

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ ,  
(BEP-TR) İLE OTEL BİNALARININ ENERJİ  
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Merve ATMACA**

**Anabilim Dalı : Mimarlık**

**Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı  
Teknolojisi**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ**

**HAZİRAN.2010**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ  
(BEP-TR) İLE OTEL BİNALARININ ENERJİ  
PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Merve ATMACA  
(502071709)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010  
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ (İTÜ)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet ARISOY (İTÜ)  
Doç. Dr. Alpin KÖKNEL YENER (İTÜ)**

**HAZİRAN.2010**



*Herseyden kıymetli babam, annem, ağabeyim ve sevgili hocam Zerrin Yılmaz' a,*



## ÖNSÖZ

Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemleri, ülkemizde de zorunlu kılınması ile önem kazanmıştır. Bu tez kapsamında ülkemiz için geliştirilen BEP-TR hesaplama yönteminin dinamik metotla hesaplama yapan EnergyPlus ile otel binalarında ne kadar saptığının belirlenmesidir.

Çalışmamda büyük emeği geçen değerli hocam Prof.Dr.A.Zerrin YILMAZ' a ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen teyzem ve eniştem Ayten-Melih ÖZTAYGUN' a ve yaşamım boyunca yaptığı tüm fedakarlıklar için annem, Huriye ATMACA' ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2010

Merve Atmaca  
(Mimar)





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖNSÖZ</b> .....	v
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>KISALTMALAR</b> .....	xi
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	xiii
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	xv
<b>ÖZET</b> .....	xvii
<b>SUMMARY</b> .....	xix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1 Enerjinin Tanımı .....	2
1.2 Dünya Enerji Tüketim Değerleri Karşılaştırması ve Sektörel Dağılımı .....	4
1.3 Türkiye Toplam Enerji Tüketim Değerleri ve Sektörel Dağılımı .....	7
1.4 Enerji Verimliliği .....	10
<b>2. BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI</b> .....	11
2.1 Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yapıtlar .....	11
2.1.1 Avrupa’ da Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yapıtlar .....	11
2.1.2 Türkiye’ de Bina Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yapıtlar ...	13
2.2 Bina Performansı Hesaplama Yöntemleri .....	14
2.2.1 Aylık/Mevsimsel Statik Hesaplama Yöntemi .....	15
2.2.2 Basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi .....	15
2.2.3 Detaylı dinamik hesaplama yöntemi .....	15
2.3 Hesaplama Yöntemleri Gelişim Süreçleri .....	16
2.4 Avrupa’ da Kullanılan Yöntemlerden Örnekler .....	16
2.5 Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi - Türkiye ( BEP- TR ).....	17
2.5.1 Net enerji ihtiyacı girdileri .....	19
2.5.2 Malzeme kütüphanesi .....	21
2.5.3 Bina tipolojileri .....	21
2.5.4 Bina geometrisi .....	21
2.5.5 Isıl zonlar.....	23
2.5.5.1 Müstakil konutlarda ısıl zonlar .....	23
2.5.5.2 Apartmanlarda ısıl zonlar .....	24
2.5.5.3 Rezidanslarda ısıl zonlar .....	24
2.5.5.4 Ofislerde ısıl zonlar .....	24
2.5.5.5 Hizmet binalarında ısıl zonlar .....	26
2.5.6 İç kazançlar .....	26
2.5.7 İletim ve taşınım ile ısı geçişi .....	28
2.5.7.1 Opak bileşenlerden iletim ve taşınım ile ısı geçişi .....	28
2.5.7.2 Saydam bileşenlerden iletim ve taşınım ile ısı geçişi .....	30
2.5.7.3 Kapı bileşeninden iletim ve taşınım ile ısı geçişi .....	31
2.5.8 Hava değişimi .....	32

2.5.9 Dış iklim verileri .....	34
2.5.9.1 Sıcaklık .....	34
2.5.9.2 Güneş ışıınımı .....	35
2.5.9.3 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınımı .....	35
2.5.9.4 Yatay düzleme gelen direkt güneş ışıınımı .....	35
2.5.10 İç iklim verileri.....	35
2.5.11 Güneş kazançları .....	35
2.5.12 Gün ışığı etkisi .....	36
2.5.13 Çıktılar.....	36
2.6 Temel alınan standartlar .....	37
<b>3. ÖRNEK OTEL BİNASI İÇİN BEP-TR VE ENERGYPLUS İLE ISITMA - SOĞUTMA ENERJİ İHTİYACININ ANALİZİ .....</b>	<b>39</b>
3.1 Genel.....	40
3.2 Konum .....	42
3.3 Çevre koşulları.....	42
3.4 Bina geometrisi.....	44
3.5 Zonlar .....	44
3.6 Girdi verileri .....	44
3.7 Malzemeler .....	46
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>49</b>
4.1 Senaryo I.....	52
4.1.1 Senaryo I.a.....	53
4.1.1.1 Senaryo I.a için bina geometrisi .....	54
4.1.1.2 Senaryo I.a için zonlama .....	54
4.1.1.3 Senaryo I.a için veri girdileri .....	55
4.1.1.4 Senaryo I.a çıktı .....	56
4.1.2 Senaryo I.b .....	56
4.1.2.1 Senaryo I.b için bina geometrisi .....	57
4.1.2.2 Senaryo I.b için zonlama .....	57
4.1.2.3 Senaryo I.b için veri girdileri .....	57
4.1.2.4 Senaryo I.b çıktı .....	58
4.1.2.5 Senaryo I.a ve I.b çıktı karşılaştırması .....	58
4.1.3 Senaryo I.c.....	61
4.1.3.1 Senaryo I.c için bina geometrisi .....	61
4.1.3.2 Senaryo I.c için zonlama .....	62
4.1.3.3 Senaryo I.c için veri girdileri .....	62
4.1.3.4 Senaryo I.c çıktı .....	62
4.1.4 Senaryo I.d .....	63
4.1.4.1 Senaryo I.d için bina geometrisi .....	63
4.1.4.2 Senaryo I.d için zonlama .....	63
4.1.4.3 Senaryo I.d için veri girdileri .....	64
4.1.4.4 Senaryo I.d çıktı .....	64
4.1.4.5 Senaryo I.c ve I .d çıktı karşılaştırması .....	64
4.1.4.6 Senaryo I.a ve I .c çıktı karşılaştırması .....	66
4.1.4.7 Senaryo I.b ve I .d çıktı karşılaştırması .....	67
4.2 Senaryo II .....	68
4.2.1 Senaryo II.a .....	68
4.2.1.1 Senaryo II.a için Bina geometrisi .....	69
4.2.1.2 Senaryo II.a için zonlama .....	69
4.2.1.3 Senaryo II.a için veri girdisi .....	70

4.2.1.4 Senaryo II.a çıktı	70
4.2.1.5 Senaryo I.a EnergyPlus, II.a ve I.a BepTr çıktı karşılaştırması	71
4.3 Senaryo III.....	72
4.3.1 Senaryo III.a.....	73
4.3.1.1 Senaryo III.a için bina geometrisi	73
4.3.1.2 Senaryo III.a için zonlama	73
4.3.1.3 Senaryo III.a için veri girdisi	74
4.3.1.4 Senaryo III.a için çıktı	75
4.3.2 Senaryo III.b.....	76
4.3.2.1 Senaryo III.b için bina geometrisi	76
4.3.2.2 Senaryo III.b için zonlama	76
4.3.2.3 Senaryo III.b için veri girdisi	77
4.3.2.4 Senaryo III.b çıktı	77
4.3.3 Senaryo III.c.....	77
4.3.3.1 Senaryo III.c için bina geometrisi	78
4.3.3.2 Senaryo III.c için zonlama	78
4.3.3.3 Senaryo III.c için veri girdisi	78
4.3.3.4 Senaryo III.c için çıktı	79
4.3.3.5 Senaryo III.a, III.b ve III.c çıktı karşılaştırması	79
4.3.3.6 Senaryo II.a ve III.b çıktı karşılaştırması.	80
4.3.3.7 Senaryo II.a ve III.c çıktı karşılaştırması.	81
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>85</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>87</b>



## KISALTMALAR

<b>BEP-TR</b>	: Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi - Türkiye
<b>BERR</b>	: UK Department for Business, Enterprise & Regulatory Reform Energy Group
<b>TEP</b>	: Toplam Eşdeğer Petrol
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>EPBD</b>	: European Energy Performance of Buildings Directive
<b>NEAP</b>	: Non-Domestic Energy Assessment Procedure
<b>DEAP</b>	: Dwelling Energy Assessment Procedure
<b>RC</b>	: Resistance Capacitance
<b>EN</b>	: European Norm
<b>DIN</b>	: Deutsche Industrial Norme
<b>ASHREA</b>	: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
<b>CP</b>	: Specific Heat
<b>Am</b>	: Hacmi Çevreleyen Yüzeylerin Etkin Isı Kapasitesi
<b>Cm</b>	: Hacmi Çevreleyen Yüzeylerin Alanı



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 : Sektörlere ve kullanım alanlarına göre nihai enerji tüketimleri [3]. .....	8
Çizelge 2.1 : BEP-TR' de temel ısı geçiş tipleri.....	29
Çizelge 2.2 : Saydam bileşen çerçevelerinin ısı geçirgenlik katsayısı. ....	30
Çizelge 2.3 : Kapı bileşenleri için ısı geçirgenlik katsayısı.....	31
Çizelge 2.4 : Hava sızdırmazlık seviyeleri. ....	33
Çizelge 2.5 : Ofisler ve diğer bina tipolojilerinde doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h).....	33
Çizelge 2.6 : Müstakil konutlar ve apartmanlarda doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h).....	33
Çizelge 2.7 : BEP-TR' de temel alınan standartlardan başlıcaları. ....	37
Çizelge 3.1 : Otel binası doğal havalandırma ile toplam hava değişim oranı. ....	43
Çizelge 3.2 : Otel binaları için hava sızdırmazlık seviyeleri. ....	43
Çizelge 3.3 : Otel binası doğal havalandırma hava değişim sayısı.....	43
Çizelge 3.4 : Test binası doğal havalandırma hava değişim sayısı.....	43
Çizelge 3.5 : Örnek otel binası ara katı mekan bilgileri. ....	45
Çizelge 3.6 : Örnek otel binası ara katı toplam yüzey alanları ve yönleri. ....	46
Çizelge 3.7 : Örnek otel binası ara katı BepTr ve EnergyPlus malzemeleri ve bunların özellikleri. ....	47
Çizelge 3.7. Örnek otel binası ara katı BepTr ve EnergyPlus malzemeleri ve bunların özellikleri. ....	48
Çizelge 4.1 : Senaryolar ve değişkenleri. ....	49
Çizelge 4.2 : Senaryo I.a bilgileri. ....	53
Çizelge 4.3 : Senaryo 1.a için toplam yüzey alanları ve yönleri. ....	54
Çizelge 4.4 : Senaryo I.a için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları. ....	54
Çizelge 4.5 : Senaryo I otel binası EnerjiPlus ve BEP-TR kullanıcı sayıları ve işletim saatleri bilgileri. ....	55
Çizelge 4.6 : Senaryo I otel binası ara katı insanlardan gizli-duyulur ve ekipmanlardan iç kazanç değerleri. ....	55
Çizelge 4.7 : Senaryo I.a otel binası ara katı aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.....	56
Çizelge 4.8 : Senaryo I.b bilgileri. ....	56
Çizelge 4.9 : Senaryo 1.b için toplam yüzey alanları ve yönleri. ....	57
Çizelge 4.10 : Senaryo 1.b için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları. ....	57
Çizelge 4.11 : Otel binası zon iç kazançları. ....	58
Çizelge 4.12 : Senaryo I.c bilgileri. ....	61
Çizelge 4.13 : Senaryo I.c için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları. ....	62
Çizelge 4.14 : Senaryo I.c otel binası kısa kenar güney cephesi ve 55% saydamlık oranı ile BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı. ....	62

<b>Çizelge 4.15</b> : Senaryo I.d bilgileri. ....	63
<b>Çizelge 4.16</b> : Senaryo I.d için toplam yüzey alanları ve yönleri. ....	63
<b>Çizelge 4.17</b> : Senaryo I.d için opak ve saydam yüzey alanları ve azimut açıları. ....	63
<b>Çizelge 4.18</b> : Senaryo I.d otel binası kısa kenar güney cephesi ve 15% saydamlık oranı ile BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı. ....	64
<b>Çizelge 4.19</b> : Senaryo II.a bilgileri. ....	69
<b>Çizelge 4.20</b> : Senaryo II.a otel binası BepTr zon veri girdileri. ....	70
<b>Çizelge 4.21</b> : Senaryo II.a otel binası BepTr zon iç kazançları. ....	70
<b>Çizelge 4.22</b> : Senaryo II.a otel binası BepTr 4 zon toplam aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı. ....	70
<b>Çizelge 4.23</b> : Senaryo III.a bilgileri. ....	73
<b>Çizelge 4.24</b> : Senaryo III.a için toplam yüzey alanları ve yönleri. ....	73
<b>Çizelge 4.25</b> : Senaryo III.a için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları. ....	73
<b>Çizelge 4.26</b> : Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait BEP-TR ile zon veri girdileri. ....	74
<b>Çizelge 4.27</b> : Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait insanlardan duyulur-gizli ve ekipmanlardan olan EnergyPlus ile tanımlanan zon iç kazanç değerleri. ....	75
<b>Çizelge 4.28</b> : Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait EnergyPlus ile elde edilen aylık ve yıllık ısıtma-soğutma ihtiyacı çıktıları. ....	75
<b>Çizelge 4.29</b> : Senaryo III.b bilgileri. ....	76
<b>Çizelge 4.30</b> : Senaryo III.b otel binası BepTr 4 zon aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı. ....	77
<b>Çizelge 4.31</b> : Senaryo III.c bilgileri. ....	77
<b>Çizelge 4.32</b> : Senaryo III.c otel binası BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı. ....	79



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Avrupa’ da yakıtlara ve sektörler e göre enerji tüketimleri,2006.....	4
Şekil 1.2 : Toplam birincil enerji tüketiminin yakıt tiplerine ve ÷lkere göre dağılımı.5	
Şekil 1.3 : Toplam birincil enerji tüketiminin 1990, 2000 ve 2030 yıllarında dünyadaki dağılımı [5]. .....	5
Şekil 1.4 : İngiltere, sektörel nihai enerji tüketimi oranları,2006 [5]. .....	6
Şekil 1.5 : İngiltere, Otellerde yakıt tiplerine göre nihai enerji tüketimi oranları,2006 [5]. .....	6
Şekil 1.6 : Nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı [3]. .....	7
Şekil 1.7 : Sektörlere göre nihai enerji tüketim değerleri [3]. .....	9
Şekil 1.8 : Otellerde kullanılan enerji kaynaklarına göre nihai enerji tüketimi,2005 [3]. .....	9
Şekil 2.1 : Avrupa’ daki hesaplama yöntemi gelişim süreçleri [6].....	16
Şekil 2.2 : Direnç-Kapasite Modeli [12].....	18
Şekil 2.3 : Bina performansını etkileyen etmenler [6].....	18
Şekil 2.4 : BEP-TR veri girdileri. [6] .....	19
Şekil 2.5 : BEP-TR örnek ekran görüntüsü [13]. .....	20
Şekil 2.6 : BEP-TR bina formları [13].....	22
Şekil 2.7 : BEP-TR çatı formları [13].....	22
Şekil 2.8 : Müstakil konutlarda zonlama. ....	23
Şekil 2.9 : Apartmanlarda zonlama. ....	24
Şekil 2.10 : Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofislerde zonlama. ....	25
Şekil 2.11 : Çekirdeği iklimlendirilen ofislerde zonlama. ....	25
Şekil 2.12 : Otellerde zonlama.....	26
Şekil 2.13 : Isı geçişi tipleri .....	30
Şekil 2.14 : Çerçeve, cam ve toplam saydam bileşen ısı geçirgenlik katsayısı. ....	31
Şekil 2.15 : Bina hava sızdırma değeri (n <sub>50</sub> ). .....	32
Şekil 3.1 : Otel binası ara kat planı.....	41
Şekil 3.2 : Örnek bina zonlama.....	42
Şekil 3.3 : BepTr hesaplama yönteminde otel tipolojisi için olası tüm mekanlar ve bu mekanların girdi verileri.....	45
Şekil 4.1 : Senaryo tanımları. ....	50
Şekil 4.2 : Karşılaştırma I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-X.....	51
Şekil 4.3 : Karşılaştırma XI-XII-XIII-XIV-XV-XVI. ....	52
Şekil 4.4 : BepTr iç kazanç ve ayar sıcaklığı alan ağırlıklı dağılımının matlab’ daki gösterimi.....	53
Şekil 4.5 : Senaryo I.a, I.b, I.c, I.d için zonlama. ....	54
Şekil 4.6 : K-I ve K-II karşılaştırması görseli.....	59
Şekil 4.7 : BepTr saydamlık oranı % 55 ve %15 için aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı karşılaştırması.....	59
Şekil 4.8 : BepTr 55 % ve 15 % için aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması. ....	60

