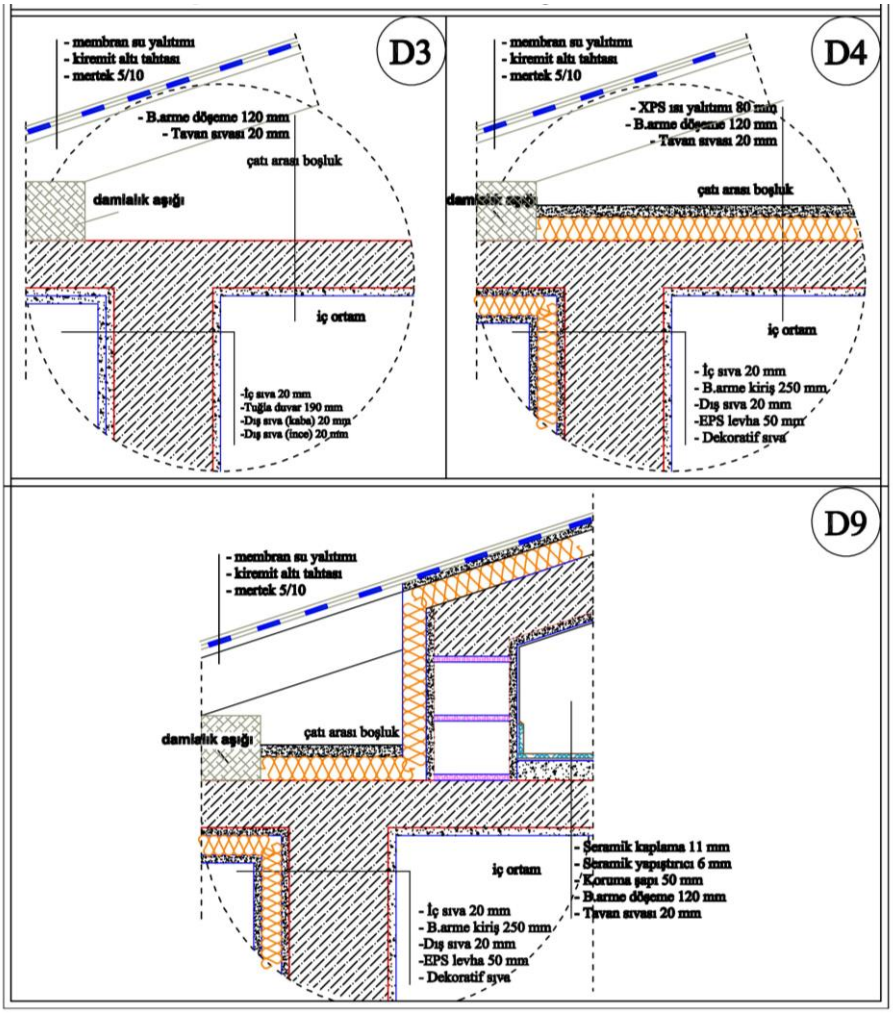
Şekil 4.25. Dört Katlı (B+Z+3K) örnek bina kısmı kesit



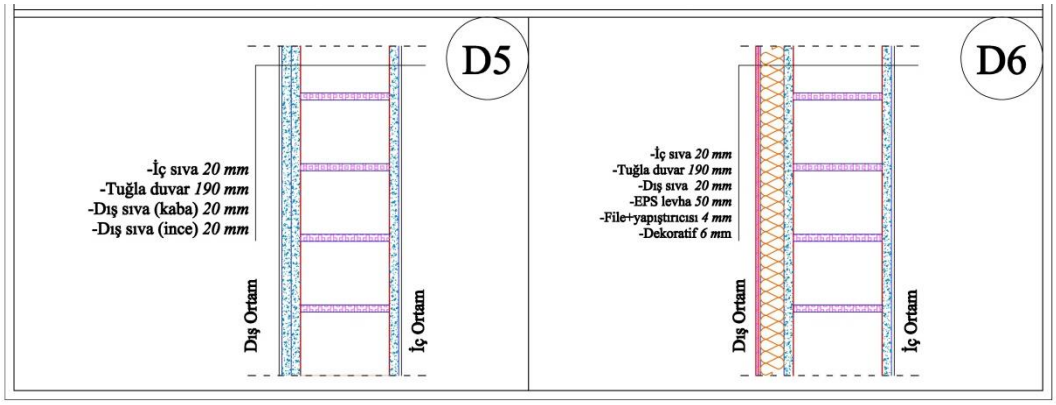
Şekil 4.26. Altı Katlı (B+Z+5K) örnek bina kısmi kesit



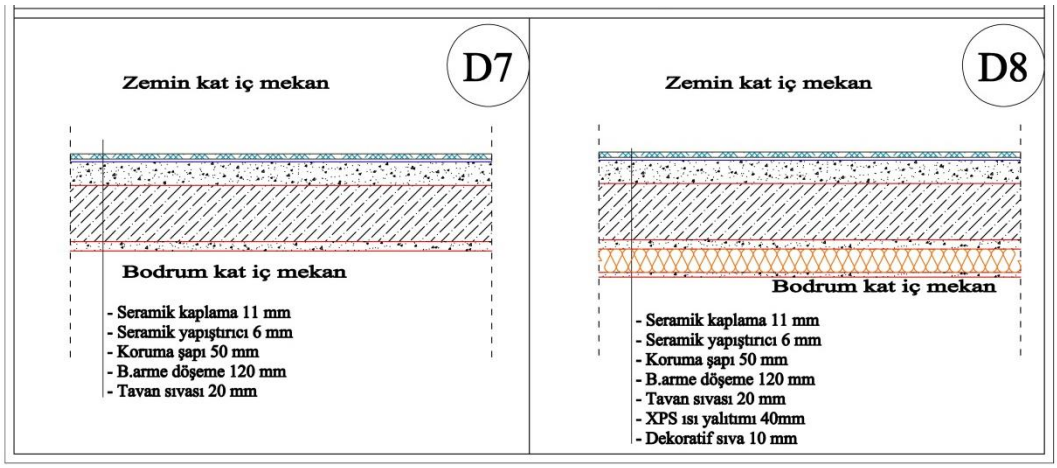
Şekil 4.27. Teras çatı tipleri (Ç1,Ç2) nokta detayları



Şekil 4.28. Eğimli çatı tipleri (Ç3,Ç4,Ç5) nokta detayları



Şekil 4.29. Dış duvar nokta detayları



Şekil 4.30. Isıtılan ve ısıtılmayan döşeme nokta detayları

4.4. Çalışmada Elde Edilen Sayısal Veriler

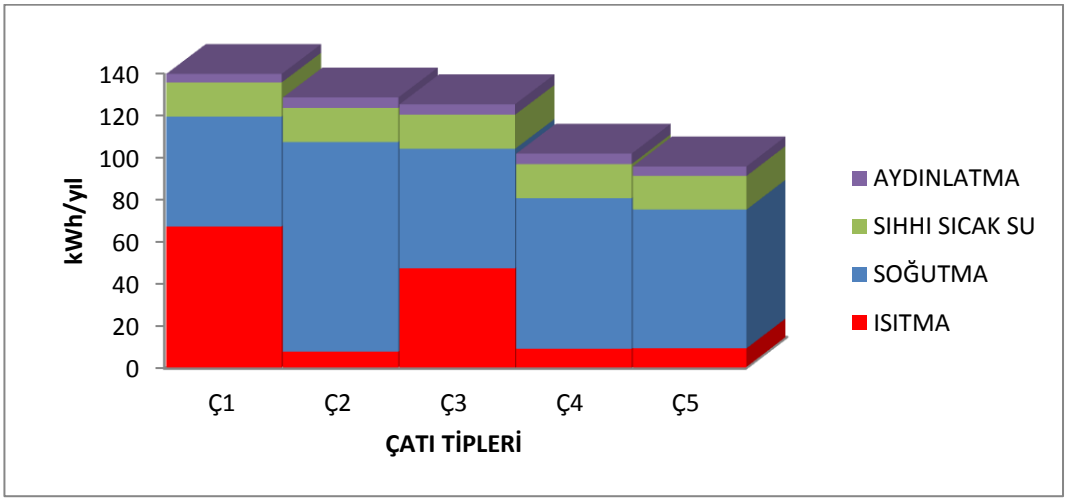
BEP-TR yöntemi ile örnek olarak alınan iki, dört ve altı katlı konut binalarında Türkiye'deki farklı Derece Gün bölgeleri için temsili iller üzerinden ısıtma, soğutma, sıhhı sıcak su, havalandırma ve aydınlatma hesapları yapılmıştır. Değişen çatı tiplerine göre belirlenen hesap sonuçları sırasıyla Derece Gün bölgelerine göre aşağıda Tablo ve Şekillerle gösterilmiştir. Tablo 4.5'de 1.Derece Gün bölgesindeki (Adana) (B+Z+1 /iki katlı) konut sonuçları verilmektedir. Tablo 4.6 ve 4.7'de 1.Derece Gün bölgesindeki (Adana) dört ve altı katlı konut sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.5. 1. D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+1/ İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

1. DERECE GÜN BÖLGESİ - ADANA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	67,18	G	52,10	B	16,08	C	0,01	D	4,02	A	C
$Ç_2$	7,63	B	99,59	D	16,12	C	0,01	C	4,02	A	C
$Ç_3$	47,26	G	56,73	B	16,12	C	0,01	D	4,96	A	C
$Ç_4$	9,00	B	71,64	B	16,12	C	0,01	C	4,96	A	B
$Ç_5$	9,23	B	65,99	B	15,93	C	0,01	D	4,51	A	C

*Değerler m^2 başına tüketim için verilmektedir.

1. Derece Gün bölgesi Adana'da örnek olarak seçilen iki katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %88 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %91 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %81, $Ç_5$ tipinde %80 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %26, $Ç_5$ tipinde %16 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.5). Şekil 4.31'de elde dilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir.

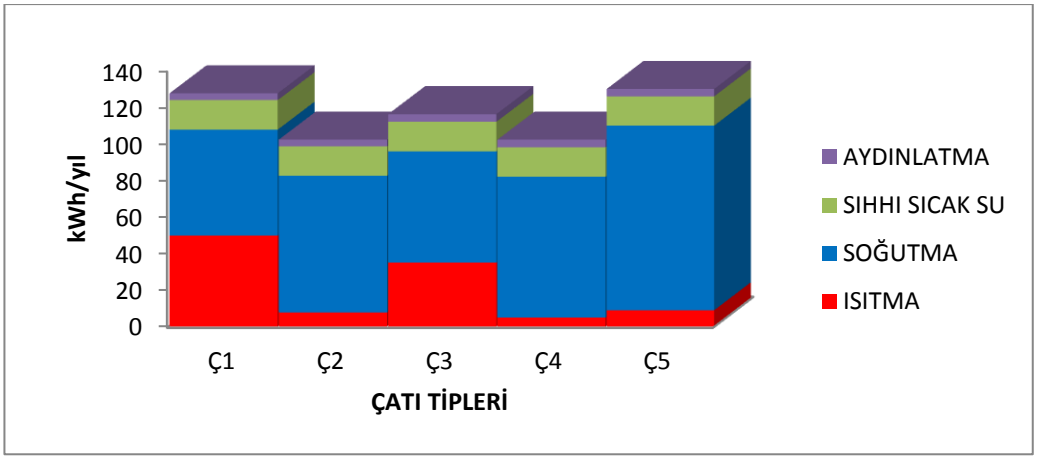


Şekil 4.31. 1.D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+1/ İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

Tablo 4.6. 1.D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

1. DERECE GÜN BÖLGESİ - ADANA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	49,56	G	57,94	B	16,08	C	0,01	D	3,72	A	C
$Ç_2$	7,57	B	74,61	B	16,12	C	0,01	C	3,72	A	B
$Ç_3$	34,79	G	60,83	B	16,12	C	0,01	D	4,19	A	B
$Ç_4$	4,81	A	76,87	C	16,12	C	0,01	C	4,19	A	B
$Ç_5$	8,82	B	100,88	D	16,01	C	0,01	D	4,02	A	C

1. Derece Gün bölgesi Adana'da örnek olarak seçilen dört katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %84 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %28 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı sırasıyla "A" ve "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %86, $Ç_5$ tipinde %74 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %26, $Ç_5$ tipinde %65 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.6). Şekil 4.32'de elde edilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir.

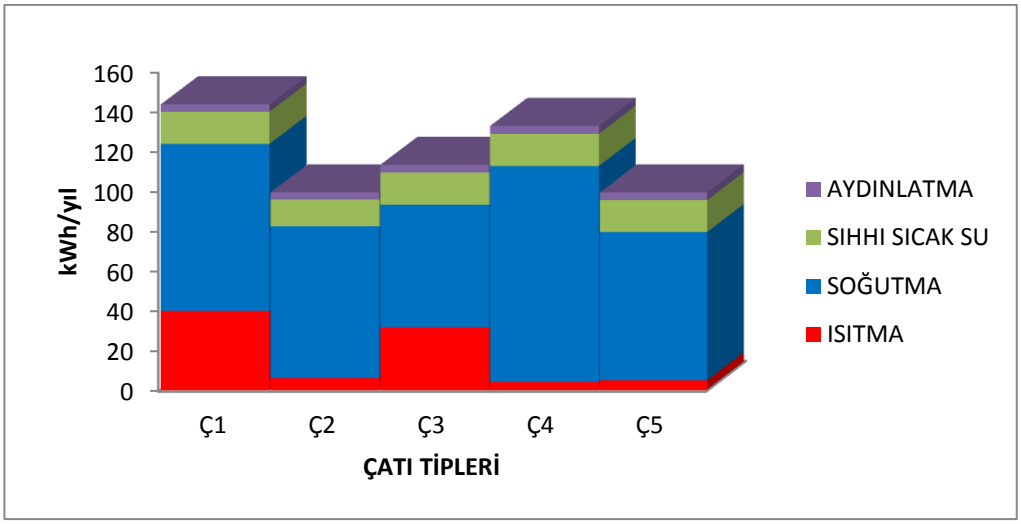


Şekil 4.32. 1.D.G. Bölgesi (Adana)(B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

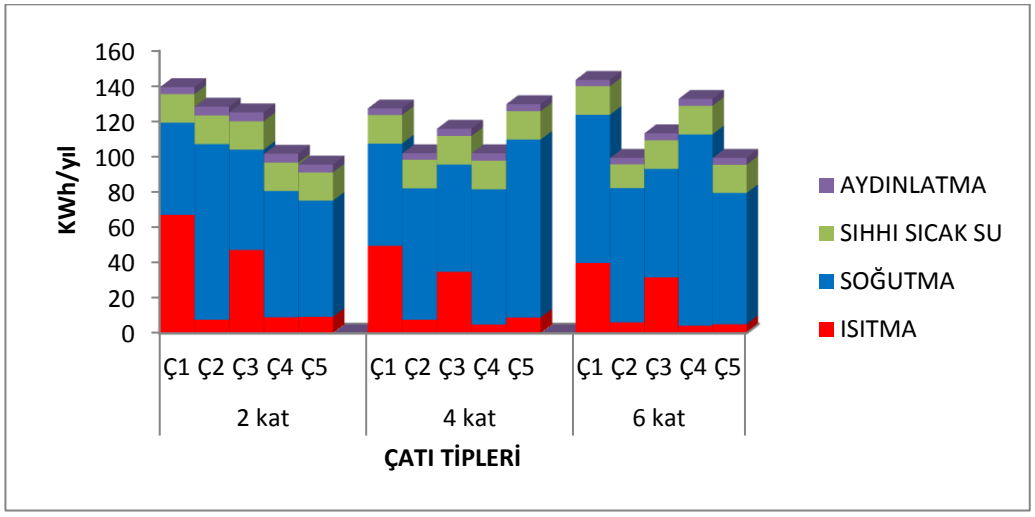
Tablo 4.7. 1.D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

