T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE BİNALARIN ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

SELCEN NUR ERİKCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. GÜLAY ZORER GEDİK

İSTANBUL, 2013

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DE BİNALARIN ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Selcen Nur ERİKCİ tarafından hazırlanan tez çalışması 27.06.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Özgür ATAYILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Ülkemizde kullanımı zorunlu hale getirilen Bina Enerji Performansı Hesaplama Yönteminin (BEP-TR), biçim ve zon hesabına bağlı olarak otel yapıları enerji yükleri hesaplamasında ortaya koyduğu sonuçlar belirlenmiştir. Yapı biçimi ve zonlama gibi parametrelerde, hesaplamalarda meydana çıkan farklılıklar değerlendirilmiş ve Design Builder programındaki analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmam süresince desteklerini benden esirgemeyen ve büyük emeği geçen değerli hocam Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK'e teşekkürlerimi sunarım. Tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu süreçte de bana her an destek olan annem Ayşe ERİKCİ, babam Bahattin ERİKCİ, kardeşlerim Burak ERİKCİ ve Emir Taha ERİKCİ ile sevgili teyzem Nuriye KAVUŞTU, enişte Ahmet KAVUŞTU ve kuzenim Kübra KAVUŞTU ile sevgili dostum Sinem ÖZSOY'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Haziran, 2013

Selcen Nur ERİKCİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vi

ŞEKİL LİSTESİ vii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xii

BÖLÜM 1 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 7
1.3 Hipotez 8

BÖLÜM 2 10

BİNA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER 10

2.1 İklimsel Veriler 10
2.1.1 Güneş Işınımı 11
2.1.2 Dış Hava Sıcaklığı 11
2.1.3 Nem 11
2.1.4 Rüzgâr 12
2.1.5 Türkiye'deki Farklı İklim Bölgeleri 12
2.1.5.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi 13
2.1.5.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi 15
2.1.5.3 Soğuk İklim Bölgesi 16
2.2 Yapısal Veriler 17
2.2.1 Yapının Konumu ve Yönlendirilmesi 18
2.2.2 Yapının Biçimi 19
2.3 Yapı Kabuğu 21
2.3.1 Isısal Konfor ve Enerji Korunumu 22
2.3.2 Doğal Aydınlatma / Gün ışığından Yararlanma 23
2.3.3 Maliyet 23
2.3.4 Farklı İklim Bölgeleri için Yapı Kabuğu Kesitinin Değerlendirilmesi 23

2.3.4.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti 25
2.3.4.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti ... 25
2.3.4.3 Soğuk İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti 25

BÖLÜM 3 26

ENERJİ PERFORMANSI ANALİZİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ 26

3.1 Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) 27
3.2 BEP-TR Genel Özellikleri 29
3.2.1 Net Enerji (Isıtma ve Soğutma) Hesaplaması 32
3.2.2 Aydınlatma Enerjisi Hesaplaması 34
3.2.3 Mekanik Sistemlere Bağlı Olarak Enerji Hesaplaması 34
3.3 ISO 13790'a Göre Enerji Sınıflandırmaları ve BEP-TR Hesap Yöntemi 35
3.4 Design Builder Simülasyon Programı 37

BÖLÜM 4 40

FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE OTEL YAPILARININ BİÇİM VE ZONLAMA ANALİZLERİ 40

4.1 Analiz için Belirlenen Plan Tipleri 42
4.1.1 Daire Planlı Otel Yapısı 42
4.1.2 Kare Planlı Otel Yapısı 43
4.2 Analizler 44
4.2.1 Analizlerde Kullanılan Veriler 44
4.2.2 Biçim ve Zonlama Analizleri 47
4.2.2.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi- İstanbul Örneği 49
4.2.2.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi- Diyarbakır Örneği 52
4.2.2.3 Soğuk İklim Bölgesi- Erzurum Örneği 54
4.2.2.4 Biçim ve Zonlama Analizleri Karşılaştırması 56
4.2.3 Mekanik Sistem ve Yapı Bileşeni Değişimi Analizleri 60

BÖLÜM 5 63

SONUÇ VE ÖNERİLER 63

KAYNAKLAR 66

EK-A

PİLOT İLLERİN İKLİM VERİLERİ 70

ÖZGEÇMİŞ 76

KISALTMA LİSTESİ

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BEP-TR	Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi
DIN	Deutsche Industrial Norme
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
EN	European Norm
EPDB	European Energy Performance of Buildings Directive
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
ISO	International Organization of Standardization
RC	Resistance Capacitance

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Türkiye'de İklim Bölgelerinin Dağılımı 13
Şekil 2. 2 Rüzgar Doğrultusu, İstanbul 14
Şekil 2. 3 Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, İstanbul 14
Şekil 2. 4 Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, İstanbul 14
Şekil 2. 5 Rüzgar Doğrultusu, Diyarbakır 15
Şekil 2. 6 Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Diyarbakır 15
Şekil 2. 7 Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, Diyarbakır 16
Şekil 2. 8 Rüzgar Doğrultusu, Erzurum 16
Şekil 2. 9 Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Erzurum, ... 17
Şekil 2. 10 Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, Erzurum 17
Şekil 2. 11 İklim bölgelerine göre biçim oranları 20
Şekil 2. 12 Yapı Kabuğundaki Isı İletim ve Taşınım 24
Şekil 3. 1 BEP-TR ekran görüntüsü 30
Şekil 3. 2 Isı Geçiş Hesapları için Isıl Şartları Farklı Zonları Ayıran Yapı Bileşenleri 31
Şekil 3. 3 Direnç-Kapasite Modeli 33
Şekil 3. 4 BEP-TR Veri Girdileri ve Çıktıları 34
Şekil 3. 5 Design Builder Bina Modellemesi 38
Şekil 3. 6 EnergyPlus Yazılımının Program Yapısı 38
Şekil 3. 7 EnergyPlus Yazılımının Simülasyon Yöneticisi Yapısı 39
Şekil 4. 1 Daire ve Kare Planda Saydam Alanlar 41
Şekil 4. 2 Daire Planlı Otel Yapısı 43
Şekil 4. 3 Kare Planlı Otel Yapısı 43
Şekil 4. 4 Otel Yapılarının Yönlendirmesi 44
Şekil 4. 5 Analizlerde Kullanılan Kesit Örnekleri 47
Şekil 4. 6 Analizler için Design Builder'da Daire Planlı Otel Ara Katı Modellemesi 48
Şekil 4. 7 Analizler için Design Builder'da Kare Planlı Otel Ara Katı Modellemesi 49
Şekil 4. 8 İstanbul Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 51
Şekil 4. 9 İstanbul Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 51
Şekil 4. 10 Diyarbakır Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 53
Şekil 4. 11 Diyarbakır Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 54
Şekil 4. 12 Erzurum Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 56

Şekil 4. 13 Erzurum Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması 56

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Farklı iklim bölgelerine göre araştırmalar sonucu bulunan uygun bina yönlendirmeleri……19
Çizelge 3. 1 Ep Bina Performans Değerlerine Göre Enerji Sınıfları 28
Çizelge 4. 1 Analiz Sınıflandırmaları..... 44
Çizelge 4. 2 Betonarme konstrüksiyon otel binası toplam hava değişim oranı 45
Çizelge 4. 3 Otel Binası Hava Sızdırmazlık Seviyeleri 46
Çizelge 4. 4 Otel Binası Doğal Havalandırma Değişim Sayısı (n) (1/h)..... 46
Çizelge 4. 5 BEP-TR'de analizi yapılan otel binası mekan girdileri 46
Çizelge 4. 6 Otel Tipleri İç Mekan Özellikleri 47
Çizelge 4. 7 İstanbul Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerji Yükleri 50
Çizelge 4. 8 Diyarbakır Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerji Yükleri 52
Çizelge 4. 9 Erzurum Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerji Yükleri 54
Çizelge 4. 10 Analizlerin Isıtma ve Soğutma Enerji Yükleri Karşılaştırması 57
Çizelge 4. 11 Analizlerin Yıllık Toplam Enerji Yükleri Karşılaştırması..... 58
Çizelge 4. 12 Isıtma Sistemi Değişim Analizleri Karşılaştırması 61
Çizelge 4. 13 İç Bölme Duvar Değişim Analizleri Karşılaştırması 61
Çizelge Ek A. 1 İstanbul'un saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C) 70
Çizelge Ek A. 2 Diyarbakır'ın saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C)..... 71
Çizelge Ek A. 3 Erzurum'un saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C) 72
Çizelge Ek A. 4 İstanbul'un saatlik ortalama bağıl nem oranı (%)..... 73
Çizelge Ek A. 5 Diyarbakır'ın saatlik ortalama bağıl nem oranı (%) 74
Çizelge Ek A. 6 Erzurum'un saatlik ortalama bağıl nem oranı (%) 75

ÖZET

TÜRKİYE'DE BİNALARIN ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Selcen Nur ERİKCİ

Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Günümüzde gereğinden fazla enerji kullanımı ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarının azalması önemli bir sorundur. Harcanan enerjinin çok önemli bir bölümü ise yapılar tarafından tüketilmektedir. Isıtma, soğutma, aydınlatma v.b. gereksinimler için yoğun enerji gerekmektedir. Otel yapılarında tüketilen enerji, tüketim basamakları arasında üst sıralarda yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, farklı iklim bölgelerinde yer alan farklı plan biçimlenişlerine sahip otel yapıları "Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi" ile analiz edilerek, binaların enerji performansı ve emisyon salım sınıfı belirlenmiştir. Bu çalışmada BEP-TR'nin farklı senaryolar için test edilmesi amaçlanmıştır.

Otel yapılarının enerji tüketiminde etkili olan faktörler;

- Yapının bulunduğu iklim bölgesi,
- Kullanıcı yoğunluğu (hangi dönemlerde ve sıklıkta kullanıldığı),
- Yapının durumu (tasarım, biçim, uygulama, yalıtım),
- Enerji sistemleri (ısıtma, soğutma, aydınlatma düzenleri)

olmak üzere sıralanmaktadır. Öncelikle otel yapılarının bulunduğu farklı iklim bölgelerinin (sıcak, ılıman v.b.) gereksinimleri belirlenerek oluşan yapı tipleri, kullanım dönemleri, yoğunluğu ve sistem tercihleri (ısıtma,soğutma v.b.) dikkate alınarak BEP-TR

hesaplama yöntemi ile binaların yıllık m² başına düşen enerji tüketim miktarı ve buna bağlı olarak CO_2 salımı hesaplanacaktır.

Bu çalışma kapsamında, enerji tüketimi konut dışı binalar arasında en yüksek olan ve birden fazla fonksiyonel mekândan oluşan otel binalarının enerji performansı, ulusal hesap modeli olan BEP-TR ve Design Builder programı ile hesaplanacak ve karşılaştırılmıştır.

Mevcut kaynaklar araştırılıp, konuyla ilgili veriler derlenerek hazırlanan bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; tezin amacı derlenen kaynaklarla beraber literatür taraması ile verilerek hipotez ortaya konulmuştur.

İkinci bölümde; çalışma kapsamında bina enerji performansını etkileyen parametreler iklimsel ve yapısal açıdan ele alınmıştır. Bunlar; iklim elemanları, seçilen üç farklı iklim bölgesinin (ılıman nemli-sıcak kuru-soğuk) genel özellikleri, yapının konumu, biçimi ve yapı kabuğunun özellikleridir.

Üçüncü bölümde; enerji performansı hesaplama yöntemi olarak kullanılan BEP-TR ve Design Builder programları ve özellikleri anlatılmıştır. Baz aldıkları hesaplama yöntem türleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde; sadece yedi tip köşegen formlu bina enerji hesaplamaları yapan BEP-TR ile her formda bina enerji hesaplaması yapan Design Builder'da analizleri yapılmak üzere daire ve kare planlı otel yapı tipleri belirlenmiştir. Elde edilen enerji hesaplamaları seçilen iklim bölgeleri için karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar bölümünde; biçim, zonlama ve mekanik sistem dizaynı farkının enerji hesabı farkını ortaya koyan parametler olarak ele alındığı analiz sonuçları üzerinden değerlendirmeler ve incelemeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin bina tasarımı, Bina enerji performansı hesaplama yöntemi (BEP-TR), Enerji kimlik belgesi, Otel yapıları, Design-Builder

ABSTRACT

EVALUATION THE CALCULATION METHODOLOGY OF BUILDING ENERGY PERFORMANCE (BEP-TR) IN DIFFERENT CLIMATIC REGIONS OF TURKEY

Selcen Nur ERİKCİ

Department of Architecture Building Physics

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

Today, excessive energy use and consequent depletion of energy resources is becoming a major problem. A very important part of the energy expended is consumed by buildings. Heating, cooling, lighting, etc. required for the high energy requirements. Hotel buildings are at the top of the steps of energy consumption ranks. In this study, hotel buildings, located in different climatic zones with different planning shapes will be analyzed by the methodology of "Building Energy Performance" and buildings' energy performances and emission classes will be determined. BEP-TR is intended to be tested for different scenarios in this study.
Factors that influence energy consumption in hotel buildings;

- the climate which the building is in,
- user density (which in periods and often used),
- condition of the building (design, form, application, insulation),
- The energy systems (heating, cooling, lighting schemes)

are listed.

First of all, by determining the requirements of different climatic zones (hot, temperature, etc.), building types, periods of use, density and system preferences (heating, cooling, etc.) will be revealed. According to this determination, buildings'

annual energy consumption per m^2 and CO_2 emissions shall be calculated by BEP-TR methodology.

In this study, energy performances of hotel buildings which have the highest energy consumption rates and have more than one functional space among the non-residential buildings will be calculated by BEP-TR and Design Builder.

This study consists five sections that is prepared by exploring the available resources and compiling the data on the subject. In the first chapter, the aim of the thesis is put forward with the literature survey and a hypothesis.

In the second chapter, the parameters affecting to the building energy performance are discussed as climatic and structural in the scope of this study. These are climatic elements, general characteristics of selected three different climate zones (temperate humid-warm dry-cold), the location, the form of the building and the features of the building envelope.

In the third chaper, the features of BEP-TR as a methodology of calculating the energy performance and Design Builder are described. Some types of calculation methods are explained.

In the fourth chaper, hotel buildings of square based and circle based hotels are determined. They are calculated in BEP-TR, which makes energy analyses in only seven, diagonal types of building and Design Builder, which calculates energy loads for every form of building types.

In results, parameters which reveal the difference in the energy calculations within the difference in shape, zoning and mechanical system design are evaluated and investigated.

Keywords: Energy efficient building design, Building energy performance methodology (BEP-TR), Energy identification certificate, Hotel buildings, Design Builder

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Tüm dünyada enerji kaynaklarının hızla tükenmesi enerjinin korunması ve tasarruf edilmesi gerekliliğini doğurmuştur. Enerji sorununa çözüm bulmak için diğer gelişmiş ülkeler gibi ülkemizde de enerji kanun ve yönetmelikleri düzenlenmiştir.

Bu tezin çalışma alanlarında, enerji harcamalarının önemli bir bölümünü oluşturan otel yapıları ele alınmış ve Türkiye'den seçilen farklı iklim bölgeleri için Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile enerji hesaplamaları yapılmıştır. BEP-TR, "5627 Enerji Verimliliği Kanunu" ve buna bağlı olarak çıkartılan "Bina Enerji Performansı Yönetmeliği"ne göre düzenlenmiş bir enerji hesaplama yöntemidir. Yöntem, binaların ısıtma, soğutma, mekanik ve aydınlatma yükleri açısından enerji giderlerini hesaplayarak buna göre enerji sınıflarını belirler. Geliştirilmeye devam edilen BEP-TR içerisinde belli formları (köşeli formlar) içeren bina tiplerini hesaplayabilmektedir.

Bina Enerji Performansı değerlendirmesi üzerine çok sayıda çalışma olduğundan, aşağıda bu çalışmalardan tez konusu ile ilgili olanlar seçilerek, özetlenmiştir.

Yasan A.S., 2011 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, bina enerji harcamalarında etkili olan tasarım parametrelerinin uygun değerleri sayesinde enerji verimliliğine ulaşmayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında ele alınan Tarımköy konutları ülkemiz için önem taşıyan bir bölge olan Urfa'dan seçilmiş, küçük ölçekli, maliyeti düşük binalarda uygulanabilirliğinin kanıtlanması açısından da ayrıca önem ifade etmektedir.

Enerji harcamalarını azaltan uygun alternatiflerin belirlenmesi ile enerji yükleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir[5].

Soysal S., 2008 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, bir site içerisinde yer alan konut bloklarının ısıtma yüklerini karşılaştırmaktadır. Tüm iklim bölgelerinde doğu batı yönünde yerleştirilen binaların, güney cephesinde güneş kazancı sağlarken, kuzeyde ısı kaybının minimum düzeye çekilmesiyle en uygun yerleşim çözümünün sunulabileceğini ifade etmektedir. Form uzunluğunun yanı sıra daire yönlendirmelerinin de ısıtma yükleri açısından önemini vurgulamaktadır[6].

Şerefhanoğlu Sözen M., 1981 yılında tamamladığı çalışmasında yapı kabuğunun iç mekanda uygun fiziki koşulların oluşmasında en etkili bileşenlerden biri olduğunu belirtmektedir. Isısal, işitsel ve görsel konforun oluşmasında cam yüzeylerin yapı kabuğundaki oranlarının da etkili olduğunu ve buna bağlı olarak cam alanların belirlenmesinin öneminden bahsetmektedir. Cam yüzeylerin gün ışığı, havalandırma, gürültü, güneş ışınımları vb. etkilerinden dolayı iyi bir biçimde değerlendirilmesi üzerinde durmaktadır[7].

Berköz E., Küçükdoğdu M., Yılmaz A.Z. vd., 1995 yılında tamamlanan araştırma projesinde, iklimlendirme ve aydınlatma için yapılarda önemli oranda bir enerji tüketimi meydana geldiğini ifade etmektedirler. Bunu en aza indirmek için enerji korunumunda etkili olan enerji tasarım parametrelerine göre uygun değerler ve bu değerleri belirleyen yöntemleri açıklamaktadırlar[14].

Demirtaş A., 2011 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, Türkiye'deki enerji giderlerinin önemli bölümünü oluşturan yapıların ısıtma ve soğutma yüklerini, bulunduğu farklı iklim bölgelerine göre değerlendirmiştir. Beş farklı iklim bölgesi için tasarlanan otel yapılarının enerji harcamaları Design Builder adlı simülasyon programı ile hesaplanmıştır. İklim bölgesinin özellikleri, coğrafik koşullar, topoğrafya verileri ile şekillenen yapı biçim ve yönelişleri, her farklı iklim bölgesi için değerlendirilerek ayrı ayrı belirlenmiştir. Hesaplamalar, yatak katı ve yatak başına düşen enerji miktarı açısından farklılıklar gösterdiğinden, yapı biçim ve formlarında farklılaşmaların olduğu saptanmıştır[16].

Zorer Gedik G., 1992 yılında tamamladığı çalışmasında yapı tasarım sürecini etkileyen parametreleri kent ve yapı ölçeğinde ifade etmektedir. Öncelikle yapının bulunduğu iklim bölgesinin analizi, yapının kullanış biçiminin analizi ve yapı içi ışısal konforu oluşturacak öğelerin analizinin yapılmasınının gereğini belirtmektedir. Yapı tasarım sürecinde ilk aşamalardan uygulama aşamasına kadar ısısal konuların göz önünde bulundurulması ve buna göre tasarımların çözümlerinin oluşturulmasını açıklamaktadır[17].

Koca Ö., 2006 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, iklimsel özelliklere göre şekillenen bina tasarımlarının ve bu tasarımları etkileyen ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. ihtiyaçların enerji etkinliği açısından önemini irdelemektedir. Ele alınan sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin bina tasarım parametrelerine iklimin etkilerini araştırmaktadır[18].

Gümüş Y., 2010 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, bir toplu konut projesinin enerji etkin iyileştirmesi için önerilerde bulunmaktadır. Ataköy 1. Kısım Blokları Design Builder isimli simülasyon programı ile simule edilmiş ve ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjileri ile CO_2 salımı açısından değerlendirilmiştir. Yapılan iyileştirmeler ile enerji giderleri ve CO_2 salım oranlarında % 60'lık olumlu bir oran yakalanmıştır[23].

Akgöz E., 2004 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, enerji korunumu ve enerji etkin bina tasarımının önemi ve gerekliliklerini açıklamaktadır. Çalışmasında dış çevreye ilişkin parametreler (iklimsel elemanlar) tarafından şekillenen bina dış kabuğu, bina formu, bina yönlendirmesi vb. durumları değerlendirmektedir. Bulunulan iklim bölgesine göre referans bina formlarının tanımlanması, farklı formlarda oluşturulacak bina alternatifleri için AA / değişim alan ve taban alanlarının belirlenmesi ile yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri en verimli şekilde hesaplanmıştır[24].

Koçlar Oral G., 2000 yılında yayınladığı çalışmasında, pencere optik ve termofiziksel özelliklerinin yapı kabuğu ile birlikte değerlendirilerek seçilme ve ısıl koşulları oluşturması gerektiği üzerinde durmaktadır. Plastik ve ahşap çerçeveli çift camlı pencerelerin yapı kabuğunda seçilen belli alanlardaki saatlik ısı kayıplarını hesaplayarak, optimum sonuçları sağlayan doğrama türünün seçilmesini amaçlamıştır[25].

Yılmaz A.Z., 2006 yılında tamamladığı bir araştırma projesinde, bina tasarımının iklimsel verilere dikkat edilerek yapılması gerektiğini ifade etmektedir. Bulunulan bölgenin iklimsel verilerinin ve binanın ihtiyacı olan durumların (daha fazla gün ışığından yararlanma veya korunma vb.) öncelikle belirlenerek, tasarımın yerleşim ölçeğinden yapı bileşeni ölçeğine doğru bir değerlendirme ile oluşturulmasını belirtmektedir[26].

Manioğlu G., 2011 yılında yayınladığı çalışmasında, binalarda ısısal konforu sağlamak için harcanan enerji miktarını azaltmanın enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının temelini oluşturduğunu ifade etmektedir. Enerji kayıplarını engelleyebilmek için enerji etkin bina tasarım parametreleri dikkate alınarak titizlikle uygulanmalıdır. Bunlar; ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için farklı ölçeklerde önlemler almak, hem tasarım hem de kullanım sürecinde bu kararları uygulamak, bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ile aktif ısınma sistemlerini birarada kurgulamak, enerji etkin bina kabuğu alternatiflerinde ilk yatırım ve işletim maliyetini hesaba katmak, bina dış kabuğu toplam ısı geçirme katsayısının ısı kayıplarını azaltan türden belirlenmesi, bina formlarının ekonomiklik ve konfor yönünden belirlenmesidir. Binaların enerji giderlerinin azaltılması için gereken ekonomik analizlerde yapı sektöründe yer alan maliyet kalemlerine ilişkin bir veri tabanı oluşturularak daha gerçekçi sonuçlar elde edilecektir[31].

Aktacir M.A., Nacar M.A. ve Yeşilata B. çalışmalarında Design Builder, Energy Plus ve HAP gibi detaylı dinamik hesaplama yapan bina enerji programlarını inceleyerek ülkemiz için en uygun enerji yazılımının ortaya çıkarılması gerektiğini ya da uluslararası geçerliliği olan bir yazılımın ülkemiz verilerine uyarlanarak oluşturulmasınından söz etmektedirler. Bu sayede dışa bağımlılığın azalacağına dikkat çekmektedirler[33].

Yılmaz A.Z.'a göre bina simülasyon araçları bazı genel verilere ihtiyaç duymaktadır. Bunlar; iklim verileri, binaya dair genel bilgiler, binanın geometrik özellikleri, binanın çevresi, yapı malzemelerinin ayrıntıları, bina yüzeylerinin katmanları, bina zonları, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri, cihazlar, ekonomik verilerdir. Simülasyon araçlarının kullanımlarına göre seçilmeleri ile verilerin doğru uygulanması, doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlar. Bu sayede herhangi bir kayba

uğramadan bina enerji tüketim miktarları ve CO_2 salımlarına göre enerji sınıfları belirlenir[34].