Şekil 4.9 : 21 Ocak için BepTr ile yüzeylerden toplam güneş kazançları. ....	60
Şekil 4.10 : 21 Temmuz için BepTr ile yüzeylerden toplam güneş kazançları. ....	61
Şekil 4.11 : K-III ve K-IV Karşılaştırma görseli.....	65
Şekil 4.12 : BepTr kısa kenarı güneşe yönelen ve saydamlık oranı 55 % ve 15 % için aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.....	65
Şekil 4.13 : BepTr kısa kenar güneşe yönelen ve saydamlık oranı 55 % ve 15 % için aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması.....	65
Şekil 4.14 : K-V ve K-VI Karşılaştırma görseli. ....	66
Şekil 4.15 : Senaryo I.a – Senaryo I.c ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.....	66
Şekil 4.16 : Senaryo I.a – Senaryo I.c soğutma ihtiyacı karşılaştırması.....	67
Şekil 4.17 : K-VII ve K-VIII Karşılaştırma görseli. ....	67
Şekil 4.18 : Senaryo I.b – Senaryo I.d ısıtma ihtiyacı karşılaştırması. ....	68
Şekil 4.19 : Senaryo I.b –I.d soğutma ihtiyacı karşılaştırması. ....	68
Şekil 4.20 : Senaryo II.a için zonlama. ....	69
Şekil 4.21 : K-IX ve K-X Karşılaştırma görseli. ....	71
Şekil 4.22 : EnergyPlus tek zon (Senaryo I.a), BepTr 4 zon (Senaryo II.a) ve BepTr tek zon (Senaryo I.a) çıktıları aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.....	71
Şekil 4.23 : EnergyPlus tek zon (Senaryo I.a), BepTr 4 zon (Senaryo II.a) ve BepTr tek zon (Senaryo I.a) çıktıları aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması... ..	72
Şekil 4.24 : Senaryo III.a için zonlama.....	74
Şekil 4.25 : Senaryo III.b için zonlama. ....	76
Şekil 4.26 : Seanryo III.c otel test binası için BepTr zonlama görseli. ....	78
Şekil 4.27 : K-XI ve K-XII Karşılaştırma görseli.....	79
Şekil 4.28 : EnergyPlus tek zon (Senaryo III.a), BepTr 4 zon (Senaryo III.b) ve BepTr tek zon (Senaryo III.c) çıktıları aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması. ....	80
Şekil 4.29 : EnergyPlus tek zon (Senaryo III.a), BepTr 4 zon (Senaryo III.b) ve BepTr tek zon (Senaryo III.c) çıktıları aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması. ....	80
Şekil 4.30 : K-XIII ve K-XIV Karşılaştırma görseli. ....	81
Şekil 4.31 : BepTr 4 zon 19°C - 21°C ısıtma ihtiyacı karşılaştırması. ....	81
Şekil 4.32 : BepTr 4 zon 26°- 27°C soğutma ihtiyacı karşılaştırması. ....	81
Şekil 4.33 : K-XV ve K-XVI Karşılaştırma görseli.....	82
Şekil 4.34 : BepTr tek zon 19°- 21°C ısıtma ihtiyacı karşılaştırması. ....	82
Şekil 4.35 : BepTr tek zon 26- 27°C soğutma ihtiyacı karşılaştırması. ....	83

# **BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMİ (BEP-TR) İLE OTEL BİNALARININ ENERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

## **ÖZET**

Tüm dünyada, zaman içerisinde tükenen enerji kaynakları ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak artan enerji ihtiyacı sebebiyle enerji, dolayısı ile enerji verimliliği ve enerji tasarrufu giderek önem kazanmaktadır. Bu nedenle Avrupa ülkeleri, 2002 yılında enerji tüketiminin büyük çoğunluğunu oluşturan binalar için, enerji kullanımını düşüren ve binalarda enerji performansını zorunlu tutan bir direktif yayınlamıştır.

Hızlı nüfus artışı ile birlikte gelişmekte olan ülkemizde enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Gayri Safi Milli Hasıla başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kullanılan bir gösterge olan Enerji Yoğunluğu ise Avrupa Birliğinin iki katından fazladır. Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi, OECD ortalamasının beşte biri civarındadır.

Tüm bu göstergelerin ışığında, enerji ihtiyacı hızla artan ancak enerjisini üretimde ve tüketimde verimli kullanamayan ülkemizde, enerji yoğunluğunu düşürmek için Binalarda Enerji Performansı ve Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliklerinin yanı sıra Avrupa birliği uyum süreci gereğince Enerji Verimliliği Kanunu (2007), Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik de yürürlüğe konmuştur.

Ülkemizde üretilen enerjinin yaklaşık üçte biri binalarda tüketilmektedir. Günümüz itibarıyla bu enerjinin önemli bir miktarının verimli kullanımını sağlayarak, binalardaki enerji tüketimimizi yaşam konforumuzdan ödün vermeden asgari seviyeye çekebilme potansiyeline sahibiz. Enerji Bakanlığı'na bildirilen bu oran bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 enerji tasarruf potansiyelimiz olduğu yönündedir.

Bu tez çalışması kapsamında, ülkemiz için geliştirilmiş ulusal hesap modeli, Binalarda Enerji Performansı Hesap Yöntemi (BEP-TR), ile sektörel nihai enerji tüketimi % 1,89 olan oteller için geliştirilen modelin dinamik metodlarla ele alınışı ile farkı ortaya koyulmaktadır. Tezin amacı kapsamında, oteller gibi farklı pek çok ısı koşullarına sahip bina tipolojileri için, bu metodun geliştirilmesi gerekip gerekmediğidir.



## **THE EVALUATION OF THE ENERGY PERFORMANCE OF HOTEL BUILDINGS BY USING ENERGY PERFORMANCE CALCULATION METHODOLOGY IN BUILDINGS (BEP-TR)**

### **SUMMARY**

In all around the world, because of the exhausting energy sources over time and increasing population energy, hence, energy efficiency and energy conservation gradually gain importance. For this reason, a directive which obligates reducing energy usage and energy performance in buildings for buildings that comprise most of the energy consumption was published by European countries in 2002.

In our developing country by increasing population, the energy need also increases at a very fast rate. The Energy Density is a indicator that is used by all around the world, and it represents primary energy amount which is consumed per national income. In addition, the Energy Density is more than twice of European Union. Energy consumption per person is around one fifth of OECD average in our country.

In the view of such information, for reducing the energy density, in addition to Energy Performance in Buildings and Thermal Insulation Requirements for Buildings regulations, as a requirement of the EU accession period Energy Efficiency Act (2007), Enhancing The Efficiency of Usage of Energy Sources and Energy regulation are also came into force in our country that cannot use energy efficiently in production and consumption, and its energy need increases at a very fast rate.

The one third of the produced energy is consumed in buildings in our country. As from now on, we have the potential to draw the energy consumption to a minimum level without conceding life comfort by providing efficient usage of a big amount of the energy. According to the Ministry of Energy, the ratio of energy saving potential is %30 in building sector, %20 in industry sector, and %15 in transportation sector.

Within the scope of this dissertation study, by using the national calculation methodology for our country, Energy Performance Calculation Method in Buildings (BEP-TR), the difference of hotel buildings that its sectoral conclusive energy consumption is %1,89 is shown with dynamic method approach. As part of the aim of this dissertation, the necessity of this methodolgy is tested for building typologies that have different thermal conditions as hotels.



## 1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, içinde bulunduğumuz yüzyılın en büyük sorunlarından biridir [1]. Enerjisinin %70 civarındaki kısmını ithal eden ülkemizde, 2007 yılı verilerine göre kullanılan enerji miktarı 106,3 milyon ton eşdeğer petrol (TEP) olduğu göz önünde bulundurulduğunda binalardaki enerji tasarrufunun önemi de daha net olarak görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak 30-35 Milyar Dolar civarında bir maliyet demektir [2].

Tüm dünya ile birlikte ülkemizde de bu soruna çare üretebilmek için yürürlüğe konmuş yönetmelikler ve zorunlu uygulamalar mevcuttur. Bir yandan yenilenebilir enerji kaynakları ile alternatif enerji stratejileri geliştirilirken diğer yandan da tükettiğimiz enerjiyi düşürmek hedeflenmektedir.

Bir binada tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %45'i ısıtma ve soğutma ihtiyacından doğmaktadır. Dolayısıyla bu enerjinin de tasarruflu kullanılabilmesi için ısıtma ve soğutma sistemlerinin ısı ve sıcaklık kontrol ekipmanları ile kontrol altına alınarak konfor koşullarının oluşturulması, oluşturulan konfor şartlarının bozulmaması ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için ısı yalıtım yönetmeliğine uygun yalıtım yapılması sayesinde en az %50'ye varan oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilir ki bu da binanın toplam tüketiminin %25'i mertebelerindedir.

Binalarda tüketilen aydınlatma enerjisinin, binanın toplam enerji tüketiminin yaklaşık %10'u civarında olduğuna dikkat edecek olursak doğru yapay aydınlatma ve doğal aydınlatmadan faydalanılarak bina aydınlatma enerjisinden de elde edilebilecek tasarruf oranının, toplam bina enerji tüketimi içindeki payı oldukça ciddi seviyelerde olacaktır.

Bütünleşik bir sistem olan binanın oluşumunda görev alan tüm disiplinlerin, bir arada aynı ortak hedef doğrultusunda çalışmaları ile enerji verimliliğini ön planda tutarak ulusal enerji kültürü oluşturmaya katkı sağlamaları gerekmektedir.

Bina enerji performans yönetmeliği, dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, yerel koşulları ve maliyet unsurlarını da dikkate alarak, binalarda enerji hizmetlerini iyileştirmek için kriterleri, şartları ve usulleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, sera gazı emisyonlarını sınırlamada milli görüşleri izlemeye katılmayı ve bununla birlikte binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini, enerjinin verimli ve etkin kullanılmasını ve çevrenin korunmasını amaçlar.

## **1.1 Enerjinin Tanımı**

Genel anlamda enerji, hayatın alıştığımız konfor koşullarında devamını sağlayan, insanların ısınma, barınma ve ulaşım gibi günlük aktivitelere ve ihtiyaçlarına cevap veren bir araçtır.

Temel enerji kaynaklarını iki ana başlığa ayırdığımızda kömür, petrol, doğalgaz gibi sınırlı kaynaklar ve birde su, rüzgar, güneş gibi sınırsız kaynaklardan söz edebiliriz. Günümüzde adını çokça duyduğumuz yenilenebilir enerji kaynakları işte bu sınırsız enerji kaynaklarıdır. Tüm bu kaynaklar çeşitli teknolojilerle sıvı, gaz, ışınım veya elektrige dönüştürülerek yakıt olarak kullanılmaktadırlar ve yapılarına gore değişkenlik gösteren biçimlerde enerjiye dönüşürler.

İşte bu sınırlı kaynaklar yani fosil kaynaklı yakıtların bu dönüşüm aşamasında atmosfere saldıkları zararlı gazlar, is, kül gibi çeşitli atıklar ortaya çıkar. Sera gazı doğuran bu yakıtlara alternatif nükleer enerji kaynakları ise yüklü miktarlarda radyasyon yayan kanserojen etkiye sahip atıklar bırakmaktadır [1].

Her an tükenme riski olan fosil kaynaklı yakıtları azalmasının bile krizlere hatta dünya savaşlarına yol açabileceği düşünülürse alternative enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasının ve enerjinin verimliliğinin arttırılmasının önemi çok açıktır.



Eski çağlarda, dış enerji kaynağı olarak hayvan gücünden yararlanan insanoğlu, ateşi de vahşi hayvanlara karşı savunma mekanizması olarak kullanmakta idi. Ateşin enerjisinden yararlanmak ve rüzgarın gücünden faydalanmak, manyetik alanların keşfi ve hayatı kolaylaştırmakta kullanılması tarih boyunca birbirini izledi. Çin’ de yaklaşık 3000 bin yıl önce bulunan kömür batıya Marco Polo ile nerdeyse 1500 yıl kadar sonra açıldı. Avrupa’ da sırasıyla Hollanda ve İngiltere’ de çıkarılmaya başlanan kömür madeni tüm Avrupaya sonar da Kuzey Amerika’ ya yayıldı. Bu yıllarda İngiltere’ de güneş ışınından daha fazla yararlanılarak camdan mekanlarda daha yüksek ısıya ulaşılabileceğinin farkına varılarak ilk seralar evlerin hemen yanlarına inşa edilmiştir [1].

İskoçya’ da 1763’ te James Watt tarafından bulunan buhar gücüyle çalışan makinaların endüstriyi doğurması ve akabinde 18. Ve 19. yüzyıllarda Avrupa’ daki sermaye birikiminin yükselmesiyle (endüstri devrimi) Kömür ile enerji eldesi popülaritesini arttırdı. Tüm bunlar olurken 1800’lerde bilim adamları sıvı yakıtım daha doğru bir seçim olacağı yönünde görüş bildirmeye ve alternatif enerji kaynakları önermeye başladılar.

1839’da Edmond Becquere, güneş ışığından elektrik üretilebileceğini keşfetti ve bu yüzyılın sonlarına doğru jeotermal kaynaklar ve yel değirmenleri ile elektrik üretimi başladı. Bu sırada Pensilvanya’ da petrol bulundu ve yan ürünleri üretildi.

1900’ lerde ilk otomobilin yapımı ve seri üretime başlamasıyla birlikte taşımacılık petrol tüketimini arttırdı. 1973’ te yaşanan kriz ve uygulanan petrol ambargosu ile benzin fiyatlarındaki artış ve kıtlık nedeniyle bir bölgeye veya kaynağa bağımlı olmayan, yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıktı.