1. DERECE GÜN BÖLGESİ - ADANA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	39,85	G	83,87	C	16,12	C	0,01	D	3,62	A	D
$Ç_2$	6,13	A	76,25	B	13,40	C	0,01	C	3,62	A	B
$Ç_3$	31,60	G	61,60	B	16,12	C	0,01	D	3,93	A	C
$Ç_4$	4,22	A	108,44	D	16,12	C	0,01	D	3,93	A	C
$Ç_5$	5,05	A	74,52	B	16,00	C	0,01	D	3,83	A	B

1. Derece Gün bölgesi Adana'da örnek olarak seçilen altı katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "A" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %84 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %9 daha az enerji tüketildiği görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "A" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %86, $Ç_5$ tipinde %84 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %76, $Ç_5$ tipinde %20 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.7). Şekil 4.33'de elde edilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.34'de 1.Derece Gün bölgesinde (Adana) iki, dört ve altı katlı binalarda elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.33. 1.D.G. Bölgesi (Adana) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)



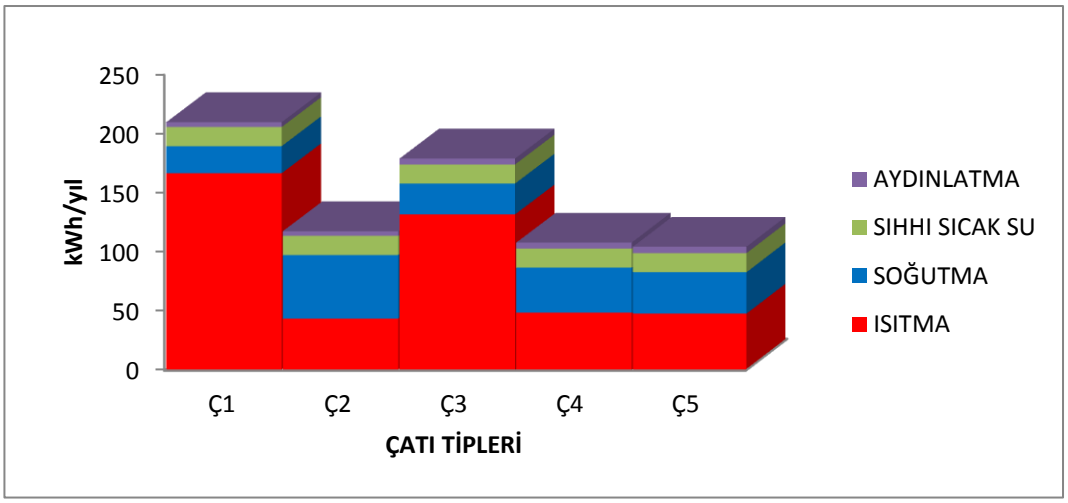
Şekil 4.34. 1.D.G. Bölgesi (Adana) iki, dört, altı katlı sonuçları (URL, Ocak 2017)

BEP-TR programı ile elde edilen verilere göre; ısıtma yükleri sıcak iklim bölgesi Adana'da kat sayısı arttıkça yalıtım ve yalıtımsız durum arasındaki en fazla tasarruf iki katlı konutta ve teras çatı yalıtımlıda ($Ç_2$) sağlanmıştır. Diğer çatı tiplerinde katlar arasındaki kazanç birbirine yakındır. Sıcak iklim bölgesinde (Adana) soğutma enerji ihtiyacı daha yüksek soğuk iklim bölgesinde daha düşüktür. Ancak yalıtımlı durumda ısıtmanın aksine soğutma yükleri artmaktadır. Az katlı ve çok katlı binalar için soğutma yüklerini karşılaştırdığımızda kat sayısı arttığında (dört ve altı gibi) soğutma yükleri arasındaki fark azalmaktadır. Soğutma yükleri arasındaki fark en fazla iki katlı binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumda belirlenmiştir. Tablo 4.8-4.10'da 2.Derece Gün bölgesindeki (İstanbul) iki, dört ve altı katlı konut sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.8. 2. D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

2. DERECE GÜN BÖLGESİ - İSTANBUL - AVCILAR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	166,16	G	22,84	B	16,08	C	0,01	D	4,02	A	F
$Ç_2$	43,19	B	53,89	D	16,12	C	0,01	C	4,02	A	C
$Ç_3$	131,41	G	26,02	B	16,12	C	0,01	D	4,96	A	E
$Ç_4$	48,18	B	38,24	B	16,12	C	0,01	C	4,96	A	B
$Ç_5$	47,47	B	35,03	B	15,93	C	0,01	D	4,51	A	C

2. Derece Gün bölgesi İstanbul'da örnek olarak seçilen iki katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %74 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %135 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %63, $Ç_5$ tipinde %63 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %46, $Ç_5$ tipinde %34 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.8). Şekil 4.35'de elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.

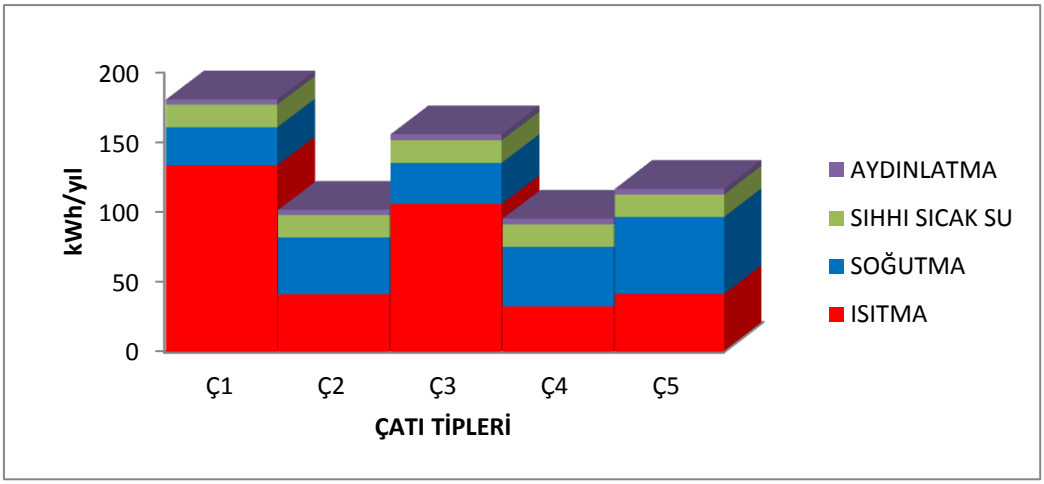


Şekil 4.35. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

Tablo 4.9. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+3 / Dört Katlı) (URL, Ocak 2017)

2. DERECE GÜN BÖLGESİ - İSTANBUL - AVCILAR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	133,35	G	27,08	B	16,12	C	0,01	D	3,72	A	E
$Ç_2$	41,12	B	40,66	C	16,12	C	0,01	C	3,72	A	B
$Ç_3$	105,77	G	29,32	B	16,12	C	0,01	D	4,19	A	D
$Ç_4$	32,44	B	42,61	C	16,12	C	0,01	C	4,19	A	B
$Ç_5$	41,40	B	55,18	D	16,01	C	0,01	C	4,02	A	C

2. Derece Gün bölgesi İstanbul'da örnek olarak seçilen dört katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %69 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %50 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %69, $Ç_5$ tipinde %60 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %45, $Ç_5$ tipinde %88 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.9). Şekil 4.36'da elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.

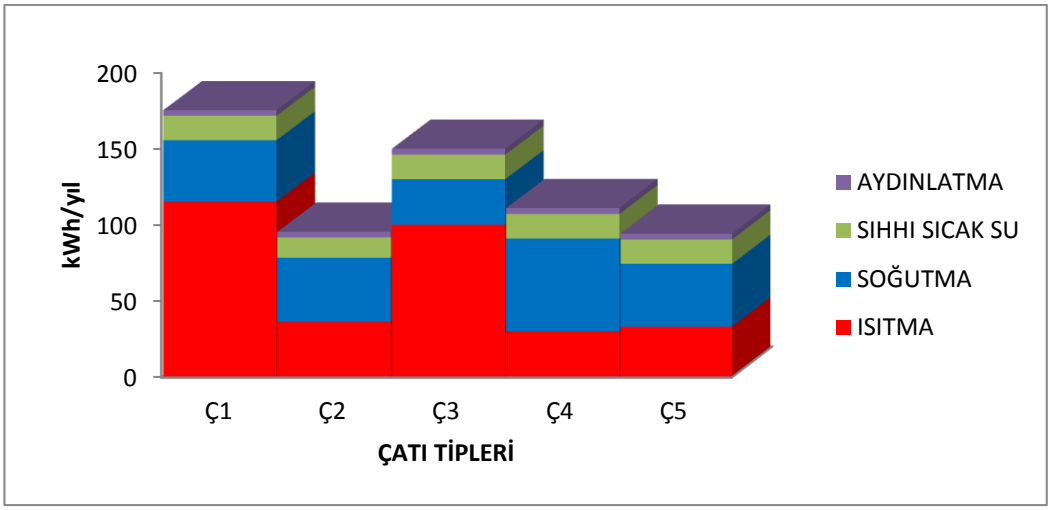


Şekil 4.36. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

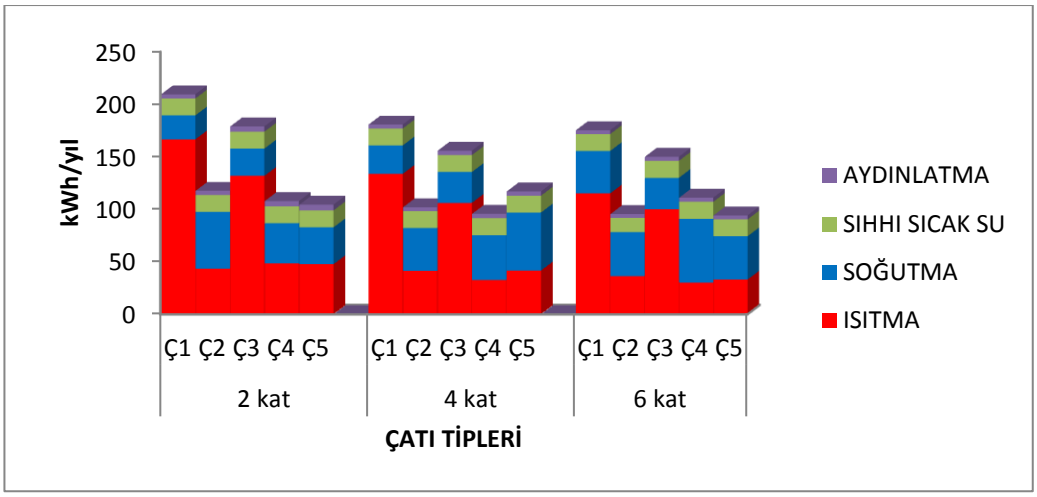
Tablo 4.10. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL,Ocak 2017)

2. DERECE GÜN BÖLGESİ - İSTANBUL - AVCILAR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	114,71	G	40,42	B	16,12	C	0,01	D	3,62	A	E
$Ç_2$	36,06	B	42,02	C	13,40	C	0,01	C	3,62	A	B
$Ç_3$	99,63	F	29,93	B	16,12	C	0,01	D	3,93	A	D
$Ç_4$	29,99	B	60,62	D	16,12	C	0,01	C	3,93	A	B
$Ç_5$	32,81	B	41,22	C	16,00	C	0,01	C	3,83	A	B

2. Derece Gün bölgesi İstanbul'da örnek olarak seçilen altı katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %68 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %3 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %69, $Ç_5$ tipinde %67 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %102 $Ç_5$ tipinde %37 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.10). Şekil 4.37'de elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.38'de 2.Derece Gün bölgesinde (İstanbul) iki, dört ve altı katlı binalarda elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.37. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)



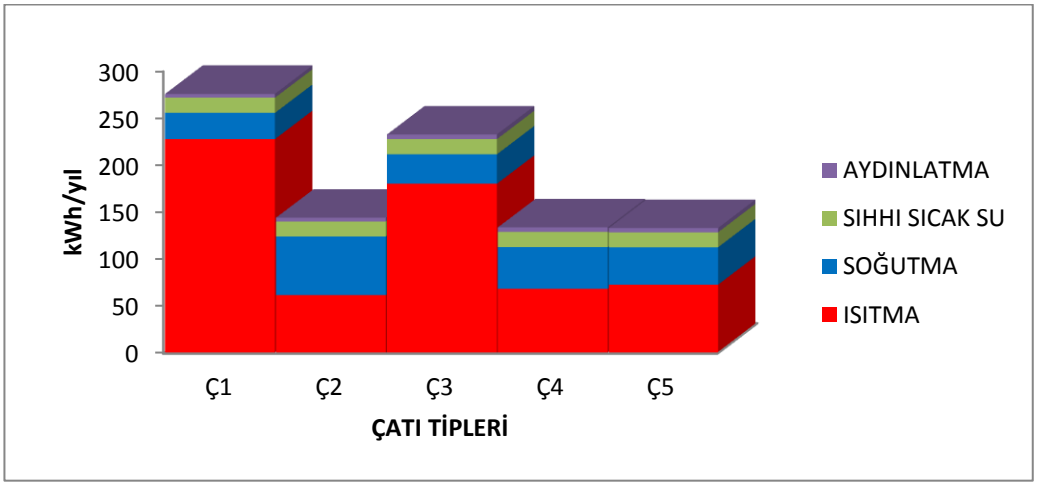
Şekil 4.38. 2.D.G. Bölgesi (İstanbul) iki, dört, altı katlı sonuçları (URL, Ocak 2017)

BEP-TR programı ile elde edilen verilere göre; hesaplanan 2.D.G. bölgesi İstanbul ilinde ısıtma yükleri açısından en fazla kazanç iki katlı konutta teras çatıda yalıtımlı ve yalıtımsız durumda tespit edilmiştir. Dört ve altı katlı konutlarda eğimli çatılar arasındaki kazanç birbirlerine yakındır. Ilımlı nemli iklim bölgesinde (İstanbul) soğutma enerji ihtiyacı ile ısıtma enerji ihtiyacı birbirlerine yakın değerdedirler. Ancak yalıtımlı durumda ısıtmanın aksine soğutma yükleri artmaktadır. Az katlı ve çok katlı binalar için soğutma yüklerini karşılaştırdığımızda kat sayısı arttığında (dört ve altı gibi) soğutma yükleri arasındaki fark artmaktadır. Soğutma yükleri arasındaki fark en fazla iki katlı binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumda belirlenmiştir. Tablo 4.11-4.13'de 3.Derece Gün bölgesi (Ankara) iki, dört ve altı katlı konut sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.11 3.D.G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

3. DERECE GÜN BÖLGESİ - ANKARA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	227,14	G	27,76	B	16,08	C	0,01	E	4,02	A	F
$Ç_2$	61,25	C	62,37	D	16,12	C	0,01	C	4,02	A	C
$Ç_3$	179,78	G	31,18	B	16,12	C	0,01	D	4,96	A	E
$Ç_4$	68,11	B	44,34	B	16,12	C	0,01	C	4,96	A	B
$Ç_5$	72,45	C	39,83	B	15,93	C	0,01	D	4,51	A	C

3. Derece Gün bölgesi Ankara'da örnek olarak seçilen iki katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %73 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %124 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları sırasıyla "B" ve "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %62, $Ç_5$ tipinde %59 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %42, $Ç_5$ tipinde %27 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.11). Şekil 4.39'da elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.