Atmaca M., 2010 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, konut harici enerji tüketimi en yüksek olan otel binalarının enerji performansını, basit saatlik hesaplama yapan Bep-TR ve detaylı dinamik hesaplama yapan simülasyon araçlarıyla karşılaştırmaktadır. Dünyanın çözüm bulmaya çalıştığı, kompleks binaların enerji hesaplamalarında kullanılan yöntemin bina karakteristiklerine ve uygun değişkenlikte yazılımlara sahip olması gerekliliğini savunmaktadır. Ayrıca bina fonksiyonuna göre Enerji Kimlik Belgesi (EKB) uzmanlarının ayrılması gerektiğini belirtmektedir[39].

Karaca Ö., 2011 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, enerji harcamalarında önemli bir yer tutan büro binalarını bir örnek proje üzerinden değerlendirerek enerji etkin iyileştirmeler önermektedir. İstanbul Ataşehir'de yer alan bu binanın yıllık enerji giderlerinin azaltılması için, opak bileşenlerde iyileştirme, saydam cephe elemanlarında iyileştirme, güneş kontrolü, saydamlık oranının azaltılması ve HVAC sistemi önerisi gibi çeşitli alternatifler üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçta, saydam bileşenlerde yapılacak iyileştirmeler ile ısıtma ve soğutma için harcanan enerjide % 37 oranında tasarruf sağlanabileceği ve binanın CO_2 salımında % 54 oranında bir azalma sağlanabileceği görülmüştür[41].

Özçuhadar T., 2007 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, "Beşikten mezara" olarak da adlandırılan "Yaşam Döngüsü Yaklaşımı" için önemli bir yer tutan bina enerji tüketim nedenlerini açıklamaktadır. Sürdürülebilir çevre için yapılan mimari uygulamalarda doğal döngü, çevresel performans ve tasarımı etkileyen ilkeler dâhilinde Yaşam Döngüsü Değeri yapan sertifikaları örneklerle ortaya koymaktadır[44].

İvriz F., 2009 yılında tamamladığı yüksek lisans tezinde, akıllı bina kavramının binalardaki otomasyon sistemlerinin yanı sıra birçok parametre ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bir binanın "akıllı" olarak nitelendirilebilmesi için enerji etkin tasarım stratejilerini benimsemesi ve ilk tasarım aşamasından itibaren etkin kaynak kullanımını sağlaması gerekmektedir. Çalışmada önerilen iş modeli yöntemi, henüz akıllı bina ihtiyacı doğmadan binanın ömrünü tamamlayacağı sürenin sonuna dek oluşturulacak bir mekanizmayı kapsamaktadır.

Hedef tüketicinin belirlenmesi, tüketicinin ihtiyaçları ve enerji etkin tasarım parametrelerinden binanın gereksinimi olan parametrelerin birlikte değerlendirilerek analizler elde edilmiştir[45].

Underwood C.P. "Modelling Methods for Energy in Buildings" adlı kitabında iklim değişikliklerindeki azalmanın ve sürdürülebilirlik faaliyetlerinin politik ve bilimsel alanlarda en üst sıralarda yer aldığını ifade ederken, çevresel sistem modellerinin önemine değinmektedir. Tasarımcılara geniş bir bakış açısı ve güven veren, istedikleri yeni teknolojileri uygulayarak daha verimli binalar oluşturmalarını sağlayan bir bilinçten söz etmektedir. Tasarım problemlerinin çözümüne yönelik uygun yazılımların geliştirilmesi ve uygulanan yöntemlerin anlaşılabilirliği üzerinde durmaktadır[46].

Smith P.F., 2005 yılında yayınladığı "Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design" adlı kitabında, rüzgar gücünden yararlanma, yerel su kaynaklarının korunumu, termoelektrik kullanımı vb. ilkeleri içeren bir anlayışın yaşam ömrüne olan katkılarından söz etmektedir. Binaların fosil kaynaklı enerjilerden minimum seviyede yararlanmasının öneminden bahsederek, mimarinin fiziksel ve kültürel konseptteki ilişkilerini yeni nesil teknolojiler ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle ortaya koymaktadır. Yerel ölçekten küresel ölçekte bir bilinçlenmeye geçişin gerekliliğine dikkat çekmektedir[47].

Gali G., Corgnati S.P. ve Yılmaz A.Z.'a göre kompleks binalarda her zon ayrı bir ısıl yük oluşturduğundan, ayrı ayrı ele alınmalı ve içerdiği tüm veriler detaylarıyla girilmelidir. Detaylı simülasyon araçlarıyla enerji performansı incelenecek bu bina tipolojileri için spesifik uzmanlık eğitimleri alınması gerekmektedir[48].

Rutes W.A., 1985 yılında yayınladığı "Hotel Planning and Design" adlı kitabında otel tiplerinin, bulunduğu konum ve kullanım şekline göre belirlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Ticari faaliyet gösteren otel binalarında öncelikli amacın maksimum seviyede odayı ve minimum seviyede dolaşım alanını kat planlarına yerleştirmek olmasının üzerinde önemle durmaktadır[49].

Yukarıdaki literatür taramasından bu tez çalışmasına en yakın çalışmalar Atmaca M. ve Demirtaş A.'ın çalışmalarıdır. Bu tez çalışması Atmaca M. ve Demirtaş A.'ın tezlerinde ortaya koyduklarından daha farklı bir yöne odaklanmaktadır. Atmaca, birden fazla ısıl fonksiyona sahip kompleks yapı bina tipolojilerinden otel yapılarını, BEP-TR ve Design

Builder gibi iki farklı hesaplama yöntemine dayanan simülasyon programları ile analiz ederek hangi tür yazılımın daha verimli sonuçlar ortaya koyacağını araştırmaktadır. Demirtaş, Türkiye'nin beş farklı iklim bölgesinden seçilen pilot illerde tasarlanan otel yapılarının ısıtma ve soğutma yükleri açısından karşılaştırmalarında etkili olan yapı biçim ve formlarını açıklamaktadır.

Bu tez çalışmasında içeriğinde yedi farklı köşegen formlu bina tipolojisi tanımlı olan ve bu formların enerji hesaplamasına izin veren BEP-TR ile herhangi bir form kısıtlaması olmadan hesap yapabilen Design Builder isimli simülasyon programları aracılığı ile kare ve daire planlı otel yapılarının enerji yükleri hesaplanarak, karşılaştırmalar yapılmıştır. Her iki simülasyon programının sonuçlarının karşılaştırılmasıyla, iklim bölgelerine göre biçim parametresinin etkisi belirlenirken iki programın hesap sonuçlarının farklılığının nedenleri araştırılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Yapı formları iklimsel elemanlardan ve topoğrafyadan etkilenerek oluşturulurlar. İklim bölgesinin özelliklerine göre yapının ihtiyaç duyduğu ve korunması gereken koşulların coğrafik veriler ile birlikte değerlendirilmesi enerji etkin bina tasarım ilkelerini oluşturmaktadır. Yapı tasarımında yerleşim ölçeğinden, bina, hacim ve yapı elemanı ölçeğine kadar bütüncül bir değerlendirme gerekmektedir. Bina dış kabuğunda kullanılacak malzeme ısıl konfor, enerji korunumu, geri dönüşüm ve ekonomiklik gibi parametrelere sahip olmalıdır.

Otel yapılarının bulundukları bölgenin iklimsel özelliklerinden, topoğrafik ve coğrafik koşullardan etkilenerek tasarlanmaları gerekmektedir. O bölgede baskın olan iklimsel özelliklere göre yapının iklim öğelerinden korunması veya yararlanması, yapı içi hacimlerin yerleştirilmesi enerji yükleri bakımından son derece önemlidir.

Bu tez çalışması kapsamında, ülkemizde bina enerji performanslarını belirlemede kullanılan Ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR ile kompleks yapılı otel binaları incelenmiştir. Yöntemin dayandığı hesaplama metodolojisi üzerinden farklı iklim bölgelerindeki otel binalarının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

BEP-TR hesap yöntemi; tüm bina formlarını dik açılı yedi forma indirmekte, dolayısıyla daire vb. eğrisel yapı formlarını içermemekte, belirli bir yaklaşıklık kapsamında hesaplamaktadır. Bu tez çalışması daire bir formun dikdörtgen olarak enerji hesaplarının yapılması durumunda, enerji hesaplarındaki performans farkını, iklim bölgelerine dayalı olarak belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu amaca ulaşmada karşılaştırma yapabilmek için Energy Plus'a dayalı periyodik (dinamik) rejimde yapı enerji tüketim hesabı yapabilen Design Builder programı seçilmiş ve kullanılmıştır.

Tezin sınırlandırılması gereği Türkiye'den ılıman nemli, sıcak kuru ve soğuk olmak üzere üç farklı iklim bölgesi seçilmiştir. Bu üç iklim bölgesinden seçilen pilot illerde yapılacak olan hesaplamalarda binaların enerji tüketim miktarları ve CO_2 salımlarına göre enerji sınıfları belirlenecektir.

BEP-TR ile elde edilen sonuçlar daha önce Design Builder adlı simülasyon programı ile elde edilmiş olan sonuçlarla karşılaştırılacaktır. Ulusal hesaplama yöntemi olan BEP-TR "Basit Saatlik Dinamik Hesaplama Metodu"nu baz alan ve halen geliştirilmekte olan bir yöntemdir. Yöntem yalnızca, içerisinde mevcut olan ve önceden tanımlanmış geometriler dahilinde hesaplama yapabilmektedir. Bu geometriler kare, dikdörtgen, çokgen vs. gibi plan tipleri olduğundan daire ve eğrisel yüzeylere sahip yapıların hesaplaması tam olarak yapılamamaktadır. Çalışmada kare planlı otel yapılarının BEP-TR ve Design Builder ile ısıtma ve soğutma yükleri hesaplaması karşılaştırılıp, daire planlı otel yapısının Design Builder programında hesaplaması yapılacaktır. Daire planlı otel yapısının BEP-TR yöntemi ile hesaplaması yapılamayacağından, en yakın köşeli forma çevrilerek hesaplaması yapılacak ve karşılaştırılacaktır. Ayrıca otel yapıları tek zon olarak hesap yapan BEP-TR ile çok zonlu hesap yapabilen Design Builder programı ile hesaplanarak, zon farkına dayalı olarak da karşılaştırılacaktır.

1.3 Hipotez

Bu çalışma biçim, yönlendirme ve zonlamanın binaların ısıtma ve soğutma yüklerini önemli derecede etkileyecek parametreler olduğu, ancak bu etkinin iklim bölgesine göre değişen oranlarda olacağı hipotezine dayanmaktadır. Bu yüzden birbirine

yönlendirilme ve ısıtılan-soğutulan alanlar açısından en yakın ölçülerde olan daire ve kare formlu plan tiplerine sahip otel yapıları üzerinden enerji hesaplamaları karşılaştırılmıştır.

BEP-TR, dairesel formlu binaların enerji hesaplamasını kendisine en yakın ölçülerdeki kare formlu bir binaya dönüştürerek yapan ve dik açılı, eğim açısı 90° yüzeyler için hesap yapabilen bir yöntemdir. Bu yüzden daire formlu ve eğimli yüzeylere sahip binaların ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasında bazı kayıplar meydana gelmektedir. Mevcut tüm formlardaki binaların enerji hesabını yapan detaylı simülasyon programı Design Builder ile daire formlu ve eğimli yüzeylere sahip binaların enerji yükleri hesaplanmıştır. BEP-TR' de elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak değişen iklim bölgelerine göre aralarındaki fark oranları ortaya konmuştur.

BÖLÜM 2

BİNA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma, mekanik ve iç kazançlardan kaynaklı enerji harcamalarını hesaplayarak bina enerji performansını ve sınıfını belirlemek, enerji etkin bina tasarımının değerlendirmesi için gereklidir. Kullanıcı konforunu gözardı etmeden enerji harcamalarının en az düzeyde olmasını sağlayarak, bina enerji performansının üst düzeyde olması hedeflenmektedir. Binalarda kullanılan enerjinin dünyadaki toplam enerji harcamalarında %45-50'lik bir paya sahip olduğu göz önüne alınırsa, enerji tasarrufunun önemi daha net anlaşılacaktır[1].

Bir binanın enerji performansını etkileyen parametreler;

- İklimsel veriler,
- Yapısal veriler,
- Yapı kabuğu ile ilgili ölçütler

olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir.

2.1 İklimsel Veriler

İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde hava olaylarına bağlı olarak gerçekleşen etkilerin uzun yılların ortalamasına dayanan durumu olarak tanımlanmaktadır[2]. Dış çevre iklimini oluşturan iklim elemanları güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemi ve rüzgârdır. Bu öğeler bina enerji korunumunda etkili olan ve konfor koşullarını etkileyen verilerdir[3]. Binanın bulunduğu bölgenin iklimsel ve coğrafi özellikleri bina tasarım aşamalarında önem bir yere sahiptir. Çevresel iklim elemanlarının özellikleri ve

etkileri ile bulunulan bölgenin enlem, boylam, deniz seviyesinden yüksekliği gibi coğrafi özellikleri tasarıma ilişkin süreçleri etkilemektedir[4].

2.1.1 Güneş Işınımı

Güneş hem doğal aydınlatma hem de ısıtmada kullanılan bir elemandır.

Güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri bina tasarımında kullanılan en önemli verilerdir[5]. Güneş ışınımından sıcak ve soğuk dönemlerde farklı yönleriyle yararlanmak veya korunmak gerekmektedir. Isıtma yükleri açısından soğuk dönemlerde güneşten yarar sağlanması, sıcak dönemlerde güneş kontrol elemanları ile gölgeleme sayesinde korunma sağlanması amaçlanmaktadır[6].

Yapay aydınlatma için harcanan enerji ve bina ısıtma enerji miktarlarının azaltılmasında güneşten maksimum oranda faydalanma prensibi ele alınmaktadır. Bina aydınlatma giderlerinin azaltılması açısından güneşten doğal ışık kaynağı olarak yararlanılması önem teşkil etmektedir. Hacimlerin doğru konumlandırılması ile doğal ışıktan maksimum yararlanma sağlanacaktır.

2.1.2 Dış Hava Sıcaklığı

T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından, meteoroloji istasyonlarında bölgedeki dış ortamın saatlik, günlük, aylık ve yıllık sıcaklık değerleri ölçümü yapılmaktadır. Bu ölçümler sonrasında ortaya çıkan ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık verileri elde edilmektedir.

İklimsel verilere uygun yapılar tasarlanırken; aylık, günlük ve yıllık sıcaklık ortalamaları ile en üst ve alt seviyedeki sıcaklık verileri değerlendirilmelidir[7]. Bu veriler ışığında yapı kabuğu içinde uygun fizik ortam koşulları sağlanmaktadır.

2.1.3 Nem

Havada bulunan su buharı miktarı olarak tanımalanan nem, iç ortamdaki konfor koşullarını etkileyen bir diğer önemli parametredir. Nem miktarında özellikle su yüzeyinden yükseklik, bitki örtüsü, rüzgâr ve bölgenin yağışlı olması gibi özelliklere göre değişiklikler gözlenmektedir. Örneğin; iç ortamdaki nem düzeyinin az olması havanın

çok kuru hissedilmesine neden olacağından konfor koşullarını olumsuz etkileyecektir[5]. Bina sıcak iklim bölgesinde ise, yaz rüzgârlarına göre konumlandırılarak karşılıklı pencereler ile ortam nemini azaltmak, doğal havalandırma ve soğutmayı sağlayacaktır[8].

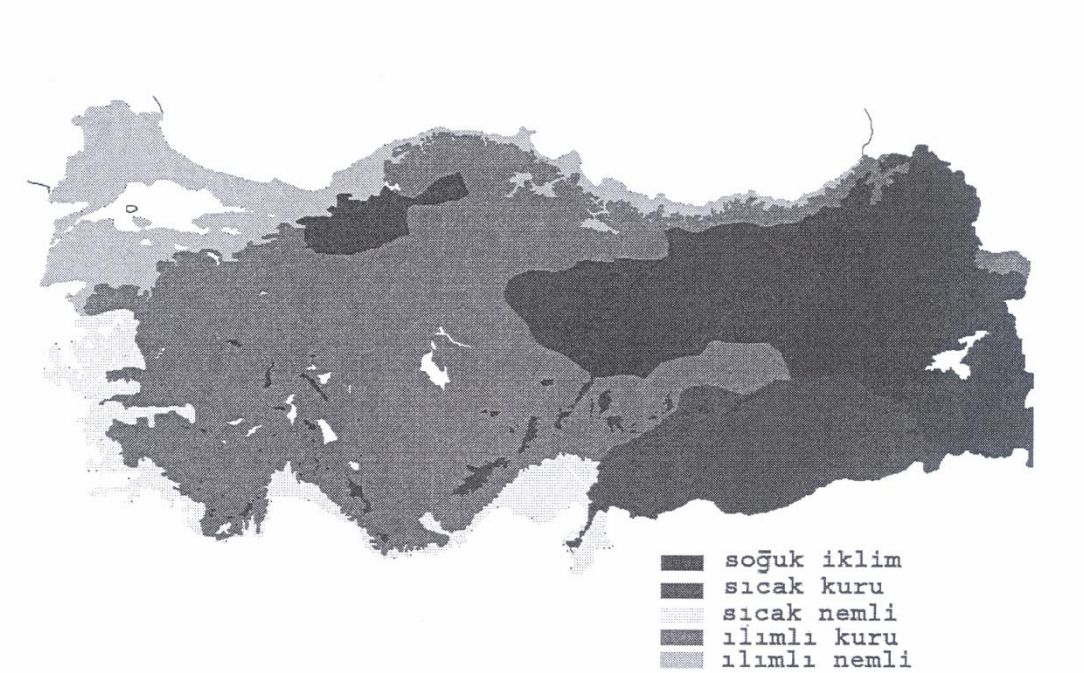
Nem, yoğuşmaya etkilerinden dolayı bina kabuğu malzeme ve bileşenlerinde tahribata yol açarak enerji performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden binanın bulunduğu bölgenin yağış miktarı, bitki örtüsü, rüzgâr etkileri, denizden yükseklik gibi coğrafik ve iklimsel özellikleri göz önünde bulundurularak bina içi ve özellikle kabuk malzemeleri seçimi yapılmalıdır.

2.1.4 Rüzgâr

Rüzgâr, havanın yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru yer değiştirdiği hava akımıdır[2]. Enerji tasarrufunda kullanıldığından bina enerji performansını arttıran bir iklim elemanıdır. Hâkim rüzgâr yönü, esme sayısı ve hızı rüzgârdan yararlanmak için bilinmesi gereken verilerdir. Sıcak iklim bölgelerinde hâkim rüzgâr yönüne göre yapıyı konumlandırmak serinletici etkisinden dolayı soğutma yüklerinin azalmasına neden olacaktır. Soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybını arttırarak ısıtma yüklerini arttırıcı etkilerinden dolayı yapı dış kabuğu malzemesi ve birleşme noktalarının titizlikle seçilerek uygulanması gerekmektedir. Enerji tasarrufu açısından bulunulan iklim bölgesi için rüzgâr yönü ve hızının mevsimlere göre değişimi tasarımdaki önemli bir girdiyi oluşturmaktadır[6].

2.1.5 Türkiye'deki Farklı İklim Bölgeleri

Türkiye'de iklim bölgelerinin sınıflandırılması L. Zeren tarafından yapılan çalışmalarla 5 ana iklime ayrılmıştır.



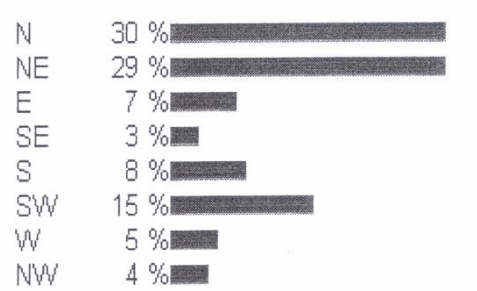
Şekil 2.1 : Türkiye'de İklim Bölgelerinin Dağılımı [10].

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bu iklim bölgeleri, ılıman nemli, ılıman kuru, sıcak kuru, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgesidir[9].

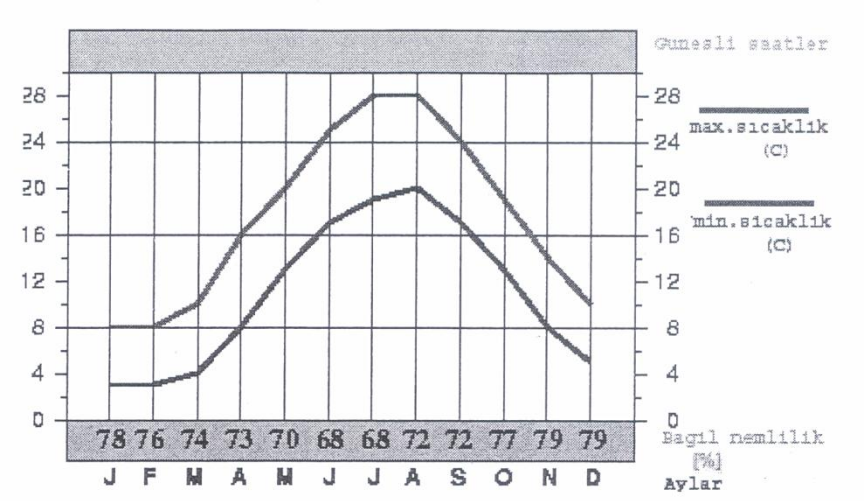
Bu çalışma kapsamında, ılıman nemli, sıcak kuru ve soğuk iklim bölgelerinden birer pilot il seçilerek, incelenecektir.

2.1.5.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi

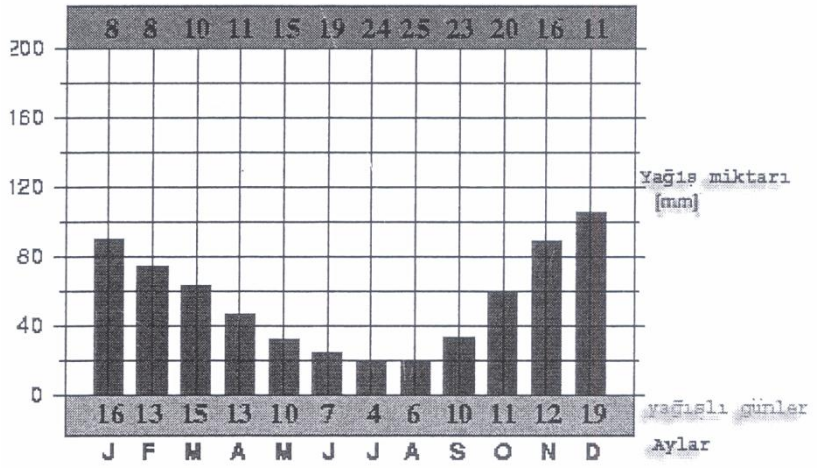
Bu çalışma kapsamında ılıman nemli iklim bölgesi için İstanbul pilot il olarak seçilmiştir. Ilıman nemli iklim bölgesi Balıkesir'den başlayarak kuzey sahil şeridini içerir. Mevsim sıcaklıklarının ılıman olduğu bu bölge denizin etkisiyle nemlidir. Yazın nemin de etkisiyle sıcaklıklar 30°C'nin üstüne çıkabilmekte, kışın ise 0°C'nin altına inebilmektedir. Mevsimlik ortalama sıcaklık farkları çok fazla olmayan bu iklim bölgesinde sıcak dönemlerde havalandırma gerekmektedir[11].



Şekil 2.2 : Rüzgar Doğrultusu, İstanbul [13].