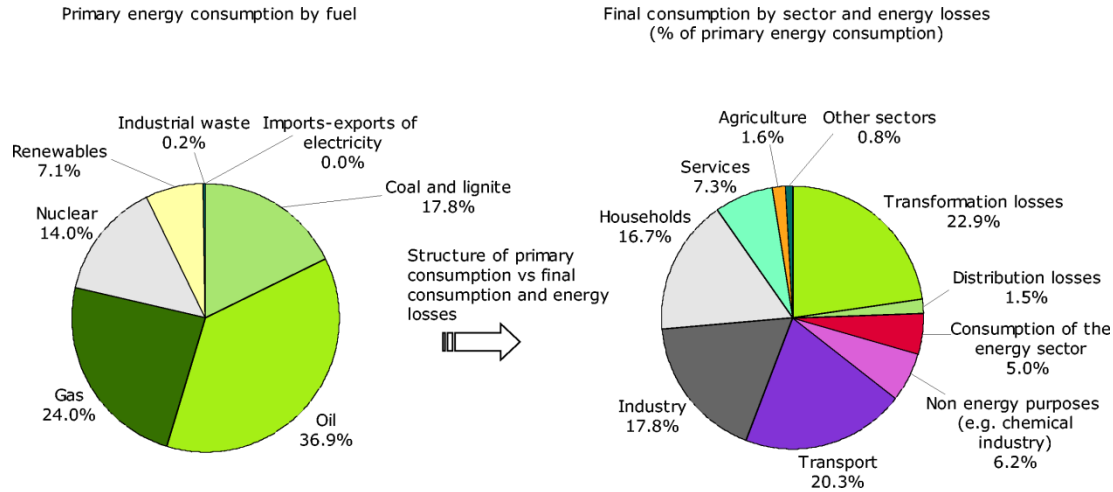
Bu kriz, bir anlamda zehirli gazlar ve atıklar bırakan ve tükenme tehdidiyle insanlığı karşı karşıya bırakan fosil kaynaklı yakıtlardan başka enerji çözümleri aranmasına yol açması sebebiyle "enerji devrimine yakılan yeşil ışık" olarak adlandırılmaktadır.

1980’ li yıllarda, Avrupa ve Amerika’ da daha çok enerji kaynağı bulmak yerine daha az enerji tüketmek yani enerjiyi tasarruflu kullanmak felsefesi gelişmiştir.

Avrupa Güneş Enerjisi Birliği "Eurosolar" Başkanı Hermann SCHEER, "Enerji üretiminde özel ve bölgesel değil evrensel kaynaklara yönelmek, insanlığın geleceği açısından en doğru karardır." açıklamasında bulunmuştur [1].

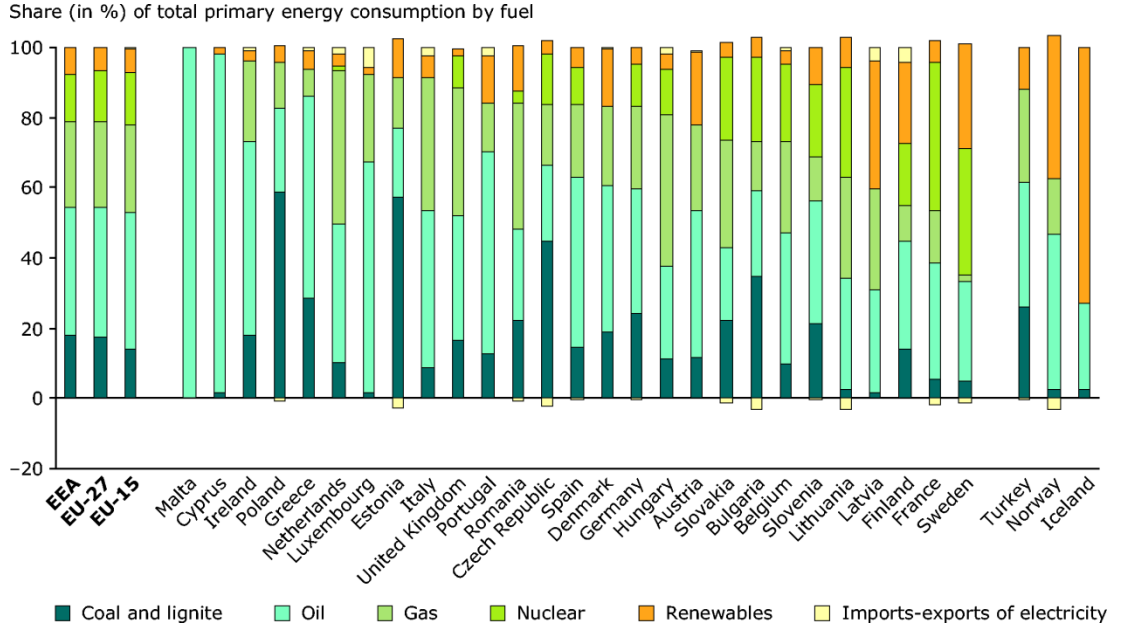
## 1.2 Dünya Enerji Tüketim Değerleri Karşılaştırması ve Sektörel Dağılımı

Dünyada yapılan araştırmalara göre birincil enerji tüketiminde yakıtlardan kullanım oranlarına göre %36,9 ile yağ ve %24 ile gaz başı çekerken, sektörel dağılımda %20,3 ile ulaşım, %17,8 ile sanayi ve %16,7 ile de konutlar birbirini izlemektedir. Ayrıca bu sektörlerin enerji kayıp oranlarına bakıldığında %22,9 oranında ulaşımdan, %5 oranında enerji sektörünün tüketiminden ve %1,5 oranında dağıtım kayıplarından bahsedilebilir [5].



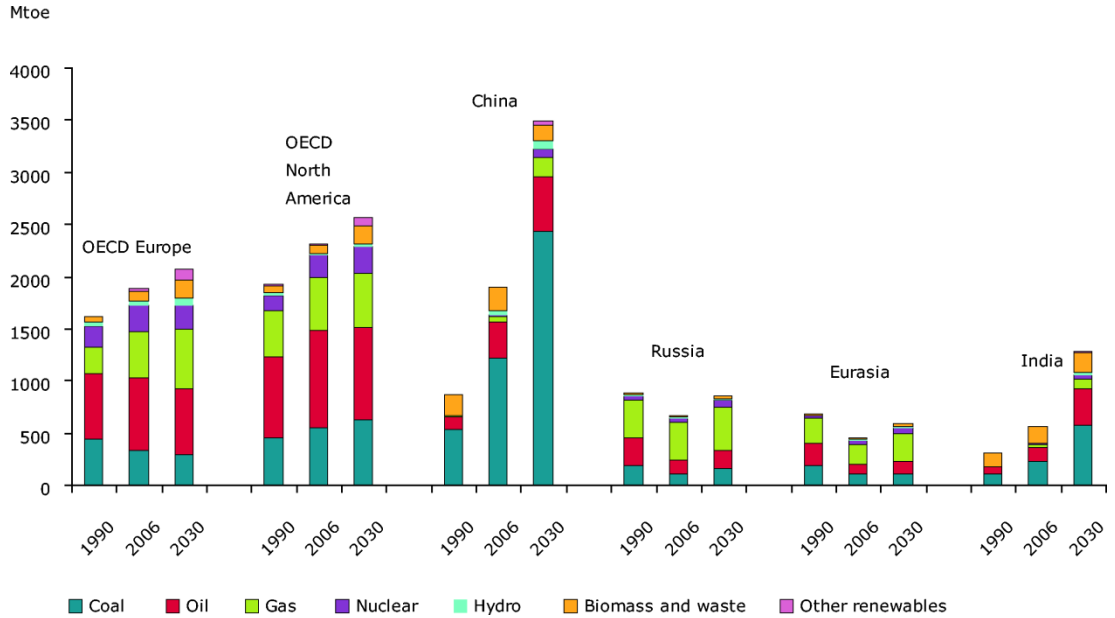
Şekil 1.1 : Avrupa' da yakıtlara ve sektörlere göre enerji tüketimleri,2006.

Yakıtlara göre enerji tüketim değerlerine dünya ölçeğinde bakıldığında, yenilenebilir enerji kaynaklarını İzlanda'nın, yağı Malta ve Kıbrıs'ın, gazı Hollanda ve Macaristan'ın, kömür ve linyiti Polonyo ve Estonya'nın en yüksek oranda kullandıklarını görmekteyiz [5].



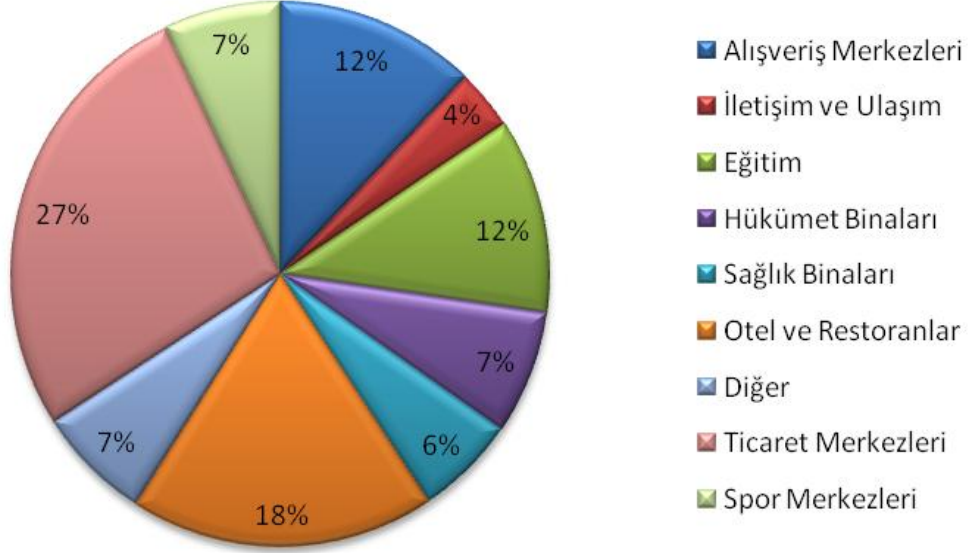
**Şekil 1.2 :** Toplam birincil enerji tüketiminin yakıt tiplerine ve ülkelere göre dağılımı.

Aşağıdaki grafikte ise yakıt tiplerini 1990-2030 yılları arasında gösterdiği ve göstereceği tahmin edilen kullanım oranlarının ülkelere göre dağılımı görmekteyiz. Bu araştırmaya göre 2030 yılında en çok kömürü ve enerjiyi Çin tüketecek ve Avrupa da kömür ve benzin türevleri kullanımında azalan oran yerini biyokütle ve atık ile yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakacak gözüküyor [5].

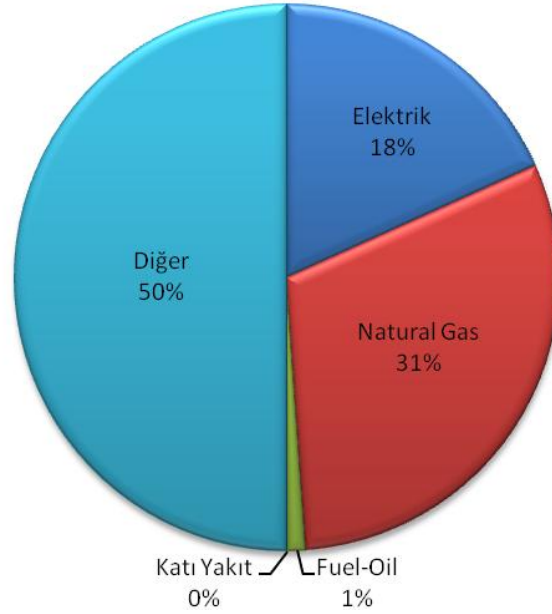


**Şekil 1.3 :** Toplam birincil enerji tüketiminin 1990, 2000 ve 2030 yıllarında dünyadaki dağılımı [5].

İngiltere' nin BRE (Building Research Establishment) tarafından derlenen 2006 yılı verileriyle BERR (Business, Enterprise and Regulatory Reform)' in değerlendirdiği hizmet sektörü alt katagorileri nihai enerji tüketim oranları Şekil 1.4.' te görüldüğü gibidir.



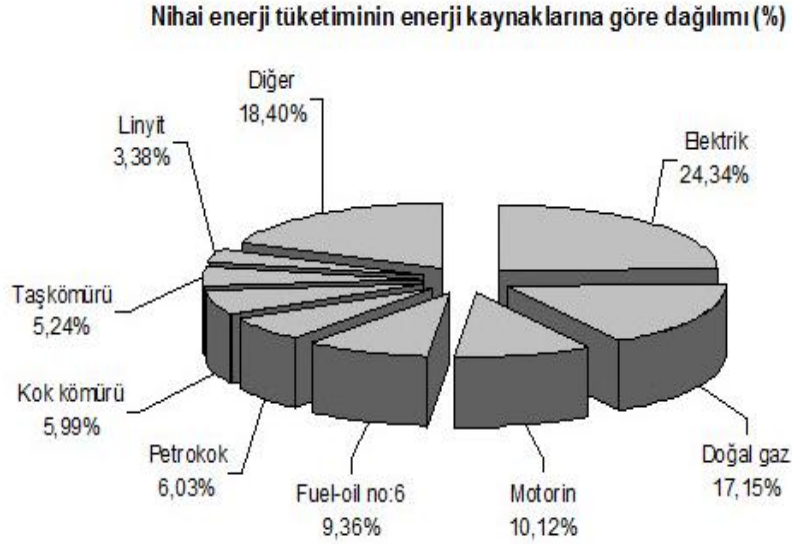
Şekil 1.4 : İngiltere, sektörel nihai enerji tüketimi oranları,2006 [5].



Şekil 1.5 : İngiltere, Otellerde yakıt tiplerine göre nihai enerji tüketimi oranları,2006 [5].

### 1.3 Türkiye Toplam Enerji Tüketim Değerleri ve Sektörel Dağılımı

Ülkemizde nihai enerji tüketiminin enerji kaynaklarına göre dağılımına bakıldığında en büyük oran %24,34 ile elektriğe aittir. Bunu sırasıyla, %17,15 ile doğal gaz, %10,12 ile motorin, %9,36 ile fuel-oil no:6, %6,03 ile petrokok, % 5,99 ile kok kömürü, %5,24 ile taşkömürü, %3,38 ile linyit izlemektedir [3].



**Şekil 1.6 :** Nihai enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı [3].

Türkiye’de sanayi ve hizmet sektörlerindeki enerji tüketiminin ve dağılımının belirlenmesi amacıyla ilk kez 2005 verilerine dayalı olarak 2006-2007 döneminde TÜİK tarafından yapılan “Sektörel Enerji Tüketim Anketi, 2005” çalışması tamamlanmıştır. Çalışmada enerji satın alışlarının %90’ını kapsayan 35270 girişim ile görüşülmüştür. Daha önce 2001 yılına kadar yalnızca imalat sanayi sektöründe yapılan enerji tüketim çalışması, 2005 yılı için sanayi ve hizmet sektörlerindeki enerji tüketiminin dağılımını ortaya koyacak şekilde gerçekleştirilen ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır [3].