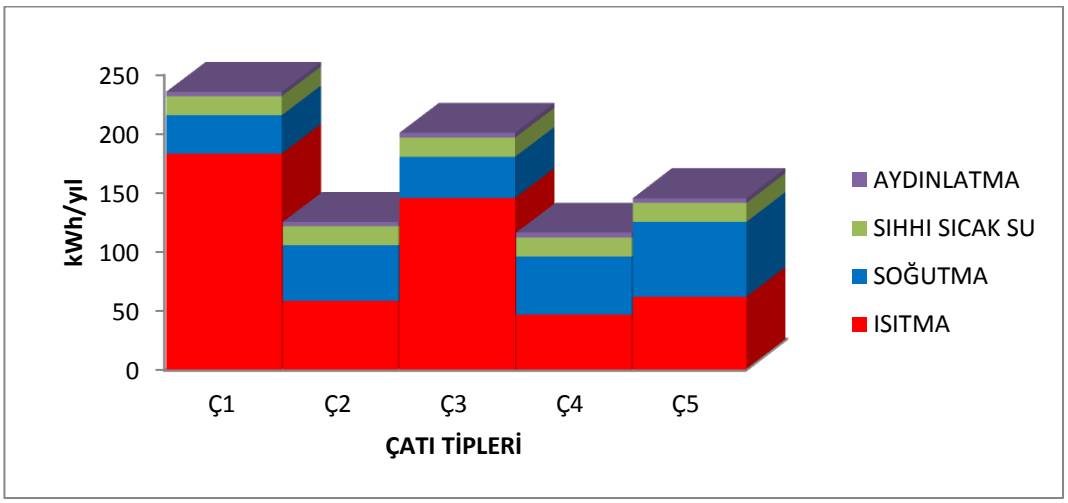


Şekil 4.39. 3.D.G. Bölgesi (Ankara)(B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

Tablo 4.12. 3.D.G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

3. DERECE GÜN BÖLGESİ - ANKARA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	182,67	G	32,36	B	16,12	C	0,01	D	3,72	A	E
$Ç_2$	58,29	B	47,02	B	16,12	C	0,01	C	3,72	A	B
$Ç_3$	145,31	G	34,71	B	16,12	C	0,01	D	4,19	A	D
$Ç_4$	46,60	B	49,15	B	16,12	C	0,01	C	4,19	A	B
$Ç_5$	61,76	C	63,35	D	16,01	C	0,01	C	4,02	A	C

3. Derece Gün bölgesi Ankara'da örnek olarak seçilen dört katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %68 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %45 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları sırasıyla "B" ve "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %67, $Ç_5$ tipinde %57 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %41 $Ç_5$ tipinde %82 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.12). Şekil 4.40'da elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.

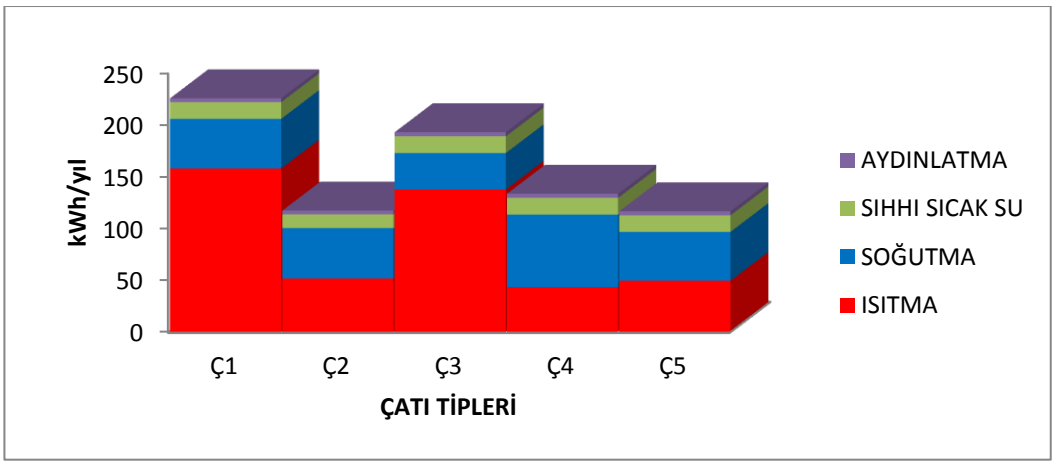


Şekil 4.40. 3.D.G.Bölgesi (Ankara) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

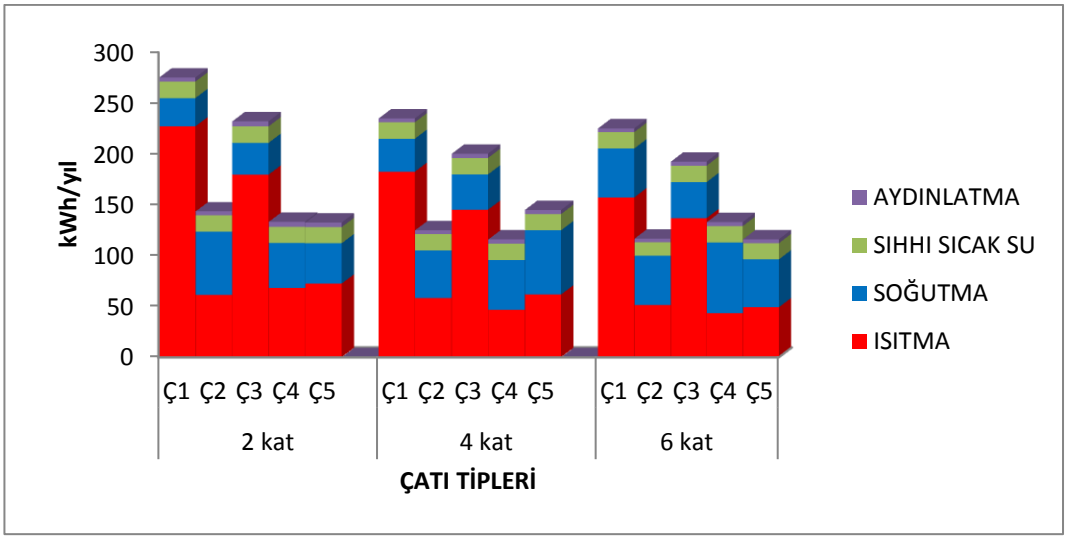
Tablo 4.13. 3.D.G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

3. DERECE GÜN BÖLGESİ - ANKARA - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	157,50	G	47,94	B	16,12	C	0,01	D	3,62	A	E
$Ç_2$	51,41	B	48,52	B	13,43	C	0,01	C	3,62	A	C
$Ç_3$	137,08	G	35,35	B	16,12	C	0,01	D	3,93	A	D
$Ç_4$	43,18	B	69,91	D	16,12	C	0,01	C	3,93	A	C
$Ç_5$	49,12	B	47,23	B	16,00	C	0,01	C	3,83	A	B

3. Derece Gün bölgesi Ankara'da örnek olarak seçilen altı katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %67 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %1 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %68, $Ç_5$ tipinde %64 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %97 $Ç_5$ tipinde %33 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.13). Şekil 4.41'de elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.42'de 3.Derece Gün bölgesinde (Ankara) iki, dört ve altı katlı binalarda elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.41. 3.D.G. Bölgesi (Ankara) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)



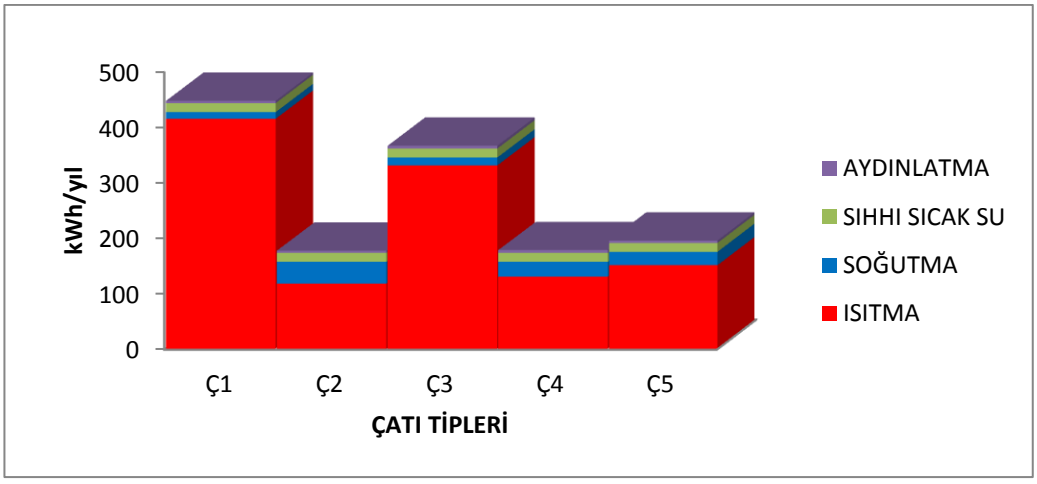
Şekil 4.42. 3.D.G. Bölgesi (Ankara) iki, dört, altı katlı sonuçları (URL, Ocak 2017)

BEP-TR programı ile elde edilen verilere göre; ılımlı kuru iklim bölgesi Ankara ilinde ısıtma yükleri açısından en fazla kazanç iki katlı binada teras çatıda yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar arasında tespit edilmiştir. Dört ve altı katlı konutlarda eğimli çatılar arasındaki fark çok azdır. Ilımlı kuru iklim bölgesinde (Ankara) ısıtma yükleri soğutma yüklerinden daha yüksektir. Ancak yalıtımlı durumda ısıtmanın aksine soğutma yükleri artmaktadır. Az katlı ve çok katlı binalar için soğutma yüklerini karşılaştırdığımızda kat sayısı arttığında (dört ve altı gibi) soğutma yükleri arasındaki fark azalmaktadır. Hatta teras çatılı altı katlı binada yalıtımlı durumda soğutma yükleri de düşmektedir. Soğutma yükleri arasındaki fark en fazla iki katlı binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumda belirlenmiştir. Tablo 4.14-4.16'de 4.Derece Gün bölgesi (Erzurum) iki, dört ve altı katlı konut sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.14. 4.D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

4. DERECE GÜN BÖLGESİ - ERZURUM - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	414,74	G	11,96	A	16,08	C	0,02	E	4,02	A	G
$Ç_2$	117,86	C	39,16	C	16,12	C	0,02	C	4,02	A	C
$Ç_3$	330,82	G	14,20	A	16,12	C	0,02	D	4,96	A	F
$Ç_4$	130,21	C	27,06	B	16,12	C	0,02	C	4,96	A	C
$Ç_5$	150,91	D	24,22	B	15,93	C	0,02	D	4,51	A	C

4. Derece Gün bölgesi Erzurum'da örnek olarak seçilen iki katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %71 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %227 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları sırasıyla "C" ve "D" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %60, $Ç_5$ tipinde %54 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %90 $Ç_5$ tipinde %70 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.14). Şekil 4.43'de elde edilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir.

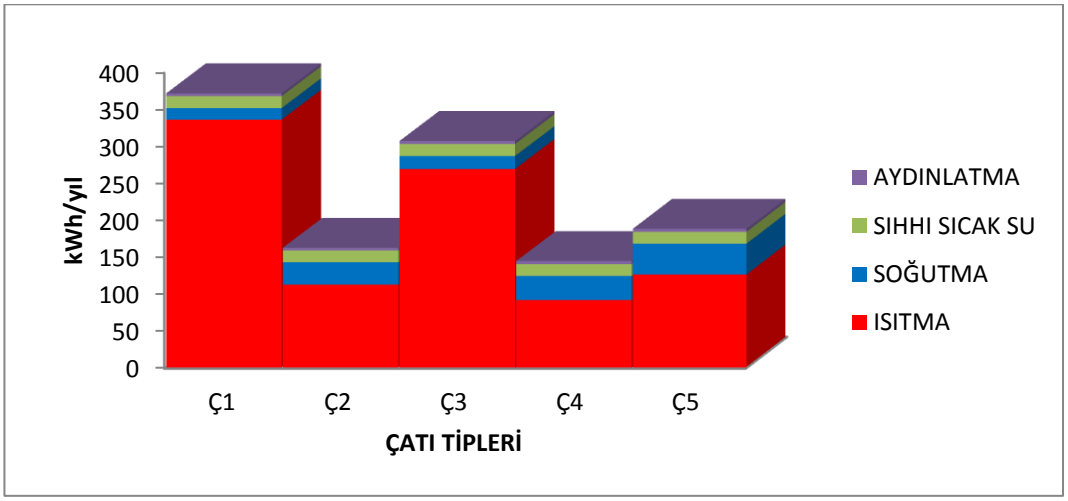


Şekil 4.43. 4.D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+1 / İki Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

Tablo 4.15. 4.D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+3/ Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

4. DERECE GÜN BÖLGESİ - ERZURUM - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	335,50	G	15,60	B	16,12	C	0,02	D	3,72	A	G
$Ç_2$	112,44	C	30,20	B	16,12	C	0,02	C	3,72	A	C
$Ç_3$	268,95	G	17,40	B	16,12	C	0,02	D	4,19	A	F
$Ç_4$	91,43	B	32,70	C	16,12	C	0,02	C	4,19	A	B
$Ç_5$	126,29	C	41,72	D	16,01	C	0,02	C	4,02	A	C

4. Derece Gün bölgesi Erzurum'da örnek olarak seçilen dört katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %66 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %93 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları sırasıyla "B" ve "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %66, $Ç_5$ tipinde %53 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %87 $Ç_5$ tipinde %139 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.15). Şekil 4.44'de elde edilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir.