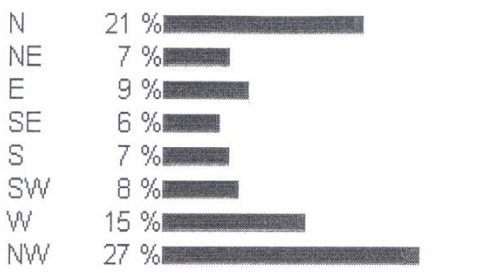
Şekil 2.3 : Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, İstanbul [13].



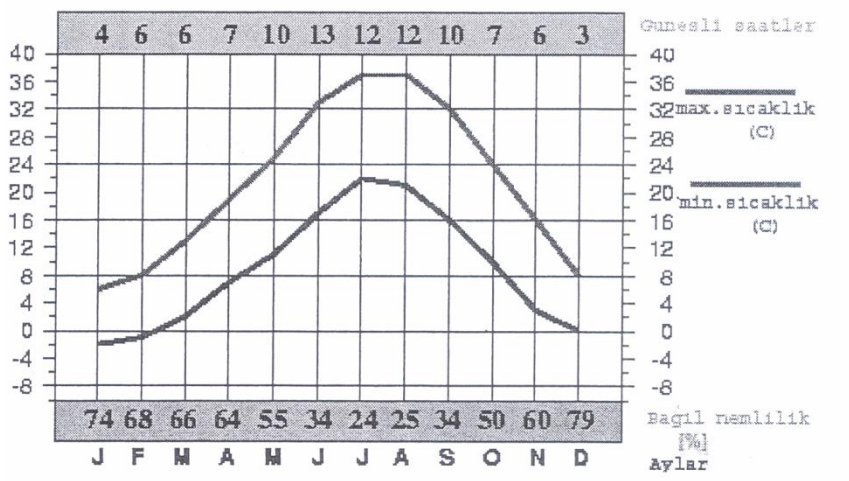
Şekil 2.4 : Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, İstanbul [13].

2.1.5.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi

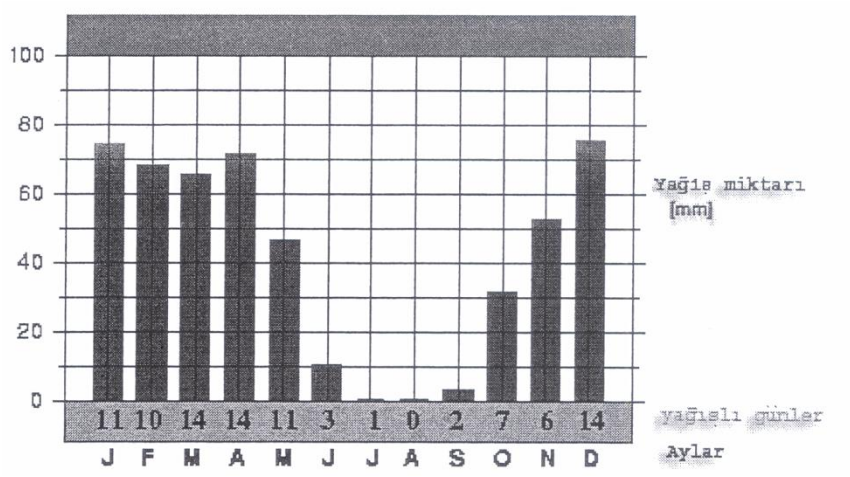
Sıcak kuru iklim bölgesi için Diyarbakır pilot il olarak seçilmiştir. Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan iklim tipi sıcak ve kurudur. Bu iklim bölgesinde sıcak dönemde kuru sıcaklar, soğuk dönemde don olayları yaşanmaktadır[11]. Mevsimlik sıcaklık farklarının çok olduğu bu bölgede göl, ırmak, havuz gibi su kaynaklarından yararlanmaya ve rüzgârdan korunmaya ihtiyaç duyulur. Sıcak dönemde ise güneş ışınlarından olabildiğince korunma sağlanmalıdır.



Şekil 2.5 : Rüzgar Doğrultusu, Diyarbakır [13].



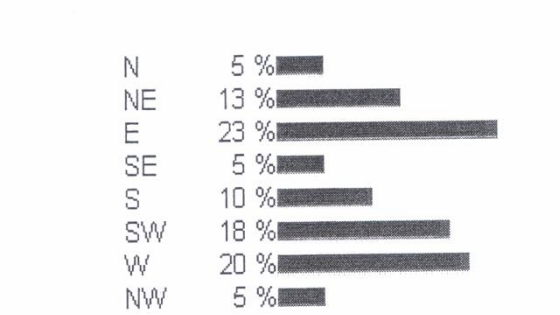
Şekil 2.6 : Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Diyarbakır [13].



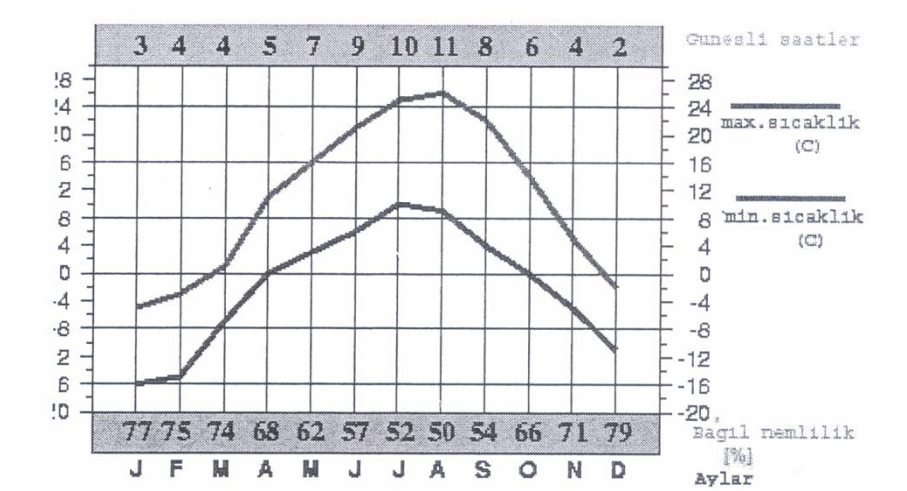
Şekil 2.7 : Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, Diyarbakır [13].

2.1.5.3 Soğuk İklim Bölgesi

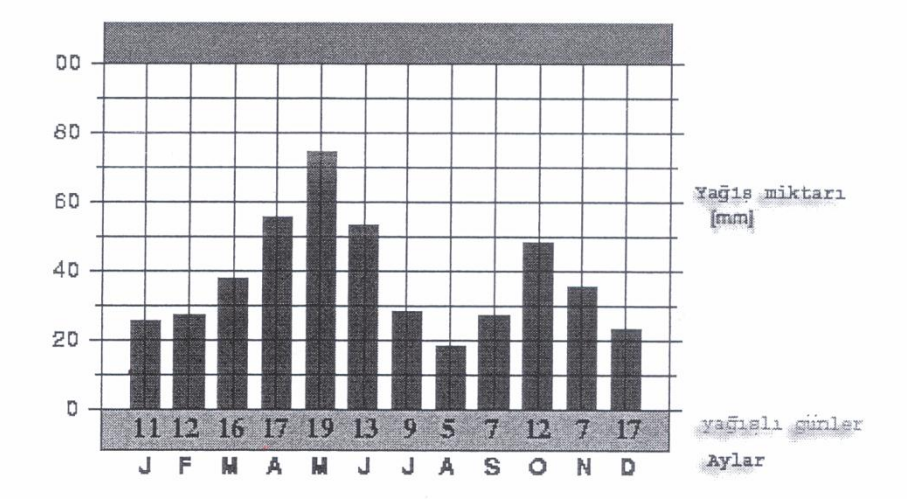
Sıcaklık yılın yarısı 0°C'nin altındadır. Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve serin geçer. Kışın rüzgârın da etkisiyle hava sertleşmektedir. En soğuk ay sıcaklık ortalaması -15°C'nin, en düşük sıcaklık -40°C'nin altındadır. Kışın bağıl nem oranının yüksek olduğu soğuk iklim bölgesi için Erzurum pilot il olarak belirlenmiştir[12].



Şekil 2.8 : Rüzgar Doğrultusu, Erzurum [13].



Şekil 2.9 : Yıllık max/min sıcaklık, bağıl nemlilik ve güneşli saatlere ait veriler, Erzurum [13].



Şekil 2.10 : Yıllık yağış miktarının aylara göre dağılımı ve yağışlı günler, Erzurum [13].

2.2 Yapısal Veriler

Isıtma ve soğutma enerjisi korunumunda yapı ölçeğindeki tasarım parametreleri olarak;

- Yapı yönlendiriliş durumu ve konumu
- Yapının biçimi

ele alınmaktadır. Bu parametreler enerji kayıp ve kazançlarının minimize edilmesinde etkin bir rol oynarlar[14].

2.2.1 Yapının Konumu ve Yönlendirilmesi

Bina enerji performansını etkileyen en önemli etkenlerden biri bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak uygun yer seçimidir. Yerey parçasının baktığı yön, eğim, yerey parçasının örtüsünün yansıtıcılık özelliği (güneş ışınımı yansıtma özelliği), yamaçtaki konumu gibi değişkenler konuma ait alt grubu oluşturmaktadır[15].

Uygun yerleşme bölgeleri seçilirken;

- Yörenin iklimsel analizleri yapılarak mikro ölçekteki iklimsel karakteristikleri belirlenir,
- Arazide eğim analizleri yapılarak, farklı eğimlere sahip yüzeylerin farklı yönlendiriliş durumuna bağlı olarak kazanılan günlük ortalama güneş ışınımı miktarı belirlenir,
- İklim türüne bağlı olarak, termal kuşağa göre arazideki konum belirlenir.

Ekonomik ve estetik nedenlerden dolayı mümkün olduğunca az müdahale gerektiren araziler seçilmelidir. Arazide maksimum eğim 22° olmalıdır. Çünkü bu değerden daha fazla bir değerde inşaat maliyetleri artmaktadır[14].

Ilıman nemli iklimlerde güneşten ve rüzgârdan yararlanma ve korunma önemlidir. Bu yüzden yamaçların üst kısmına yerleşmek gerekmektedir.

Sıcak kuru iklim bölgelerinde güneş ışınımlarından korunmak için vadilere yerleşilmelidir.

Soğuk iklim bölgelerinde güneşten maksimum düzeyde yararlanmak ve rüzgârdan korunmak için yamaçların güneye bakan yüzeylerine yerleşilmelidir[16].

Yapının bulunduğu iklim bölgesinin özellikleri göz önüne alındığında güneş ışınımlarından yararlanma ve/veya korunma mı sağlanması gerektiği belirlenmelidir.

- Güneş ışınımlarından yararlanma için yapı aralıkları; güneşin devinimi, arazi eğimi, yönü ve yerleşmenin yoğunluğu gibi etkenler dikkate alınarak belirlenmelidir.
- Güneş ışınımlarından korunmanın gerekli olduğu sıcak iklimler ve sıcak hava koşullarında; yapıların birbirine gölge atacak ve gün boyunca güneş ışınlarını uzun süre almayacak biçimde planlanması önemlidir[17].

Yerleşmede bölge için iklimsel etkilerin optimizasyonu hedeflenmelidir. Bu sayede yapma ısıtma-soğutma ihtiyacı ve hava kirliliğinin azalması sağlanabilir[18].

Yapının yönlendirilmesinde temel amaç güneşten ve rüzgârdan yararlanma veya korunmadır. Güneş ışınım kazancının kışın en yüksek, yazın ise en düşük düzeyde olması ile iklimin olumsuz etkileri en aza inmektedir. Mekândaki iklimsel konforu etkileyen en önemli yapma çevre parametrelerinden biri olarak kabul edilen güneş ışınımı şiddeti ve mevsimlere göre farklılıklar olması da yapının yönlenmesinde etkilidir[14]. Farklı iklim bölgelerine göre bulunan uygun yönlendirmeler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Farklı iklim bölgelerine göre araştırmalar sonucu bulunan uygun bina yönlendirmeleri [21].

İklim bölgesi	**Optimum yön S E**	**İyi yönler W S E**
Soğuk	22°	20° 45°
Ilımlı nemli	10°	13° 35°
Ilımlı kuru	27°	10° 56°
Sıcak nemli	3°	10° 19°
Sıcak kuru	18°	0° 40°

Yapının yönlendirilmesinde bir diğer etkili parametre de rüzgârdır. Doğal havalandırmanın sağlanması için bulunulan iklim bölgesi hâkim rüzgâr yönü temel alınarak yapının konumlandırılması gerekmektedir.

2.2.2 Yapının Biçimi

Yapının biçimi, biçim faktörü (plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı), yapı yüksekliği, çatı türü (düz, beşik, kırma), çatı eğimi, cephe eğimi gibi geometrik değişkenlerle tanımlanmaktadır[4].

Herhangi bir yaşama alanını örten ve onu dış çevreden ayıran bina kabuğunun biçimine bağlı olarak,

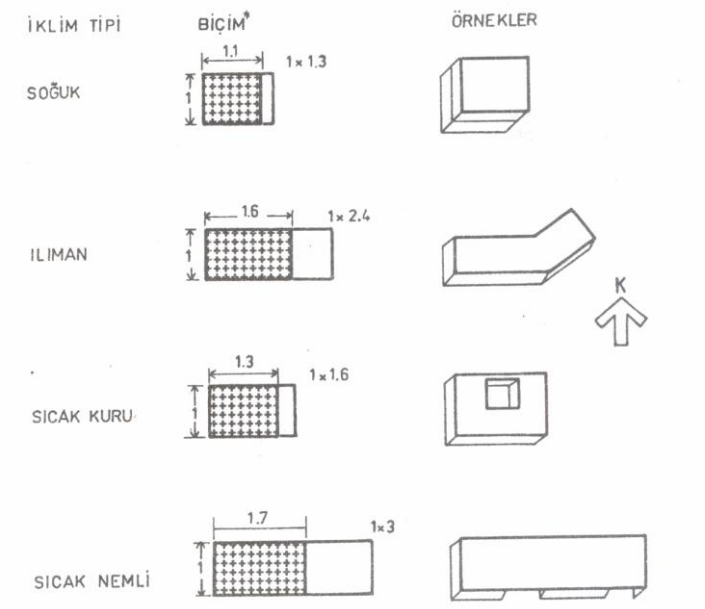
- Binanın toplam dış yüzey alanı
- Farklı yönlere bakan ve farklı eğimlerdeki cephe ve çatı yüzeyleri alanları
- Cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar

değişim gösterir[14].

Yapı kabuğu yüzey alanının, yapı hacmine oranı (A/V) enerji kayıp ve kazançlarında önemlidir. Yapının formu kompaktlık, plan biçimi, yönlenme, zonlama gibi ölçütlerin yanında kütlesel biçimi ve saydamlık oranlarına da bağlıdır[8].

Yapıların soğuk ve sıcak kuru iklim bölgelerinde kompakt olarak kareye yakın formlarda tasarlanmaları sert çevre etkilerine karşı minimum yüzey oluşturacağından enerji tasarrufunda en iyi sonuçları verecektir. Ilıman ve sıcak nemli iklim bölgelerinde ise ince uzun formda dikdörtgen yapı biçimleri doğal havalandırma ve gün ışığından yararlanma konularında avantaj sağlayacaktır[19].

Yapının biçim oranları(planda genişlik ve uzunluk arasındaki oranlar) hakkında daha önce Olgyay tarafından yapılan çalışmalarda dört farklı iklim bölgesi için optimum oranlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.11 : İklim bölgelerine göre biçim oranları[19].

Kare tabanlı ve aynı hacimlere sahip fakat farklı kütle oranlarına sahip yapılar baz alındığında binalar yükseldikçe ısı kayıpları artmaktadır. Isı kayıplarının minimuma indiği ideale en yakın yapı formu, yükseklik ile derinlik arasındaki oranın 1:4 olduğu formdur. [22]. İklim tipine bağlı olarak biçimde uzunluğun optimizasyonu etkilidir.

Ilıman nemli iklim bölgelerinde bina biçimleri değişkenlik gösterir. Soğuk dönemde güneş ışınımından en yüksek derecede yararlanılmalı, sıcak dönemde ise gölgelenme ve doğal havalandırma sağlanmalıdır. Yapıda mevcut olan girinti ve çıkıntılarla bu özellikler sağlanabilir.

Sıcak kuru iklim bölgesinde yapı hem güneş ışınımından korunacak, hem de gölgelenme sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu yüzden kompakt kütleler tercih edilmeli, avlulu formlar ile de gölgeli alanlar elde edilerek bina kütlesi arttırılarak kabuğun zaman geciktirmesi uzatılmalıdır[16].

Soğuk iklim bölgelesindeki yapılarda ısı kayıplarını minimum düzeye indirecek kübe yakın kompakt formlar tercih edilmelidir. Kabukta hareketli yüzeylerden kaçınılmalıdır.

2.3 Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu, iç ve dış çevreyi birbirinden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinden oluşan yapı öğesidir.

Dış ortam iklim elemanlarının etkilerini kontrol altına alarak hacim içerisinde kullanıcı konforunu sağlayan, iç mekânda kullanıcı görsel konforunu sağlayan ve dış ortamdan gelecek her türlü gürültüye karşı iç mekânda kullanıcı işitsel konforunu sağlayan yapı kabuğu enerji korunumunda en önemli faktördür[14]. Enerjinin en az düzeyde kullanımını sağlayarak çevresel sorunları ve enerji harcamalarını azaltan ve konfor koşullarının oluşmasını sağlayan yapı kabuğu kazanılan/yitirilen ısı miktarının belirlenmesinde etkilidir.

Yapı içinde ısısal konforun oluşmasında yapı kabuğu büyük önem taşımaktadır. Hava koşullarına göre, yapı içi ile yapı yapı dışı arasında sürekli ısı alışverişi olacağından yapı kabuğunun uygun seçimi, hem soğuk hem de sıcak hava koşullarında yapı içinde konfor açısından istenilen iç hava ve yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklıklarının belirli düzeyde olmasını sağlayacaktır[20].

Yapı dış kabuğu tasarımında amaç minimum yapma ısıtma ve soğutma enerjisine ihtiyaç duyan iç mekânlar oluşturmaktır. Bu yüzden yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, iç iklimsel konforu optimum değerlerde sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Yerleşimin yapılacağı arazinin iklimsel verilerine göre kabuk tasarımı yapılmalıdır[23]. Yapı kabuğunun bina enerji performansını etkileyen özellikleri aşağıdaki ana başlıklar altında incelenmektedir.

2.3.1 Isısal Konfor ve Enerji Korunumu

Yapı kabuğu, güneş ışınımına ilişkin yutuculuk (a), geçirgenlik (t), yansıtıcılık (r) gibi optik ve toplam ısı geçirme katsayısı (U), saydamlık oranı gibi termofiziksel özellikleri olarak sıralanmaktadır. Yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları kabuk bileşeni tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınımı miktarlarının bileşen dış yüzeyine gelen güneş ışınımına oranlarıdır[24].

Toplam ısı geçirme katsayısı (U) değerinin optimum düzeyde olması sayesinde kabuğun ortalama ısı geçirme katsayısının düşmesi ile kabuktan ısı transferi azaltılarak, ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır.

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikleri de yapı kabuğunun ısısal konforu oluşturmasında etkili olan diğer özellikler olarak sayılmaktadır.

Yapı kabuğunun termofiziksel özelliklerinin değişimine neden olabilecek yoğuşma olayının kontrol edilmesi bileşenin kullanım ömrü ve kalitesi açısından önemlidir. Nemden korunmak ve yoğuşma olayından minimum düzeyde zarar görmek için saydam ve opak bileşenlerin birleşim detayları ile opak kabuk bileşeni içerisinde yıl süresince yoğuşan nem miktarının izin verilebilir sınır değerini aşmaması sağlanmalıdır[14].

Yapı kabuğundan geçen ısı ve buna bağlı olarak değişen kabuk iç yüzey sıcaklığı ısısal konforu etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle; kabuk iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde doğrudan ve dolaylı etkili olan kabuğun ısı ve nem geçişi ile ilgili tüm özellikleri, ısısal konfor ve enerji korunumu açısından en uygununu gerçekleştirecek şekilde belirlenmelidir[17].

2.3.2 Doğal Aydınlatma / Gün ışığından Yararlanma

Yapı kabuğundaki saydam alanların oranı gün ışığından ve doğal havalandırmadan yararlanmayı sağlayan önemli etkenlerdir. Cam alanların toplam kabuk alanına oranı saydamlık oranıdır. Saydamlık oranları doğru belirlenerek aydınlatma ve ısıtma için güneş kazançları sağlanabilir[16]. Ancak yapı tasarımında saydam bileşenlerin ısı geçirgenlik direncinin düşük olduğu göz önüne alınarak, oranlar belirlenmelidir. Ayrıca sıcak ve soğuk dönemlerde ısı kayıplarını azaltıcı termofiziksel özelliklere sahip pencere tipleri seçimi, enerji korunumuna da katkıda bulunabilir[25].

2.3.3 Maliyet

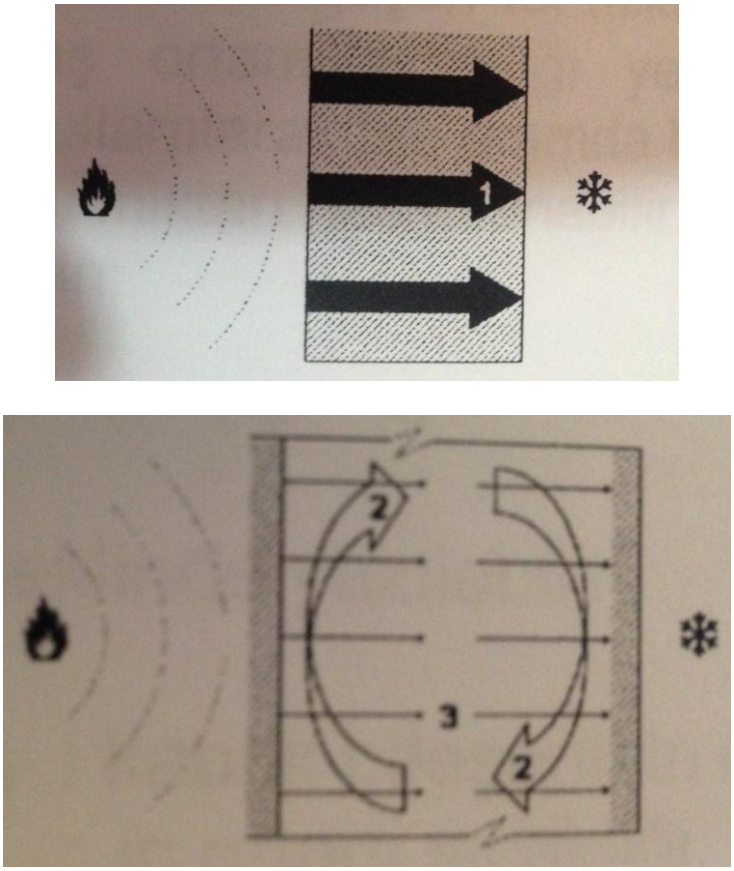
Kabukta doğru malzeme seçimi hem ısısal konfor, enerji korunumu gibi parametrelerin optimum düzeyde gerçekleşmesini sağlayacağı hem de kullanım süresi ve bina yaşam maliyetleri açısından önem teşkil etmektedir. İklimin gereklilikleri göz önünde bulundurularak, sağlanmak istenen özelliklere uygun malzeme seçimi ile yapılacak kabuk tasarımı hem maliyet hem de yarar sağlamada etkili olacaktır.