**Çizelge 1.1 : Sektörlere ve kullanım alanlarına göre nihai enerji tüketimleri [3].**

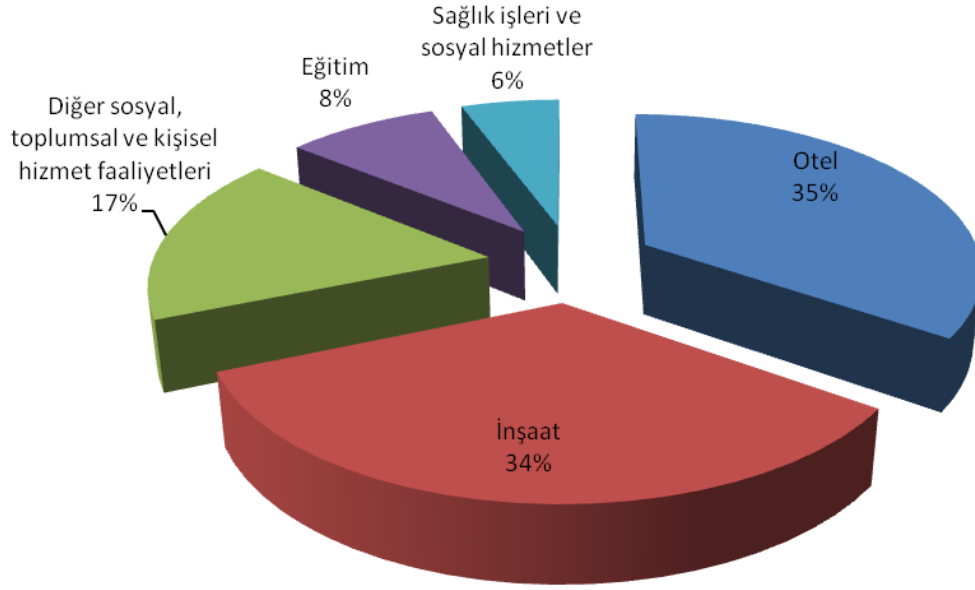
Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması Rev.1,1	Kullanım alanları				
	Toplam		Mal ve hizmet üretimi	Alan ısıtma	Ulaştırma
	TEP	(%)	TEP	TEP	TEP
Toplam	25 085 711	100,00	20 018 175	1 533 519	3 534 017
C - Madencilik ve taşocakçılığı	458 927	1,83	370 724	18 580	69 623
D – İmalat	18 266 371	72,82	17 157 368	728 934	380 069
E - Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtımı	829 431	3,31	773 208	32 266	23 957
F - İnşaat	467 081	1,86	332 798	28 235	106 047
G - Toptan ve perakende ticaret; motorlu taşıt, motosiklet, kişisel ve ev eşyalarının onarımı	927 769	3,70	384 339	149 353	394 077
<b>H – Otel ve lokantalar</b>	<b>474 644</b>	<b>1,89</b>	<b>256 189</b>	<b>174 786</b>	<b>43 669</b>
I - Ulaştırma, depolama ve haberleşme	2 807 997	11,19	318 818	101 844	2 387 335
J - Mali aracı kuruluşların faaliyetleri	158 536	0,63	67 977	70 634	19 925
K - Gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri	266 654	1,06	162 654	45 414	58 585
M – Eğitim	117 298	0,47	28 397	78 564	10 337
N – Sağlık işleri ve sosyal hizmetler	76 556	0,31	32 329	35 276	8 951
O - Diğer sosyal, toplumsal ve kişisel hizmet faaliyetleri (karamacı olmayan kurumlar hariç)	234 446	0,93	133 374	69 632	31 440

2005 yılında nihai enerji tüketimi en fazla %72,82 ile imalat sanayi sektöründe gerçekleşmiştir.

İmalat sanayi sektörünü; %11,19 ile Ulaştırma, depolama ve haberleşme; %3,70 ile Toptan ve perakende ticaret; motorlu taşıt, motosiklet, kişisel ve ev eşyalarının onarımı; %3,31 ile Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su üretimi ve dağıtımı; %1,89 ile Otel ve lokantalar; %1,86 ile İnşaat; %1,83 ile Madencilik ve taşocakçılığı; %1,06 ile Gayrimenkul, kiralama sektörleri takip etmektedir.

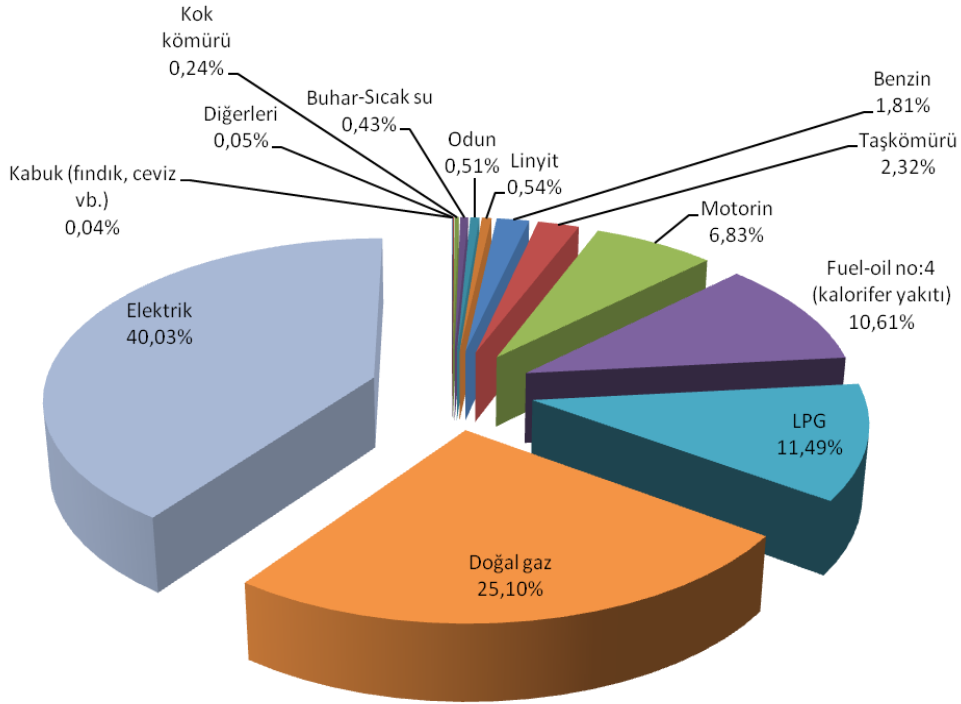
Kullanım alanları itibarıyla bakıldığında, nihai enerjinin sırasıyla %79,80 ile mal ve hizmet üretiminde, %14,09 ile ulaşırmada ve %6,11 ile alan ısıtmada kullanıldığı görülmektedir.

Türkiye için Nihai enerji tüketimlerin sektörel dağılımına bakıldığında Bep-Tr Hesaplama Yönteminde ‘Diğer’ başlığı altında geçen ve basitleştirilmiş bir yöntemle hesaplanan tiyolojiiler arasında TUİK’ in verilerine göre tüketim oranı % 35 ile en yüksek olan otel tiyolojiileri olduğu görülmektedir.



**Şekil 1.7 :** Sektörlere göre nihai enerji tüketim değerleri [3].

Ülkemizde Nihai enerji tüketiminin sektöre ve enerji kaynaklarına göre dağılımına bakıldığında ise bu oranlar değişiklik göstermektedir. En büyük oran %40,03 ile elektriğe aittir. Bunu sırasıyla, %25,10 ile doğal gaz, %11,49 ile lpg, %10,61 ile fuel-oil no:4, %6,83 ile motorin, % 2,32 ile taş kömürü, %1,81 ile benzin, %0,54 ile linyit ve diğerleri de sırasıyla izlemektedir.



**Şekil 1.8 :** Otellerde kullanılan enerji kaynaklarına göre nihai enerji tüketimi,2005 [3].

#### **1.4 Enerji Verimliliği**

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüőüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır [2].

Enerji Bakanlığının yukarıdaki gibi tanımladığı enerji verimliliği, yani enerjiyi tasarruflu kullanma bireysel katılımdan çok toplumun bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi ile büyük kitlelere ulaşabilecek bir husustur. Toplumun enerjiyi verimli kullanarak önce aile bütçesine, toplamda da ülke ekonomisine yapacağı katkının ve tükenen enerji kaynakları açısından da gerekliliğinin topluma anlatılması ve kavratılması gerekmektedir.

Türkiye istatistik kurumunun ülkemizde yaptığı araştırmaya göre ülkemizin enerji tasarruf potansiyeli, en büyük payla bina sektöründe %30, sanayi sektöründe % 20 ve ulaşım sektöründe %15 mertebelerindedir [3].



## **2. BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI**

Binanın fonksiyonuna bağılı olarak ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi standart ihtiyaçlarını karşılamak için yeni binalarda öngörülen ve mevcut binalarda ölçülen enerji miktarıdır [9]. Bina enerji performansını etkileyen tüm parametreler bina enerji performansının bir parçasıdır ve bütünleşik olarak ele alınmalıdır.

### **2.1 Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yaptırımlar**

Gelinen bu noktada, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm dünya ülkeleri, enerjinin verimliliği için girişimlerde bulunmaktadır. Toplumun konuyla ilgili bilincinin artırılması ve enerji harcamalarının azaltılması için sosyal toplum kuruluşları dışında hükümetler de yasa, yönetmelik gibi yaptırımlarla enerji verimliliğinin zorunlu kılınmasını sağlamaktadırlar.

#### **2.1.1 Avrupa' da Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yaptırımlar**

Avrupa Paramentosunca 2003 yılında yürürlüğe konulan Binalarda Enerji Performansı Direktifi -The European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - (2002/91/EC) mevcut ve yeni binalarda enerjinin verimli kullanılmasını hedeflerken, belirli standartlar ve yasalar ile enerji verimliliğini zorunlu hale getirmiştir. Tüm Avrupa Birliği üye ülkeleri için ortak bir yöntem öngürürlerken, yöntemin geliştirilmesinde binaların oluşumunda rol alan farklı disiplinlerden uzmanlar görev almıştır. Kyoto protokolünde de taahut edilen karbondioksit salımının azaltılması, Binalarda Enerji Performansı Direktifi ile de güçlendirilmiştir [14].

Bütün bu direktifler ve yapılan düzenlemeler çerçevesinde hedeflenen 2010 yılı itibari ile %22 lik enerji tasarrufu ve kabondioksit salımında 44 milyon tonluk bir düşüştür [9].

Direktifin amacı yeni binalar veya yenilenecek binalar için asgari düzeyde enerji performansı gösterecek çözümler ile binaların sertifikalandırılması ve sonrasında da binanın ve iklimlendirme sistemlerinin rutin kontrollerinin yapılmasıdır.

Tüm Avrupa Birliği üye ülkeleri için belirlenecek ortak yöntem, binanın ısı davranışlarını, hava sızdırmazlığını, ısıtma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su ve soğutma gibi sistemlerini, binaların konumlanışını ve yönelimini, pasif güneş sistemlerini ve güneşten korunma elemanları ile doğal havalandırmayı, iç konfor koşullarından taviz vermeksizin kapsamaktadır.

Ayrıca aktif sistemlerin, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ısıtma ve soğutma sistemlerinin, kojenerasyon sistemlerinin ve doğal aydınlatmanın da binanın enerji performansına olumlu etkilerini hesaba katmaktadır. Minimum enerji performansı şartları, sözkonusu hesaplama yöntemi üzerine kurulu olmalıdır. Bu şartlar, bir yandan yetersiz havalandırma gibi muhtemel olumsuz etkilere engel olmak için genel iç mekân iklim koşullarını, diğer yandan da yerel koşulları ve binanın belirlenmiş işlevini ve yaşını da hesaba katmalıdır [9].

Bu bağlamda değerlendirmeye alınan farklı bina tipolojileri detaylandırılış sırasına göre aşağıdaki gibidir:

- a. Tekil aile konutları
- b. Apartman blokları
- c. Ofisler
- d. Eğitim yapıları
- e. Hastaneler
- f. Oteller ve restoranlar
- g. Spor yapıları
- h. Toptan ve perakende ticari hizmet binaları
- i. Diğer türlerdeki, enerji tüketen yapılar.

İsteğe göre değerlendirilme dışı tutulabilecek bina tipolojileri ise şunlardır:

- a. Belirli bir çevrenin bir parçası olarak veya sahip oldukları özel mimari veya tarihi değer nedeniyle resmî olarak korunan binalar veya anıtlar (ancak şartlara uyum sağlamalarının özellik veya görünümelerini kabul edilemez biçimde değiştirecek olması durumunda)
- b. Dua veya dini etkinlikler için kullanılan binalar
- c. İki yıl veya daha az kullanımları planlanan geçici binalar
- d. Endüstriyel tesisler
- e. Az enerji tüketimi olan atölyeler ve konut içermeyen, tarımla ilgili binalar
- f. Enerji performansı üzerine bir sektörel anlaşma kapsamına giren ve konut içermeyen, tarımla ilgili binalar
- g. Yılda dört aydan daha az kullanılması planlanan konut binaları
- h. Toplam kullanılan taban alanı 50 m<sup>2</sup>'den az olan tekil binalar.

### **2.1.2 Türkiye’ de Bina Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Yaptırımlar**

Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’ nın görevleri arasındadır.

Tüm bunlar uyarınca 2007 yılında “Enerji Verimliliği Kanunu ve Enerji Kaynaklarının Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik” yürürlüğe girmiştir. 2008 yılında Başbakanlık Genelgesi ile tüm kamu kurum ve kuruluşlarında öncelikli olmak üzere “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” başlatılmış ve 2008 yılı “Enerji Verimliliği Yılı” ilan edilmiştir [15].

Binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli kullanılmasına, enerji israfının ve çevre kirliliğinin önlenmesine dair 5.12.2008’ de Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’ nca Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği yürürlüğe konmuştur [2].

Bu yönetmelik, mevcut ve yine binalar için binanın elektrik, mekanik, aydınlatma sistemlerini ve mimari çözümlerini içeren asgari performansını ilgili standartlar çerçevesinde hazırlanan hesaplama yöntemi ile ölçmeyi, enerji kimlik belgesi düzenlenmesini ve denetimini, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin olumlu etkilerini, kültür varlığı olarak tescillenen binaların varlıklarına zarar vermeyecek biçimde enerji verimini artırıcı tedbirleri kapsamaktadır. Endüstriyel işlevi olan üretim binaları, 2 yıldan az faaliyet gösterecek binalar, kullanım alanları 50 m<sup>2</sup>' den az olan binalar, seralar, atölyeler, iklimlendirilme yapılmayan depolar, ahır, ağıl gibi binalar dışında kalan diğer tüm bina tipolojileri bu yönetmeliğin kapsamındadır [10].

Yönetmelik ayrıca bu yolla kısa bir süre içinde tüm ülke genelinde bina envanteri oluşturulmasını ve denetimler ile güncellenmesini amaçlar. Bina performansı yönetmeliği Üçüncü Bölümü' nde "Bina Enerji Performansı Açısından Mimari Proje Tasarımı ve Mimari Uygulamaları" başlığı altında binanın konumlandırılışı, yönelimi gibi parametreler güneş, rüzgar, nem ve diğer dış koşullar dikkate alınarak enerji verimini artırıcı biçimde kurgulanmasının ve Isı Yalıtım Yönetmeliği' ne de uyacak biçimde detaylandırılmasının ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının projeye uygulanabilirliğinin araştırılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir.

Bu yönetmeliğin 5 Aralık 2009' da yürürlüğe girmesinin ardından Temmuz, 2010' da kullanıma açılması planlanan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi "BEP-TR" ile binaların enerji performansları değerlendirilecek ve binalar sertifikalandırılacaktır.

## **2.2 Bina Performansı Hesaplama Yöntemleri**

Ulusal Hesaplama Yöntemlerinden birçoğu, binaların ilk enerji tüketiminin hesaplanması ile ilgilenmektedir ancak, hesaplama aşamaları ve ilgili enerji ihtiyacının belirlenmesi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir.

Birincil enerji tüketiminin tanımı ve hesaplama yöntemi, hesaplama için belirlenen sınır değerlere dayanmaktadır. EPBD' ye göre geçen yıllarda Güney Avrupa ülkelerinde görülen klima tesisatı artışları pik yük zamanlarında problem yaratmış ve elektrik maliyetlerini arttırırken, bu ülkelerdeki enerji dengesini bozmuştur.

Bu nedenle öncelik, yaz aylarında ısı performansının geliştirilmesine verilmelidir. Dış sıcaklık ve iç mekan konfor koşulları ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bu nedenle performans değerlendirme kriterleri aynı olmasına karşın; bina performansı hesaplama modelleri, iklim şartları ve konfor koşullarındaki farklılıklar sebebiyle ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir [9].

Bina Enerji Performansı hesaplama yöntemleri şemsiye doküman olan EN 13790 standardı üç farklı hassasiyetli yöntem önermektedir.

### **2.2.1 Aylık/Mevsimsel Statik Hesaplama Yöntemi**

Hesaplama zaman aralıkları aylık/mevsimsel olan, binanın ısı davranışını basit korelasyon faktörleri ile ele alan, binanın gerçek ısı davranışlarını yansıtamayan, yıllık ölçekte ortalama sonuçlar verirken aylık gerçek değerleri yansıtmayan özellikle geçiş mevsimlerinde hata payı yükselen statik bir hesaplama yöntemidir [4].