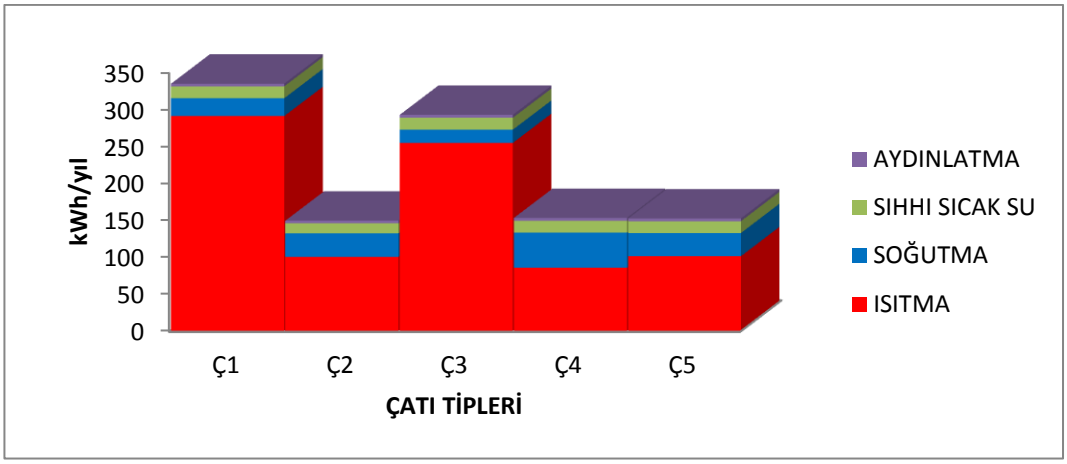


Şekil 4.44. 4.D.G.Bölgesi (Erzurum) (B+Z+3 / Dört Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

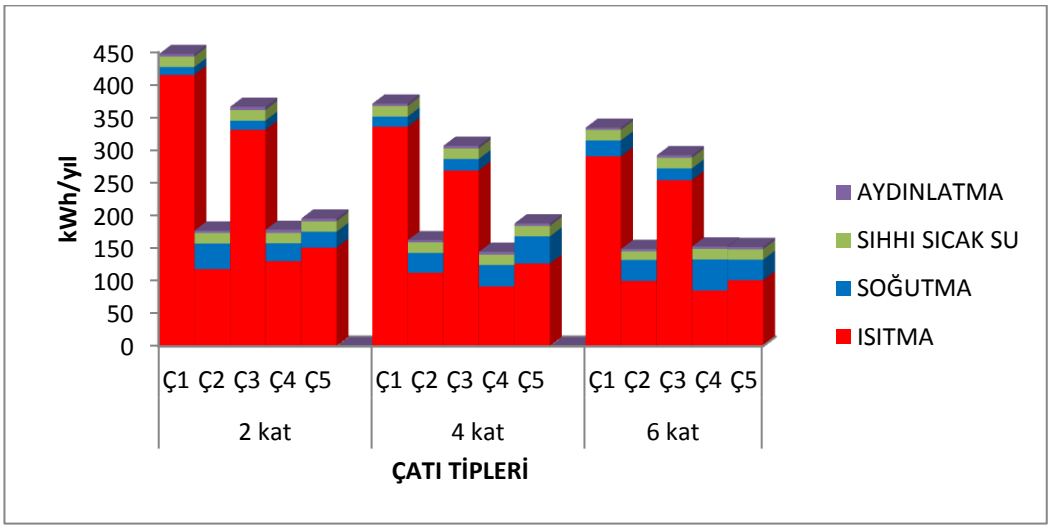
Tablo 4.16. 4.D.G. Bölgesi (Erzurum) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)

4. DERECE GÜN BÖLGESİ - ERZURUM - BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ											
ÇATI TİPİ	ISITMA		SOĞUTMA		SIHHI SICAK SU		HAVALANDIRMA		AYDINLATMA		SINIFI
	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	TÜKETİM kWh/yıl*	SINIFI	BİNA GENELİ
$Ç_1$	290,51	G	24,12	B	16,12	C	0,02	D	3,62	A	F
$Ç_2$	100,03	B	31,94	B	13,40	C	0,01	C	3,62	A	B
$Ç_3$	254,19	G	17,89	B	1612	C	0,02	D	3,93	A	F
$Ç_4$	85,29	B	47,45	D	16,12	C	0,02	C	3,93	A	C
$Ç_5$	100,91	C	31,34	B	16,00	C	0,02	C	3,83	A	B

4. Derece Gün bölgesi Erzurum'da örnek olarak seçilen altı katlı binada $Ç_1$ çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_2$ tipi çatı, döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "B" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından %65 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısında $Ç_2$ tipinde %28 daha fazla enerji harcandığı görülmektedir. $Ç_3$ tipi çatı elemanı kullanıldığında ısıtma yükleri açısından enerji sınıfı "G" olarak belirlenmiştir. Ancak $Ç_4$ ve $Ç_5$ tipi çatı döşeme ve duvarlara ısı yalıtımı uygulandığında, ısıtma yükleri açısından enerji sınıfları sırasıyla "B" ve "C" olarak değişmektedir. Bu değerlere baktığımızda ısıtma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %66, $Ç_5$ tipinde %50 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Soğutma yükleri açısından $Ç_3$'e oranla $Ç_4$ tipinde %165, $Ç_5$ tipinde %75 daha fazla enerji harcanacağı görülmektedir. Aydınlatma, sıcak su ve havalandırma sistemlerindeki enerji tüketimlerinde anlamlı fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4.16). Şekil 4.45'de elde edilen sayısal veriler grafik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.46'da 3.Derece Gün Bölgesinde (Ankara) iki, dört ve altı katlı binalarda elde edilen sayısal verileri grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.45. 4.D.G.Bölgesi (Erzurum) (B+Z+5 / Altı Katlı) sonuçları (URL, Ocak 2017)



Şekil 4.46. 4.D.G.Bölgesi (Erzurum) iki, dört, altı katlı sonuçları (URL, Ocak 2017)

BEP-TR programı ile elde edilen verilere göre; soğuk iklim bölgesi Erzurum ilinde ısıtma yükleri açısından dört katlı konutta teras çatı ve eğimli çatı arasındaki fark aynı iken iki ve altı katlı konutta eğimli ve teras çatı arasındaki fark da artmaktadır. En fazla farkın iki katlı konutta tespit edildiği görülmektedir. Soğuk iklim bölgesinde (Erzurum) ısıtma yükleri soğutma yüklerinden daha yüksektir. Ancak yalıtımlı durumda ısıtmanın aksine soğutma yükleri artmaktadır. Bu durum yalıtımın soğutma yükleri üzerindeki etkisi açısından oldukça ilginçtir. Az katlı ve çok katlı binalar için soğutma yüklerini karşılaştırdığımızda kat sayısı arttığında (dört ve altı gibi) soğutma yükleri arasındaki fark azalmaktadır. Hatta teras çatılı altı katlı binada yalıtımlı durumda

soğutma yükleri de düşmektedir. Soğutma yükleri arasındaki fark en fazla iki katlı binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumda belirlenmiştir.

Tablo 4.17'de Dört farklı Derece Gün Bölgesinde beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı konutlar için ısıtma sistemi için harcanan enerji sonuçları topluca verilmektedir. Her Derece Gün bölgesinde en az ısıtma enerji ihtiyacı duvar ve çatı yalıtımlı eğimli çatılarda tespit edilmiştir.

Tablo 4.17. Dört Farklı D.G. Bölgesinde farklı çatı tiplerinde ($Ç_1$, $Ç_2$, $Ç_3$, $Ç_4$, $Ç_5$) iki, dört, altı katlı konutlarda ısıtma sistemi enerji ihtiyaçları (URL, Ocak 2017)

		ÇATI				
		DÜZ TERAS ÇATI +DUVAR		EĞİLİMLİ ÇATI +DUVAR		EĞİMLİ (ÇATI ARASI KULLANILAN)+ DUVAR
DERECE GÜN BÖLGESİ	KAT ADEDİ	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımlı
		Ç1 / kWh/yıl*	Ç2 / kWh/yıl*	Ç3 / kWh/yıl*	Ç4 / kWh/yıl*	Ç5 / kWh/yıl*
1. DERECE GÜN B. ADANA	2 KAT	67,18	7,63	47,26	9	9,23
	4 KAT	49,56	7,57	34,79	4,81	8,82
	6 KAT	39,85	6,13	31,6	4,22	5,05
2. DERECE GÜN B. İSTANBUL	2 KAT	166,16	43,19	131,41	48,18	47,47
	4 KAT	133,35	41,12	105,77	32,44	41,4
	6 KAT	114,71	36,06	99,63	29,99	32,81
3. DERECE GÜN B. ANKARA	2 KAT	227,14	61,25	179,78	68,11	72,45
	4 KAT	182,67	58,29	145,31	46,6	61,76
	6 KAT	157,5	51,41	137,08	43,18	49,12
4. DERECE GÜN B. ERZURUM	2 KAT	414,74	117,86	330,82	130,21	150,91
	4 KAT	335,5	112,44	268,95	91,43	126,29
	6 KAT	290,51	142,32	254,19	85,29	100,91

*Değerler m^2 başına tüketim için verilmektedir.

Farklı derece gün bölgesinde, farklı çatı tiplerinin uygulanmasıyla iki, dört ve altı katlı konutlarda ısıtma yükleri ihtiyaçlarını incelediğimizde en az ısıtma enerjisi ihtiyacı 1.Derece Gün Bölgesi Adana ilinde 6 katlı eğimli çatı yalıtımlı (Ç4) konutta tespit edildiği görülmektedir. En fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise 4.Derece Gün Bölgesi Erzurum ilinde 2 katlı teras çatı yalıtımsız ($Ç_1$) konutta belirlenmiştir.

Tablo 4.18 ve 4.19'da 1.2.3.4. Derece Gün bölgelerinde beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı konutlar için toplam enerji tüketimine bağlı sera gazı emisyonu miktarı ve bu tüketime karşılık gelen enerji tüketim sınıfları verilmektedir.

Tablo 4.18. 1. ve 2. Derece Gün Bölgelerinde sera gazı emisyonu değişimi

Derece Gün bölgesi	KAT SAYISI	ÇATI TİPİ	Toplam enerji tük. kWh/m2	Toplam Tüketim sınıfı	Sera gazı emisyonu kg/m2	Sera gazı tüketim sınıfı
1. DERECE GÜN	2 KAT	Ç1	139,62	C	62,03	C
		Ç2	127,36	C	61,91	C
		Ç3	125,09	C	62,85	C
		Ç4	101,69	B	62,54	C
		Ç5	95,67	B	57,37	C
	4 KAT	Ç1	127,31	C	63,39	C
		Ç2	101,97	B	63,37	C
		Ç3	115,94	B	63,51	C
		Ç4	102	B	63,45	C
		Ç5	129,74	C	61,17	C
	6 KAT	Ç1	143,47	D	63,96	C
		Ç2	99,4	B	63,73	C
		Ç3	113,21	B	63,83	C
		Ç4	102,1	B	63,82	C
		Ç5	99,42	C	61,99	C
2. DERECE GÜN	2 KAT	Ç1	209,14	F	46,28	C
		Ç2	117,22	C	46,35	C
		Ç3	178,52	D	47,71	C
		Ç4	107,47	B	47,87	C
		Ç5	102,95	B	43,56	C
	4 KAT	Ç1	180,23	E	47,57	C
		Ç2	101,57	B	47,54	C
		Ç3	155,41	D	47,28	C
		Ç4	95,37	B	46,92	C
		Ç5	116,62	C	45,58	C
	6 KAT	Ç1	174,88	E	46,96	C
		Ç2	95,1	C	47,17	C
		Ç3	149,58	D	47,01	C
		Ç4	110,67	B	46,66	C
		Ç5	93,88	B	45,41	C

Tablo 4.19. 3. ve 4. Derece Gün Bölgelerinde sera gazı emisyonu değişimi

Derece Gün bölgesi	KAT SAYISI	ÇATI TİPİ	Toplam enerji tük. kWh/m2	Toplam Tüketim sınıfı	Sera gazı emisyonu kg/m2	Sera gazı tüketim sınıfı
3. DERECE GÜN	2 KAT	Ç1	275,04	F	56,2	C
		Ç2	143,77	C	56,27	C
		Ç3	232,06	E	58,18	C
		Ç4	133,5	B	58,5	C
		Ç5	146,76	C	52,66	C
	4 KAT	Ç1	234,84	E	58,01	C
		Ç2	125,11	B	57,92	C
		Ç3	200,35	D	57,68	C
		Ç4	116,07	B	57,09	C
		Ç5	145,16	C	55,59	C
	6 KAT	Ç1	225,2	E	57,1	C
		Ç2	116,95	B	57,44	C
		Ç3	192,44	D	57,29	C
		Ç4	132,45	C	56,75	C
		Ç5	116,21	B	55,22	C
4. DERECE GÜN	2 KAT	Ç1	446,85	G	55,7	C
		Ç2	177,17	C	55,74	C
		Ç3	366,12	F	59,03	C
		Ç4	178,33	C	59,83	C
		Ç5	195,59	C	55,96	C
	4 KAT	Ç1	370,91	G	58,53	C
		Ç2	162,45	B	58,25	C
		Ç3	306,68	C	57,87	C
		Ç4	144,46	B	56,46	C
		Ç5	188,07	C	57,86	C
	6 KAT	Ç1	334,39	F	56,35	C
		Ç2	149	B	57,14	C
		Ç3	292,11	F	56,92	C
		Ç4	152,81	C	55,55	C
		Ç5	152,11	B	55,57	C

Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'a göre elde edilen sayısal veriler değerlendirildiğinde sera gazı emisyonlarında aynı Derece Gün bölgesinde binaların yalıtım durumuna göre belirgin değişiklik sadece 1. Derece Gün (Adana) da gözlenmemiştir. Ancak farklı Derece Gün bölgelerine sera gazı emisyon değişimleri söz konusudur. En az sera gazı emisyonu 2. Derece Gün (İstanbul) olurken en çok sera gazı emisyonu Adana da tespit edilmiştir. Binaların toplam enerji tüketimlerinin binanın kat sayısı arttıkça düştüğü

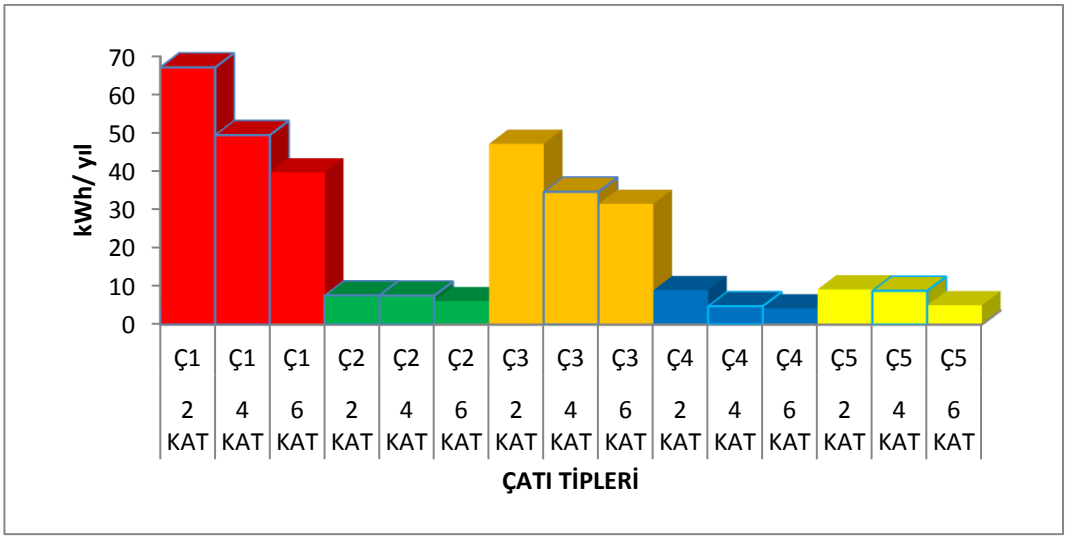
görülmektedir. Binaların yalıtımlı olma durumlarına göre toplam enerji tüketimde %30-50 arasında değişlik olduğu görülmektedir. Toplam enerji tüketimleri dikkate alındığında en düşük enerji ihtiyacı 2.Derece Gün Bölgesi İstanbul ilinde $Ç_5$ tipinde (duvar yalıtımlı, çatı arası kullanılan, eğimli çatı yalıtımlı) altı katlı binada tespit edilmiştir. Toplam enerji tüketimleri dikkate alındığında en yüksek enerji ihtiyacı 4.Derece Gün Bölgesi Erzurum ilinde $Ç_1$ tipinde (duvar yalıtımsız, çatı arası kullanılmayan, eğimli çatı yalıtımsız) iki katlı binada tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