2.3.4 Farklı İklim Bölgeleri için Yapı Kabuğu Kesitinin Değerlendirilmesi

Tasarımın yapılacağı bölgenin iklim özelliklerine uygun olarak kabuk özellikleri belirlenmelidir. Kabuk, binalarda ısıtma, soğutma ve havalandırma enerjisi tasarrufunda ve kullanıcıların iklimsel konforunun sağlanmasındaki en önemli değişkendir[26]. Bu yüzden farklı iklim bölgelerine göre kabuk davranışlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Binayı çevreleyen kabuk elemanlarının ısı geçişini etkileyen özellikler, toplam ısı geçirme katsayısı, kabuğu oluşturan saydam ve opak malzemelerin ısı iletkenlikleri, dış yüzey malzemelerinin ısı iletkenlikleri ve dış yüzey malzemelerinin güneş ışınımına karşı optik özellikleridir[27]. Bina ısıtma ve soğutma yüklerini belirlemede etkili olan kabuğun ısı yalıtım ve depolama nitelikleri, yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlikleri, bu bileşenlerin baktığı yön, eğim, cephenin saydamlık oranı, cam türü ve bina biçiminden etkilenmektedir.

Bina kabuğundan ısı geçişi sıcaklığın yüksek olduğu taraftan düşük olduğu tarafa doğru iletim, taşınım ve ışınım yoluyla olmaktadır[28]. İletim, katı cisim içerisinde birbirine

değen moleküller arasında sıcaklığı yüksek olan moleküllerden düşük olanlara doğru ısının geçmesidir[29]. Taşınım, katı cisimle akışkan arasında ısınan akışkanın yükselip hareket etmesiyle ısının geçmesidir[30].



Şekil 2.12 : Yapı Kabuğundaki Isı İletim ve Taşınım[26].

Bina içi çevre ile bina dışı çevreyi ayıran bina kabuğu dış iklimsel koşulların iç ortama aktarılmasında birincil derecede etkilidir. Bu yüzden iç ortam konfor sıcaklıklarının sağlanmasında, bina kabuğundaki ısı iletim ve taşınımı ile kabuk ısı depolama özelliği etkilidir.

Isıtma enerjisi tasarrufu açısından bina kabuğunun oluşturulmasında iklim bölgelerinin özelliklerine göre kabuk malzemesi seçilmeli ve uygun kombinasyonlarla oluşturulmalıdır. Özellikle ısıtma enerjisi yük miktarlarını azaltmak için, yukarıda sıralanan adımlar bütüncül olarak ele alınmalıdır. Isıtmanın istendiği dönemin meteorolojiden dış hava sıcaklıkları ve güneş ışınımı değerleri elde edilmeli, binanın fonksiyonuna göre mekânların iç hava konfor sıcaklıkları ilgili standartlardan alınmalı, binanın konumlandırılış durumu ve çevre binalarla olan gölgeleme etkileri tanımlanmalı, opak ve saydam bileşenlerden hem sıcaklık farkı hem de güneş ışınımı

nedeniyle geçen ısıyı ifade eden sol-air sıcaklıkları hesaplanmalı ve kabuk iç yüzey sıcaklığının konfor açısından izin verilebilir değerlerde olması sağlanmalıdır[26,31].

İklim tipine göre değişiklik gösteren yapı kabuğu özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

2.3.4.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti

Sıcak dönemlerde iç iklimsel konfor için havalandırma sağlanmalı, soğuk dönemlerde yeterli sıcaklığı sağlayacak termal alanlar oluşturulmalı ve güneşten en üst seviyede yararlanılmalıdır. Yapılar, hakim rüzgar yönüne göre rüzgardan yararlanacak şekilde kübik forma yakın tasarlanmalıdır.

2.3.4.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti

Güneş ışınımı şiddetinin fazlalığından ve havanın sıcaklığından dolayı cephede küçük pencereler kullanılmalıdır. Zaman geciktirici özelliğinden dolayı masif ve kalın duvarlar tercih edilmelidir. Çatı bileşeni üzerinde gezilebilen, düz formlarda tasarlanmlıdır. Gölgeden kaçınmak için bina aralıkları oldukça az olarak yerleşim yapılmalıdır. Dış cephede boşluksuz bir tasarımla, içeride avlular oluşturulmalıdır. Tüm bileşenlerde açık renkli yüzeyler tercih edilmelidir.

2.3.4.3 Soğuk İklim Bölgesi İçin Oluşturulacak Yapı Kabuğu Kesiti

Soğuk dönemde ısı kayıplarını en aza indirmek için bina formları minimum yüzey alanı hacim oranına sahip ve kompakt, kareye yakın tasarlanmalıdır. Pencereler ısı kayıplarını engellemek için küçük olmalıdır. Duvarlar ahşap gibi ısı yalıtım değeri yüksek malzemelerden oluşma ve eğimli çatılar tercih edilmelidir. Isı depolama kapasitesi yüksek malzemeler seçilmelidir.

BÖLÜM 3

ENERJİ PERFORMANSI ANALİZİNDE KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ

Fosil enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması ile alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi, enerji tasarrufu, enerjiyi etkin ve verimli kullanma kavramlarını önemli hale getirmiştir. Böylece, binaların çevreye duyarlı olarak yapılabilmesi için tasarımcıların gösterdiği hassasiyet artmış ve düzenlenen yönetmeliklerle enerjiyi etkin kullanım yaygınlaşmıştır. Enerji harcamalarının azaltılarak, enerji yönetiminin sürekli, etkin ve güvenilir olması amaçlanmaktadır.

Sürdürülebilir çevre anlayışının hakim olması, sürdürülebilir enerji kavramını güncel hale getirmektedir. Sürdürülebilir enerjinin temel ilkeleri;

- enerjinin verimli kullanılması ve enerji tasarrufunun sağlanması,
- enerji üretimi ve kullanımı sonucunda çevrede oluşan çevre kirliliği ve diğer olumsuzlukların giderilmesi,
- çevreyi kirletmeyen çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması,
- yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin teknolojinin geliştirilerek, bu kaynakların kullanımının yaygın duruma getirilmesi

olarak sıralanabilir[26].

Ulusal ve uluslararası çalışmalarla enerji tüketimini azaltacak yöntemler araştırılarak, enerjiyi etkin ve verimli kullanmaya yönelik bir bilinç oluşturulmak istenmektedir. Küresel ısınma ve karbondioksit emisyon miktarlarındaki artış gibi güncel konular bu bilincin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Bina enerji performansı, binanın standart kullanımının getirdiği farklı ihtiyaçları karşılamak üzere fiili olarak harcanan veya harcanağı tahmin edilen, diğer birtakım ihtiyaçların yanı sıra ısıtma, sıcak sulu ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi hizmetleri içerebilecek enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır[32]. Binalarda enerji performansını ölçmek amacıyla çeşitli formlarda geliştirilen hesap yöntemleri kriterleri arasında; yinelenebilirlik, genişletilebilme, risk alabilme, hazırlık düzeyi, karşılaştırma ölçütleri, potansiyel etki/faydalar ve finansal etkiler sayılabilir[33]. Bu kriterler; ülke verileri baz alınarak teknolojik verilerle uyumlu bir şekilde geliştirilip yinelenebilir, uzun vadede karbon salınımı ve küresel ısınmanın azaltılması yönünde fayda sağlayıcı etkiler olarak belirtilmektedir.

Avrupa Birliği 2003 yılında yürürlüğe konan The European Energy Performance of Buildings Directive (EPDB) – (2002/91/EC sayılı Binaların Enerji Performansına Dair Yönetmelik) ile enerjinin verimli kullanımını belirli standart ve yönetmeliklerle zorunlu hale getirmiştir. Bu yönetmeliğin hazırlanmasında; AB'nin enerjide dışa bağımlı hale gelmesi, sera gazı emisyon miktarlarının giderek artması ve AB'nin enerji sağlama olanaklarının sınırlı olması etkili olmuştur[26]. Bu yönetmelik ile binaların enerji performasında yapılacak olan iyileştirmelerin teşviki ve enerji verimliliği yanında maliyet oranlarının da göz önünde bulundurulması amaçlanmaktadır.

3.1 Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR)

TC. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 05.12.2008 tarihinde "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yayınlanmış ve bu yönetmeliğin öngördüğü binalara enerji kimlik belgesi verilmesinde kullanılacak ulusal hesaplama yöntemi-BEP-TR ise Kasım 2009 tarihinde tamamlanarak, ortaya çıkarılmıştır[34]. Yönetmeliğin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir[34]. Yönetmelik kapsamında, sanayi bölgelerindeki üretim binaları, kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, kullanım alanı 50 m²'nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve iklimlendirilme yapılmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar dışındaki tüm binalar enerji tüketim giderleri hesaplanmalıdır[35].

Bir binanın enerji performansının belirlenmesi,

a. Binanın m^2 başına düşen yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi,

b. Bu değere göre CO_2 salımının hesaplanması,

c. Bu değerlerin referans bir binaya ait değerlerle kıyaslanması,

d. Kıyaslama sonucuna göre binanın A-G arası bir enerji sınıfına yerleştirilmesi

ile gerçekleşir[36].

Çizelge 3.1 Ep Bina Performans Değerlerine Göre Enerji Sınıfları[31].

Enerji Sınıfı	Ep Aralıkları
A	0-39
B	40-79
C	80-99
D	100-119
E	120-139
F	140-174
G	175-…

Binaların enerji tüketim sınıflarını belirlemede zorunlu hale getirilen Enerji Kimlik Belgesi (EKB)'nin verilmesinde kullanılacak BEP-TR, Energy Performance Building Directive (EPDB) tarafından öngörülen yöntemler aracığılıyla Türkiye koşulları için geliştirilmiştir.

Bu hesaplama yöntemi, bina enerji performansını değerlendirirken;

- Binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanmasını,
- Net enerjiyi karşılayacak kurulu sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
- Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
- Binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak, günışığından yararlanılmayan süre ve günışığının etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını,

- Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını

kapsamaktadır[34].

BEP-TR, binaların enerji performansını etkileyen parametreler (ışık, iklim, pasif sistem parametreleri, elektrik ve mekanik sistemlere ait parametreler vs.) ve bu parametreler içerisinde yer alan çok sayıdaki değişken değerlendirildiğinde, binaların yaşam boyu enerji maliyetlerini hesaplamak üzere geliştirilen ulusal bir hesaplama yöntemidir.

3.2 BEP-TR Genel Özellikleri

Yöntem, mevcut ve yeni binalar için binanın ısıtma, soğutma, mekanik, aydınlatma ve iç kazançlardan kaynaklı enerji yüklerini hesaplayarak, enerji tüketim miktarlarının hesaplanmasını ve enerji sınıflarının belirlenmesini amaçlamaktadır. Enerji performans sınıflarını belirlemek için ISO 13790 standardı bina ısıtma ve soğutma net enerji miktarı hesaplanmasında üç yöntem önermektedir. Bunlar;

- Aylık/mevsimsel statik hesaplama yöntemi
- Basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi
- Detaylı dinamik hesaplama yöntemidir[37].

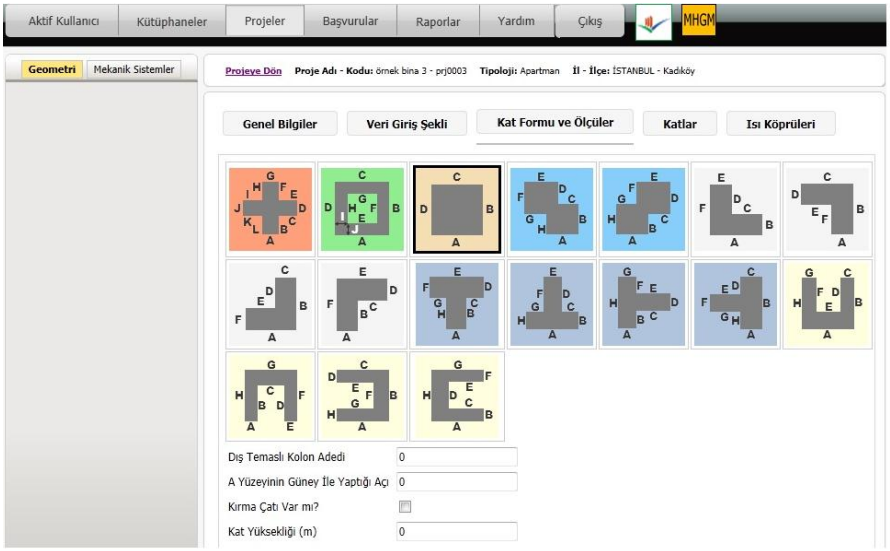
BEP-TR saatlik iklim verisi ve zaman çizelgelerini kullanan, ısıtma-soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesine gerek olmayan, RC (direnç-kapasite) modeli ile binanın saatlik ısıl davranışını aylık metotlara oranla daha gerçeğe yakın şekilde yansıtabilen, konfor koşullarının operatif sıcaklığa bağlı olarak tanımlanmasını olanaklı kılan, bina enerji yüklerine etki eden güneş kazançlarını, güneşin yıl, gün ve saat içindeki pozisyonunu dikkate alarak, güneş kontrol elemanlarının etkisini de hesaba katabilen, uzun dalga ışınımla atmosfere kaçan ısıyı dikkate alan ve bağımsız çok zonlu hesaplama yapan yarı dinamik bir metottur[35].

Hesaplama yöntemi, binayı çeşitli zonlara ayırma ve yazılım içerisinde daha önceden tanımlanmış olan bina formları seçim prensibine göre çalışmaktadır. Bina tipolojilerine bağlı olarak değişiklik gösteren bu zonlama ölçütleri ile her kat ayrı bir zon olarak ele alınmaktadır.

BEP-TR'de, müstakil konut, apartman gibi konut binaları, ofis binaları ve eğitim, sağlık binaları, alışveriş ve ticaret merkezleri ile oteller gibi kompleks binaları hesaplanmaktadır. Bina tipolojilerine göre değişen zonlama kararları ile binalar tekli veya çoklu zonlara ayrılmaktadır.

Müstakil konutlarda, mekânlar tek bir zon olarak ele alınmakta, güneş serası varsa bu zonlar içerisinde olduğu kabul edilmektedir. Apartman tipi konutlarda ise her daire tek bir zon olarak ele alınmaktadır ve zonlar arasında ısı geçirimsiz (adiyabatik) sınırlar olduğu varsayılır. Ofislerde, pencerelerden 6m'lik mesafaye kadar olan zon dış zon, bu mesafenin dışında kalan ve dış cepheden güneş kazançları, hava sızıntısı gibi etkileri yok varsayılan diğer zon ise iç zon olarak ele alınmaktadır. Alışveriş, ticaret merkezleri, eğitim, otel, sağlık binaları gibi kompleks yapılar her kat tek bir zon olarak ele alınmaktadır. Ancak farklı mekân fonksiyonları tanımlanarak, konfor sıcaklıkları belirlenmektedir[34].

BEP-TR içerisinde mevcut ve tanımlı geometriler yer almaktadır. Enerji performansı hesaplanacak binanın formu seçilecek, sonrasında her kata ve her kattaki zonlara ait ölçüler yazılıma veri olarak girilecektir. Şekil 3.1'de son sürümü itibariyle BEP-TR yazılımı içerisinde mevcut olan bina formları görülmektedir.

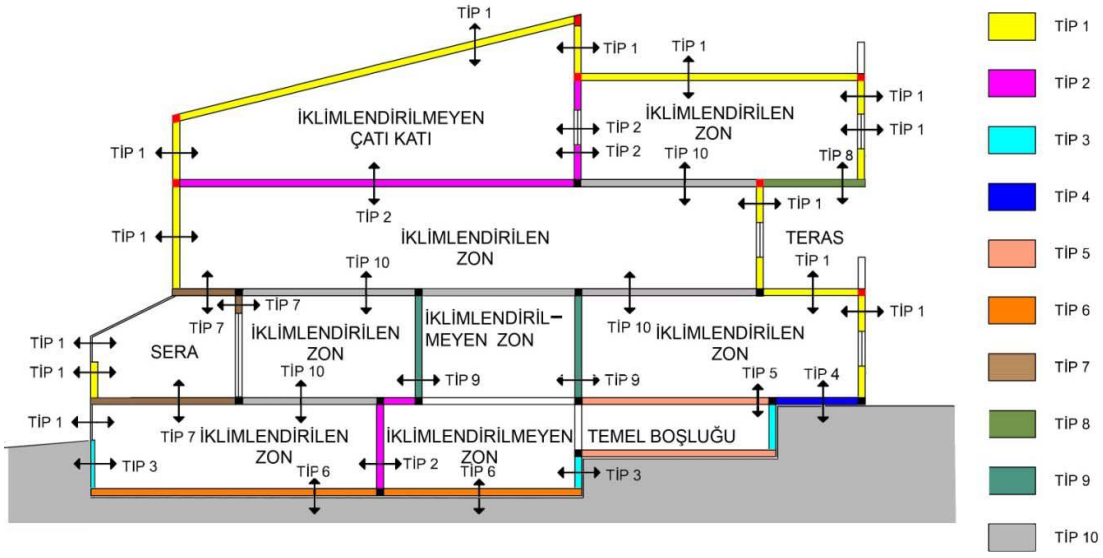


Şekil 3.1 : BEP-TR ekran görüntüsü[38].

Yukarıda görüldüğü gibi köşeli bina formlarının tanımlı olduğu BEP-TR, enerji hesaplamalarını sadece bu formlar üzerinden yapmaktadır. Yuvarlak veya diğer tasarım öğelerine sahip binaların enerji hesaplamalarında binaları, tanımlı formlardan en yakın

köşeli forma indirgeyerek yakınsama yöntemi ile enerji performanslarını belirlemektedir.

İletim ve taşınım ile ısı geçişleri opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir. Mekânların yazılım içerisine tanımlanan fonksiyonlarının (toprağa oturan zemin kat, ara kat, çatı katı vb.) yanı sıra iklimlendirilen zon veya iklimlendirilmeyen zon olması da önemli bir parametreyi oluşturmaktadır. Dış ortam havasından etkilenen mekânlar "iklimlendirilen zon", dış ortam havası ile etkileşime geçmeyen mekânlar "iklimlendirilmeyen zon" olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 3.2 : Isı Geçiş Hesapları için Isıl Şartları Farklı Zonları Ayıran Yapı Bileşenleri[34].

Opak bileşenleri duvarlar, çatı yüzeyleri ve döşemeler oluşturmaktadır. Her bir zon için bu farklı elemanların ısı geçiş katsayıları ayrı ayrı hesaplanır.

Saydam bileşenlerden ısı geçişi, bileşenin U (ısıl geçirgenlik katsayısı) değeri esas alınarak hesaplamalara katılmaktadır. Tek, çift, üçlü gibi cam tipleri, çerçeve özellikleri ile beraber yazılım içerisinde seçilmek üzere yer almaktadır. Aynı şekilde kapı doğramalarından ısı geçişleri için de konstrüksiyon tipi (ahşap, ısı yalıtımlı metal, ısı yalıtımsız metal) seçilerek hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Havalandırma yolu ile ısı geçiş hesaplarında hacimsel hava debisi zon hacmi ve zondaki hava değişim sayısına göre hesaplanıp, hava sızdırma değeri belirlenerek havalandırma ısı geçiş katsayısı bulunmaktadır. BEP-TR'de hava akısını, pencere ve kapılar aracılığıyla doğal havalandırma, yapı kabuğundaki aralık ve çatlaklar aracılığıyla gelen sızıntılar

(infiltrasyon), iklimlendirilmeyen bitişik zondan ve mekanik havalandırma sistemlerinden gelen hava akısı oluşturmaktadır[39].

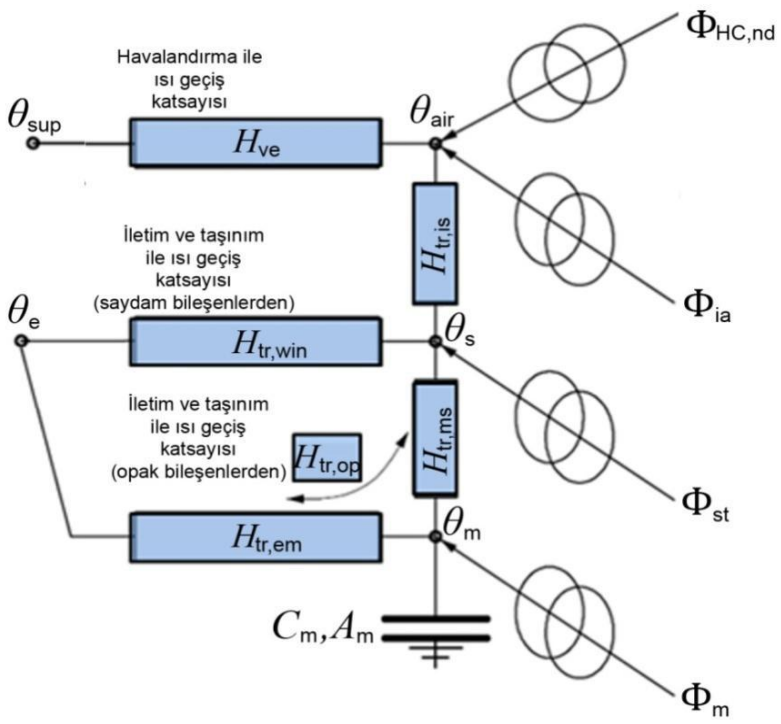
İç kazançlar, iç ısı kaynaklarından kazanılan ısı olarak tanımlanmaktadır. BEP-TR'de metabolik aktiviteye bağlı olarak insanlardan kaynaklı duyulur ve gizli ısı kazançları, cihazlardan yayılan ısı kazançları, sıcak su kullanımından ve aydınlatma aygıtlarından ısı kazançları olarak belirtilmektedir.

Güneş kazançları, opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere ayrı ayrı ele alınmaktadır. Yöntemde, bina dışındaki engel veya engellerin bina üzerine gölgeleme etkisi, bina çıkıntılarının güneş kazançlarına etkisi ve opak bileşenlerin ısı tutuculuk özellikleri gibi ölçütler hesaplamalarda kullanılmaktadır.

3.2.1 Net Enerji (Isıtma ve Soğutma) Hesaplaması

Isıtma ve soğutma net enerji ihtiyacı hesaplama yöntemi için gerekli olan başlıca girdiler, iklim verileri, bina geometrisi, binanın havalandırma ve ısıl özellikleri, iç kazançlar ve güneş enerjisinden kazançlara bağlı özellikleri, bina malzemelerinin ve bina bileşenlerinin tanımı, bina fonksiyonuna bağlı zonlama yöntemleri ve zon bilgileridir[34].

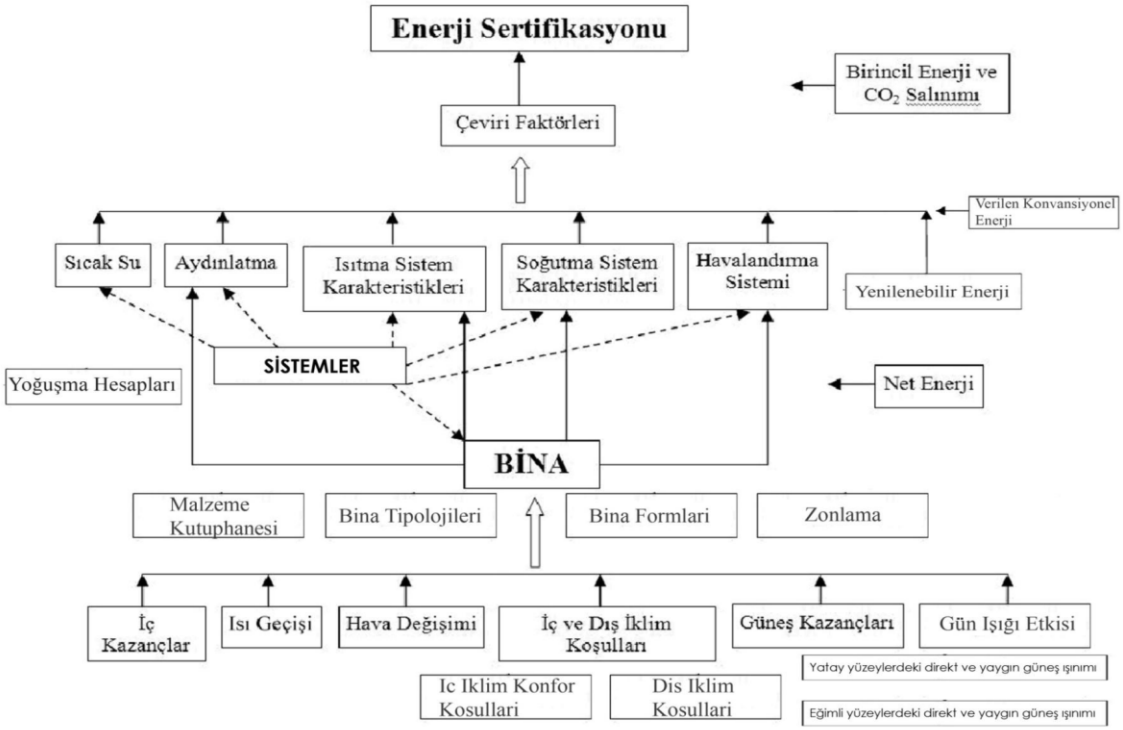
BEP-TR'de kullanılan yöntem ISO 13790'da önerilen direnç-kapasite modelidir.