### **2.2.2 Basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi**

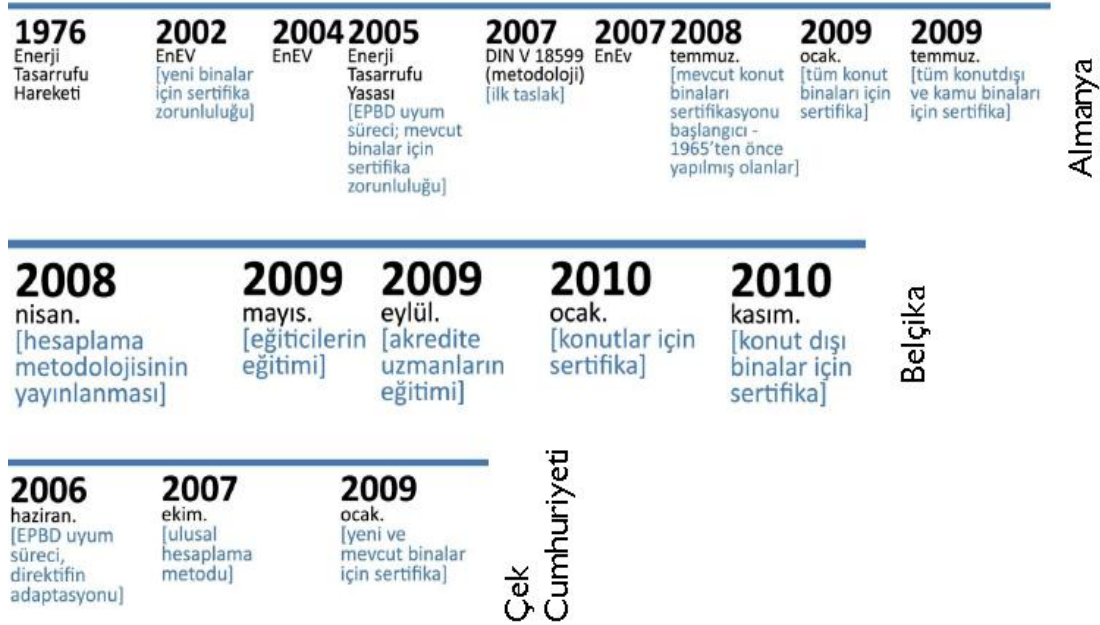
Hesaplama zaman adımı saatlik hassasiyette olan, Enerji Performans Direktifleri uyarınca belirtilen iç konfor koşulları farklı bina tipolojilerine göre gerçekleştirilen termal ve görsel konfor ile iç hava kalitesi parametrelerini binalarda sağlayacak net enerjiyi hesaplayan, direnç-kapasite modeli ile binanın saatlik ısı davranışını yansıtabilen, saatlik iklim datası ve işletim zaman çizelgelerini kullanan yarı dinamik hesaplama yöntemidir [4].

### **2.2.3 Detaylı dinamik hesaplama yöntemi**

Detaylı dinamik yöntem, şemsiye dokümanının EN 15265 “Binalar için – Dinamik Yöntemler Kullanılarak Ortam Isıtma ve Soğutmasında İhtiyaç Duyulan Enerjinin Hesaplanması” standardına yönlendirdiği, binalarda eş zamanlı, çok zonlu zonlar arasındaki etkileşimi de dikkate alan bina enerji sertifikasyonu yöntemi için fazla detaylı ve pratik olmayan bir yöntemdir [4].

## 2.3 Hesaplama Yöntemleri Gelişim Süreçleri

Avrupa Birliği üye ülkeleri ve diğer gelişmiş ülkelerde hesaplama yöntemleri çokça yıl önce başlayıp halen güncellemeler ve eklemeler ile geliştirilmektedir.



Şekil 2.1 : Avrupa' daki hesaplama yöntemi gelişim süreçleri [6].

## 2.4 Avrupa' da Kullanılan Yöntemlerden Örnekler

Çek Cumhuriyeti, bina enerji performansı hesaplama yönteminde (National Calculation Tool), içerisinde ışınlam ve nem verilerini içeren 4 iklim bölgesi için standartlarda belirlenen iklim verilerini, her ayı temsil eden bir gün için saatlik düzeyde hesaplayarak yıllık ısıtma, soğutma, sıcak su, mekanik havalandırma ve aydınlatma ihtiyacını belirler. Isıl şartları birbirinden farklı zonlar için çok zonlu hesaplama yapan yöntemin veritabanı DIN 4799, Ashrae ve Design Builder' dan derlenmiştir. Referans bina, ilgili standartların asgari değerlerini sağlayacak şekilde hesaplanan bina ile fiziksel özellikleri ve koşulları aynı kabul edilerek belirlenmiştir [17-19].

Almanya, çok zonlu hesaplama yapabilen, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su için birincil enerji ihtiyacını ve iklimlendirme için nemlendirme-nemsizleştirme, havalandırma ihtiyacını belirleyen, iç kazançlarda kullanıcıları, ekipmanları, sıcak ve soğuk suyu da hesaba katan, DIN V 18599 standardını temel alan, aylık bir yöntem kullanmaktadır [20].

Belçika, tipik meteorolojik yıla dayalı aylık ortalama bir metot kullanmaktadır (EPB Software). Mekan ısıtması için 18° C ve soğutması için 23° C' yi sağlayabilmek için güneş enerjisi ve jeneratörlerin etkilerini ve yaz aylarında aşırı ısınma riskini göz önüne alarak binaların net enerji ihtiyacını belirler [21].

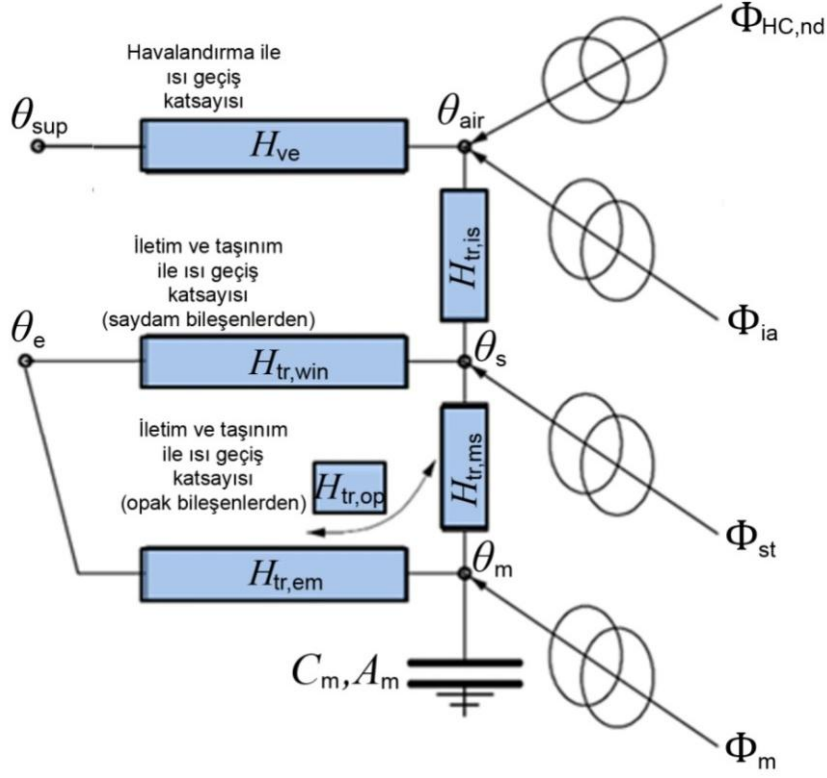
İrlanda, konutlar için EN 13790 standardı tabanlı aylık hesaplama yapan basit bir model olan DEAP (Dwelling Energy Assessment Procedure)' i kullanmaktadır. Binanın yaşına ve tipolojisine bağlı olarak değişen katsayılar ile farklı tipolojiler için NEAP (Non-Domestic Energy Assessment Procedure) kullanılmaktadır. Binanın yıllık enerji ihtiyacını ve CO<sub>2</sub> salımını hesaplamaktadır [22-23].

Avusturya, kullandığı binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi ile yalnızca binayı tüm katlarıyla tek bir kabuk olarak kabul ederek, bina içerisindeki iklimlendirilmeyen mekanları yok saymaktadır. Ara katlar ve iç bölmeler hesaba katılmazken, çatıda yalıtım bulunmaması durumunda çatı arası da dış hava olarak ele alınır. Müstakil konutlara yönelik yöntem aydınlatma, soğutma ve havalandırma sistemlerini içermez.

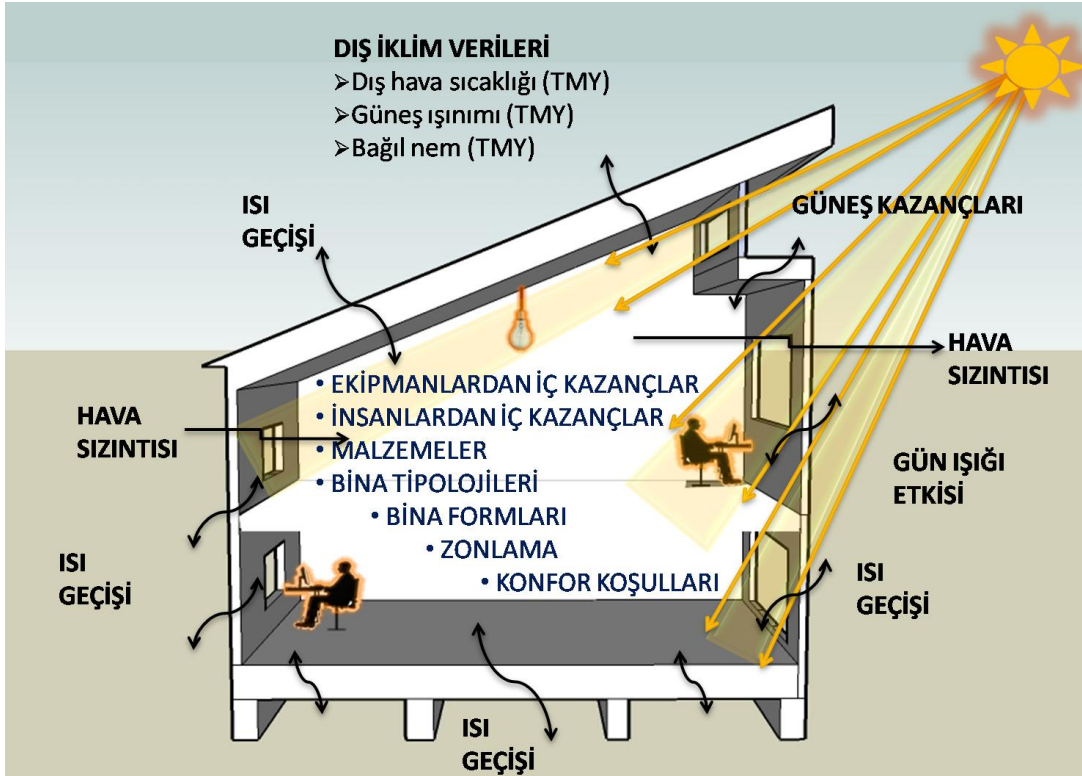
## **2.5 Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi - Türkiye ( BEP- TR )**

Bina enerji performansı hesaplama yöntemi, binanın enerji harcamalarında payı olan tüm girdilerin, binaların enerji tüketimine etkisini değerlendirmek, mevcut ve yeni binaların enerji performans sınıflarını belirlemek için EN 13790 şemsiye dökümanı temel kabul edilerek Türkiye' nin iklim verileri, koordinatları ve yerel malzemeleri gibi ülkemize mahsus bilgiler derlenerek geliştirilmiştir.

BEP-TR saatlik iklim verisi ve zaman çizelgelerini kullanan, ısıtma-soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesine gerek olmayan, RC (direnç-kapasite) modeli ile binanın saatlik ısı davranışını 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 ışınımıyla atmosfere kaçan ısıyı dikkate alabilen yarı dinamik bir metottur [11].



Şekil 2.2 : Direnç-Kapasite Modeli [12]



Şekil 2.3 : Bina performansını etkileyen etmenler [6].



Bu hesaplama yöntemi, proje aşamasındaki binalar için çeşitli tasarım seçeneklerinin enerji performanslarının karşılaştırılması, mevcut ve yeni yapılacak binaların enerji performansının standartlaştırılmış seviyesinin gösterilmesi, mevcut binalarda enerji ihtiyacının hesaplanması yolu ile enerji verimliliği tedbirlerinin uygulanıp uygulanmaması durumlarının değerlendirilmesi, bina stoğunu temsil edecek nitelikteki tipik binaların tükettikleri enerjinin hesaplanması yolu ile bölgesel ve ulusal ölçekte geleceğe ışık tutması, zaman içerisinde tanımlanan yapı bileşenlerinden bileşen kütüphanesi oluşturma yolu ile ulusal veritabanlarının geliştirilmesi gibi uygulamalarda kullanılabilir.

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 gözönüne alarak binanın toplam ısıtma-soğutma, havalandırma, binalarda günışığına bağlı aydınlatma ve sıhhi sıcak su ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

### 2.5.1 Net enerji ihtiyacı girdileri

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 iç konfor şartları (sıcaklık ve nem ayar değerleri, havalandırma miktarı), bina tipolojisine bağlı zonlama yöntemleri ve zon bilgileridir.



Şekil 2.4 : BEP-TR veri girdileri. [6]

Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi BepTr yazılımına ait ekran görüntüsü Şekil 2.5’ te görüldüğü gibidir. Ekran görüntüsündeki menüler ve araç çubukları Şekil 2.4’ te gösterilen verilerin girilmesini sağlar. Net enerji kısmına ait girdiler genelden özele doğru bina genel bilgileri, bina kabuğu, zonlar ve odalar olarak detaylandırılır. Bina genel bilgilerinde binanın tamamı için ortak girilecek veriler alınırken, kabukta katlara ait bilgiler toplanır. Katlar arasında değişken form olmaması durumunda her kat için ayrı yarı form tanımlamak yerine bina genel bilgilerinde form tanımlamak yeterli olacaktır. Bina tipolojisine bağlı olarak farklı kabuller ile ele alınan ısıtılacak zonlar ölçüğüne inildiğinde her kattı farklı her zonun girdileri alınır. Odalar sekmesi aydınlatma hesapları için ayrı ayrı ele alınır ve herbir zona ait odalar aynı başlıkta toplanır.



Şekil 2.5 : BEP-TR örnek ekran görüntüsü [13].

### **2.5.2 Malzeme kütüphanesi**

Isı geçişi ve güneş ışıınımlı kazanç hesaplarında kullanılmak üzere bina kabuk malzemelerinin ilgili özelliklerinin listesi, TS 825, EN 10456, BS EN 12524, CE71 (2004) UK NCM, AD\_L2 (2002 Edition), BR 443, DOE2 ASHREA, Radiative Heat Transfer, Michael F. Modest – The Pennsylvania State University, Thermal Radiation Heat Transfer, Robert Siegel- Nasa Lewis Research Center, John R. Howell, kaynaklarına dayanılarak opak bileşenler için derlenmiştir [24-33].

Malzeme listesinde yer alan “Özgöl Isı” (CP) değerleri çeşitli kaynaklardan elde edilmiş ancak tüm malzemeler için değerler bulunamamıştır. Ülkemizde malzemelerin özgöl ısı değerleri veri tabanı oluşturulması durumunda ısı geçişi hesaplamalarına detaylı yöntem ile dahil edilebilecektir. Yöntemin bugün ki halinde yapı kütlesi, “Am” etkin kütle alanı ve “Cm” özgöl ısı kapasitesi kullanılarak ortalama değerler ile tanımlamaktadır.