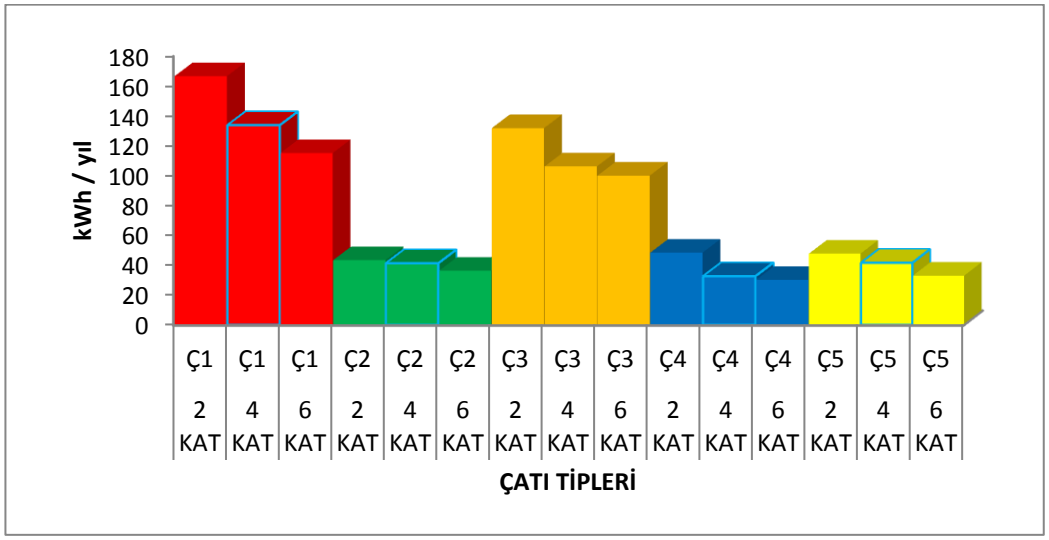
5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak hazırlanan Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği 5 Mayıs 2008 yılında yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik 20 Nisan 2011 yılında güncellenerek son halini almıştır. Enerji Performansı Yönetmeliği ile binalara Enerji Kimlik Belgesi (EKB)'nin düzenlenmesi sağlanmıştır. Buradaki amaç binaların enerji tüketimlerinin hesaplanması ve gerekli önlemlerin alınmasının sağlanarak, binaların da takibinin yapılmasıdır. EKB düzenlemesi web tabanlı BEP-TR programı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada BEP-TR programı kullanarak Türkiye'deki dört farklı Derece Gün bölgesini temsilen seçilen illerde farklı çatı elemanı ve yalıtım durumları aynı kat planına sahip iki, dört ve altı katlı konut binalarının üzerinden incelenmiştir. Bu kabullerle binaların ısıtma, soğutma, sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji ihtiyaçları hesaplanıp değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar üzerinden binaların ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, aydınlatma sistemlerinden harcanacak toplam ve m^2 başına düşen enerji tüketimleri incelenmiştir. Ayrıca programda birincil enerji tüketimlerine göre sera gazı emisyonu da hesaplanabilmektedir. Hesaplamalar sonucunda sıhhi sıcak su, havalandırma ve aydınlatma enerji ihtiyaçlarında çok belirgin farklar tespit edilmemiştir. Soğutma yüklerinde, yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar arasında ısıtmanın aksine sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.1 – Şekil 5.4 arasında temsili olarak seçilen Adana, İstanbul, Ankara ve Erzurum İllerinin farklı çatı tiplerine göre ısıtma enerjisi sonuçları verilmektedir.

Şekil 5.1'de 1. Derece Gün Bölgesi Adana ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de katların artışına bağlı olarak enerji ihtiyaçlarının düştüğü görülmektedir. En düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) altı katlı binada tespit edilmiştir.



Şekil 5.1. Adana ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

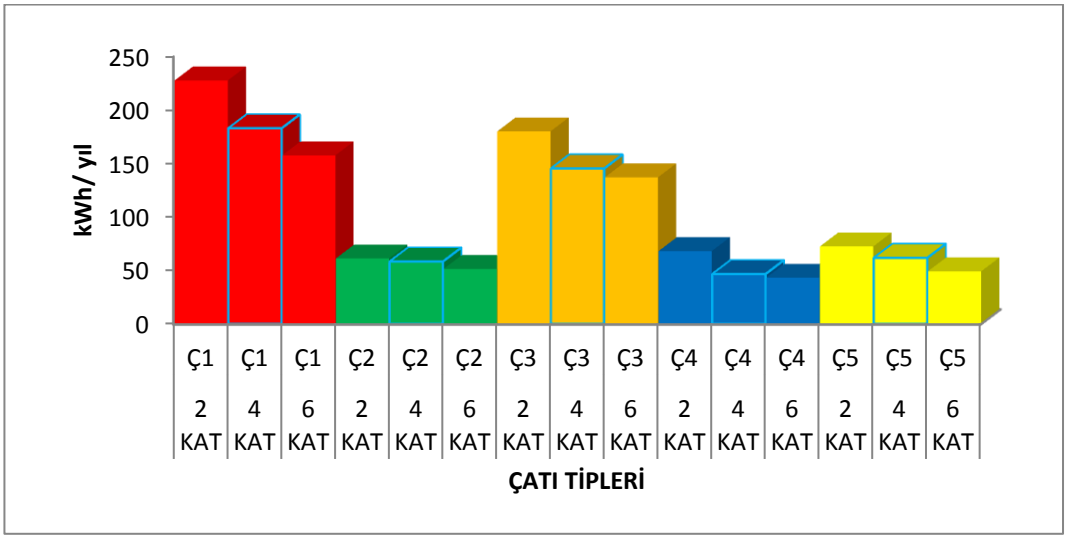
Şekil 5.2'de 2. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen İstanbul ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de katların artışına bağlı olarak ısıtma enerji ihtiyacının düştüğü görülmektedir. En düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) altı katlı binada tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. İstanbul ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

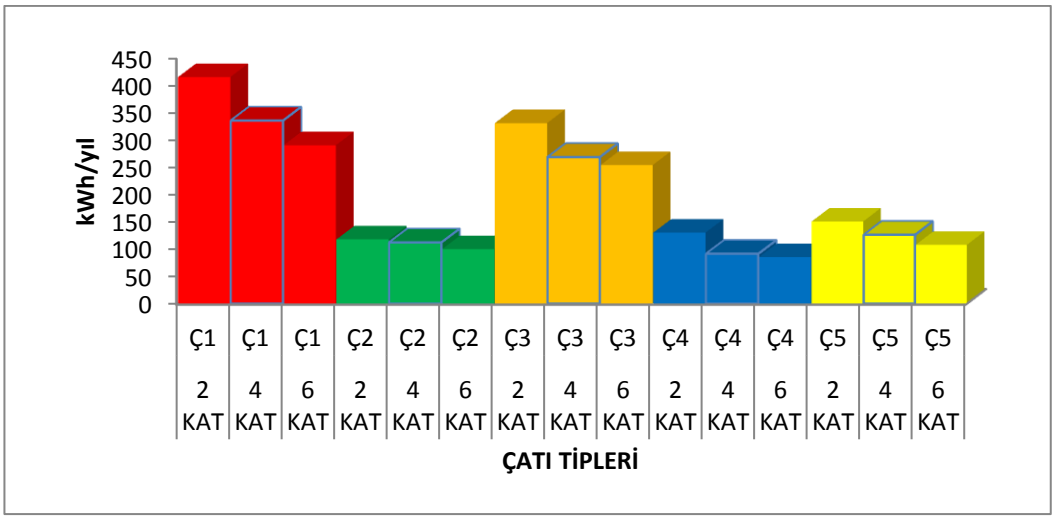
Şekil 5.3'de 3. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen Ankara ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de katların artışına bağlı olarak ısıtma enerji ihtiyacının

düştüğü görülmektedir. En düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) altı katlı binada tespit edilmiştir.



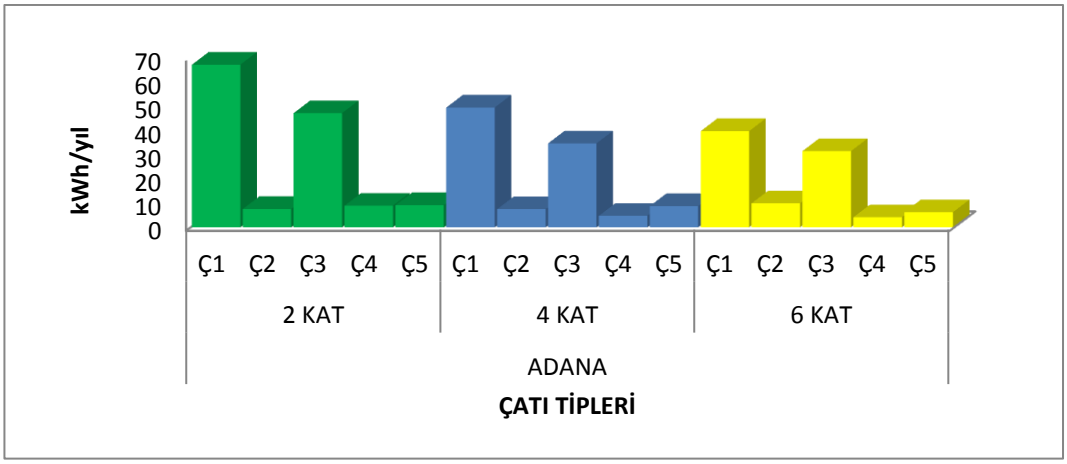
Şekil 5.3. Ankara ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

Şekil 5.4'de 4. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen Erzurum ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de katların artışına bağlı olarak ısıtma enerji ihtiyacının düştüğü görülmektedir. En düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) altı katlı binada tespit edilmiştir.



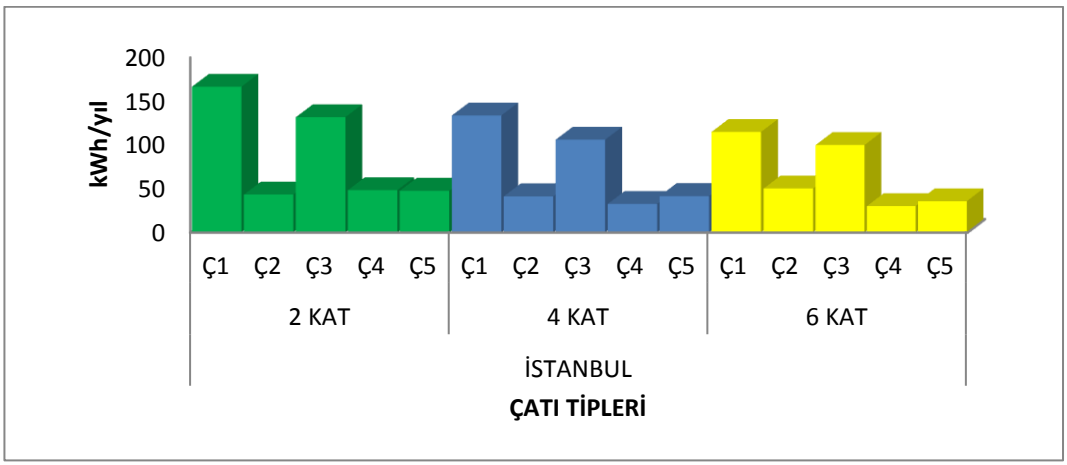
Şekil 5.4. Erzurum ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

Şekil 5.5'de 1. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen Adana ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de iki, dört ve altı katlı binalarda ayrı ayrı incelendiğinde tüm kat tiplerinde en düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) tespit edilmiştir.



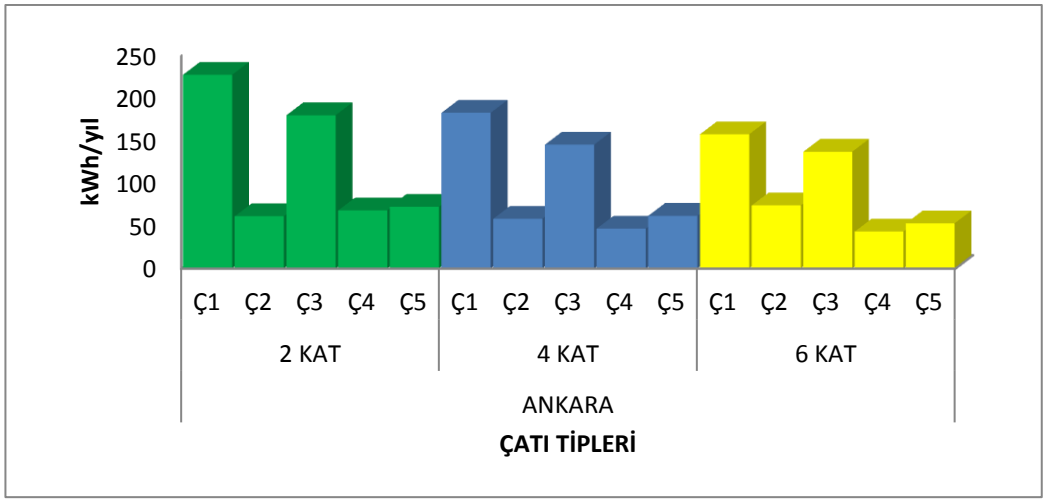
Şekil 5.5. Adana ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

Şekil 5.6'da 2. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen İstanbul ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de iki, dört ve altı katlı binalarda ayrı ayrı incelendiğinde tüm kat tiplerinde en düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) tespit edilmiştir.



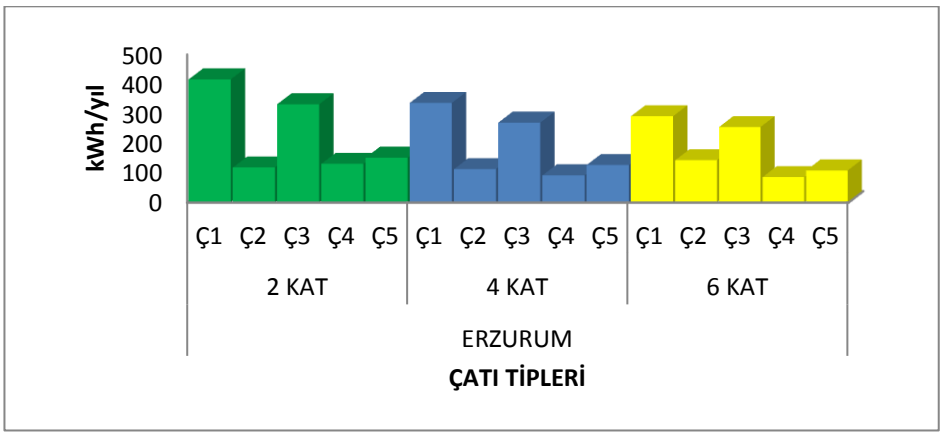
Şekil 5.6. İstanbul ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

Şekil 5.7'de 3. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen Ankara ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de iki, dört ve altı katlı binalarda ayrı ayrı incelendiğinde tüm kat tiplerinde en düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) tespit edilmiştir.



Şekil 5.7. Ankara ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

Şekil 5.8'de 4. Derece Gün Bölgesine temsilen seçilen Erzurum ilinde beş farklı çatı tipi olan $Ç_1$,$Ç_2$,$Ç_3$,$Ç_4$,$Ç_5$'de iki, dört ve altı katlı binalarda ayrı ayrı incelendiğinde tüm kat tiplerinde en düşük enerji ihtiyacı $Ç_4$ tipinde (duvar yalıtımlı, eğimli çatı yalıtımlı) tespit edilmiştir.



Şekil 5.8. Erzurum ilindeki beş farklı çatı tipinin iki, dört ve altı katlı binalardaki ısıtma enerji ihtiyaçları

BEP-TR programının 1.096 versiyonu kullanılarak elde edilen sayısal sonuçlardan iki, dört ve altı katlı konut binalarında öncelikle yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar arasındaki farkın ısıtma yüklerinde %50-%80 arasında değiştiği görülmektedir. Çatı tipinin düz teras ve eğimli olması durumunda ise farklı Derece Gün bölgelerindeki illerde sonuçların ısıtma yüklerinde %15-%45 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı planlı örnek yapıda kat adedinin artmasına bağlı olarak görülen değişim %10-%40 arasındadır. Genel olarak kat sayısının artmasıyla iyileşen sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmadaki kabullerle elde edilen bulgulara göre en düşük ısıtma enerji ihtiyacı sonuçları eğimli çatılarda elde edilmiştir. Sera gazı emisyonu değerleri de Derece Gün bölgelerine ve yalıtım durumlarına göre farklılık göstermiştir.