Şekil 3.3 : Direnç-Kapasite Modeli (RC)[37].

Bu modelde her düğüm noktasındaki ısı dengeleri saatlik yakınsama ile çözülerek, zonun ısıtma ve soğutma ihtiyacı her saat için hesaplanmakta ve binanın ısıl kapasitesi belirli bir yaklaşıklıkla hesaba katılarak, ortalama bir kütle sıcaklığı hesaplanmaktadır. İç ortam konforu olarak tanımlanan “operatif sıcaklık”, modelin saatlik olarak hesapladığı sıcaklık ile binanın ısıl kütle sıcaklığının ağırlıklı ortalamasından oluşmaktadır. Hesaplanan bu operatif sıcaklık, ısıtma için kabul edilen sıcaklıktan düşük ise o zonun ısıtmaya, soğutma için kabul edilen sıcaklıktan fazla ise de o zonun soğutulmaya ihtiyacı vardır. Operatif sıcaklık, ısıtma ve soğutma için belirlenen sıcaklıklar arasında bir değerse zonun ısıtma veya soğutmaya gereksinimi yoktur[34].

Hesaplamalara dahil edilen bina net enerji girdi ve çıktıları Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4 : BEP-TR Veri Girdileri ve Çıktıları[39].

3.2.2 Aydınlatma Enerjisi Hesaplaması

Binanın aydınlatma enerjisi tüketim miktarlarının belirlenmesinde, cihazların ve aydınlatma aygıtlarının tip ve kullanım süreleri kadar güneş kazançları da etkili olmaktadır. Günışığından mümkün olabildiğince fazla yararlanan binaların aydınlatma enerji tüketim miktarlarında enerjiyi etkin ve verimli kullandığı görülmektedir. Aydınlatma enerjisi miktarları, bina saydam bileşenlerinin yüzey alanı ve günışığı geçirgenlik oranı gibi parametreler sayesinde değişkenlik göstermektedir. Bina zonlama tipine bağlı olarak veri olarak girilen aydınlatma aygıtları binanın mekanik sisteminin bir parçası olarak hesaplamalara katılarak enerji sınıfını belirlemede kullanılacaktır.

3.2.3 Mekanik Sistemlere Bağlı Olarak Enerji Hesaplaması

Isıtma, soğutma, havalandırma gibi bina enerji performansını etkileyen ekanik sistemlerin enerji tüketim hesaplaması yöntem içerisindeki “mekanik sistemler” modülü altında hesaplanmaktadır. Binada mevcut olan mekanik sistem tipi ve özellikleri veri olarak girilerek, belirlenen zonlar için enerji tüketim miktarları belirlenmektedir. Isıtma, soğutma ve havalandırmada kullanılan mekanik ekipmanlara,

bina içerisinde yeralan cihazlar, sıhhi sıcak su tesisatı gibi diğer ekipmanlarında ilavesiyle binanın tüm mekanik enerji tüketimi belirlenerek, sınıflandırmaları belirlemektedir.

3.3 ISO 13790'a Göre Enerji Sınıflandırmaları ve BEP-TR Hesap Yöntemi

ISO 13790 Binaların Enerji Performansı – Mekan ısıtması ve soğutulması için enerji kullanımının hesaplanması olarak düzenlenmiş bir standarttır. BEP-TR, hesap algoritmalarının hazırlanmasında ISO 13790 şemsiye döküman olarak kullanılmıştır.

BEP-TR'de, IS0 13790'da olduğu gibi tek zon veya çoklu zon olarak hesap yapılabilmektedir. Bina enerji gereksiniminin (ısıtma ve soğutma enerjisi) niceliği, zon ölçeğinde ısı kayıp ve kazançlarının dengelenme durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bina enerji hesabının kapsamı, hesap yapılan zon için aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır.

- Isı alışverişi (kayıp ya da kazanç)

- BEP-TR ve ISO 13790'da ısı alışverişi, iç ortam konfor sıcaklığı ve dış ortam arasında sıcaklık farkına bağlı olarak yapı bileşenlerinden geçen ısı ve havalandırma (doğal veya yapay) yoluyla boşluk ve çatlaklardan geçen ısıdır.
- Bitişik zonlar arasında ısı alışverişi IS0 13790'da, iç ortamla iklimlendirilmeyen bitişik zonlar arasında sıcaklık farkına bağlı yapı bileşenlerinden ve havalandırma yoluyla geçen ısı, BEP-TR'de iklimlendirilmeyen zonun ısı kayıp ve kazançlarının belirli bir azaltım faktörü aracılığıyla hesap yapılan zona aktarılmasıyla hesaplanan ısıdır.

- Isı kazançları

- BEP-TR ve ISO 13790'da iç ısı kazançları; kişi, cihaz, aydınlatma, sıcak su sistemlerinden kazanılan ısı, güneşden doğrudan pencerelerden ve dolaylı yolla opak alanlardan kazanılan ısı ve kabuğun ısıl kütlesinin ısıyı depolama ve depoladığı ısıyı salmasıdır.

- Isıtma enerjisi ihtiyacı

- BEP-TR ve ISO 13790'da, zonda gerekli minumum konfor sıcaklığı için ısıtma enerjisi ihtiyacı varsa ısıtma sisteminin sağladığı enerjidir.

- Soğutma enerjisi ihtiyacı

- BEP-TR ve ISO 13790'da, zonda sıcaklığı gerekli maksimum sıcaklık değerine düşürmek için soğutma enerjisi ihtiyacı varsa soğutma sisteminin harcadığı enerjidir.

ISO 13790, yukarıdaki kapsamı gerçekleştirmede üç ayrı yöntem önermektedir. Bu yöntemler;

- Aylık sabit rejim hesap yöntemi
- Basit saatlik dinamik yöntem
- Detaylı dinamik hesap yapan simülasyon yöntemleridir.

ISO 13790'da aylık yöntemin yıllık bazda doğru sonuç vereceği, ancak ısıtma ve soğutma sezonunun başlangıcına yakın aylar için hatalı sonuçlar elde edilebileceği belirtilmektedir. Saatlik sonuçlar veren basit saatlik dinamik yöntemde de tek başına saatlik sonuçların geçerli olamayacağı vurgulanmaktadır. Ulusal düzeyde yapı türüne ve hesap amacına bağlı olarak bu üç yöntemden hangisinin zorunlu olacağına karar verilebileceği söylenmektedir. BEP-TR'nin net enerji hesap yöntemi, ISO 13790'nın basit üç düğümlü saatlik yöntemini esas almıştır.

BEP-TR ve ISO 13790' da aynı zonlama prensiplerine sahiptir. Bina tipolojilerine bağlı olarak, bina çoklu zonlara bölünür veya tek zon olarak ele alınır.

1. Tekil zon

- Müstakil konutlarda tüm zonlar tek bir zon olarak değerlendirilir. (iç konfor sıcaklığı 19.4 °C)
- Bina tek zon olarak değerlendirilebilir.
- ISO 13790' da ısıtılan zonlar arası sıcaklık farkı 4K'den fazla olmamak kaydıyla bina tekil zon olarak ele alınır.

2. Zonlar arası ısı geçirimsiz kabul edilerek ısıl birliktelikleri olmayan çoklu zonlamalar

- Her daire birbirinden bağımsız ayrı zon olarak alınır.
- BEP-TR' de apartman tipli konut zonlama örneklerinde çoklu zonlama yapılır.
- Bina farklı zonlara ayrıldığında her zon birbirinden bağımsız tek bir zon olarak kabul edilir.

3. Zonlar arası termal birlikteliklerle çoklu zonlamalar

- Hava akış yönü,büyüklüğü ve ısı aktarım koşulları gibi girdiler gereklidir.

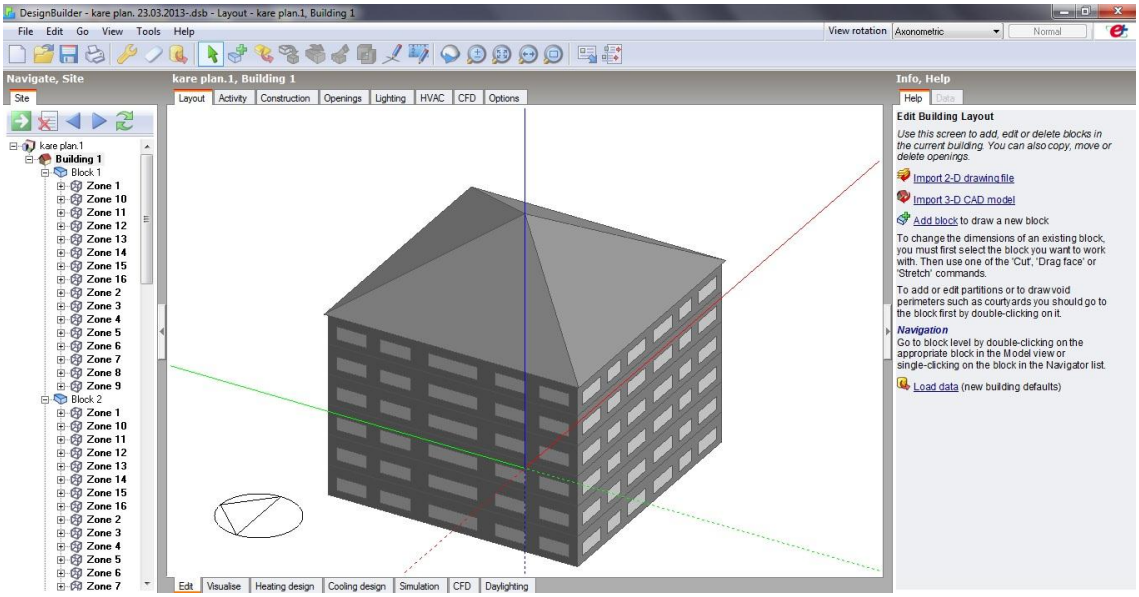
İç ortam bölünmesindeki serbestlik gibi zonlama kurallarına uyulmalıdır. Örneğin; hastanelerdeki ofis & restaurant bölümleri gibi…

3.4 Design Builder Simülasyon Programı

Design Builder, EnergyPlus'ın ara yüzü olarak geliştirilen enerji simülasyon programıdır. Programa veri girilmesinde ve sonuçların elde edilmesinde kullanıcı kolaylığı sağlayan Design Builder, binayı üç boyutlu olarak modelleyerek enerji hesabı yapmaktadır[40]. Binanın bulunduğu şehir, bina kullanım türü ve kullanıcı sayısı, mekan tanımlamaları, bina kabuğu opak ve saydam bileşen detayları, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin veriler toplanarak, tanımlanmalıdır[41]. Binaya ilişkin tüm bilgiler veri olarak programa tanımlandığında, binanın yıllık, aylık ve günlük ısıtma, soğutma, aydınlatma yükleri elde edilebilmektedir.

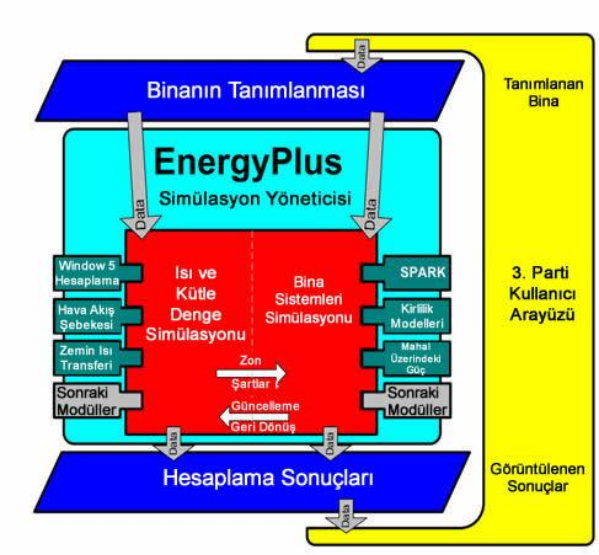
Design Builder hesaplamalarında saatlik iklim verilerini kullanmakta, enerji yüklerini bütünleşik hesaplamakta, hesaplama sonuçlarını tercihe göre saatlik, aylık veya yıllık elde edebilmektedir[40]. Böylece Design Builder'dan detaylı hesap sonuçları alınabilmektedir.

Program enerji giderlerinin yanı sıra güneşin hangi cepheyi nasıl etkilediği, çevreye düşen gölgelerin boyutları gibi binanın istenen gün ve saatteki gölgeleme etkilerini oluşturabilmektedir[11]. Malzemelerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak oluşturulan yapı kabuğu U değerlerini ve ısıl performanslarını da hesaplayabilmektedir.

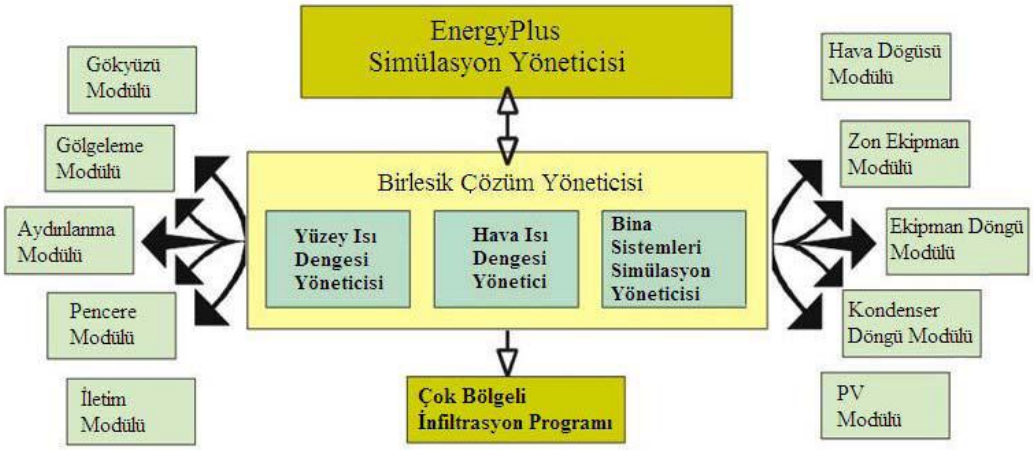


Şekil 3.5 : Design Builder Bina Modellemesi[42].

Design Builder programı, ASHRAE onaylı ısıl denge yöntemini EnergyPlus yazılımından uyarlayarak kullanmaktadır. EnergyPlus, dış iklim koşullarının zamana bağlı değişiminine ve bina malzemelerinin ısı depolama özelliklerine bağlı olarak bina enerji performansı belirlemede periyodik rejimde hesap yapan bir enerji simülasyon aracıdır. Detaylı bina enerji performansı belirlemede kullanılan bu simülasyon aracı, eşzamanlı-çok zonlu hesaplama yapabilmektedir. Yani ısıl koşulları birbirinden farklı ısıl zonlar ve birbirleriyle ısıl ilişkilerini eşzamanlı olarak hesaplayabilmektedir.



Şekil 3.6 : EnergyPlus Yazılımının Program Yapısı[33].



Şekil 3.7 : EnergyPlus Yazılımının Simülasyon Yöneticisi Yapısı[33].

Design Builder programı EnergyPlus için geliştirilmiş ara yüz programıdır. Binanın enerji, karbon salınım, aydınlatma ve konfor denetimi için geliştirilmiş olan Design Builder, üç boyutlu modelleme ile görsel bir simülasyon programıdır.

Sürdürülebilir enerji programları, çevresel performans ve bina tasarımını etkileyen parametrelerin sonucunda bina enerji yüklerini belli sistemlerle ortaya koymaktadır[43,44]. Enerji etkin bina tasarımında binanın ilk tasarım aşamasından kullanım ömrünün sonuna kadar uygulanması gereken enerji modelleri, istenilen ihtiyaç ve verilere göre şekillenmelidir[45,46].

BÖLÜM 4

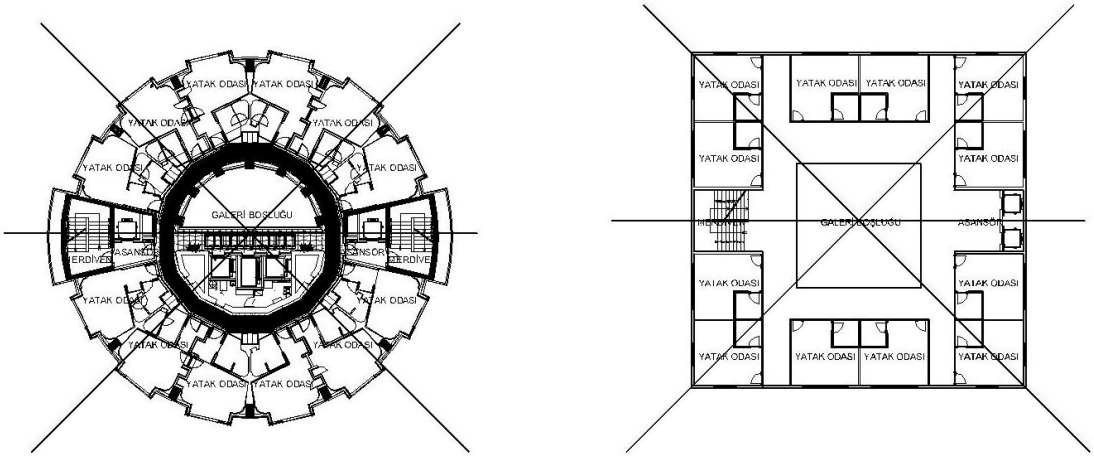
FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE OTEL YAPILARININ BİÇİM VE ZONLAMA ANALİZLERİ

Bu tez çalışmasında örnekleme açısından fonksiyon olarak otel yapıları seçilmiş ve analiz edilmiştir. Türkiye'deki sıcak kuru, soğuk ve ılıman nemli iklim bölgelerindeki otel yapılarının, BEP-TR ve Design Builder programlarında enerji hesaplamaları yapılmıştır. Bu üç iklim bölgesinden seçilen pilot illerde yapılan hesaplamalarda binaların ısıtma ve soğutma enerjisi tüketim miktarları hesaplanmıştır. Sıcak kuru iklim bölgesi için Diyarbakır, soğuk iklim bölgesi için Erzurum ve ılıman nemli iklim bölgesi için İstanbul pilot il olarak belirlenmiştir.

Yapıların plan tiplerine ve yapı biçimine bağlı olarak ısıtma ve soğutma yükleri hesabı analizlerin çıkış noktasını oluşturmaktadır. Analizlerde enerji yüklerini hesaplamada BEP-TR ve Design Builder simülasyon programları kullanılmaktadır. BEP-TR yazılımı, içerisinde tanımlı olan köşeli formların enerji yüklerini hesaplayabilmektedir. Design Builder ise elips, daire vb. formlar ile eğimli yüzeyler de dahil olmak üzere herhangi bir form sınırlaması olmadan enerji hesabı yapabilmektedir.

Yapının ısıtma ve soğutma yüklerinde önemli rol oynayan yapı biçimi ve yüzey eğimi parametreleri, yapının enerji tüketimini de ağırlıklı olarak belirlemektedirler[47]. Her zonu ayrı bir ısıl yük oluşturan kompleks otel bina tipolojilerinde yatak katları ve sayısı hem tasarım hem de enerji tüketimi açısından oldukça önemlidir[48,49]. Bu yüzden kullanılan otel plan tiplerinde kat taban alanları, kat yükseklikleri, kat sayısı, kattaki yatak odası sayısı, yatak odası özellikleri, bina opak, saydam bileşenleri, saydamlık

oranları ile kabuk özellikleri aynı seçilmiştir. Her iki programda aynı yapı malzemeleri, aynı boyut ve kalınlıklarda aynı mekânlarda kullanılmıştır. İç mekân konum ve yönlendirmelerindeki değişiklikler en alt seviyede tutulmaya çalışılarak hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.1 : Daire ve Kare Planda Saydam Alanlar

Bu tez çalışmasında analizler iki ana grupta toplanmaktadır.

1. Kare ve daire planlı otel yapılarının karşılaştırılması: Eğrisel formlu yapıların enerji hesabı yapılamayan BEP-TR'de, daire formlu otel yapıları aynı taban alanına sahip kare forma indirgenerek enerji hesapları yapılmıştır. Design Builder programında, daire ve kare formlu her iki otel yapı tipinin enerji yükleri hesaplanmıştır. Analizler sonucunda karşılaştırmalar yapılarak, BEP-TR'de eğrisel formlu bir yapının köşeli formlara indirgenerek enerji hesabı yapılmasının oluşturduğu fark belirlenmiştir.

2. Zonlama sayısının karşılaştırılması: BEP-TR'de otel yapıları her kat ayrı bir zon olmak üzere, kat bazında tek zon olarak hesaplanabilmektedir. Design Builder programında ise; her bir mekan ayrı bir zon olarak çok zonlu hesaplanabilmektedir. Dolayısıyla Design Builder'da tek ve çok zonlu, BEP-TR'de ise yalnızca tek zonlu hesap yapılarak hesaplamalarda zon sayısının ortaya çıkardığı fark belirlenmiştir.

Her iki grupta analizler üç iklim bölgesi için yapılmıştır.

4.1 Analiz için Belirlenen Plan Tipleri

Analizlerde kullanılmak üzere daire ve kare tabanlı otel plan tipleri seçilmiştir. BEP-TR, dairesel formlu yapıların enerji hesaplamasını kendisine en yakın ölçülerdeki kare forma indirgeyerek yapabilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacına yönelik olarak;

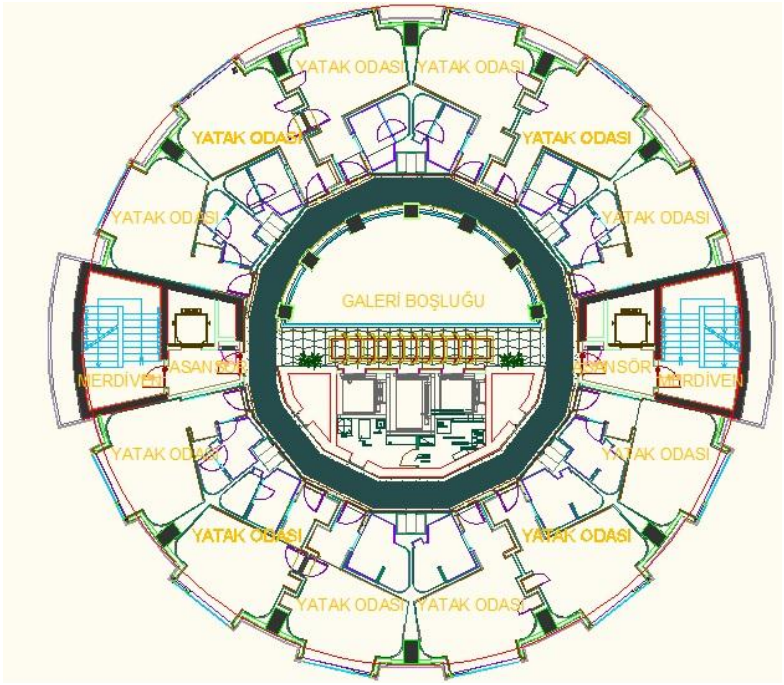
- Öncelikle şehir merkezlerinde sıklıkla uygulanabilen, arsa boyutlarına ve imar yönetmeliklerine uygun, orta ölçekte daire planlı,
- İkinci adımda daire planlı otel yapısı ile aynı taban alanına sahip, yönlendirmesi ve oda sayısı eşit kare planlı,

yatak katları 6 kattan oluşan otel yapıları oluşturulmuştur.