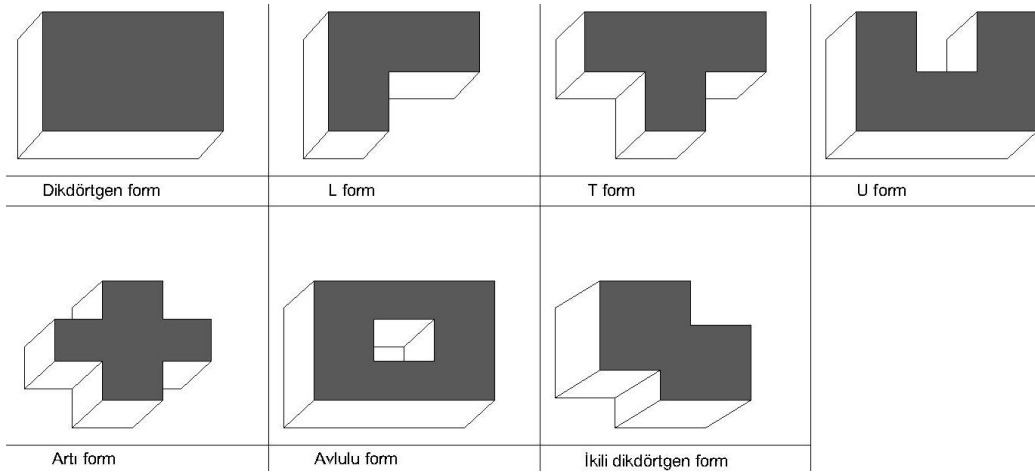
Isı geçişi ve güneş ışıınımlı kazanç hesaplarında kullanılmak üzere saydam kabuk bileşenlerinin ilgili özellikleri ise Türkiye’de yaygın olarak kullanılan camlar için üretici bilgilerinden yararlanılarak derlenmiştir. Bu özellikler aydınlatma hesapları için ortak değerleri de içermektedir.

### **2.5.3 Bina tipolojileri**

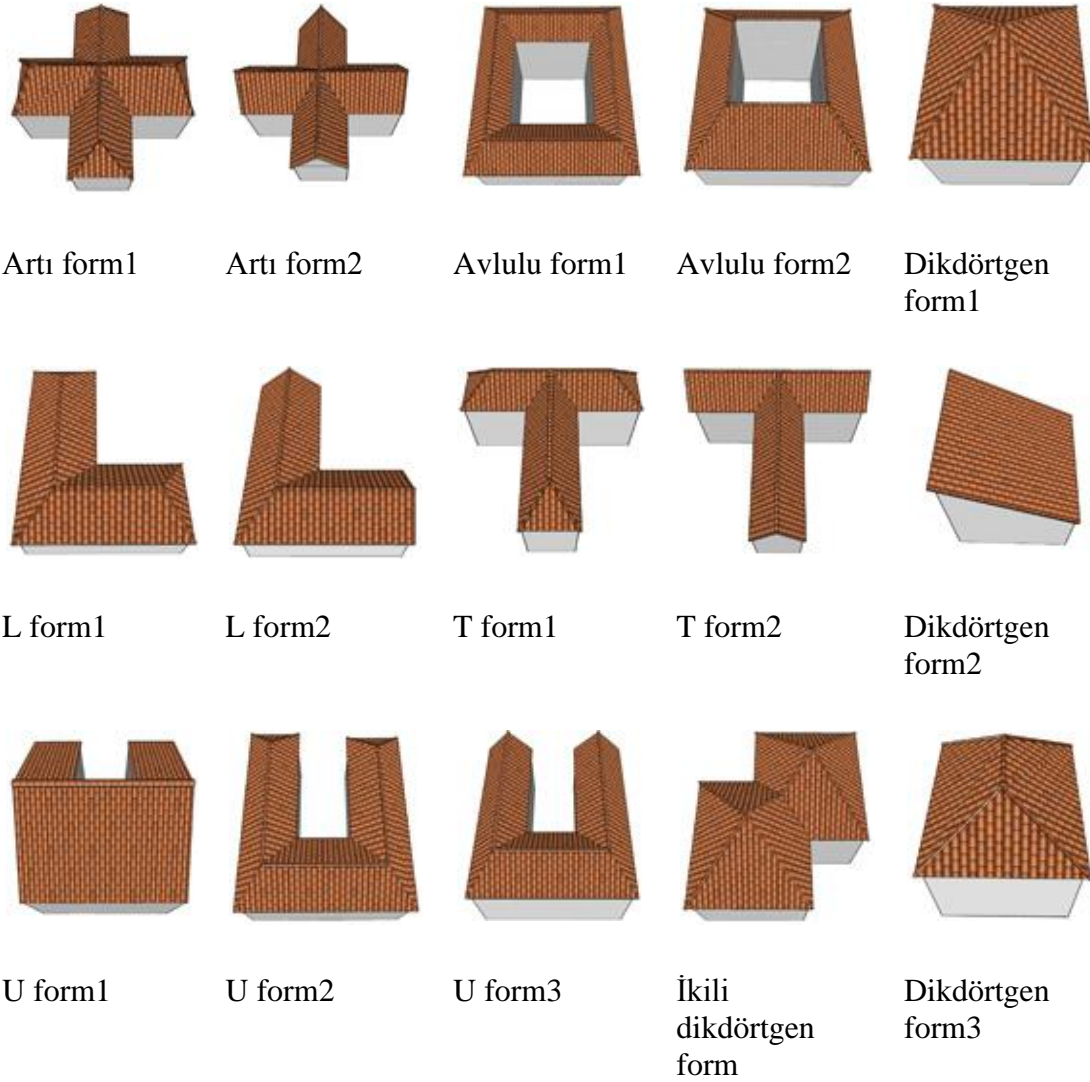
BEP-TR, konutlar başlığı altında müstakil konut, apartman ve rezidanslar, ofisler ve diğer başlığı altında incelenen eğitim ve sağlık binaları, alışveriş ve ticaret merkezleri ile oteller gibi hizmet binalarını kapsamaktadır.

### **2.5.4 Bina geometrisi**

Bina geometrisi için BEP-TR başlangıç sürümünde binaların, yazılıma kolay aktarılabilmesini sağlamak için Şekil 2.6’ teki temel formları ve bu temel formlara dayalı Şekil 2.7’ teki çatı formlarını önermiştir.



**Şekil 2.6 : BEP-TR bina formları [13].**



**Şekil 2.7 : BEP-TR çatı formları [13].**

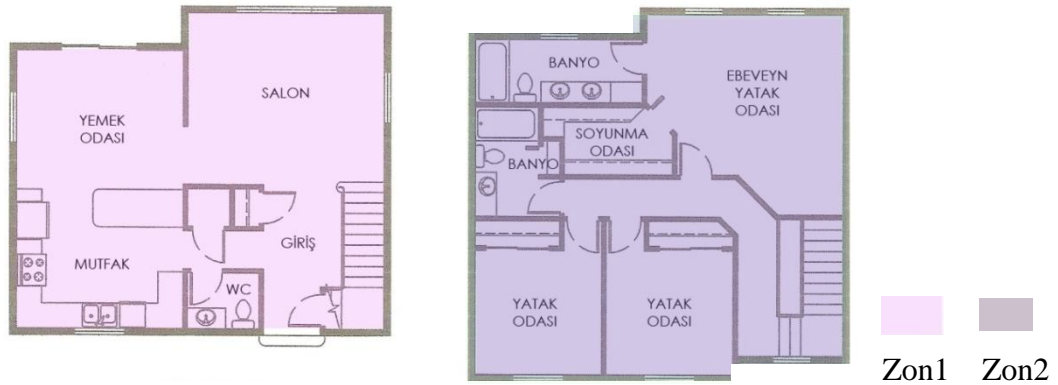
### 2.5.5 Isıl zonlar

Isıl zonlar, binadaki mekanların, ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin çalışma prensiplerine, fonksiyonlarına bağlı aktivite durumlarına, mekanlardaki kullanıcı profillerine ve iç kazançlarına göre ayrılırlar. Zonlara ayırma kriterleri bina fonksiyonlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Ancak tüm fonksiyonlarda katlar arasında alanlar ve engel durumu değişiklik gösterebileceğinden, katlar arasında sistemler, iç kazançlar ve konfor sıcaklık değerleri aynı olsa bile her kat ayrı birer zon olarak ele alınmaktadır. Bu yöntemde kullanılan çok zonlu hesaplama için (bağımsız çok zonlu hesaplama), zonlar arasında iletim/taşınım ile ve hava hareketi/sızıntısı ile ısı geçişi hesaba katılmaz. Her zon için ayrı ayrı yapılan hesaplama bağımsız tek zonlu hesaplamalar serisi olarak kabul edilir. Aynı ısıtma ve soğutma sistemlerini paylaşan zonlarda, ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacı, bağımsız zonlar için hesaplanan enerji ihtiyacının toplamıdır.

#### 2.5.5.1 Müstakil konutlarda ısı zonlar

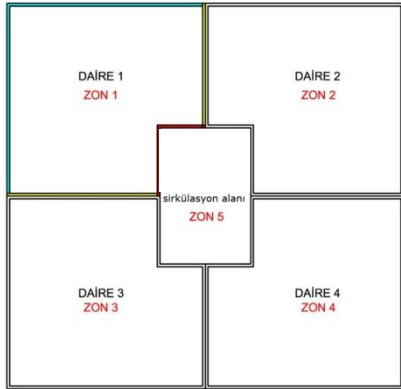
Bina içindeki farklı mekanların konfor sıcaklıklarının değişkenlik gösterdiği ve tüm dolaşım alanlarının açık olduğu düşünülerek tüm bina için olası mekanların ağırlıklı alan ortalaması hesaplanarak iç konfor sıcaklığı, konutlar için TS825'te de öngörülen şekli ile 19° C alınmıştır. İklimlendirilen zonlar içerisinde yer alan küçük iklimlendirilmeyen mekanlar (wcler, kilerler ...vb. gibi) kapıların sık sık açık kalması durumu göz önünde bulundurularak iklimlendirilen mekânlar olarak sayılmaktadır. İklimlendirilmeyen bağımsız bodrum katı gibi mekanlar ise iklimlendirilmeyen zon olarak ele alınır. Müstakil konutlar için zonlama örneği Şekil 2.8' da görülmektedir.



Şekil 2.8 : Müstakil konutlarda zonlama.

### 2.5.5.2 Apartmanlarda ısıl zonlar

Apartmanlarda, bina farklı daireler şeklinde zonlara bölünmüşse, zonlar arasında ısı geçirimsiz (adiyabatik) sınırlar olduğu varsayılarak her zon için bağımsız tek zon yöntemi kullanılır. Bu uygulama, zonlar arasında ısıl etkileşim olmaksızın bağımsız çok zonlu hesaplama olarak adlandırılır. Apartman tipli konut zonlama örneği Şekil 2.9'de verilmiştir.



**ZON 1** : Farklı mülkiyete sahip daire

**ZON 2** : Farklı mülkiyete sahip daire

**ZON 3** : Farklı mülkiyete sahip daire

**ZON 4** : Farklı mülkiyete sahip daire

**ZON 5** : Dış ortamla bağlantısı olmayan iklimlendirilmeyen çekirdek alanı (düşey sirkülasyon alanı).

**Şekil 2.9** : Apartmanlarda zonlama.

Çekirdeğin iklimlendirilmesi durumunda çekirdek ile daireler arasında ısı geçişi olmadığı kabul edilir ve çekirdeğin iklimlendirilmesi için gerekli enerji miktarı dairelerin alanlarıyla orantılı olarak dairelere paylaşılır. Çekirdek alanının dış ortamla bağlantısı olması durumunda, çekirdek ve daire duvarı arasındaki ısı geçişi hesaplarında sıcaklık farkı için düzeltme katsayısı uygulanır.

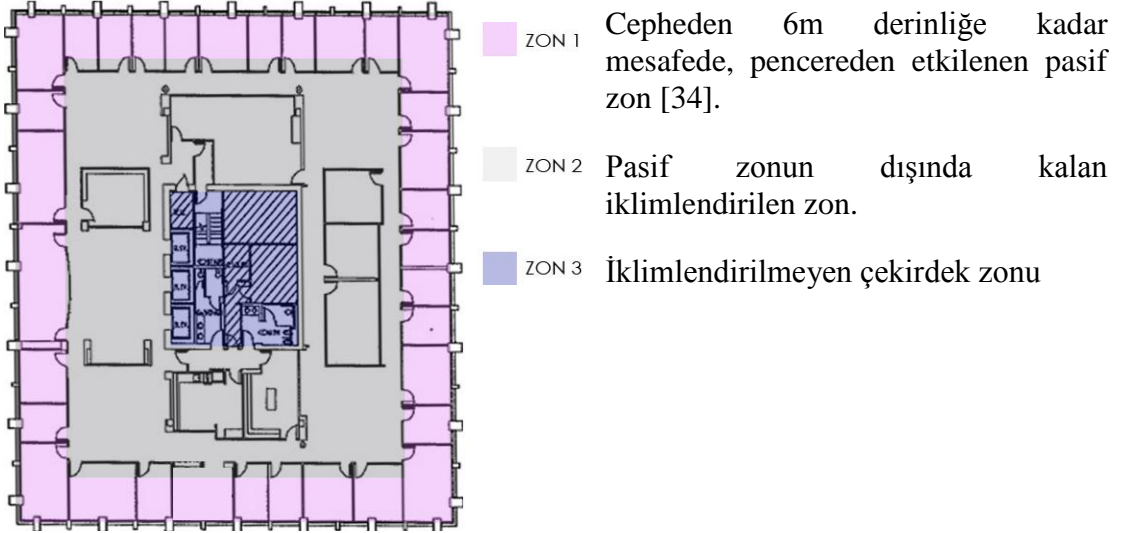
### 2.5.5.3 Rezidanslarda ısıl zonlar

Rezidanslarda basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir.

### 2.5.5.4 Ofislerde ısıl zonlar

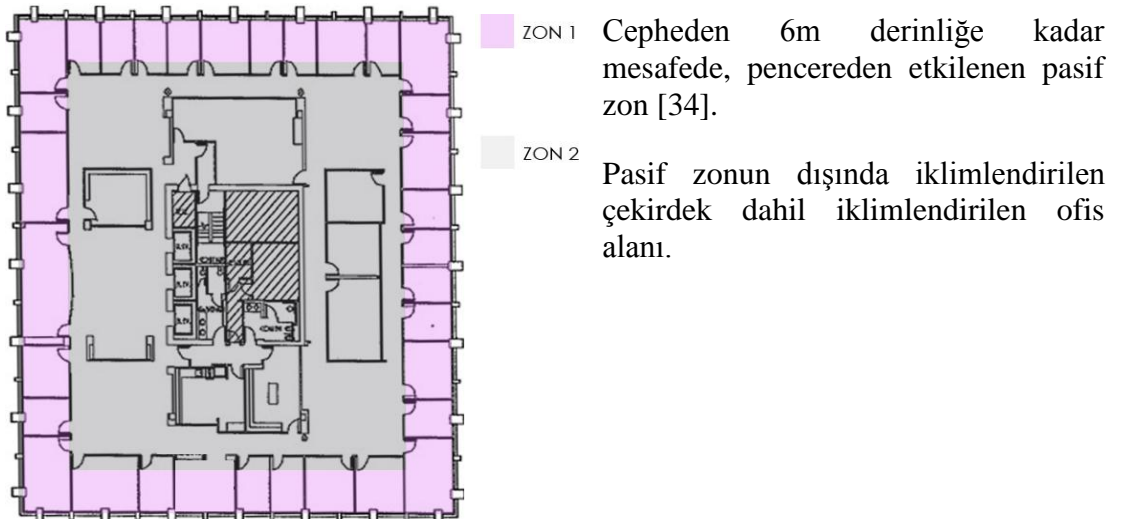
Ofislerin zonlaması çekirdeğin koşullandırılma kriterine göre değişiklik gösterir.

Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofislerde pencereden 6m' lik mesafeye kadar olan pencereden etkilenen iklimlendirilen alan ayrı bir zon, iklimlendirilmeyen çekirdek ayrı bir zon ve 6m' lik mesafenin dışında kalan iklimlendirilen alan ayrı bir zon olarak ele alınmaktadır. Bunların yanında çekirdeğin dışında iklimlendirilmeyen herhangi bir fonksiyonlu mekan ve sera mevcut ise bunlarda ayrı birer zon olarak ele alınmaktadır. Şekil 2.10' de şematize edilmiştir.



Şekil 2.10 : Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofislerde zonlama.

Çekirdeği iklimlendirilen ofislerde ise diğerinden farklı olarak iklimlendirilen çekirdek konumuna göre ya 6m' lik pasif zona ya da 6m' lik mesafenin dışında kalan iklimlendirilen ofis alanına dahil edilerek zonlama yapılır (Şekil 2.11).



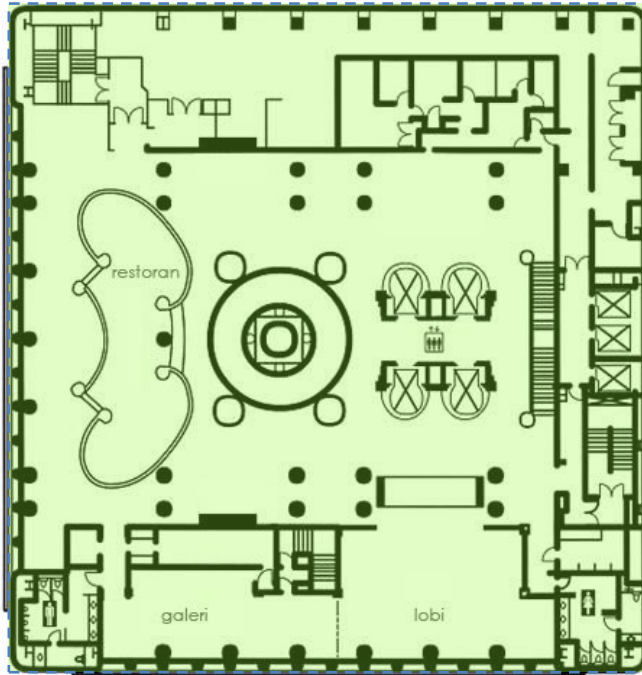
Şekil 2.11 : Çekirdeği iklimlendirilen ofislerde zonlama.

### 2.5.5.5 Hizmet binalarında ısı zonlar

Oteller, sağlık binaları, eğitim binaları, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi hizmet binalarında rezidanslar için yapılan kabul kullanılmaktadır. Birbirinden farklı ısı şartları olan mekanlardan oluşan bir kat için mekanların alan ağırlıklı ortalamaları ile kat başına konfor sıcaklığı ve iç kazanç değeri belirlenir.

Katta kısmi iklimlendirilme olması durumunda, tüm kat iklimlendiriliyor gibi hesap yapılarak bulunan enerji ihtiyacı, iklimlendirilen alanın tüm alana oranı ile çarpılarak tüm kat için enerji ihtiyacı belirlenir.

Tüm kat tek bir zon alınır. Şekil 2.12' da görülen farklı mekanları içeren otel katı tek bir zondur.



Şekil 2.12 : Otellerde zonlama.

### 2.5.6 İç kazançlar

İç kazançlar (insanlardan ve cihazlardan), hesabı yapılan zonun fonksiyonuna göre değişiklik göstermektedir. Zondaki aktiviteye bağlı olarak insanlardan ısı kazançları, hacimdeki ekipman yoğunluğuna bağlı olarak cihazlardan ısı kazançları hesaplanır. Ayrıca hesabı yapılan binanın fonksiyonuna göre binanın zonlaması farklılık gösterdiğinden toplam iç kazanç hesabı değışir.



Bu bina tipolojilerinde her kat bir zon olarak alınır ve kat içerisindeki mekanların alanları ( $m^2$ ) ve fonksiyonları üzerinden alanla ağırlıklı ortalama toplam iç kazanç belirlenir.

$$\Phi_{\text{int,Oc,sen}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,Oc,sen},i}) \quad (2.1)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen},i}$  :  $i$  hacminde  $m^2$  başına insanlardan duyulur ısı kazanç değeri,  $W/m^2$

$A_{f,i}$  :  $i$  hacminin alanı,  $m^2$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen}}$  : kat içerisindeki tüm mekanlarda insanlardan toplam duyulur ısı kazanç değeri,  $W$

$$\Phi_{\text{int,Oc,lat}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,Oc,lat},i}) \quad (2.2)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,lat},i}$  :  $i$  hacminde  $m^2$  başına insanlardan gizli ısı kazanç değeri,  $W/m^2$

$A_{f,i}$  :  $i$  hacminin alanı,  $m^2$

$\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$  : kat içerisindeki tüm mekanlarda insanlardan toplam gizli ısı kazanç,  $W$

İnsanlardan ısı kazancı ise (2.3) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,Oc}} = \Phi_{\text{int,Oc,sen}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} \quad (2.3)$$

$\Phi_{\text{int,Oc}}$  : kat içerisindeki tüm hacimlerden insanlardan toplam ısı kazancı,  $W$

Cihazlardan ısı kazancı ise (2.4) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\Phi_{\text{int,App}} = \sum_{i=1}^n (A_{f,i} \cdot \Phi_{\text{int,App},i,\text{unit}}) \quad (2.4)$$

$\Phi_{\text{int,App}}$  : kat içerisindeki tüm hacimlerden, cihazlardan toplam ısı kazancı,  $W$

$\Phi_{\text{int,App},i,\text{unit}}$  :  $i$  hacminde  $m^2$  başına cihazlardan ısı kazanç değeri,  $W/m^2$

Rezidans ve diğer bina tipolojilerinden binalarında iç kazanç değerleri dört maddede toplanmıştır, bağıntı (2.5) ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi_{\text{int}} = \Phi_{\text{int,Oc,sen}} + \Phi_{\text{int,Oc,lat}} + \Phi_{\text{int,App}} + \Phi_{\text{int,lg}} \quad (2.5)$$

$\Phi_{\text{int,Oc,sen}}$  : zon içerisindeki hacimlerde insanlardan duyulur ısı kazançlarının toplamı,  $W$

- $\Phi_{\text{int,Oc,lat}}$  : zon içerisindeki hacimlerde insanlardan gizli ısı kazançlarının toplamı, W
- $\Phi_{\text{int,App}}$  : cihazlardan toplam ısı kazancı, W
- $\Phi_{\text{int,Ig}}$  : aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

## 2.5.7 İletim ve taşınım ile ısı geçişi

Zonu oluşturan farklı elemanların (duvarlar, çatı yüzeyleri, döşemeler) ve bu elemanları oluşturan farklı bileşenlerin ısı geçiş katsayıları ayrı ayrı hesaplanarak toplanır, bu yolla zonun opak ve saydam yüzeylerinden iletim ve taşınım ile toplam ısı geçiş katsayısı değerlerine ulaşılır.

### 2.5.7.1 Opak bileşenlerden iletim ve taşınım ile ısı geçişi

Opak bir bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı Bağlantı 2.6 ile hesaplanır.  $U_{\text{std}}$ , bir opak bileşenin iç ve dış yüzey ısıl direnç katsayıları,  $(1 / h_{\text{si}}) = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  ve  $(1 / h_{\text{se}}) = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  referans alınarak hesaplanan ısıl geçirgenlik değeridir. Bağlantı 2.6, her eleman için, elemandaki her bileşen için hesaplanır.

$$U_{\text{op,std,i}} = 1 / ( 1 / h_{\text{si}} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \dots + 1 / h_{\text{se}} + R_{\text{gap}} ) \quad (2.6)$$

$h_{\text{si}}$  : iç yüzey ısı taşınım katsayısı,  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$h_{\text{se}}$  : dış yüzey ısı taşınım katsayısı,  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$d_1$  : 1 numaralı malzemenin kalınlığı, m

$\lambda_1$  : 1 numaralı malzemenin ısıl iletkenlik hesap değeri ,  $\text{W}/(\text{m.K})$

$U_{\text{op,std}}$  : opak bileşen standart ısıl geçirgenlik katsayısı,  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

$R_{\text{gap}}$  : opak bileşenler arasındaki havanın ısıl direnci,  $\text{m}^2\text{K/W}$

$1 / h_{\text{si}}$  ve  $1 / h_{\text{se}}$  değerleri bileşen tipine göre Çizelge 2.1' den alınır. Tablodaki tüm tipler Şekil 2.13' te gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1 : BEP-TR' de temel ısı geçiş tipleri.**

Tip no	Yapı bileşen tipi
Tip1	(dış yüzey) - dış hava temaslı İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak ve saydam bileşenleri.
Tip2	(iç yüzey) - dışa açık iklimlendirilmeyen zon temaslı İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir başka zon ile arasındaki opak ve saydam bileşenleri.
Tip3	(dış duvar) - toprak temaslı İklimlendirilen bir bodrum katın toprak temaslı dış duvarı.
Tip4	(döşeme) - toprak temaslı yüzer döşeme Altında bodrum olmayan, iklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bir zonun zemine oturan yüzer döşemesi.
Tip5	(döşeme) - toprağa yarı gömülü İklimlendirilen zonun temel boşluğu ile temas eden döşemesi.
Tip6	(döşeme) - altında bodrum olmayan İklimlendirilen zonun toprak temaslı tabanı.
Tip7	(iç yüzey) - sera iklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir sera (kış bahçesi) ile arasındaki iç yüzeyler.
Tip8	(döşeme) - konsol İklimlendirilen bir zonun dış hava ile sınırını oluşturan çıkma döşemesi.
Tip9	(iç yüzey) - dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zon temaslı İklimlendirilen bir zonun dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zon ile temas eden iç yüzeyleri.
Tip10	(döşeme) - iklimlendirilen zon temaslı İklimlendirilen bir zon ile başka bir iklimlendirilen zonu ayıran döşemeler.

Zonu çevreleyen tüm opak bileşenlerin ısı geçiş katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$H_{tr,op} = \sum A_{op} \cdot U_{op} + \sum L_{op} \cdot \Psi_{op} + \sum x_{op} \quad (2.7)$$

$H_{tr,op}$  : zonu çevreleyen opak yüzeylerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K

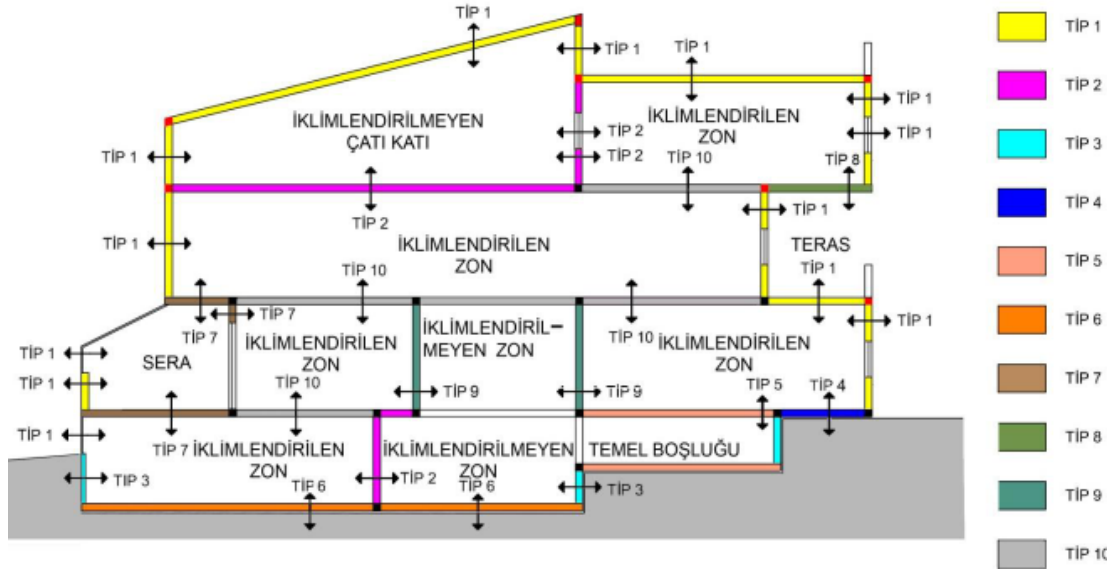
$A_{op}$  : opak yüzeyin alanı, m<sup>2</sup>

$U_{op}$  : opak bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı , W/(m<sup>2</sup>·K)

$L_{op}$  : doğrusal ısı köprüsü uzunluğu, m

$\Psi_{op}$  : doğrusal ısı köprüsü birim uzunluk başına ısı geçiş katsayısı, W/(m.K)

$x_{op}$  : noktasal ısı köprüsü ısı geçiş katsayısı, W/K



Şekil 2.13 : Isı geçişi tipleri

### 2.5.7.2 Saydam bileşenlerden iletim ve taşınım ile ısı geçişi

Pencere için ısı geçirgenlik ( $U_{win}$ ) katsayısı Şekil 2.13’ te cam ve çerçeve özelliklerine bağlı olarak verilmiştir. Şekil 2.13 ‘te yer alan  $U_F$  değerlerinden en yakın olan seçilir. “ $U_{gl}$ ” değerinde lineer enterpolasyon yapılarak pencerenin “ $U_{win}$ ” değeri bulunur. Şekil 2.13’ ten seçilen “ $U_{win}$ ” değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve bu hesapla saydam bileşenin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ( $H_{tr,win}$ ) ulaşılır.

$$H_{tr,win} = A_{win} \cdot U_{win} \quad (2.8)$$

$H_{tr,win}$  : bir zonu çevreleyen tüm saydam bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K

$A_{win}$  : bileşenin alanı,  $m^2$

$U_{win}$  : saydam bileşenin ısı geçirgenlik katsayısı,  $W/(m^2 \cdot K)$

Çizelge 2.2 : Saydam bileşen çerçevelerinin ısı geçirgenlik katsayısı.

Çerçeve tipi	$U_F$ ( $W/m^2K$ )
Ahşap	3,4
Polivinil	1,8
Aluminyum	2,6

Cam tipi	$U_{gl}$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_F$ (W/m <sup>2</sup> K)									$U_{cam}$ (W/m <sup>2</sup> K)
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0	
TEK CAM	5,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9	
ÇİFT CAM	3,3	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0	
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9	
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7	
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6	
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4	
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3	
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1	
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0	
	1,7	1,7	1,8	1,8	2,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8	
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6	
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3		
ÜÇLÜ CAM	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2	
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1	
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9	
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8	
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6	
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3	
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2	
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0	
	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8	

Şekil 2.14 : Çerçeve, cam ve toplam saydam bileşen ısı geçirgenlik katsayısı.

### 2.5.7.3 Kapı bileşeninden iletim ve taşınım ile ısı geçişi

Kapı bileşenleri için ısı geçirgenlik katsayısı Çizelge 2.3' ten seçilir.

Çizelge 2.3 : Kapı bileşenleri için ısı geçirgenlik katsayısı.