Çalışmada tüm Derece Gün bölgelerinde kullanılan yalıtım kalınları aynıdır. 1.2.3. ve 4. Derece Gün Bölgesi arasında büyük farklılık olduğu görülmektedir. Böylece Derece Gün bölgeleri arasındaki iklim değişiminin yapı kabuğuna da yansıması gerektiği görülmektedir. Özellikle Derece Gün bölgelerine göre yalıtım kalınlıklarının arttırılması gerektiği de elde edilen bulgular arasındadır.

BEP-TR de kullanılan basit saatlik (yarı dinamik) hesaplama metodu ile elde edilen sonuçlarda soğutma ihtiyacı hesaplarında yalıtım katmanın gelmesine bağlı olarak ısıtmadakinin aksine farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum yalıtım katmanının gündüz olumlu etkisinin olmasının yanında gece farklı etkilemesine bağlanabilir.

Sera gazı emisyonu açısından özelikle sıcak iklimden soğuk iklime geçişte Derece Gün bölgesi arttığında sera gazı emisyon değerlerinin de değişkenliği görülmektedir. Sayısal rakamlarda çok farklılık olmamasına rağmen toplam enerji tüketim sınıflarında değişkenlik dikkati çekmektedir.

BEP-TR programı ile elde edilen sayısal verilere göre; sıcak iklim bölgesinde (Adana) soğutma yükleri daha yüksek, soğuk iklim bölgesinde (Erzurum) daha düşüktür. Ancak yalıtımlı durumda ısıtma yüklerinin aksine soğutma yükleri özellikle artmaktadır. Az katlı ve çok katlı binalarda soğutma yüklerini karşılaştırdığımızda kat sayısı arttığında (dört, altı) soğutma yükleri arasındaki fark artmaktadır. Soğutma yükleri arasındaki fark en fazla iki katlı binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumda belirlenmiştir.

BEP-TR programı cad tabanlı olmadığı için sistemde kayıtlı bulunan 17 farklı bina formundan projemize en uygun olanı seçilmektedir. Bu durumda kayıtlı bulunan bina geometrilerinden çok farklı geometriye sahip binalar da seçilen bina formuna benzetilerek hesaplama yapılmaktadır. Gerçek cad tabanlı çizimleri girilemediği için sonuçlar yaklaşık olarak elde edilmektedir. Bakanlık yetkililerinden alınan bilgiye göre sonuçların gerçeğe yaklaşık %70 oranında yakın olduğu yönündedir. Binanın konumu, geometrisi, cephelerin farklı açılarda yönlenmesi gibi durumları göz ardı ederek hesaplama yapılmaktadır. Kullanılan mevcut versiyonda özellikle web tabanlı olmasından kaynaklanan aksaklıklar yaşanabilmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı hesaplama sisteminde sadece sıcak su (kollektör kullanımı) verisi olarak girilebilmektedir. BEP-TR'nin yeni versiyonlarında yenilebilir enerji kullanılmasıyla ilgili çalışma yapılmalıdır. Ancak bu durumlarda pasif binalar ile A sertifikalı binalara sahip olunabilecektir.

Ulusal ve uluslararası kabullerde binalarda yıllık enerji tüketimleri incelendiğinde bu sayıların değişiklik gösterdiği görülmektedir. Normal binalarda genellikle 150/300 kWh/m^2 arasında değişen bu sayısal değerler, binaların enerji verimli özelliklerine göre de değişim göstermektedir. Örneğin düşük enerjili binalarda bu değer yıllık 40/50 kWh/m^2'ye düşerken, pasif binalarda 15/kWh/m^2'nin altındadır. Bu çalışmada kullanılan bina özelliklerine bağlı olarak elde edilen yıllık enerji tüketimleri yalıtımsız binalarda 150/450 kWh/m^2 arasındadır. Yalıtımlı binalarda 125/200 kWh/m^2 arasında tespit edilmiştir.

BEP-TR programında oluşturulan sertifikalarda enerji ihtiyaçlarının yanı sıra enerji tüketimlerine karşılık gelen enerji sınıfları da belirtilmektedir. Enerji tüketiminde mikro ölçekte baktığımızda sonuçlar arasında A enerji sınıfları görülmektedir. Ancak sertifika toplam enerji tüketimlerini dikkate olarak sınıf belirlemektedir. Yalıtımsız binalarda enerji sınıfları F ve G olduğu görülmektedir. Yalıtımlı binalarda ise ağırlıklı olarak C olduğu ve çok nadir B enerji sınıfına sahip sertifikalar görülmektedir. Yönetmelik gereği binalara EKB oluşturulabilmesi için en düşük enerji sınıfı C olarak belirlenmiştir. Türkiye'deki sertifikaların büyük bir kısmının C çıkmasının nedeni binaların enerji ihtiyaçların büyük bir bölümünün ısıtma için harcanmasıdır. Türkiye'de ısı yalıtımı için oluşturulan katmanların kalınlığı da sınırlı kalmaktadır. Yeterli kalınlık

ve tabaka projelendirilse bile uygulamadaki teknik eleman yetersizliği ve denetiminin yapılamaması çözüm getirilmesi beklenen sorunlar arasında gösterilebilir.

Çalışmada elde edilen sayısal verilere göre yıllık enerji tüketimleri 125/450 kWh/m^2 arasında değişmektedir. Özellikle Ülkemizdeki mevcut bina stoku arasında 22 milyon binanın 16 milyonunun yalıtımsız olduğu bilinmektedir [62]. Ayrıca Türkiye'deki toplam EKB'li bina sayısı 330 bindir. Mayıs 2017 yılında yalıtımsız binaların yalıtılması hedefine ulaşmanın olasılığı çok düşüktür. 2023 yılında nitelikli 10 milyon bina hedefinde ise gerçekleşme oranı %3,3'dür. Özellikle enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye'nin en kısa zamanda binalarda enerji performansı ile ilgili olarak yaptırımlarını ciddi oranda kontrol altına alması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerdeki standart ve yönetmelikler gibi Türkiye'de de yürürlüğe girmesiyle denetim mekanizmanın da çalışması gerekmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarını kullanımında maalesef öncü ülkeler arasında yer almamaktayız. Türkiye'de mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla her alanda değerlendirilmesinin arttırılması gerekmektedir. Bununla birlikte yeni ve mevcut binalarda özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının binalara entegre edilebildiği sistemler kullanılarak enerji tüketimleri ve kullanımları daha çevreci ve ekonomik hale getirilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] KARAKOÇ H., TURAN O., BİNYILDIZ E., YILDIRIM E. **Isı Yalıtım Kitabı**, Rota Yayın Yapım, İstanbul, s:4-15, 2011.

[2] Araştırma Planlama Ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Elektrik Sektör Raporu - Ankara, Sf No:3, Mayıs 2016.

[3] ELMA O., SELMANOĞULLARI U.S., NAKİR İ., TANRIVERDİ M., **Yeşil Binalar İçin Net Sıfır Enerjili Aydınlatma Sistemi Tasarımı Ve Ekonomik Analizi**, İstanbul, 2011.

[4] ÖZ E.U., **Konutlarda Enerji Kullanım Eğilimleri ve Tüketimin Çevre Faktörleri ile İlişkisi**, Bursa Örneği" Makale, sf:57, 2011.

[5] A.B.D. Department Of Energy," Introduction to Building Systems Performance: Houses That Work II" A.B.D., sf:5-7, 2003.

[6] TOKUÇ A., **İzmir'de Enerji Etkin Konut Yapıları İçin Tasarım Kriterleri**, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Sf:4, 2015.

[7] CRAWLEY D., TORCELLİNİ P., PLESS S., DERU M., **Zero Energy Buildings: A Critical Look At The Definition** National Renewable Energy Laboratory, 14-18, Sf:2-4, Kaliforniya, Ağustos 2016.

[8] BEDİR M., **Konut Yapılarında Enerji Performansının Yükseltilmesine Yönelik Tasarım Aşamasında Energy 10 Programının Kullanılması Ve Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Sf No: 17-26, 2006.

[9] UÇURUM E., **Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi İTÜ FBE Mimarlık ABD, Sf:79, Haziran 2007.

[10] SOYSAL S., **Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimleri İlişkisi** Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Sf:5, 2008.

[11] MAÇKA S., **Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, Sf:2,7, 2008.

[12] SHANG-YUAN CHEN, CHEN-YEON CHU, MİNG-JEN CHENG, CHİU-YUE LİN, **The Autonomous House: A Bio-Hydrogen Based Energy Self-Sufficient Approach**, International Journal of Environmental Research and Public Health, Tayvan, sf:1515-1529, 2009.

[13] WAGHORN M., **Design For Self-Sufficient Living**, Off-Grid-Design-.com, Riga. 2010.

[14] ÜNSAL B., **Bir TOKİ Konut Örneğinde Isıtma Ve Soğutma Enerji Yüklerinin Farklı İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi** Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Sf:21,2012.

[15] YİĞİT K., **Bep-Tr Yazılımı İle Konutlarda Enerji Kimlik Belgesi Uygulaması Ve Aydınlatmaya Yönelik Tüketilen Enerjinin Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.

[16] OWEN B., **Context is King: A Case Study of an Autonomous House in Sweden,** Yüksek Lisans Tezi, Uppsala Üniversitesi, İsviçre, 2015.

[17] KINACI M.F., **BEP-TR, Passıvhaus Ve Energystar Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

[18] BP "Statistical Review Of World Energy 2016", Londra, 65.Baskı, Sf:3,4,5-44, 2016.

[19] REN21 , Renewables 2014 Global Status Report, Sf No: 21 , 2015.

[20] REN21 , Renewables 2016 Global Status Report , Sf No: 28 , 2016.

[21] http://www.enerji.gov.tr [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[22] Türkiye İstatiktik Kurumu, "Basın Odası Haberleri", Sayı:26, Sf:1, 2016.

[23] Araştırma Planlama Ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Elektrik Sektör Raporu-, Ankara, Sf No:14, Mayıs 2016.

[24] GÜÇLÜER D., BATUK F., **Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS ÇÖKA Yöntemi İle Belirlenmesi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı, Ankara, Sf:2, 2011.

[25] BAYRAÇ H.N., **Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları**, Uludağ Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Bursa, Sayı No:1, Sf:37-57, 2011.

[26] MALKOÇ Y., **Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Profilimizdeki Yeri**, EİE İdaresi Genel Müdürlüğü Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Sf:32 Ankara, 2011.

[27] United Nations, Framework Convention On Climate Change, Draft decision -/CP.21, Adoptıon Of The Parıs Agreement, Sf No: 2, 2015.

[28] http://www.cedbik.org/cedbikkonut-sertifikasi_p1_tr_44_.aspx [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[29] SEV A., CANBAY N., **Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme Ve Sertifika Sistemleri**, Yapı Dergisi, Yapıda Ekoloji Eki, Sayı 329, Sf:42, 2009.

[30] http://www.iisbe.org [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[31] ÇEDBİK, "Konut Sertifika Kılavuzu" Yeni Konutlar Versiyon 3.0, Haziran 2 015, Sf:11,12, Haziran 2015.

[32] https://tr.wikipedia.org [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[33] http://architecture.about.com/od/general/ig/RoofStyles/GambrelRoof.htm?o=38472&l=dir&qsrc=999&qo=aboutSiteSearch&ad=dirN&ap=architecture.about.com [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[34] KARASU T., BÜYÜKLÜ K., **Çatılarda Yalıtımın Önemi Ve Konutlarda Uygulama Örnekleri**, Türkiye Mühendislik Haberleri, 2003/5, Sayı:427 Sf:112-115, 2003.

[35] www.eie.gov.tr [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[36] SÖZEN M.Ş., **Yapı Kabuğunda Isı Ve Ses Yönünden Denetim-Konfor İlişkisi**, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sf:34, Şubat 2001.

[37] DEMİRARSLAN S., DEMİRARSLAN O., **Çatı Tasarımında Beklentileri Etkileyen Teknik, Yasal ve Sosyo- Kültürel Etkenler** 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12 – 13 Nisan 2012 Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü – Bursa, 2012.

[38] Bio Regional Solutions For Sustainability, **BedzED Seven Years,** On The İnpact Of Uk's Best Known Eco- Village And İts Residents, Sf:17, 2009.

[39] TÜRKÇÜ Ç., **Çağdaş Taşıyıcı Sistemler**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.

[40] GÜR V. **Yapı Kabuklarının Geleceği Değişkenlik ve Adaptasyon İhtiyacı,** 1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 2004.

[41] ALPTEKİN G.Ö., BOSTANCIOĞLU E., KASAP E., **İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Çatı Eğimlerinin Değerlendirilmesi,** Yalıtım Dergisi, İstanbul, Sayı:141, Sf:56-62, 2015.

[42] MEGEP, İnşaat Teknolojisi Kitabı, **Çatı Plan Ve Detayı Çizme,** Ankara, Sf:4-10, 2009.

[43] BUCHANAN P., **Renzo Piano Building Workshop – Complete Work-Volume Two**, Phaidon. 2006.

[44] YILDIZ A., **Kırklareli-Babaeski Gar Binalarının Mimar Ve Yapısal Analizi**, SDU International Technologic Science, Sf:56, 2013.

[45] The City of Vancouver's Greenest City 2020 Action Plan, Sf:16,17, 2012.

[46] http://www.ecoarc.co.uk/case-study2_Findhorn.html [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[47] ANBARCI M., GİRAN Ö., DEMİR İ.H., **Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri İle Türkiye'deki Bina Verimliliği Uygulaması**, e-Journal Of New World Sciences Academy, Sf:370-375, 2012.

[48] KISA OVALI P., **Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması "Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi"**, Doktora Tezi, Edirne, Sf No:146-149, 2009.

[49] http://kalialiving.com/project/luna-2/ [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[50] BODUROĞLU Ş., **Akıllı Binalarda Enerji Etkin Cephe Tasarımı**, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe yerleşkesi, Buca – İzmir, 15-16 Nisan 2010.

[51] Arup, Building Physics, www.arup.com Sf:7, [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[52] http://www.ekoyapidergisi.org/1165-mini-portfoy-gokhan-avcioglu.html [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[53] BULUT N.A., **Pasif Evler Ve Fırsatlar**, Türkiye İMSAD, Sf:45-50, 2015

[54] http://inhabitat.com/zero-energy-green-tomorrow-house-achieves-leed-platinum/#popup-109359 [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[55] http://guzarchitects.com/# [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[56] http://www.mevzuat.gov.tr/ [Erişim Tarihi: 17/01/2017].

[57] http://www.bep.gov.tr [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[58] MMO, EKB uzmanlık eğitimi sunum,2013.

[59] GEDİK G.Z., ERİKCİ S.N., **Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) Kapsamında, Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Biçimi Dönüşümünün Ve Zon Sayısı Hesabının Değerlendirilmesi**, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2015.

[60] http://beptr.bep.gov.tr/ [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[61] http://www.tuik.gov.tr/ [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

[62] http://yesilekonomi.com/verimlilik/turkiyedeki-22-milyon-binanin-16-milyonu-yalitimsiz [Erişim Tarihi: 17.01.2017].

ÖZGEÇMİŞ

Sinan MERAL, 1987 yılında İstanbul ili, Avcılar ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında Trakya Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü'nden Mimar olarak mezun oldu. 2011 yılında aynı üniversitede yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Evlidir.