Böylece dairesel ve eğimli formları kendine en yakın köşeli formlara indirgeyerek hesaplayan BEP-TR yönteminin ısıtma ve soğutma enerjisi yük hesabındaki farklar belirlenmiştir.

4.1.1 Daire Planlı Otel Yapısı

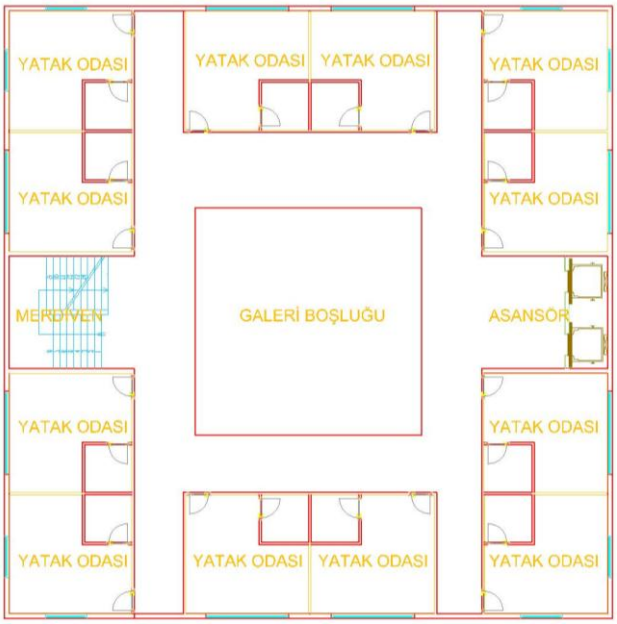
Her katta 26,25 m² döşeme alanına sahip 12 adet yatak odası bulunmaktadır. Her yatak odası zonunda 3,5 m x 1,5 m boyutlarında saydam alanlar yer almaktadır. Her katın saydamlık alan yüzdesi %20,25'dir. Bu plan tipinde çekirdekte yer alan 167,33 m² galeri boşluğu bulunmaktadır.



Şekil 4.2 : Daire Planlı Otel Yapısı

4.1.2 Kare Planlı Otel Yapısı

Her katta 26,25 m² döşeme alanına sahip 12 adet yatak odası bulunmaktadır. Her yatak odası zonunda 3,5 m x 1,5 m boyutlarında saydam alanlar yer almaktadır. Her katın saydamlık alan yüzdesi %17,52'dir. Plan tipinde çekirdekte yer alan 100 m² galeri boşluğu bulunmaktadır.



Şekil 4.3 : Kare Planlı Otel Yapısı

4.2 Analizler

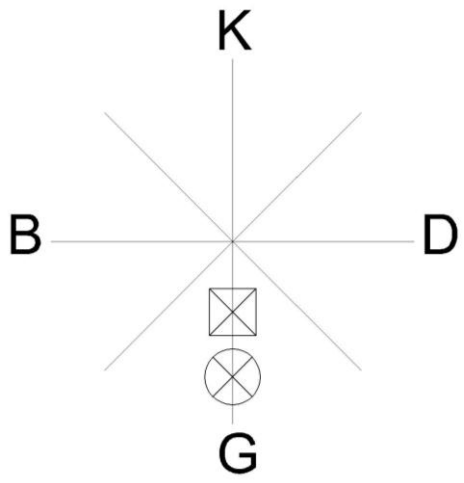
Analizlerde, otel yapılarını ağırlıklı olarak oluşturan yatak katları çalışılmıştır. Mekanlar Şekil 4.2 ve 4.3'de görüldüğü gibi yatak odaları, asansör-merdiven boşlukları ve kattaki sirkülasyon alanlarıdır. Plan tiplerinin enerji yükü hesaplamasında kullanılan fiziksel veriler Türk standartarı, EN, DIN ve ASHRAE gibi ilgili standartlardan alınmıştır.

Analizlerde kullanılan programların özellik ve kapasitelerine yönelik çeşitli otel plan şemaları Çizelge 4.1'de sınıflandırılmıştır. İki programda yapılan enerji yükü hesaplamaları ile yapı biçimi, zon sayısı ve iklim bölgesi özelliklerinden dolayı ortaya çıkan ısı kayıp ve/veya kazanç farklılığının ve programların karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Çizelge 4.1 : Analiz Sınıflandırmaları

Analizler		
Hesap Yöntemi	**Biçim**	**Zon Sayısı**
Design Builder	Daire	Çok zonlu
	Kare	
	Daire	Tek zon
	Kare	
BEP-TR	Kare	Tek zon

4.2.1 Analizlerde Kullanılan Veriler



Şekil 4.4 : Otel Yapılarının Yönlendirmesi

Binaların enerji performansları değerlendirmesinde, farklı iklim bölgelerinde yönlendirilişleri aynı kabul edilmiştir. Asansör-merdiven boşlukları doğu ve batı cephelerinde konumlandırılmıştır.

Analizlerin yapıldığı iklim bölgelerinden seçilen pilot illerin dış iklim verileri ASHRAE/IWEC'den alınmıştır. Ilımlı nemli iklim bölgesi için seçilen pilot il İstanbul'un aylık saatlere göre ortalama sıcaklıkları Çizelge Ek A.1'de görülmektedir[50].

Sıcak kuru iklim bölgesi için seçilen il Diyarbakır'dır. Ilımlı nemli iklim bölgesine göre ortalama sıcaklık farkları daha fazla olan Diyarbakır, ısıtma ve soğutma yükleri açısından da önemli farklar ortaya koymaktadır.

Soğuk iklim bölgesinden seçilen Erzurum'da mevsimlik sıcaklık farkları diğer iklim bölgelerine göre daha fazladır. Soğuk iklim bölgesi olması sebebi ile en fazla ısıtma yüküne sahip bölgedir.

Tüm iklim bölgelerinde ısıtma sistemi enerji kaynağı olarak ilk analizlerde doğal gaz ve sıcak sulu radyatör kullanılmıştır. Soğutma sisteminde ise elektrik enerjisiyle çalışan split klimalar tercih edilmiştir. Aydınlatmada ise armatür olarak floresan seçilmiştir.

BEP-TR'de enerji hesabı yapılacak otel yapısı şehir merkezinde az sıklıktaki binalardan olmak üzere, toplam hava değişim oranı ve hava sızdırmazlık seviyeleri, konstrüksiyon tipine bağlı olarak yönetmelikte belirtilen seçenekler arasından belirlenmiştir[35].

Çizelge 4.2 : Betonarme konstrüksiyon otel binası toplam hava değişim oranı[35].

Konstrüksiyon Tipine Bağlı Hava Sızdırma Değeri / **Konstrüksiyon Tipi**	Temel Hava Sızdırma Değeri	Sıva Yapılmış Duvar	Toplam Hava Değişim Oranı n_{50} $[h^{-1}]$
Beton veya Yüksek Perde Duvar Yüksek Bina n_{50} $[h^{-1}]$	3	-1	2

Çizelge 4.3 : Otel Binası Hava Sızdırmazlık Seviyeleri[35].

Hava Değişim Oranı (Toplam n_{50})	**Sızdırmazlık**
<2	Yüksek
2 ile 5 arası	Orta
>5	Düşük

Çizelge 4.4 : Otel Binası Doğal Havalandırma Değişim Sayısı (n) (1/h)[35].

Binanın Korunma Durumu	Birden Fazla Yüzeyi Dışa Açık Binalarda Yüksek Bina Sızdırmazlığı için
Hafif Korunmalı	0,5

Tüm bu verilere göre otel binası hafif korunmalı, yüksek sızdırmazlığa sahip, toplam hava değişim oranı (n_{50}) 2 ve saatlik hava değişim sayısı 0,5 olarak belirlenmiştir.

BEP-TR'de otel binaları için her kat tek bir zon olarak kabul edilir. Ancak katta yer alan mekanlar fonksiyonlarına göre farklı operatif sıcaklık ve ısıtma, soğutma, aydınlatma yüklerine ihtiyaç duyduğundan, mekan tanımlamaları yapılır. Mekanların fonksiyonlarına göre işletim saatleri, ısıtma, soğutma ayar sıcaklıkları, kişi ve cihazlardan kaynaklı iç kazanç değerleri Çizelge 4.5'de tanımlanmıştır[39]. Otel işletmeleri ve mekanik sistem uygulayıcıları incelenerak, konfor set değerlerini 21-27°C olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.5 : BEP-TR'de analizi yapılan otel binası mekan girdileri[39].

Mekan Fonksiyonu	**Bina Tipolojisi**	**Başlangıç Saati**	**Bitiş Saati**	**Kişilerden Duyulur Isı Kazancı (W/m²)**	**Kişilerden Gizli Isı Kazancı (W/m²)**	**Ekipmanlardan Isı Kazancı (W/m²)**	**Isıtma Ayar Sıcaklığı (°C)**	**Soğutma Ayar Sıcaklığı (°C)**
Yatak Odaları	Otel	21	8	7,00	5,50	4,00	21	27
Koridorlar	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	21	27

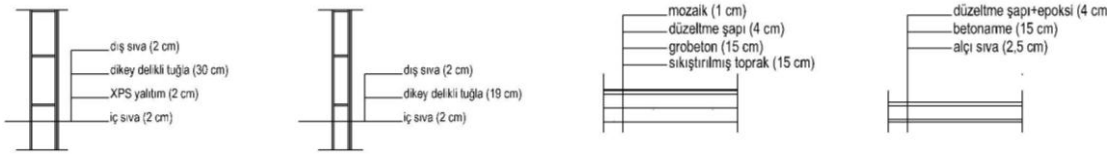
İç kazançlar açısından her iki program karşılaştırma yapmak amacıyla çalışıldığında iç kazançlar, kişi sayısı ve aydınlatma aygıtı sayısı eşit tutulmuştur. (Kişi sayısı ve aydınlatma aygıtı sayısı 12 ile çarpılmıştır.)

Çizelge 4.6 : Otel Tipleri İç Mekan Özellleri

Otel Yapısı Plan Tipi	**Daire Planlı**	**Kare Planlı**
Kuıllanılan Toplam Alan (m²)	3960	3960
Kat Taban Alanı (m²)	660	660
Kat Adedi	6	6
Kat Yüksekliği (m)	3,5	3,5
Yatak Odası Alanı (m²)	26,25	26,25
Kat Başına Düşen Yatak Odası Adedi	12	12
Galeri Boşluğu Alanı (m²)	167,33	100
Saydam Alanlar (m²)	378	378
Sirkülasyon Alanı (m²)	177,67	245
A/V oranı	0,136	0,155

Malzeme seçiminde ise hem BEP-TR hem de Design Builder'da aynı malzemeler, aynı boyut ve kalınlıklarda, aynı mekânlarda kullanılmıştır.

U dış duvar=0,91 W/m²K U taban=2,733 W/m²K



U iç duvar= 1,07 W/m²K U tavan= 2,708 W/m²K

Şekil 4.5 : Analizlerde Kullanılan Kesit Örnekleri

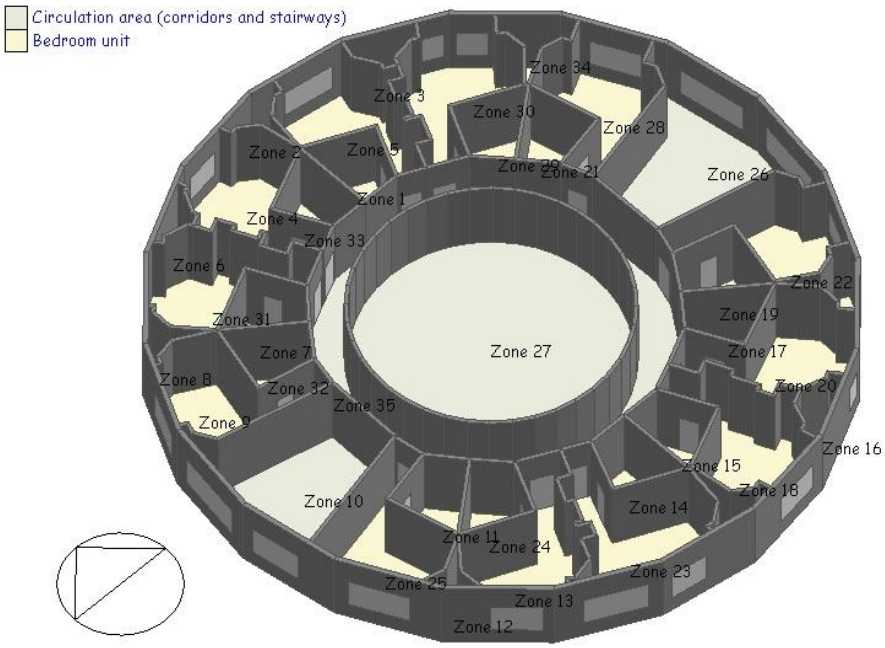
4.2.2 Biçim ve Zonlama Analizleri

Özellikleri verilen otel yapıları enerji yükleri basit saatlik dinamik yöntem ile hesaplama yapan BEP-TR ve ısıl denge yöntemini EnergyPlus yazılımından uyarlayarak kullanıp, dinamik saatlik hesap yapan Design Builder programlarında hesaplanmıştır. Mevcut BEP-TR otel yapılarını, her kat ayrı bir zon olarak hesaplanması şartıyla kat bazında tek zon olarak hesaplattırmaktadır. Design Builder programında ise kapalı her mekan bir zon olarak hesaplandığından her oda ayrı bir zon olarak hesaplanmaktadır. Çizelge 4.1'de verildiği gibi analizler;

- Design Builder’da oda ölçeğinde çoklu zon ve kat ölçeğinde tek zon,
- BEP-TR’de kat ölçeğinde tek zon

olarak hesaplanmıştır.

Her katta yatak odası, merdiven, asansör, koridor ve galeri boşluğu fonksiyonlarına sahip iç mekanlar tanımlanmıştır.Her iki plan tipinde de tüm zonlar 24 saat aktif kabul edilerek enerji yükleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.6 : Analizler için Design Builder’da Daire Planlı Otel Ara Katı Modellemesi



Şekil 4.7 : Analizler için Design Builder'da Kare Planlı Otel Ara Katı Modellemesi

Dolayısıyla;

- Analizler öncelikle BEP-TR'de kat başına tek zon ve Design Builder'da oda ölçeğinde çoklu zon olarak çalışılmıştır.
- İkinci adımda ise her iki programda da her kat başına tek zon olarak çalışılmıştır.

4.2.2.1 Ilıman Nemli İklim Bölgesi –İstanbul Örneği

Ilıman nemli iklim bölgesi için seçilen İstanbul'da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : İstanbul Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri

Hesaplama Yöntemi	**Zon Sayısı**	**Otel Plan Tipi**	**Enerji Tipi**	**Enerji Miktarı (kWh/m²)**
Design Builder	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	831,85
			Soğutma	274,26
		Kare Planlı	Isıtma	768,43
			Soğutma	398,42
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	3179,63
			Soğutma	205,69
		Kare Planlı	Isıtma	2917,24
			Soğutma	296,39
BEP-TR	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	6588,35
			Soğutma	209,08

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi;

○ Biçim dönüştürme analizlerinde;

- Daireden kareye çevrilen otel yapılarının Design Builder programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,62 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %45,27 oranında bir artış olmuştur.
- Daireden kareye çevrilen otel yapılarının Design Builder programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 8,25 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %44,09 oranında bir artış olmuştur.

○ Zon sayısı farkı analizlerinde;

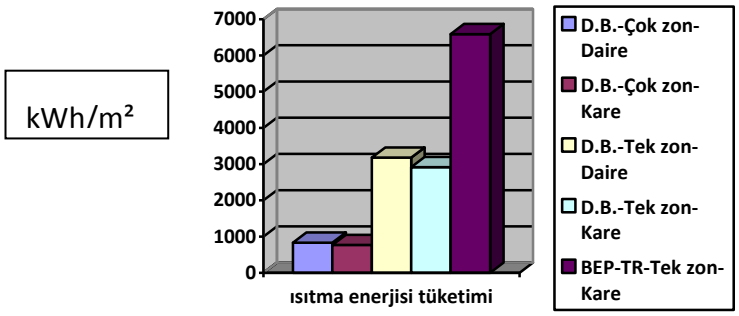
- Daire planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,23 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %25 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Zon sayısı farkı ısıtma yüklerinde önemli değişiklik göstermektedir. Tek zonlu hesap ısıtma yükünde önemli bir artışa sebep olmaktadır.
- Kare planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %279,63 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise

%25,6 oranında bir düşüş görülmektedir. Zon sayısı farkı kare planda da ısıtma yüklerinde önemli fark yaratmıştır. Tek zonlu hesap ısıtma yükünde ciddi bir artışa neden olmaktadır.

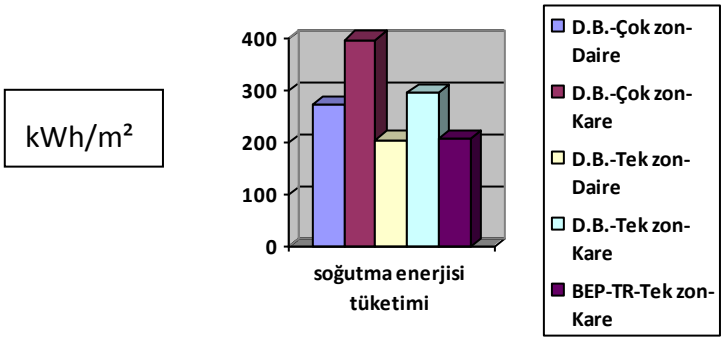
○ Program farkı analizlerinde;

- Kare planlı otel yapısının BEP-TR'de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü Design Builder programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %125,84 oranında bir artış, soğutma enerji yüküne göre ise %29,45 oranında bir azalma göstermiştir. Bu fark programlar arasındaki yöntem farkından kaynaklanmaktadır.

Isıtma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu ay Şubat ve soğutma enerjisi tüketiminin en fazla olduğu ay Temmuz' dur. Zon sayısı farkı, BEP-TR ve Design Builder arasındaki ısıtma yükleri arasında ciddi farklar ortaya çıkarmaktadır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.8 ve 4.9'da grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.8 : İstanbul Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması



Şekil 4.9 : İstanbul Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması

4.2.2.2 Sıcak Kuru İklim Bölgesi –Diyarbakır Örneği

Sıcak kuru iklim bölgesi için seçilen Diyarbakır'da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Diyarbakır Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri

Hesaplama Yöntemi	**Zon Sayısı**	**Otel Plan Tipi**	**Enerji Tipi**	**Enerji Miktarı (kWh/m²)**
Design Builder	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	1016,81
			Soğutma	367,71
		Kare Planlı	Isıtma	937,12
			Soğutma	516,24
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	3890,36
			Soğutma	275,78
		Kare Planlı	Isıtma	3619,72
			Soğutma	382,53
BEP-TR	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	10458,1
			Soğutma	271,02

Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi;

○ Biçim dönüştürme analizlerinde;

- Daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının Design Builder programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,83 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %40,39 oranında bir artış olmuştur.
- Daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının Design Builder programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 6,95 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %38,7 oranında bir artış olmuştur.

○ Zon sayısı farkı analizlerinde;

- Daire planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,6 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %25 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Diyarbakır'da da hesap

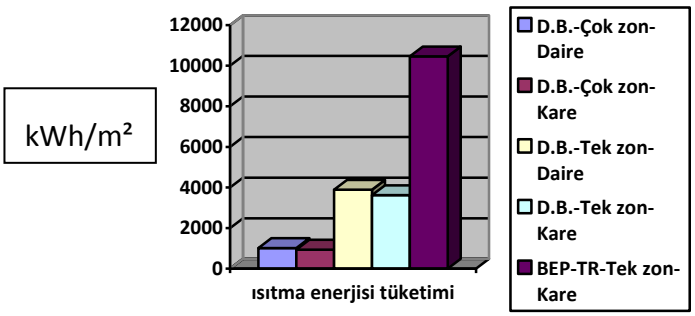
yapılan zon sayısı ısıtma yükünde önemli fark yaratmıştır. Tek zonlu ısıtma yükü hesabında önemli bir artış meydana gelmiştir.

- Kare planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %286,26 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise %25,9 oranında bir düşüş görülmektedir. Hesap zonu sayısındaki fark, kare planda da daireyle aynı şekilde ısıtma yüklerini önemli ölçüde etkileyerek, ısıtma yükünde ciddi bir artışa sebep olmuştur.

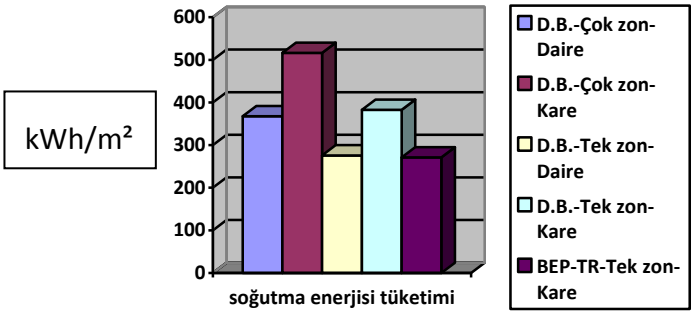
○ Program farkı analizlerinde;

- Kare planlı otel yapısının BEP-TR'de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü Design Builder programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %188,92 oranında bir artış, soğutma enerji yüküne göre ise %29,15 oranında bir azalma göstermiştir. Programların dayandığı yöntem farkı Diyarbakır'da da enerji yüklerini ciddi oranda etkilemiştir.

Mevsimsel ve günlük sıcaklık farklarının fazla olduğu sıcak kuru iklim bölgesinde en fazla ısıtma enerjisi tüketimi Ocak'ta ve en fazla soğutma enerjisi tüketimi ise Temmuz'da olmaktadır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.10 ve 4.11'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.10 : Diyarbakır Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması



Şekil 4.11 : Diyarbakır Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması

4.2.2.3 Soğuk İklim Bölgesi –Erzurum Örneği

Soğuk iklim bölgesi için seçilen Erzurum'da otel plan biçimlenişleri için biçim ve zon analizleri sonucunda elde edilen ısıtma-soğutma enerjisi yükleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Erzurum Örneğinde Isıtma-Soğutma Enerjisi Yükleri

Hesaplama Yöntemi	**Zon Sayısı**	**Otel Plan Tipi**	**Enerji Tipi**	**Enerji Miktarı (kWh/m²)**
Design Builder	Çok zonlu	Daire Planlı	Isıtma	1617,72
			Soğutma	122,93
		Kare Planlı	Isıtma	1410,26
			Soğutma	162,76
	Tek zon	Daire Planlı	Isıtma	6189,46
			Soğutma	67,61
		Kare Planlı	Isıtma	5736,9
			Soğutma	85,27
BEP-TR	Tek zon	Kare Planlı	Isıtma	22493,98
			Soğutma	58,5

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi;

○Biçim dönüştürme analizlerinde;

- Daire yapının kareye dönüşümü Design Builder programında çok zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 12,82 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %32,4 oranında bir artış olmuştur.
- Dairenin kare planlı yapıya dönüşümü Design Builder programında tek zonlu olarak hesaplanan ısıtma yüklerinde % 7,31 oranında düşüş, soğutma yüklerinde ise %26,12 oranında bir artış olmuştur.