İletişim için; mimarsinanmimarlik@mynet.com
mimar_sinan1@hotmail.com
emihlayanlar@trakya.edu.tr

İş Deneyimi :

2017 - devam	**Ulusal Gayrimenkul Değerleme A.Ş.**
	-Gayrimenkul değerleme uzmanı (Sözleşmeli)
2012 - devam	**Mimar Sinan Sos. Hizm. Oto. Mim. İnş. T. San. Tic. Ltd. Şti.**
	–Mimarlık ve Mühendislik Ofisi (şirket ortağı)
2013- 2016	**Ulusal Gayrimenkul Değerleme A.Ş.**
	-Gayrimenkul değerleme uzmanı (Kadrolu)
2011	**Çetaş Proje Mimarlık – Mühendislik (iş ortaklığı)**
	-Mimari proje ve iş takibi
2009	**Mimar Sinan İnşaat**
	-Şantiye şefliği
2009	**İsmet OSMANOĞLU Mimarlık Ofisi**
	Proje bazlı (avcılar merkez cami ve kültür kompleksi projesi)
2006 - 2007	**Aydın Mimarlık-Mühendislik - Çetaş Proje Mimarlık**
	Staj yaz pratiği (uygulama projesi çizimi ve şantiye)

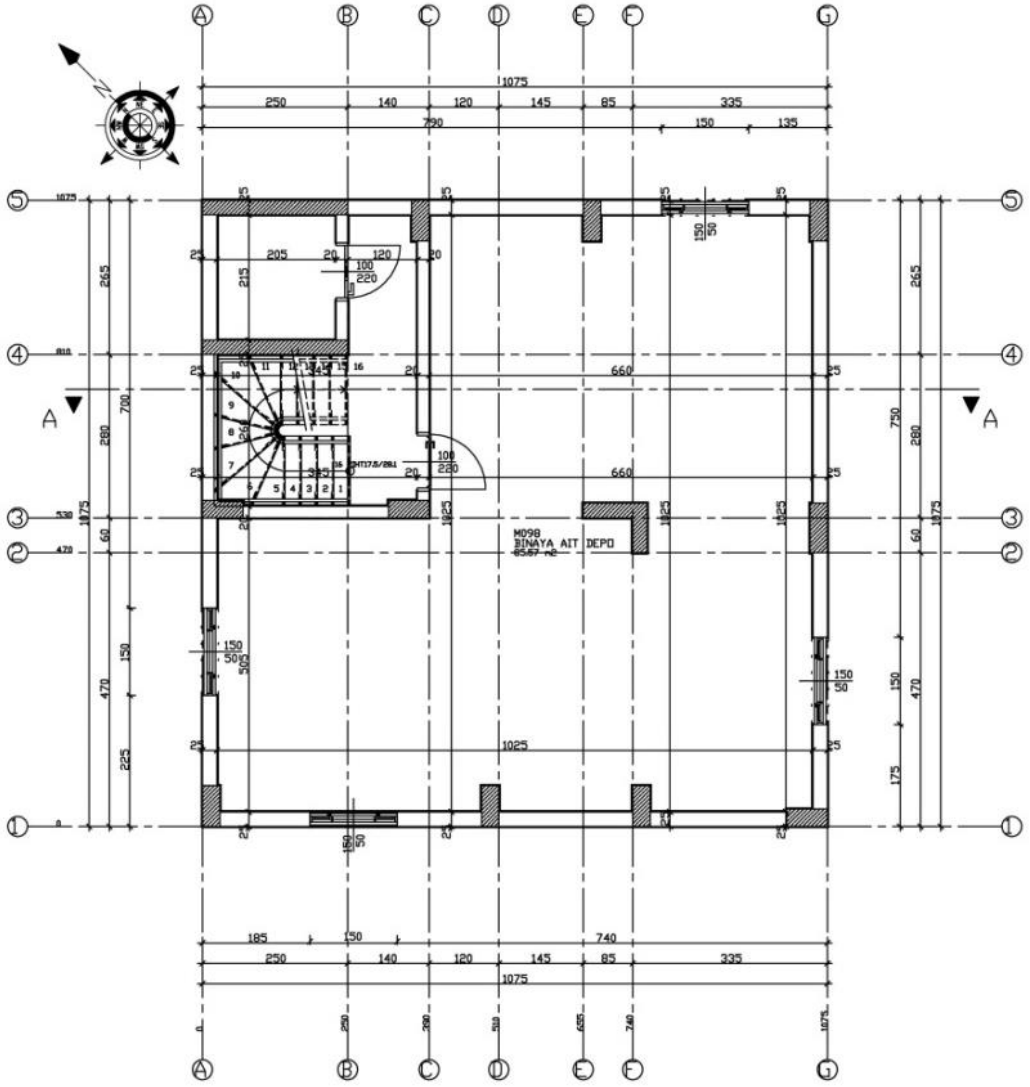
TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

1. Mıhlayanlar, E., Meral S., **Yeşil Binalarda Enerji Etkin Çatıların Önemi**, Akıllı ve Yeşil Binalar Kongresi ve Sergisi, Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Ankara, 2013

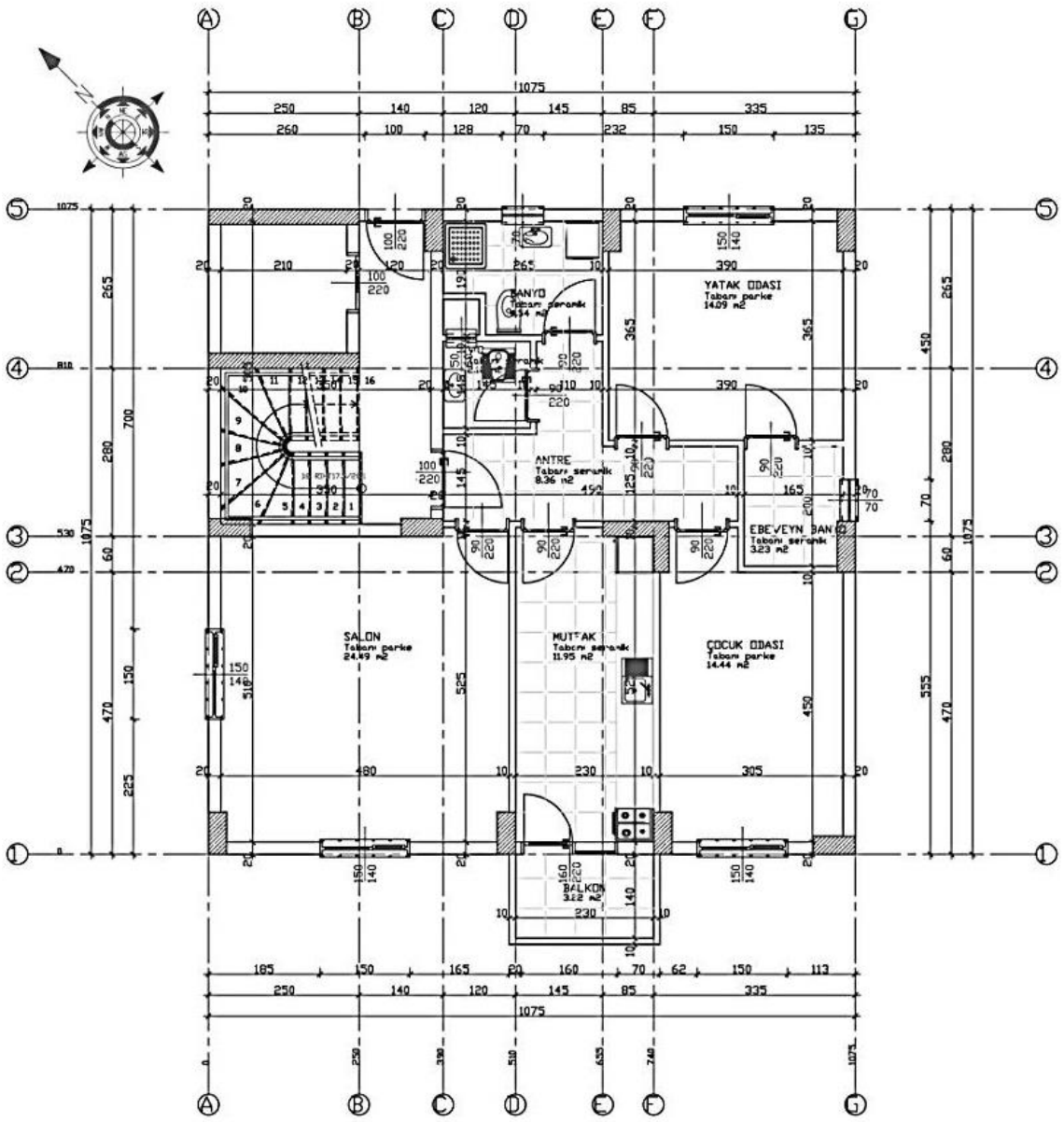
2. Meral S., Mıhlayanlar, E., **Enerji Performansı Açısından Bina Kabuğunda Yasal Sınırlamalar**, 9. Uluslararası Sinan Sempozyumu, Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Edirne, 2015

EKLER

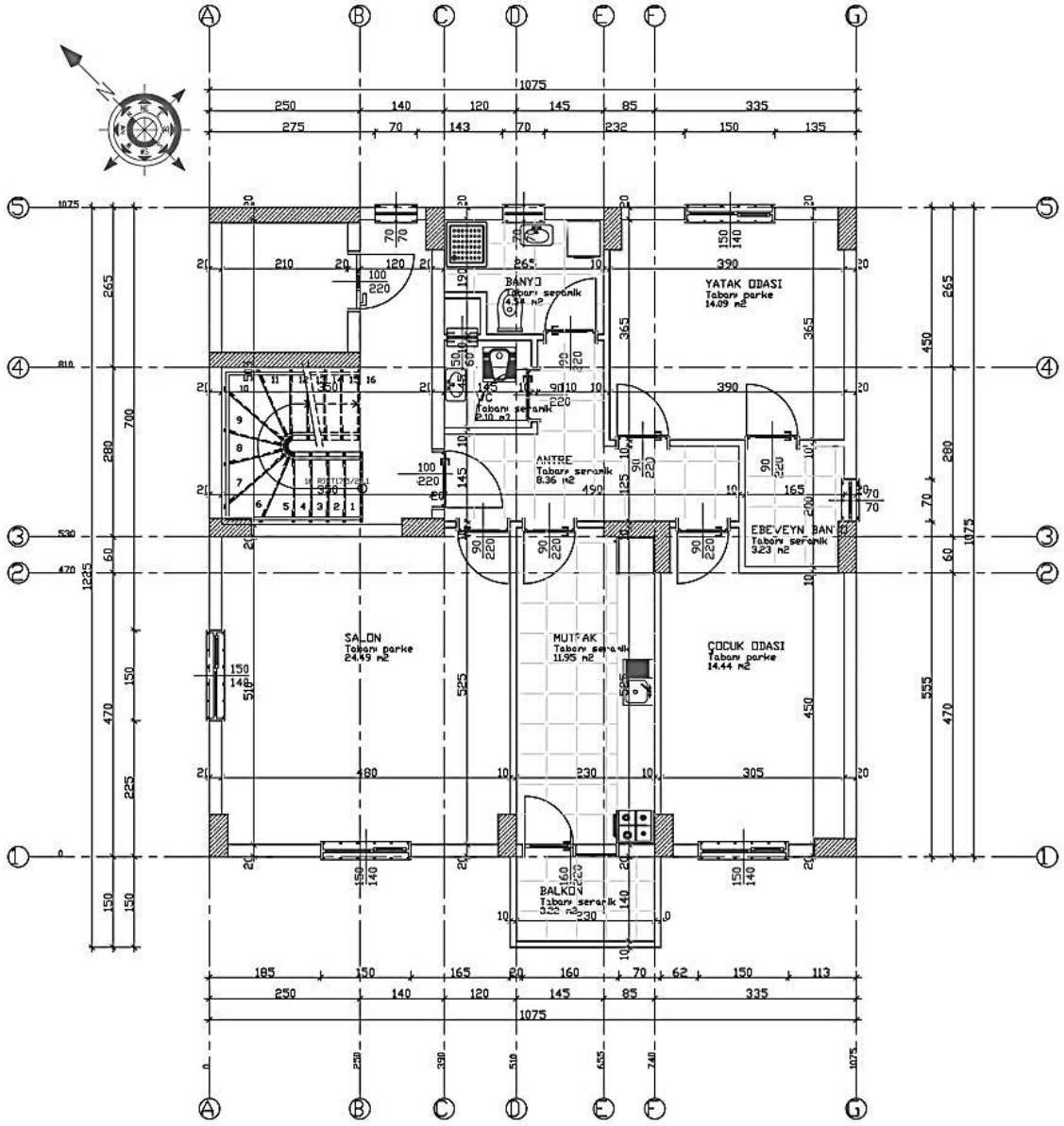
EK-A ÖRNEK KONUT PROJESİNE AİT KAT PLANLARI



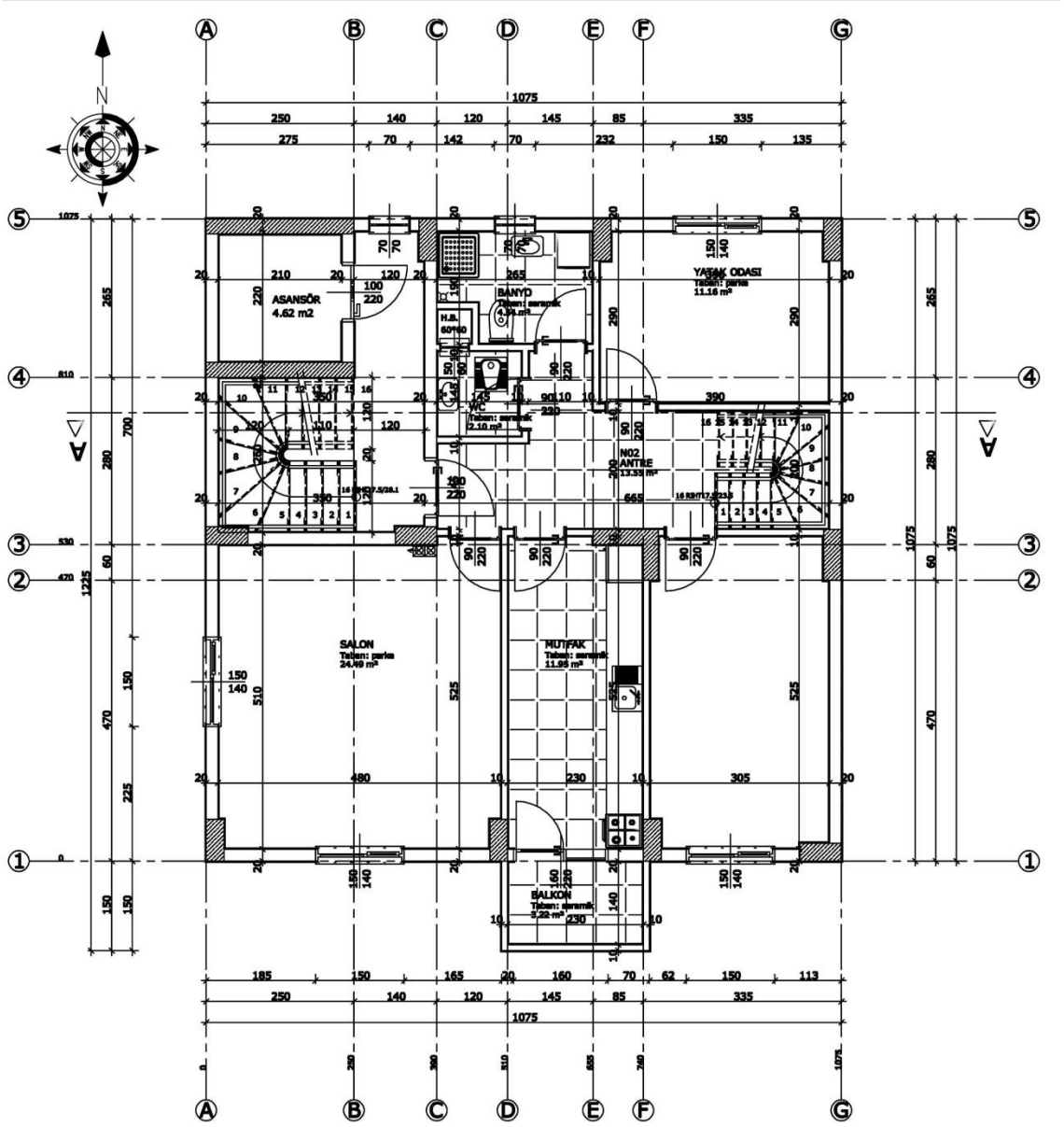
Şekil A.1. İncelenen örnek proje bodrum kat planı



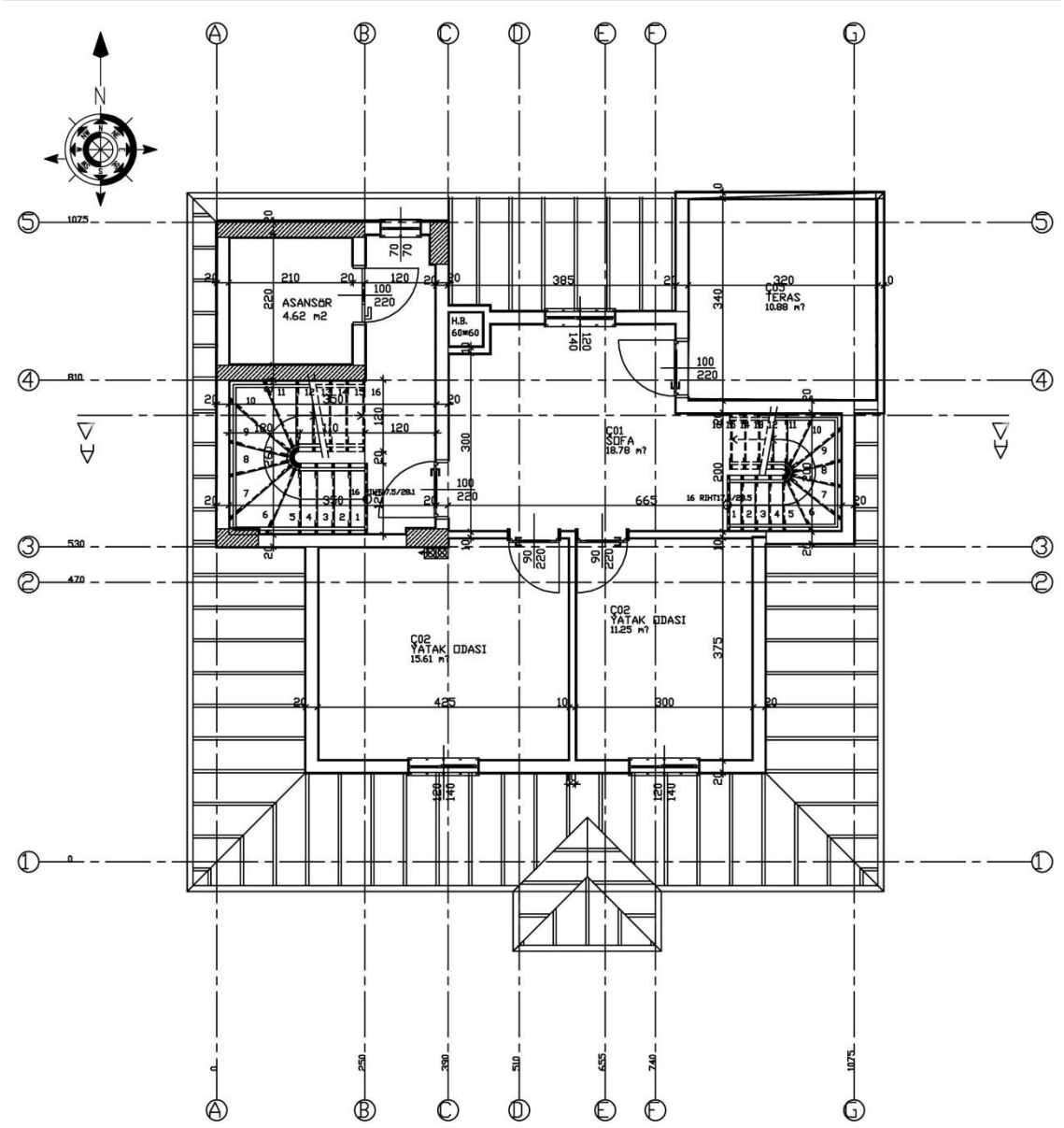
Şekil A.2. İncelenen örnek proje zemin kat planı



Şekil A.3. İncelenen örnek proje normal kat planı

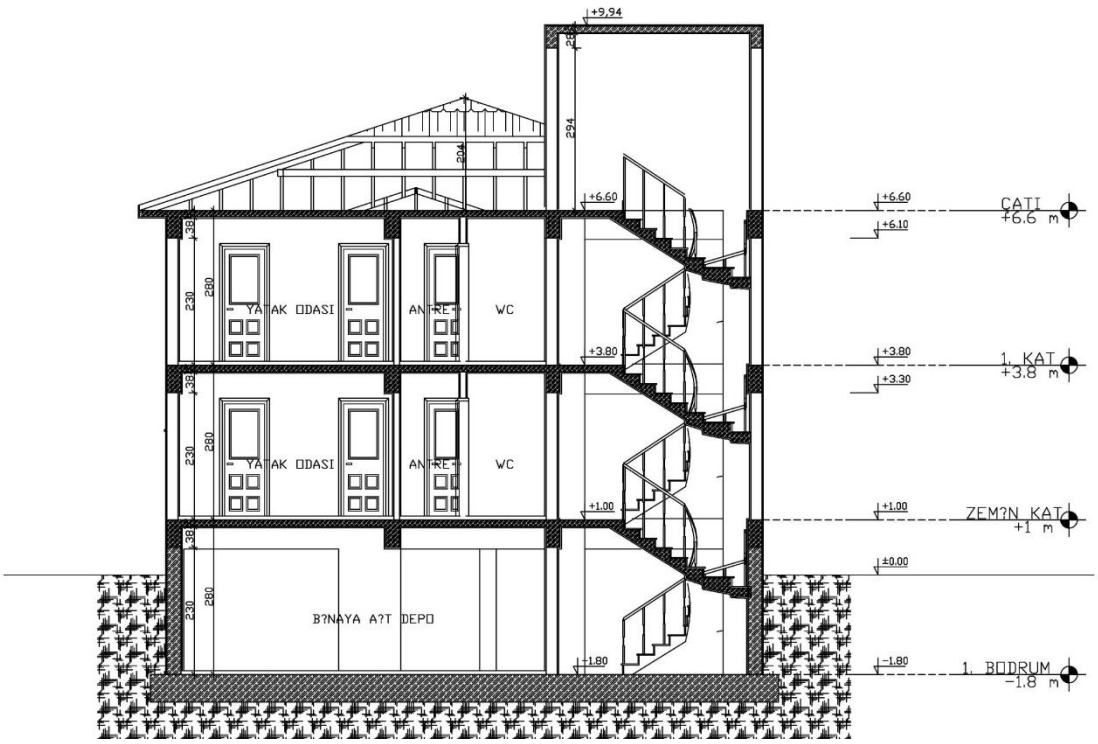


Şekil A.4. İncelenen örnek proje son kat planı

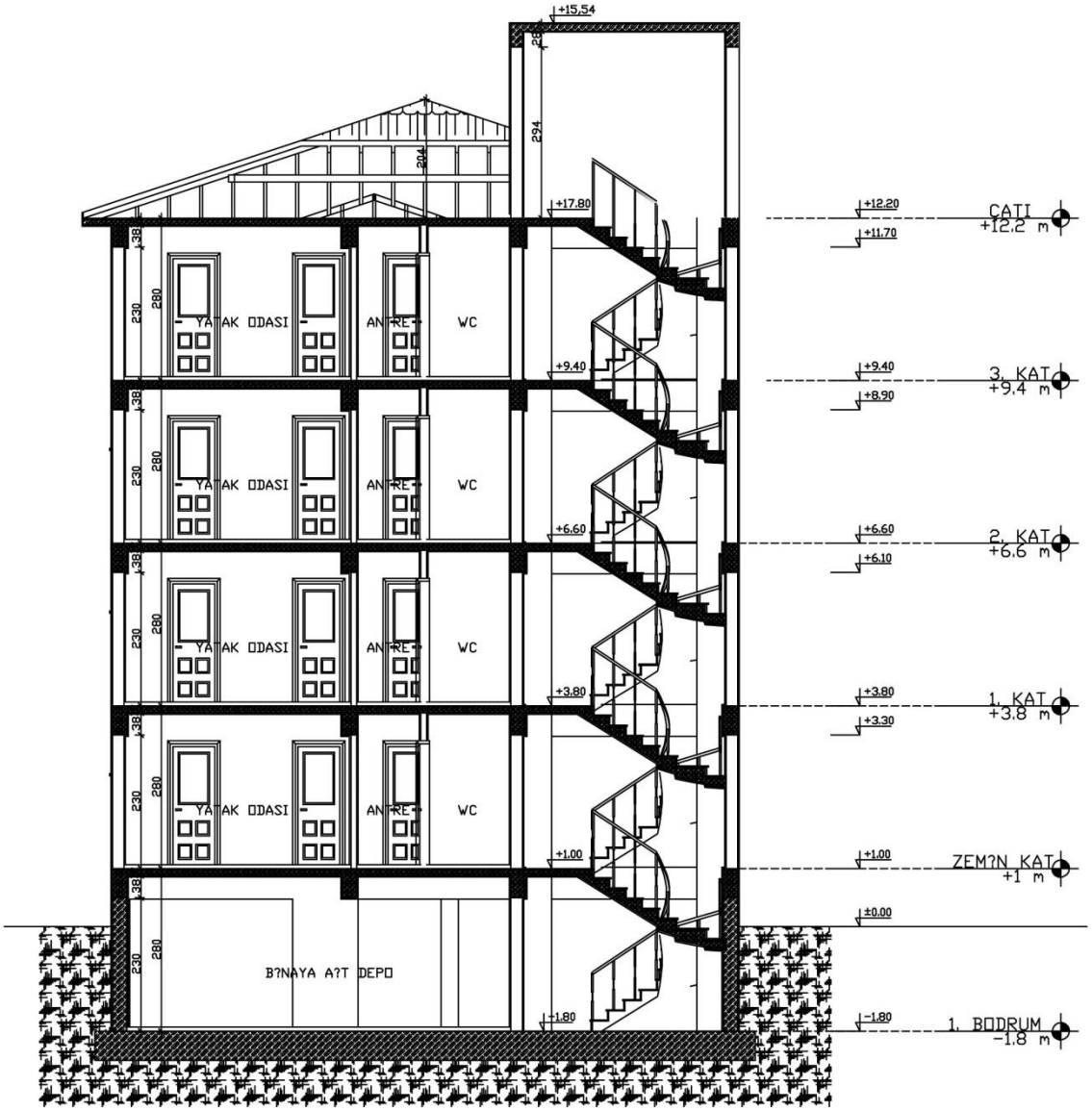


Şekil A.5. İncelenen örnek proje çatı arası planı

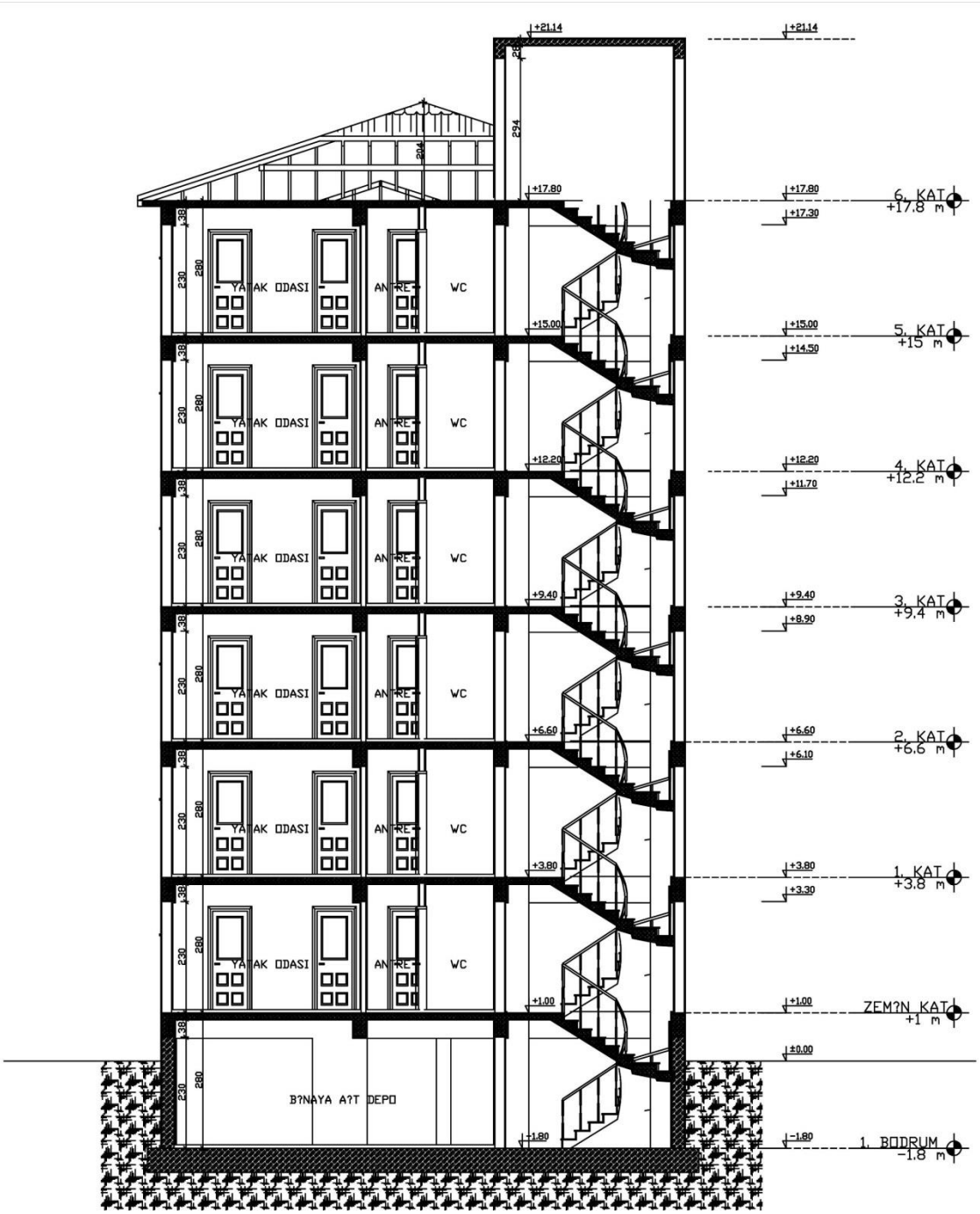
EK-B ÖRNEK KONUT PROJESİNE AİT KESİTLER



Şekil B.1. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+Z+1K / İki Katlı)



Şekil B.2. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+Z+3K / Dört Katlı)



Şekil B.3. İncelenen örnek proje A-A kesiti (B+Z+5K / Altı Katlı)