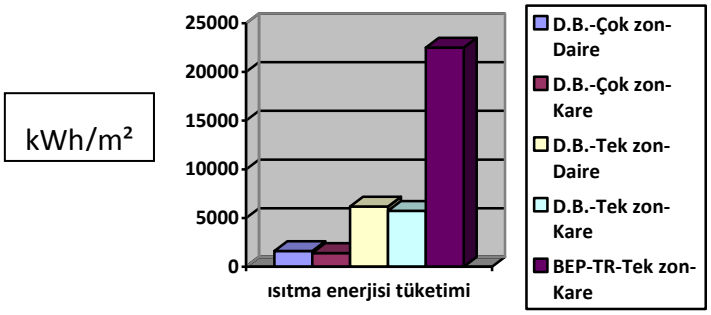
○Zon sayısı farkı analizlerinde;

- Daire planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %282,6 oranında bir artış görülürken, soğutma yüklerinde %45 oranında bir azalma ortaya çıkmıştır. Erzurum'da da ısıtma yükünün tek zon olarak hesabı çok zonlu hesaba göre önemli artış göstermiştir.
- Kare planlı otel yapısının Design Builder programında çok ve tek zonlu olarak ısıtma yükü hesabında %306,79 oranında bir artış, soğutma yüklerinde ise %47,6 oranında bir düşüş görülmektedir. Kare planlı yapıda ısıtma yükünün tek zon olarak hesabı önemli artış göstermiştir.

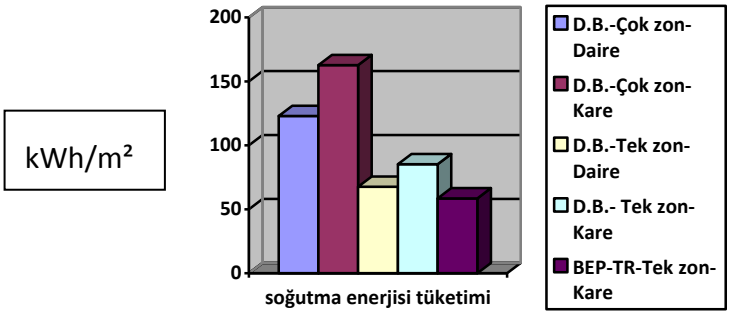
○Program farkı analizlerinde;

- Kare planlı otel yapısının BEP-TR'de hesaplanan ısıtma enerjisi yükü Design Builder programında hesabı yapılan ısıtma enerjisi yüküne göre %292,09 oranında bir artış, soğutma enerji yüküne göre ise %31,39 oranında bir azalma göstermiştir. Programların dayandığı basit saatlik ve detaylı dinamik yöntem karşılaştırması, soğuk iklim bölgesindeki Erzurum'un enerji yüklerinde belirgin farklara neden olmuştur.

Elde edilen sonuçlar Şekil 4.12 ve 4.13'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.12 : Erzurum Analizleri için Isıtma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması



Şekil 4.13 : Erzurum Analizleri için Soğutma Enerjisi Tüketimi Karşılaştırması

4.2.2.4 Biçim ve Zonlama Analizleri Karşılaştırması

Design Builder programında, dairenin kareye dönüştürülmesiyle biçim farkının ısıtma-soğutma yükleri üzerine etkisinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. İkinci adımda; kare planlı binaların ısıtma ve soğutma enerjileri karşılaştırması yapılarak programlar arasındaki farkı belirlemek amaçlanmıştır.

BEP-TR programı gerektirdiği için daireden kare plana çevrilirken saydam alan yüzey oranları az da olsa değişkenlik göstermektedir. Daire planda yer alan saydam alan yüzdesi %20,25 iken, kare planda %17,52'dir. Saydamlık oranları ve yönlendirmeleri arasındaki fark olabildiğince en alt seviyede tutulmuş, yalnızca bina biçimlerindeki farklılık ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.10 : Analizlerin Isıtma ve Soğutma Enerji Yükleri Karşılaştırması

				ISITMA ENERJİSİ			**SOĞUTMA ENERJİSİ**		
Hesap Yönt.	**Değişken**	**Plan Tipleri**	**Zon Sayısı**	İst.	Diyr.	Erz.	İst.	Diyr.	Erz.
Design Builder	Biçim	Daire - Kare	Çoklu-Çoklu	%7,62 ↓	%7,83 ↓	%12,82 ↓	%45,27 ↑	%40,39 ↑	%32,4 ↑
		Daire - Kare	Tek–Tek	%8,25 ↓	%6,95 ↓	%7,31 ↓	%44,09 ↑	%38,7 ↑	&26,12 ↑
	Zon sayısı	Daire	Çok zondan Tek zona	%282,2 ↑	%282,6 ↑	%282,6 ↑	%25 ↓	%25 ↓	%45 ↓
		Kare		%279,6 ↑	%286,26 ↑	%306,79 ↑	%25,6 ↓	%25,9 ↓	%47,6 ↓
Des.B.-BEP-TR	Program	Kare - Kare	Tek-Tek	%125,84 ↑	%188,92 ↑	%292,09 ↑	%29,45 ↓	%29,15 ↓	%31,39 ↓

○ <u>Biçim dönüştürme:</u>

- Üç iklim bölgesi için yapılan analizlerde Design Builder'da enerji yükleri hesaplanan daire ve kare planlı otel yapılarında, ısıtma enerjisi tüketimleri zon sayısı sabit tutulduğunda yapı biçim değişikliğine bağlı olarak benzer oranlarda değişkenlik göstererek, azalmıştır. (Çizelge 4.10) Ancak yinede daireden kareye dönüşümde çok zonlu hesaplama yapılan Erzurum'da ısıtma enerjisindeki azalma oranı, tek zonlu hesaplamaya göre daha fazla ve belirgindir. Genel olarak tüm iklim bölgelerinde daireden kareye dönüşümde ısıtma enerjisinde azalmanın nedeni, kare plan biçiminde güney cephesi alanının artmasından dolayı bu cepheden gelen güneş kazançlarının A/V'den elde edilen kayıpların azalmasını karşılamasıdır. Güney cephesinin uzaması daha fazla ısı kazancı sağladığından, ısıtma enerjisi ihtiyacında az da olsa bir azalma görülmektedir.

- Soğutma yüklerinde ise daireden kareye dönüşümde en az fark, uzun dönem soğuk iklimin hakim olduğu Erzurum'da görülmektedir. (Çizelge 4.10) Biçim dönüşümünde yönlendirmenin değişmesi ve güney cephesi alanının artması, soğutma enerjisinde artışa neden olmaktadır. Bu durum soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da biçimin daireden kareye dönüşümünden dolayı soğutma enerjisi yüklerinde meydana gelen farkın, ısıtma enerjisi yüklerine göre daha belirgin olmasına neden olmuştur.
- Yıllık toplam yüke baktığımızda ise daireden kareye dönüşümün enerji gereksinimini artırdığı görülmektedir. (Çizelge 4.11) Enerji yükleri açısından daireden kareye dönüşümün en az etkilendiği il Erzurum olmaktadır.

Çizelge 4.11 : Analizlerin Yıllık Toplam Enerji Yükleri Karşılaştırması

				Yıllık Toplam Enerji Yükleri		
Hesap Yönt.	**Değişken**	**Plan Tipleri**	**Zon Sayısı**	İst.	Diyr.	Erz.
Design Builder	Biçim	Daire-Kare	Çoklu	%37,65 ↑	%32,56 ↑	%19,58 ↑
		Daire-Kare	Tek	%35,84 ↑	%31,75 ↑	%18,81 ↑
	Zon sayısı	Daire	Çok zondan Tek zona	%257,2 ↑	%257,6 ↑	%237,6 ↑
		Kare		%254 ↑	%260,36 ↑	%259,19 ↑
Des.B.-BEP-TR	Program	Kare	Tek	%96,39 ↑	%159,77 ↑	%260,7 ↑

○ <u>Zon sayısı:</u>

- Çok ve tek zonlu hesaplamalarda ise ısıtma enerjisi yükleri daire planda benzer oranlarda değişkenlik gösterirken, kare planda soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da diğer bölgelere göre daha fazla bir artış görülmektedir. (Çizelge 4.10) Daire planda 0,136 olan A/V oranının kare planda 0,155 olması, ağırlıklı olarak ısıtmanın istendiği soğuk iklim bölgesi Erzurum'daki enerji ihtiyacını daha fazla arttırmaktadır.

- Soğutma enerji yükleri ise çok ve tek zonlu hesaplamalarda Erzurum'da daha fazla bir azalma göstermektedir. (Çizelge 4.10) Çok zonlu hesaplamalarda her bir zon için ayrı soğutma sistemlerinin hesaba katılması, tek zonlu hesaplamalarda tüm kat için belirlenen soğutma sistemi yükünden daha fazla enerjiye gereksinim duymaktadır. Soğutmanın diğer iki bölgeye göre daha kısa dönemlerde kullanıldığı Erzurum'daki azalmanın nedenini de zon sayısı farkındaki hesaplama parametreleri oluşturmaktadır.
- Üç iklim bölgesi içinde yıllık toplam enerji yükleri çok zonlu hesaplamalara göre tek zonlu hesaplamalarda, daire ve kare plan biçimlerinde benzer oranlarda önemli artış göstermektedir. (Çizelge 4.11)

○ Program farkı:

- Basit saatlik dinamik yöntem ile hesap yapan BEP-TR ile detaylı dinamik yöntem hesabına dayanan Design Builder programlarındaki hesap yöntemleri farklılığı, tüm illerdeki ısıtma yüklerinde ciddi oranda değişikliğe sebep olmaktadır. BEP-TR programında ısıtma enerjisi yükleri daha fazla elde edilmektedir. (Çizelge 4.10) Kare planlı otel yapısının Design Builder ve BEP-TR programında tek zonlu olarak ısıtma enerjisi yükleri hesabında, en fazla artışın soğuk iklim bölgesi Erzurum'da olduğu görülmektedir. Diğer iki bölgeye göre ısıtma ihtiyacının daha fazla olduğu Erzurum'da, iki programın hesap yöntemi farkına dayanan ısıtma enerjisi yükleri değişiminin de fazla olması kaçınılmazdır.
- Tüm illerin soğutma yükleri hesabında ise her iki programda hesaplanan değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. (Çizelge 4.10)
- Programlar arasındaki yöntem farkına göre yıllık toplam enerji yüklerinin soğuk iklim bölgesi Erzurum'da, İstanbul ve Diyarbakır'a göre daha fazla arttığı görülmektedir. (Çizelge 4.11)

Programlardan elde edilen hesap sonuçlarında soğutma yüklerinin çok az fark ettiği, ısıtma yüklerinin ise önemli derecede fark ettiği belirlenmiştir. Programlar arası farkın hesap yöntemlerinin ve iç kazanç kabullerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Basit saatlik dinamik yöntemle hesap yapan BEP-TR ve dinamik

saatlik hesap yapan Design Builder programlarının simülasyonlarında, iç kazançlar açısından kişi sayısı ve aydınlatma aygıtları sayısı eşitlenebilmiştir. Ancak; cihazlar, ekipmanlar v.b. iç kazanç yüklerine ve hesap yöntemine müdahale edilememiştir. Dolayısıyla, ısıtma enerjisi ihtiyacı BEP-TR'nin dayandığı basit saatlik yöntem ve kullandığı veriler ile Design Builder'a göre önemli oranda bir artış göstermiştir. Soğutma yükleri ise temelde güneş kazançları hesabına dayandığından ve yapı dış kabuğu ile ilgili olduğundan ısıtma yükleri kadar değişiklik göstermemiştir.

Tüm analiz grubu sonuçlarına göre; hem Design Builder programı hem de BEP-TR 'de hesabı yapılan daire ve kare biçimli otel yapılarının, ısıtma ve soğutma yükü ihtiyaçları analizinde yapı biçimi, zon sayısı ve program farkı gibi parametrelerden dolayı belirgin farklılıkların olduğu saptanmıştır. Özellikle net ısıtma enerji yükleri hesabında soğutma yükleri hesabına göre programların baz aldığı yöntemler ve zonlama prensipleri gereğince en belirgin farkın olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden ısıtma enerjisi yükleri farkının minimuma indirilebilmesi için; malzeme seçimi, cephelerdeki saydam alanların azaltılması ve oluşturulacak ısı köprülerinin doğru tanımlanması gerekmektedir. Ayrıca ısıtmadaki farkın mekanik sistemler açısından da incelenmesi gerekmektedir.

Soğutma enerji yükleri hesabı ise temelde güneş kazançlarına dayandığından, güneşten maksimum oranda yararlanma amaçlanmalıdır. İklim bölgesine göre değişen malzeme ve saydam alanların minimumda kullanımı ile gereken soğutma enerji miktarı elde edilebilir.

4.2.3 Mekanik Sistem ve Yapı Bileşeni Değişikliği Analizleri

Bu bölümde, biçim ve zonlama değişkenleri ile Design Builder programında ortaya çıkan ısıtma enerjisi yükleri farkı, mekanik ısıtma sistemi ve yapı bileşeni değişikliği ile ele alınarak incelenmiştir. Özellikle net ısıtma enerji yükleri arasındaki tek ve çok zonlu hesaplama sonuçlarındaki farkın fazla olmasının değerlendirilmesi için, önceden daire ve kare biçimli otel yapılarında Design Builder programında kullanılan fan coil ısıtma sistemi yerine elektrikli ısıtma sağlayan split klima seçeneği aktif hale getirilmiştir. Elektrikli sistem seçimi ile elde edilen çok zonlu hesaplamalardaki ısıtma enerji yükleri ve tek zonlu ısıtma enerji yüklerinin, fan-coil ısıtma sistem sonuçlarına göre birbirine daha fazla yaklaştığı görülmüştür. Fan-Coil ve elektrikli ısıtma sistemleri

karşılaştırıldığında, çok zona göre tek zondaki ısıtma yüklerindeki artış oranı yaklaşık üç kattan iki kata inmiştir. BEP-TR hesap yönteminde de ısıtma sisteminde fan-coil/radyatör seçeneğinin elektrikli ısıtma sistemi ile değiştirilmesi sonucunda elde edilen ısıtma enerji yüklerinde az da olsa bir düşüş görülmüştür. (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.12 : Isıtma Sistemi Değişim Analizleri Karşılaştırması (İstanbul)

			Isıtma Enerji Yükleri (kWh/m²)	
Hesap Yönt.	**Zon Sayısı**	**Plan Tipleri**	**Fan-coil ısıtma sistemi**	**Elektrikli ısıtma sistemi**
Design Builder	Çoklu	Kare	768,43	953,49
	Tek	Kare	2917,24	2821,22
BEP-TR	Tek	Kare	6588,35	6371,49

Çok ve tek zonlu hesaplamalar arasında ısıtma enerjisi yükündeki fark, iç duvar yapı bileşenleri değişimi ile incelenmeye devam edilmiştir. İç bölme duvar yapı malzemesi ilk analizlerde kullanılan dikey delikli tuğla yerine alçıpan levhalar olarak Design Builder programında seçilerek, sonuçlar incelenmiştir. Tuğla duvar yerine ısı depolama özelliği ve birim hacim kütlesi daha az olan hafif alçıpan bölmelerin iç duvar elemanı olarak tanımlanması ile çok ve tek zonlu hesaplamalarda ısıtma enerjisi yüklerindeki farkda bir azalma görülmüştür. Zon sayısından kaynaklanan ısıtma enerjisi yükleri farkının, yapı malzemesi değişikliği ile azaldığı görülmektedir. (Çizelge 4.13)

Çizelge 4.13 : İç Bölme Duvar Değişimi Analizleri Karşılaştırması (İstanbul)

			Isıtma Enerji Yükleri (kWh/m²)	
Hesap Yönt.	**Zon Sayısı**	**Plan Tipleri**	**Tuğla iç bölme duvar**	**Alçıpan levha iç bölme duvar**
Design Builder	Çoklu	Kare	768,43	960,53
	Tek	Kare	2917,24	2333,79

Tuğla iç bölme duvar yerine; ısı depolama ve zaman geciktirme özelliği olmayan hafif alçıpan bölme duvarın tercih edilmesiyle çok zonlu hesaplamada ısıtma yükünde artış olmuştur. Çok zonlu hesapla tek zon hesabının ortaya çıkardığı ısıtma enerjisi yükleri birbirine yaklaşmıştır.

Tuğla ve alçıpan iç duvarlar karşılaştırıldığında; çok zona gore tek zondaki ısıtma yüklerindeki artış oranı yaklaşık üç kattan 1,5 kata inmiştir. Tek zonlu hesapta ise tuğla

iç duvar kullanımıyla alçıpan duvar arasındaki ısıtma enerjisi yükü farkı, yatak zonu ile iç çekirdek (koridor ve galeri boşluğu) arasındaki bölme duvar farklılığından kaynaklanmaktadır.

Dolayısıyla bölme duvarların değişiminin, mekanik sistem değişiminden daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Saatlik hesap yapan yöntemde çoklu zonda duvarların zaman geciktirmesinin hesaba katılması nedeniyle konfor sıcaklığına ulaşılan saat sayısı fazla olmaktadır. Hem mekanik sistem hem de bölme duvarlar hafif seçildiğinde, tek zon ve çok zon arasındaki ısıtma yükü hesabı farkının daha da azalacağı açıktır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde yaşanan enerji sorunları karşısında, binaların enerji etkin olarak tasarlanmaları giderek önem kazanmaktadır. Bu durum ülkelerin, iklimsel ve fiziki koşullarına göre mevcut ve yeni yapılacak olan binaların enerji etkinliklerini belirleme gerekliliğini doğurmuştur. Bu sayede ülkemiz için kullanımı zorunlu hale getirilen "Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR)" oluşturularak, bina enerji sınıflarının belirlenmesi ve enerji verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki farklı iklim bölgelerinden seçilen pilot illerde bina net enerji yüklerinin bina biçimlerine bağlı olarak farklılıkları saptanmıştır. Çalışmada örnekleme ve fonksiyon özellikleri açısından otel yapıları seçilmiştir. Temel olarak daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırılmıştır. BEP-TR'de dairesel ve eğimli yüzeylerin enerji hesabının yapılamaması, bu plan şemaları analizlerinin karşılaştırma amacıyla Design Builder adlı programda hesaplanmasını gerektirmiştir. Dairesel biçimlerin dikey-köşeli elemanlara dönüştürülmesi ile BEP-TR'de analizler gerçekleştirilmiştir.

Analiz grupları üç temel değişkene göre oluşturulmuştur. İlk analizlerde daireden kareye dönüştürülen otel yapılarının Design Builder programında yıllık ısıtma-soğutma yükleri hesaplanmıştır. İkinci adımda, zon sayısına bağlı olarak (çok zondan tek zona) daire ve kare biçimli otel yapılarının ayrı ayrı ısıtma ve soğutma enerji yükleri Design Builder programında belirlenmiştir. Üçüncü ve son adımda ise kare planlı otel yapısı

ısıtma ve soğutma enerjisi yükleri BEP-TR ve Design Builder programlarında hesaplanarak, elde edilen enerji yükleri karşılaştırılmıştır.

Analizlerde, belirlenen otel yapıları taban alanı, iç mekân tanımlamaları, yatak odası alanı, adedi ve bina yönlendirmeleri gibi fiziki parametreler aynı kabul edilmiştir. Yapı kabuğu kesitinde aynı malzemelerin kullanıldığı ve pencere boyutlarının her kat için sabit tutulduğu yapılarda analizler değerlendirilmiştir.

Tüm katın tek bir zon olarak kabul edildiği analizlerde, Design Builder ve BEP-TR gibi farklı yöntemlere dayanan enerji hesaplamalarında elde edilen ısıtma ve soğutma enerjisi yüklerinin çok zonlu hesaplamaya göre birbirine yaklaştığı görülmüştür. Zonlamadaki farklar, karşılaştırma yapılan iki programdaki ısıtma ve soğutma yükleri arasındaki farklılık oranlarını arttırmaktadır. Bu noktada özellikle ısıtma enerjisi yükleri hesabında her iki programda oluşan analiz sonuçlarının bina ölçeğinde ciddi farklar oluşturduğu gözlenmiştir. BEP-TR mevcut yazılımı ile basit saatlik dinamik hesabı yapılan yıllık ısıtma- soğutma enerji yükü analizlerinin, detaylı dinamik yöntemle hesaplama yapan Design Builder'a oranla oldukça farklı olmasında mekânlara ait parametrelerin alan ağırlıklı ortalamalarının tüm kata dağıtılması etkili olmuştur.

Design Builder programında da tek zon ve çok zonlu hesabın ısıtma enerjisi yüklerini etkilediği; tek zonlu hesapta artış gösterdiği belirlenmiştir. Tez kapsamında yapılan inceleme ve araştırmaların sonucunda bu durumun nedenleri olarak;

- mekanik ısıtma sistemi farklılığı (mekanlar arasında ısıtıcıları bağlayan boru dolaşımı, uzunluğu v.b.),
- programın duvarların ısı depolama ve zaman geciktirmesi özelliğini dikkate alan bir hesap yöntemi kullanması,
- iç kazanç kabul farklılığı

belirlenmiştir.

Her tür bina form ve eğim açılarının mevcut BEP-TR yazılımında tanımlı olmaması, hesaplamalarda yakınsama yoluyla enerji miktarlarının belirlenmesini gerektirmektedir. Böylece, analizi yapılmak istenen eğrisel formlu binaların net enerji analizlerinin doğruluk oranları azalmaktadır. Tez çalışmasında seçilen iklim

bölgelerindeki ısıtma ve soğutma enerji yükü miktarlarının iki programda hesaplanan analizlerde farklı olmasında etkili olan nedenlerin ise, hesap yöntemlerinin ve iç kazanç kabullerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

BEP-TR gerektirdiği için yapılan biçim dönüştürmesinin ve yönlendirme farklarının bina net enerji miktarlarını etkilediği görülmüştür. Bu tez kapsamında çalışılan örnek için yönlendirmenin biçime oranla ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır. Belirlenen daire ve kare planlı yapılarda güneşten en üst seviyede yararlanılan güney cephesi uzunluğunun artması özellikle ısıtma yüklerinde belirgin oranlarda değişikliklere neden olmuştur.

Dinamik yöntemi baz alan net enerji programlarından daha detaylı hesaplama yaparak basit saatlik dinamik yöntemle enerji ihtiyacını belirleyen BEP-TR, analizi yapılacak binaların geometri ve yüzey eğimlerine uygun şekilde geliştirilmelidir. Yakınsama yöntemi ile geometrilerin köşeli ve dik elemanlara dönüştürülmesiyle elde edilen sonuçlarda farklılıklar olması kaçınılmaz olduğundan sağlıklı analizlerin yapılması zorlaşmaktadır. Mevcut BEP-TR yönteminin tüm zonlama tiplerine ve bina geometrilerine olanak vererek geliştirilmesi ile bina enerji etkinlikleri ve iyileştirmeleri daha fazla hız kazanağından ülke ekonomisine de önemli ölçüde katkı sağlanabilecektir.

Bu tez kapsamında incelenen konular, yüzey eğiminin değişimi ve farklı biçim ve fonksiyondaki binalar için daha ileriki çalışmalarda farklı programlarda kullanılarak geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] Yılmaz, A.Z., (2006). "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi, 91:7-15.

[2] T.C. Başbakanlık Atatürk, Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Türk Dil Kurumu, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&view=bts, 10 Nisan 2013.

[3] Yılmaz, A.Z., Oral Koçlar, G. ve Manioğlu, G., (2000). "Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Bina Kabuğu Isı Yalıtımı Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi", İTÜ Araştırma Fonu Projesi, İstanbul.

[4] Berköz, E., (1983). Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı, Profesörlük Tezi, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

[5] Yasan, A.S., (2011). Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Soysal, S., (2008). Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketim İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[7] Şerefhanoğlu Sözen, M., (1981). Yapılarda Isısal Konfor ve Cam Yüzeyler (Pencereler), İDMMA Basımevi, İstanbul.

[8] Özler, M.E., (2003). Akıllı Binalarda Enerji Etkin Tasarım Parametreleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[9] Zeren, L., Berköz, E., Küçükdoğdu, M., Ok, V. ve Yılmaz Z., (1987). "Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma", İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul.

[10] Zeren, L., (1959). Mimaride Güneş Kontrolü, Doçentlik Tezi, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

[11] Yılmaz, Y., (2009). Farklı İklim Bölgelerinde Bir İlköğretim Tip Projesinin Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[12] Özdemir, B.B., (2005). Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[13] Weather Online, http://www.weatheronline.co.uk/, 15 Nisan 2013.

[14] Berköz, E., Küçükdoğdu, M., Yılmaz Z. vd., (1995). "Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı", Tübitak Proje No: 201, İstanbul.

[15] Demirel, B., (2012). Türkiye'nin Ilımlı ve Sıcak İklim Bölgesinde Pasif Ev Değerlendirmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[16] Demirtaş, A., (2011). Farklı İklim Bölgelerinde Otel Yapılarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Açısından Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[17] Zorer, G., (1992). Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.

[18] Koca, Ö., (2006). Sıcak Kuru ve Sıcak Nemli İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[19] Olgyay, V. ve Olgyay A., (1992). Design with Climate, Van Nostrand Reinhold Press, Second Edition, New York.

[20] Şerefhanoğlu Sözen, M., (1983). Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi ve Isısal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi, Y.Ü. Basımevi, İstanbul.

[21] Zeren, L., (1977). "Türkiye'de İklimle Dengeli Mimari Uygulama", VI. Tübitak Bilim Kongresi, 17-21 Ekim 1977, Ankara.

[22] Dörter, C.H., (1994). Konutlarda Isıtma Enerjisi Korunumu Amaçlı Mimari Tasarıma Yön Verici İlkelerin ve Çözümlerin Belirlenmesinde Bir Yaklaşım Araştırması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[23] Gümüş, Y., (2010). İstanbul'da Bir Toplu Konut Örneğinde Enerji Etkinliğin Değerlendirilmesine Yönelik Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[24] Akgöz, E., (2004). Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri için Uygun Değerlerin Belirlenmesi: İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[25] Koçlar Oral, G., (2000). "Appropriate Window Type Concerning Energy Consumption for Heating", Energy and Buildings, (32), 95-100.

[26] Yılmaz, A.Z. vd., (2006). "Türkiye ve İrlanda'daki Binaların Enerji Etkin Tasarım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri", İTÜ Araştırma Fonu Projesi, İstanbul.

[27] Yılmaz, A.Z. ve Koçlar Oral, G., (1999). "Yapı Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Yapı Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi için Bir Yöntem Önerisi", Yapıda Yalıtım Konferansı, 11-12 Şubat 1999, İstanbul.

[28] Standard 90.1, (1997). Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ASHRAE.

[29] DIN 5034-2, (1985). Daylight in Interiors; Principles.

[30] Anon, (2000). The IESNA Lighting Handbook Reference & Applicaiton, New York.

[31] Manioğlu, G., (2011). "Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi", Tesisat Mühendisliği Dergisi, (126), 35-47.

[32] Directive 2002/91/EC, Directive of the European Parliament and the Council on the Energy Performance of Buildings.

[33] Aktacir, M.A.,Nacar, M.A. ve Yeşilata, B., (2011). "Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Yazılımlar Üzerine Kısa Bir Değerlendirme", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir.

[34] Yılmaz, A.Z., (2011). "Bina Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile Isıtma ve Soğutma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir.

[35] T.C. Resmi Gazete, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. (27075), 05.12.2008, 14.

[36] http://www.ygim.gov.tr/bep/sunumlar/bep.pdf/, 13 Nisan 2013.

[37] EN 13790, (2008). Energy Performance of Buildings – Calculation of Energy Use For Space Heating and Cooling, International Organization For Standardization.

[38] http://beptr.bep.gov.tr/, 18 Nisan 2013.

[39] Atmaca, M., (2010). Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[40] Tıkır, A., (2009). İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[41] Karaca, Ö., (2011). İstanbul'da Mevcut Bir Büro Yapısının Enerji Etkin Yenilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[42] Design Builder Software, 2006: DesignBuilder 1.2 User Manual.

[43] Crawley D.B., Lawrie L.K., Winkelmann F.C., Buhl W.F., Huang Y.J., Pedersen C.O., Strand R.K., Liesen R.J., Fisher D.E., Witte M.J. ve Glazer J., (2001) "EnergyPlus: Creating a New-Generation Building Energy Simulation Program", Energy and Buildings, 33/4: 443-457.

[44] Özçuhadar, T., (2007). Sürdürülebilir Çevre için Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[45] İvriz, F., (2009). Performance Based Business Model Energy Efficient Intelligent Buildings, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[46] Underwood, C.P. ve Yik, F.W.H., (2004). Modelling Methods for Energy in Buildings, First Edition, Blackwell Publishing, Oxford.

[47] Smith, P.F., (2001). Architecture in a Climate of Change: A Guide to Sustainable Design, First Edition, Architectural Press, Oxford.

[48] Gali, G.,Corgnati, S.P. ve Yılmaz, A.Z., (2011). "Kompleks Binaların Enerji Sertifikasyonu Açısından Analizleri: Standart ve Detaylı Simulasyon Araçlarının Karşılaştırılması", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir.

[49] Rutes, W.A. ve Penner, R.H., (1985). Hotel Planning and Design, First Edition, Watson-Gubtill Publications, New York.

[50] ASHRAE/IWEC, (2002). The International Weather for Energy Calculation, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ATLANTA.

EK A

PİLOT İLLERİN İKLİM VERİLERİ

Çizelge Ek A.1 : İstanbul'un saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C) [49].

	ock	şbt	mrt	nsn	mys	hzrn	tmz	ağs	eyl	ekm	ksm	arlk
0:01– 1:00	5.3	4.2	6.0	10.5	14.7	19.3	21.7	22.1	18.7	14.4	10.6	7.2
1:01– 2:00	5.3	3.9	5.8	10.2	14.4	18.9	21.4	21.8	18.4	14.5	10.5	7.3
2:01– 3:00	5.2	3.8	5.7	10.0	14.3	18.6	21.3	21.6	18.2	14.5	10.4	7.2
3:01– 4:00	5.1	3.9	5.6	9.8	14.2	18.3	21.1	21.5	17.9	14.5	10.3	7.2
4:01– 5:00	5.1	4.0	5.4	9.6	14.0	18.1	20.9	21.4	17.7	14.4	10.4	7.1
5:01– 6:00	4.9	3.8	5.5	9.8	14.6	19.1	21.4	21.9	18.5	14.2	10.3	7.2
6:01– 7:00	4.9	3.6	5.7	10.1	15.2	20.2	22.3	22.6	19.6	14.9	10.3	7.2
7:01– 8:00	5.0	3.6	6.1	10.8	15.8	21.3	23.0	23.3	21.3	16.7	10.7	7.3
8:01– 9:00	5.3	4.4	6.9	11.7	16.5	22.1	23.9	24.3	22.4	17.8	11.3	7.8
9:01–10:00	5.9	5.1	7.5	12.6	17.2	22.6	24.9	25.3	22.4	17.8	11.9	8.2
10:01-11:00	6.5	5.6	8.2	13.6	18.0	23.3	26.0	26.4	23.3	18.8	12.5	8.6
11:01-12:00	6.8	6.2	8.7	14.1	18.6	23.9	26.5	26.7	23.9	19.1	12.8	8.8
12:01-13:00	7.2	6.4	9.2	14.6	19.2	24.3	27.4	27.0	24.4	19.6	13.2	9.0
13:01-14:00	7.1	6.7	9.4	9.4	15.1	19.8	24.8	27.8	27.6	19.8	13.2	9.1
14:01-15:00	7.1	6.6	9.4	15.4	19.8	24.7	27.7	27.4	24.3	19.6	13.0	9.0
15:01-16:00	6.8	6.4	9.3	15.3	19.7	24.3	27.5	27.2	24.0	19.1	12.8	8.8
16:01-17:00	6.4	6.0	9.2	15.0	19.7	24.5	27.1	27.0	23.3	18.4	12.4	8.7
17:01-18:00	6.1	5.4	8.5	14.2	18.8	23.6	26.0	26.0	22.3	17.3	11.9	8.4
18:01-19:00	5.6	4.9	7.9	13.3	17.9	22.7	25.2	24.9	21.2	16.6	11.3	8.0
19:01-20:00	5.6	4.7	7.3	12.4	17.0	21.9	24.2	23.9	20.5	15.8	10.9	7.7
20:01-21:00	5.4	4.6	7.0	11.9	16.5	21.4	23.5	23.5	19.9	15.7	10.7	7.5
21:01-22:00	5.2	4.5	6.9	11.4	16.0	20.8	22.8	23.1	19.5	15.5	10.7	7.3
22:01-23:00	5.2	4.4	6.6	10.9	15.4	20.3	22.4	22.8	19.2	15.2	10.7	7.1
23:01-24:00	5.1	4.3	6.3	10.8	15.2	19.8	22.1	22.4	18.9	14.6	10.4	7.1

Çizelge Ek.A.2 : Diyarbakır'ın saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C) [49].

	ock	**şbt**	**mrt**	**nsn**	**mys**	**hzrn**	**tmz**	**ağs**	**eyl**	**ekm**	**ksm**	**arlk**
0:01– 1:00	3.6	4.1	5.6	9.8	15.0	18.6	20.4	20.1	17.6	13.3	8.5	4.1
1:01– 2:00	3.4	3.3	5.3	8.9	13.8	17.7	19.6	19.3	16.8	12.7	7.7	3.8
2:01– 3:00	3.0	2.9	4.7	8.4	13.3	17.1	18.9	18.3	15.8	12.2	7.2	3.2
3:01– 4:00	2.3	2.1	4.5	7.8	12.7	16.5	18.2	17.1	15.0	11.4	7.0	2.7
4:01– 5:00	1.9	1.8	3.8	6.7	12.5	16.2	17.9	16.7	14.3	11.0	6.3	2.3
5:01– 6:00	1.9	1.6	4.2	7.4	14.4	18.0	19.5	17.3	14.4	11.6	5.9	2.1
6:01– 7:00	1.8	2.2	5.7	11.0	17.3	21.1	22.3	20.6	17.3	13.5	7.1	2.1
7:01– 8:00	2.6	4.0	8.0	14.1	20.0	23.6	24.8	23.7	20.9	16.0	10.2	4.1
8:01– 9:00	4.7	7.2	10.9	16.4	22.4	26.2	27.4	27.0	23.9	18.7	13.0	7.0
9:01–10:00	6.7	9.5	12.6	18.0	24.6	28.5	29.8	29.8	26.6	20.6	14.9	9.5
10:01-11:00	9.1	10.8	14.2	19.6	26.4	30.3	31.3	32.2	29.1	22.4	16.4	11.6
11:01-12:00	10.6	12.3	15.5	20.8	27.9	31.3	32.9	34.0	30.8	23.5	17.9	13.0
12:01-13:00	11.9	13.2	16.2	21.7	28.7	31.9	34.0	35.2	32.1	24.3	18.7	14.1
13:01-14:00	12.4	13.8	16.5	22.0	29.3	32.4	34.7	35.7	32.8	25.2	19.4	14.8
14:01-15:00	12.4	14.1	17.0	22.4	29.1	32.3	34.7	36.3	33.1	24.9	19.4	14.5
15:01-16:00	11.7	13.6	17.0	21.9	28.8	31.6	34.3	36.0	32.5	24.2	18.4	13.5
16:01-17:00	10.4	12.6	15.6	20.5	28.0	30.6	33.1	34.5	31.3	22.4	16.2	11.4
17:01-18:00	8.7	10.6	12.8	18.3	25.8	28.5	31.3	31.8	28.0	20.3	14.4	9.7
18:01-19:00	7.3	9.1	11.0	16.2	23.2	26.4	28.6	28.7	25.2	18.8	13.1	8.2
19:01-20:00	6.5	7.8	9.9	14.6	21.1	24.5	26.5	26.4	23.3	17.3	12.1	7.3
20:01-21:00	5.8	6.7	8.8	13.2	19.8	23.3	24.9	24.7	22.0	16.2	11.3	6.1
21:01-22:00	5.1	5.9	8.1	12.3	18.2	22.1	23.5	23.1	20.8	15.2	10.5	5.6
22:01-23:00	4.2	5.3	7.2	11.3	16.9	20.7	22.4	21.8	19.9	14.3	9.9	5.0
23:01-24:00	3.9	4.6	6.6	10.5	16.1	19.7	21.3	20.9	18.4	13.7	9.1	4.3

Çizelge Ek.A.3 : Erzurum'un saatlik ortalama hava sıcaklıkları (°C) [49].

	ock	**şbt**	**mrt**	**nsn**	**mys**	**hzrn**	**tmz**	**ağs**	**eyl**	**ekm**	**ksm**	**arlk**
0:01– 1:00	-11.0	-10.9	-7.4	3.2	10.3	14.2	16.3	14.2	9.3	4.4	-4.4	-8.0
1:01– 2:00	-11.1	-11.1	-7.7	2.9	9.7	13.7	15.9	13.7	9.1	4.1	-4.6	-7.9
2:01– 3:00	-11.2	-11.3	-8.0	2.5	9.1	13.3	15.5	13.3	9.0	3.9	-4.7	-7.9
3:01– 4:00	-11.3	-11.6	-8.3	2.2	8.5	12.8	15.1	12.8	8.8	3.6	-4.8	-7.9
4:01– 5:00	-11.4	-11.7	-8.4	2.2	9.1	13.6	16.0	13.0	8.9	3.4	-5.0	-7.8
5:01– 6:00	-11.5	-11.8	-8.5	2.2	9.7	14.4	16.5	13.2	8.8	3.1	-5.2	-7.7
6:01– 7:00	-11.5	-12.0	-8.6	2.1	10.3	15.3	17.1	13.5	8.8	2.9	-5.4	-7.7
7:01– 8:00	-11.5	-11.7	-7.8	3.4	12.1	16.8	18.6	15.2	10.3	3.6	-5.2	-7.6
8:01– 9:00	-11.5	-11.5	-7.1	4.7	14.0	18.4	20.1	17.0	11.7	4.3	-4.9	-7.5
9:01–10:00	-11.4	-11.2	-6.3	5.9	15.8	20.0	21.6	18.8	13.1	5.0	-4.7	-7.5
10:01-11:00	-10.8	-10.3	-5.3	7.0	16.8	21.0	22.4	19.9	14.1	5.9	-3.9	-7.3
11:01-12:00	-10.1	-9.3	-4.2	8.0	17.8	22.0	23.2	20.9	15.2	6.8	-3.1	-7.1
12:01-13:00	-9.4	6.4	-3.1	9.0	18.9	22.9	24.0	22.0	16.2	7.8	-2.2	-6.9
13:01-14:00	-9.4	6.7	-2.6	9.4	19.0	22.9	24.0	22.2	16.0	8.0	-2.1	-6.9
14:01-15:00	-9.2	6.6	-2.1	9.7	19.1	22.9	24.2	22.4	16.2	8.2	-2.0	-6.9
15:01-16:00	-9.0	6.4	-1.7	10.0	19.1	22.9	24.5	23.0	16.5	8.4	-1.9	-7.0
16:01-17:00	-9.3	6.0	-2.2	9.6	18.7	22.5	24.0	22.2	15.7	7.8	-2.4	-7.3
17:01-18:00	-9.7	5.4	-2.7	9.1	18.2	22.1	23.4	21.5	14.9	7.2	-2.9	-7.7
18:01-19:00	-10.0	4.9	-3.3	8.6	17.7	21.6	22.8	20.7	14.0	6.6	-3.4	-8.0
19:01-20:00	-10.3	4.7	-4.0	7.5	16.1	20.2	21.5	19.2	12.8	6.0	-3.7	-8.2
20:01-21:00	-10.6	4.6	-4.7	6.4	14.6	18.9	20.2	17.7	11.6	5.5	-4.0	-8.3
21:01-22:00	-10.9	4.5	-5.4	5.2	13.1	17.5	18.9	16.2	10.4	4.9	-4.2	-8.4
22:01-23:00	-11.0	4.4	-5.8	4.7	12.2	16.4	18.1	15.5	9.9	4.6	-4.3	-8.4
23:01-24:00	-11.1	4.3	-6.3	4.2	11.3	15.3	17.2	14.8	9.4	4.3	-4.3	-8.3

Çizelge Ek A.4 : İstanbul'un saatlik ortalama bağıl nem oranı (%) [49].

	ock	**şbt**	**mrt**	**nsn**	**mys**	**hzrn**	**tmz**	**ağs**	**eyl**	**ekm**	**ksm**	**arlk**
0:01– 1:00	82	71	81	73	78	73	83	83	77	82	81	86
1:01– 2:00	83	73	82	74	79	75	85	85	79	82	81	86
2:01– 3:00	83	74	83	74	80	76	86	86	81	82	81	86
3:01– 4:00	83	74	83	74	81	77	87	87	82	81	81	86
4:01– 5:00	83	74	83	76	82	78	86	88	82	82	80	85
5:01– 6:00	83	75	82	76	81	76	85	86	82	82	79	85
6:01– 7:00	83	74	80	75	80	73	82	84	80	81	79	85
7:01– 8:00	81	74	79	73	79	69	77	82	74	76	77	85
8:01– 9:00	80	71	77	69	76	65	72	77	65	69	74	83
9:01–10:00	77	69	76	65	73	62	66	72	59	62	71	81
10:01-11:00	75	67	72	62	70	60	61	67	54	56	69	80
11:01-12:00	74	63	71	59	68	57	59	66	51	56	69	78
12:01-13:00	72	59	68	58	66	55	54	65	50	54	66	78
13:01-14:00	72	60	67	56	64	53	51	62	49	53	67	77
14:01-15:00	73	60	67	56	63	53	51	62	48	53	67	78
15:01-16:00	74	62	67	56	62	54	52	61	50	55	68	79
16:01-17:00	75	65	66	56	62	52	54	61	52	58	70	79
17:01-18:00	77	67	68	59	64	55	58	65	56	67	71	81
18:01-19:00	79	69	72	62	66	58	63	68	61	70	75	82
19:01-20:00	79	69	75	65	69	60	68	72	65	74	77	84
20:01-21:00	80	69	76	67	71	62	73	75	68	75	78	85
21:01-22:00	80	68	78	70	73	66	78	77	71	75	78	85
22:01-23:00	80	69	79	72	75	69	81	79	73	77	79	86
23:01-24:00	81	70	80	73	77	71	82	81	75	80	80	86

Çizelge Ek A.5 : Diyarbakır'ın saatlik ortalama bağıl nem oranı (%) [49].

	ock	**şbt**	**mrt**	**nsn**	**mys**	**hzrn**	**tmz**	**ağs**	**eyl**	**ekm**	**ksm**	**arlk**
0:01– 1:00	90	77	81	70	59	59	73	69	65	76	76	79
1:01– 2:00	89	80	82	74	64	64	77	75	69	78	77	80
2:01– 3:00	91	81	84	76	67	68	79	79	71	81	80	79
3:01– 4:00	91	83	84	76	66	72	83	82	74	83	81	82
4:01– 5:00	93	83	86	82	69	73	85	84	76	84	83	84
5:01– 6:00	91	82	86	79	65	67	81	84	76	83	85	85
6:01– 7:00	90	82	82	70	55	55	68	73	70	77	81	84
7:01– 8:00	90	80	73	58	47	46	56	61	58	69	73	79
8:01– 9:00	83	68	63	47	38	36	45	48	46	60	66	72
9:01–10:00	79	61	56	41	30	28	36	37	38	52	62	63
10:01-11:00	72	54	48	35	25	22	29	29	30	45	58	59
11:01-12:00	66	49	42	33	22	20	24	24	24	42	54	52
12:01-13:00	62	45	37	29	20	19	22	21	21	39	50	48
13:01-14:00	61	44	36	28	19	17	21	19	19	35	48	44
14:01-15:00	61	43	35	26	19	17	22	19	19	36	47	45
15:01-16:00	63	44	35	27	20	19	22	19	20	37	51	47
16:01-17:00	68	48	40	31	21	21	23	21	22	42	58	54
17:01-18:00	75	55	53	38	26	25	26	26	30	48	61	59
18:01-19:00	80	60	59	45	32	28	32	32	36	54	65	64
19:01-20:00	82	66	63	49	39	35	39	38	42	59	67	69
20:01-21:00	85	69	68	55	42	38	46	45	46	63	69	72
21:01-22:00	87	72	71	60	47	44	53	52	52	68	70	74
22:01-23:00	89	75	73	62	51	48	59	58	56	72	71	78
23:01-24:00	90	77	76	67	54	54	66	63	62	74	74	79

Çizelge Ek A.6 : Erzurum'un saatlik ortama bağıl nem oranı (%) [49].

	ock	**şbt**	**mrt**	**nsn**	**mys**	**hzrn**	**tmz**	**ağs**	**eyl**	**ekm**	**ksm**	**arlk**
0:01– 1:00	83	86	86	75	69	82	90	85	84	86	90	84
1:01– 2:00	83	88	86	75	71	83	91	87	84	86	90	84
2:01– 3:00	84	89	85	76	73	85	93	89	85	86	89	84
3:01– 4:00	83	90	85	77	76	86	93	90	86	86	89	84
4:01– 5:00	84	90	85	77	75	85	92	90	87	87	90	84
5:01– 6:00	84	90	86	77	75	83	91	90	87	88	90	84
6:01– 7:00	84	90	86	78	75	81	90	90	87	88	91	84
7:01– 8:00	84	90	85	72	66	74	84	83	82	86	90	84
8:01– 9:00	83	90	84	67	59	68	79	77	76	84	89	83
9:01–10:00	83	89	83	63	53	62	73	71	71	82	89	83
10:01-11:00	83	88	82	58	49	57	69	66	66	77	87	82
11:01-12:00	82	85	81	55	45	53	65	61	62	72	86	81
12:01-13:00	81	83	79	53	42	49	61	56	58	68	84	80
13:01-14:00	81	82	77	52	41	49	61	55	58	66	83	80
14:01-15:00	81	80	75	51	41	49	61	54	57	64	83	79
15:01-16:00	80	79	74	52	40	50	59	51	55	64	84	79
16:01-17:00	81	81	75	53	42	51	62	54	58	66	84	79
17:01-18:00	81	83	76	55	43	53	65	57	62	69	85	79
18:01-19:00	82	85	78	58	45	54	68	61	66	74	86	79
19:01-20:00	83	87	79	61	50	59	73	66	70	76	87	80
20:01-21:00	83	89	81	64	55	65	78	72	75	79	88	80
21:01-22:00	83	90	83	69	60	71	84	78	80	83	89	81
22:01-23:00	83	89	85	70	63	74	86	81	81	84	89	82
23:01-24:00	83	88	85	72	66	78	88	83	82	85	90	83

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Selcen Nur ERİKCİ

Doğum Tarihi ve Yeri : 08.02.1987 Ankara

Yabancı Dili : İngilizce, İtalyanca

E-posta : selcen.erikci@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Mimarlık Fak.	İstanbul Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen	Yusuf Kalkavan Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2011-….	Yeni Yüzyıl Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2009-2010	Venice Paz. ve Tic. Ltd. Şti.	Tasarımcı
2009	Eczacıbaşı İntema	Tasarımcı

YAYINLARI

Bildiri

1. Cities From Individuals' Perspectives: A Discourse on the City and Inhabitants", Tirana Architecture Week, Polis University, Tirana, Albania, ISBN: 978-9928-4053-9-5, 9-11 October 2012.

2. Building Energy Performance (BEP-TR) as a Calculation Methodology : Comparison with Other Energy Certifications", ICONARCH-I, International Congress of Architecture and Technology, ISBN:978-978-605-86483—9, Konya, 15-17 November 2012.

3. Mimar Sinan From the Perspective of Information Societies", 8. International Symposium on Sinan, ISBN: 978-975-374-159—0, Edirne, 25-26 April 2013.