Konstrüksiyon tipi	$U_{do}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Ahşap, plastik	3,50
Metal (ısı yalıtımlı)	4,00
Metal (ısı yalıtımsız)	5,50

Çizelge 2.4' ten seçilen " $U_{do}$ " değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve kapı bileşeninin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ( $H_{tr,do}$ ) ulaşılır.

$$H_{tr,do} = A_{do} \cdot U_{do} \quad (2.9)$$

$H_{tr,do}$  : bir zonda yer alan tüm kapı bileşenlerinden iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W/K

$A_{do}$  : kapı yüzeyinin alanı,  $m^2$

$U_{do}$  : kapı bileşeninin  $U$  katsayısı,  $W/(m^2 \cdot K)$

### 2.5.8 Hava değişimi

Pencere ve kapılar aracılığıyla doğal havalandırma, yapı kabuğundaki aralık ve çatlaklar aracılığıyla gelen sızıntılar (infiltrasyon), iklimlendirilmeyen bitişik zondan (kışbahçesi...vb), ısı geri kazanım ünitelerinden ve ön ısıtmalı / soğutmalı mekanik havalandırma sistemlerinden hava akısı olarak hesaba katılmaktadır. Tasarım hacimsel hava debisi ( $q_{ve,d}$ ) hesaplanırken, Şekil 2.15' ten elde edilen binanın hava sızdırma değerine ( $n_{50}$ ) göre Çizelge 2.5' e göre hava sızdırmazlık seviyesi belirlenir. Belirlenen hava sızdırmazlık seviyesi ile binanın korunma durumuna göre hava değişim oranı ( $n$ ), bina tipolojisine bağlı olarak Çizelge 2.6 veya Çizelge 2.7' den alınacaktır (EN 13789) [35]. Doğal havalandırma için hacimsel hava debisi, minimum havalandırma ihtiyacı hacimsel hava debisi ( $q_{ve,min}$ ) ile tasarım hacimsel hava debisinden ( $q_{ve,d}$ ) büyük olanı alınır.

$$q_{ve,d} = V \cdot n \quad (2.10)$$

$q_{ve,d}$  : dizayn hava hacimsel debisi,  $m^3 / h$

$n$  : zondaki hava değişim sayısı,  $1 / h$

$V$  : zonun hacmi,  $m^3$

$$q_{ve,infe} = \max [ q_{ve,min} ; q_{ve,d} ] \quad (2.11)$$

$q_{ve,infe}$  : doğal havalandırma hacimsel hava debisi,  $m^3 / h$

$q_{ve,min}$  : Minimum hava hacimsel debisi,  $m^3 / h$

Konstrüksiyon Tipine Bağlı Hava Sızdırma Değeri	Temel Hava Sızdırma Değeri	Kompleks (Dikdörtgen Olmayan Kat Planı)	Sızdırmaz Bant Olmayan Pencere ve Kapılar	Sızdırmaz Bant Olan Pencere ve Kapılar	Bitişik Bina	Sıva Yapılmış Duvar	Toplam $n_{50}$
Ahşap Konstrüksiyonlu Yalıtılmış Alçak Bina $n_{50} [h^{-1}]$	3	1	1	-1	-0,5	0	
Tuğla veya Blok Alçak Bina $n_{50} [h^{-1}]$	8	1	1	-1	0	-1	
Beton veya Perde Duvar Yüksek Bina $n_{50} [h^{-1}]$	3	1	1	-1	0	-1	

Şekil 2.15 : Bina hava sızdırma değeri ( $n_{50}$ ).

Bina hava sızdırmazlık seviyesi Çizelge 2.5' e göre bulunur.

**Çizelge 2.4 :** Hava sızdırmazlık seviyeleri.

Hava Değişim Oranı ( Toplam n <sub>50</sub> )		Sızdırmazlık
Ofis ve diğer bina tipolojileri	Müstakil konut ve Apartmanlar	
< 2	< 4	Yüksek
2 ile 5 arası	4 ile 10 arası	Orta
> 5	> 10	Düşük

**Çizelge 2.5 :** Ofisler ve diğer bina tipolojilerinde doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h)

Binanın Korunma Durumu	Birden Fazla Yüzey			Bir Yüzey		
	Binanın Sızdırmazlığı			Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
<b>Korunmasız</b> (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,2	0,7	0,5	1	0,6	0,5
<b>Hafif Korunmalı</b> (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
<b>Tam Korunmalı</b> (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

**Çizelge 2.6 :** Müstakil konutlar ve apartmanlarda doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h)

Binanın Korunma Durumu	Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek
<b>Korunmasız</b> (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,5	0,8	0,5
<b>Hafif Korunmalı</b> (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	1,1	0,6	0,5
<b>Tam Korunmalı</b> (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,7	0,5	0,5

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{k=1}^n (b_{ve,infe} \cdot q_{ve,infe}) + (b_{ve,infu} \cdot q_{ve,infu}) + (b_{ve,infss} \cdot q_{ve,infss}) \quad (2.12)$$

$H_{ve}$  : havalandırma ısı geçiş katsayısı, W / K

$\rho_a \cdot c_a$  : havanın ısı kapasitesi, W h / m<sup>3</sup> · K

$b_{ve,infe}$  : doğal havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infe}$  : doğal havalandırma hava hacimsel debisi, m<sup>3</sup> / h

$b_{ve,infu}$  : iklimlendirilmeyen zondan havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infu}$  : iklimlendirilmeyen zon ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m<sup>3</sup> / h

$b_{ve,infss}$  : sera ile iklimlendirilen zon arasındaki havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infss}$  : sera ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m<sup>3</sup> / h

## 2.5.9 Dış iklim verileri

Türkiye için oluşturulmuş olan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi saatlik hesap adımını kullanır ve gerekli iklim verileri detay ve hassasiyet olarak saatliktir.

Bina enerji performansı değerlendirmesi için, binanın bulunduğu il ve ilçeye bağlı iklim verileri kullanılır. Türkiye için kullanılan iklim verileri, İstanbul dışında bütün illerin, öncelikli olarak merkez meteoroloji istasyonlarından, eksik verinin çok olması durumunda ise merkeze en yakın meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. İstanbul için ise Florya, Sarıyer, Kartal ve Göztepe olmak üzere dört istasyondan alınmıştır.

### 2.5.9.1 Sıcaklık

Basit saatlik metotta saatlik dış hava sıcaklık değerleri (°C) kullanılır. Saatlik sıcaklık değerleri, binanın saatlik ısı davranışını, binanın saatlik kullanım zaman çizelgesini hesaba katarak, iletim ve taşınım ile yapı kabuğundan ısı geçişinin hesaplanmasında kullanılır.



### 2.5.9.2 Güneş ışıını

Bina enerji dengesine etki eden en önemli etkenlerden güneş faktörü, tüm değerleri ile saatlik olarak hesaplanmaktadır. Meteorolojik veri olarak elde edilen yatay düzleme gelen saatlik güneş ışıını ( $W/m^2$ ), hesaplama yönteminin içerdiği algoritma ile tüm yön ( $360^\circ$ ) ve tüm eğim açılarındaki yüzeylere gelen saatlik güneş ışıını hesaplamada kullanılmaktadır.

Güneş yükseklik açısı ve güneş azimutu yılın her günü, her saati için, binanın bulunduğu enleme bağı olarak hesaplanır [36].

### 2.5.9.3 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışıını

Türkiye’de meteoroloji istasyonlarında toplam güneş ışıını ve güneşlenme süresi ölçülmektedir. Veriler meteoroloji istasyonlarının ölçümlerinden alınmıştır.

### 2.5.9.4 Yatay düzleme gelen direkt güneş ışıını

Direkt güneş ışıını ölçülmediğinden, yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş ışıını hesaplanarak elde edilmiştir. Yatay düzleme gelen direkt güneş ışıını hesaplanması için öncelikle yatay düzleme gelen toplam güneş ışıını günlük toplamı üzerinden o güne ait yaygın güneş ışıını miktarı ve buna bağı olarak doğrudan güneş ışıını miktarı Duffie-Beckman yöntemi ile saatlik olarak hesaplanır [37].

### 2.5.10 İç iklim verileri

Bina tipolojisine göre standartlarca belirlenmiş iç iklim konfor koşullarıdır.

### 2.5.11 Güneş kazançları

Güneş enerjisi kazançları, opak ve saydam bileşenlerden kazançlar olmak üzere iki düzeyde incelenmektedir. Geliştirilen yöntem, dış engeller ve bina çıkıntılarının gölgeleme etkisini, saydam ve opak bileşenlerin etkin toplama alanına dayanan güneş kazançlarını ve gökyüzüne kaybedilen ısı ışıını miktarını hesaba katmaktadır.

Bina elemanından güneş kazançlarını ifade eden ısı miktarı,  $\phi_{sol,k}$  “W” watt cinsinden ifade edilmekte ve bağıntı (2.13) ile verilmektedir:

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \quad (2.13)$$

- $F_{sh,ob,k}$  :  $k$  yüzeyinin etkin güneş toplama alanının dış engellerden gölgelenme faktörü
- $A_{sol,k}$  : değerlendirilmekte olan zon veya binada verilen bir yön ve eğim açısındaki  $k$  yüzeyinin etkin toplama alanı,  $m^2$
- $I_{sol,k}$  : verilen yön ve eğim açısındaki  $k$  yüzeyinin toplama alanının metrekaresi başına gelen toplam güneş ışınımı,  $W/m^2$
- $F_{r,k}$  :  $k$  bina elemanı ve gökyüzü arasındaki ışımsal biçim faktörüdür ve değerleri aşağıdaki gibidir:
- $F_r = 1$  : gölgelenmemiş yatay yüzeyler için,
- $F_r = 0,5$  : gölgelenmemiş düşey yüzeyler için.
- $\phi_{r,k}$  :  $k$  bina elemanından gökyüzüne ısı ışınım ile ısı kaybı miktarı,  $W$

### 2.5.12 Gün ışığı etkisi

Aydınlatma ihtiyaçlarını etkileyen bir girdidir.

### 2.5.13 Çıktılar

Bu yöntemin sistemler hariç başlıca çıktıları, binanın ısıtılması ve soğutulması için yıllık net enerji ihtiyacıdır. Detaylı incelemeler ve kıyaslamalar için sonuçlara aylık olarak da erişmek mümkündür.

## 2.6 Temel alınan standartlar

Yöntem hazırlanırken yararlanılan başlıca kaynaklar ve yararlanılan alanlar Çizelge 2.7’ de görülmektedir.

**Çizelge 2.7 : BEP-TR’ de temel alınan standartlardan başlıcaları.**

Standart No	Adı (İngilizce)	Adı (Türkçe)
EN 13790 – TS EN ISO 13790	Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling	Binaların enerji performansı – Mekân ısıtması ve soğutulması için enerji kullanımının hesaplanması
EN 13789 - TS EN ISO 13789	Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method	Binaların Isıl Performansı- Transmisyon Isı Kaybı Katsayısı- Hesaplama Metodu
EN15251 - TS EN 15251	Indoor environment criteria for design and calculation of energy performance of buildings	Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için bina içi ortam parametreleri (bina içi hava kalitesi, ısıl ortam, aydınlatma ve akustik)
TS 825		Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
EN ISO 14683 - TS EN ISO 14683	Thermal bridges in building construction- Linear thermal transmittance- Simplified Methods and default values	Bina İnşaatı-Isıl Köprüler-Linear Isıl Geçirgenlik-Basitleştirilmiş Metot ve Hatasız Değerler
EN 10456 - TS EN ISO 10456	Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values	İnşaat Malzeme Ve Mamulleri - Beyan Ve Tasarım Termal Değerlerinin Tayini İçin Metotlar
DIN 18599	Energy efficiency of buildings- Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting	
ASHRAE 2005	Fundamentals Handbook	



### **3. ÖRNEK OTEL BİNASI İÇİN BEP-TR VE ENERGYPLUS İLE ISITMA - SOĞUTMA ENERJİ İHTİYACININ ANALİZİ**

BEP-TR, içinde ısı şartları, kullanım çizelgeleri ve iç kazançları farklı olan mekanlar bulunduran bina tipolojileri için basitleştirilmiş bir yöntem ile hesaplama yapmaktadır. Otel binalarının her bir katı tek zon alınarak bir basitleştirmeye gidilirken, kat bazında engel durumuna göre güneş kazançları da değişiklik göstereceğinden ve kat bazında değişken form veya ölçü olması durumlarını da hesaba katabilmek için bina katlara bölünerek hesaplanır. Tüm katın tek bir zon olduğu, birbirinden farklı konfor sıcaklıklarına ve iç kazançlara sahip mekanlar olması durumunda, mekan alanları ile ağırlıklı ortalama alınır ve kat bazında bulunan bu ortalama ile konfor sıcaklığı ve iç kazanç değerleri belirlenir.

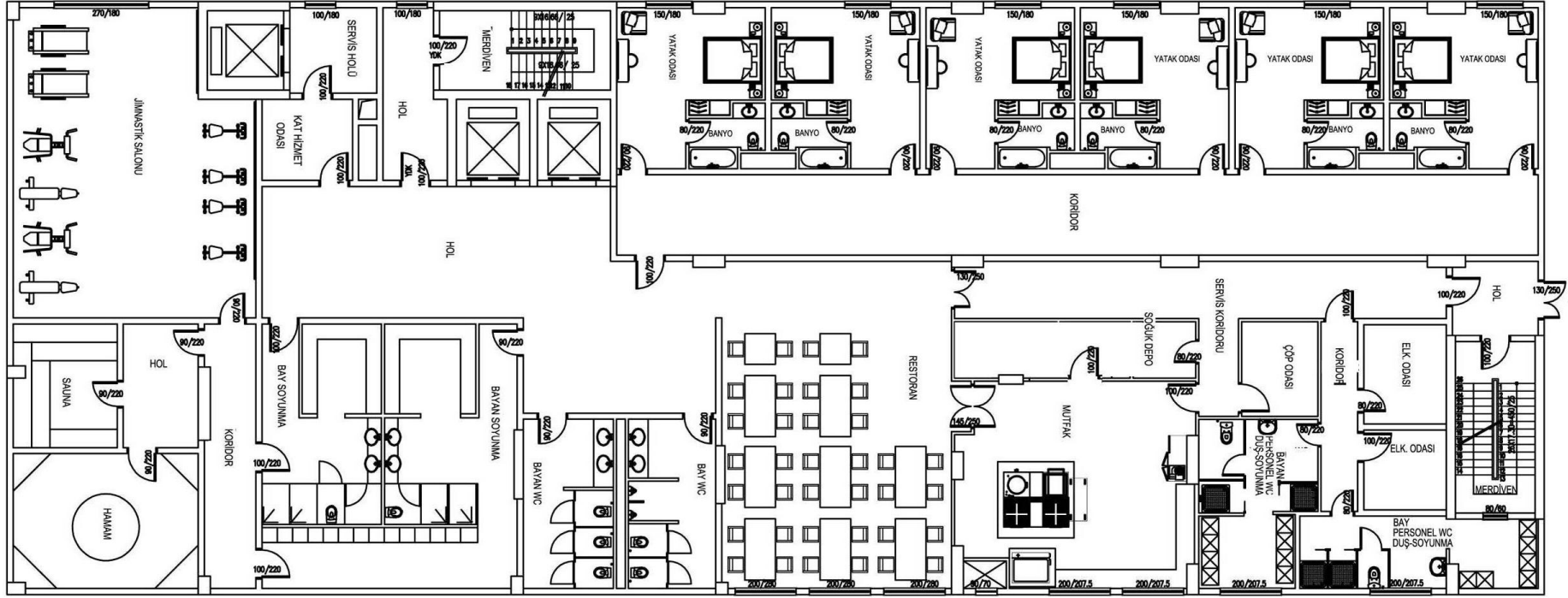
Ele alınan tipolojilerde olası mekanlar belirlenmiş ve bu mekanlara özgü kullanım çizelgeleri, insanlardan ve ekipmanlardan iç kazançlar, aydınlık konfor seviyeleri, ısı konfor değerleri, kişi veya m<sup>2</sup> başına asgari havalandırma ihtiyaçları ilgili Türk ve olmaması durumunda EN, DIN ve ASHRAE standartlarından derlenerek tablolastırılmıştır. Otellerde yer verilen başlıca mekanlar aşağıdaki gibidir:

- a. Açık Ofis (7 ve üstü kişilik)
- b. Diğer Yaşanan Odalar (Personel ve dinlenme odası-bekleme odası)
- c. Fuaye
- d. Grup Çalışma Ofisi (Maks. 6 kişilik)
- e. İzleyici ve Dinleyici Alanları
- f. Kantin
- g. Kişisel Ofis (Tek kişilik)
- h. Konser ve sergi salonları
- i. Lobi / Giriş holü
- j. Mağaza

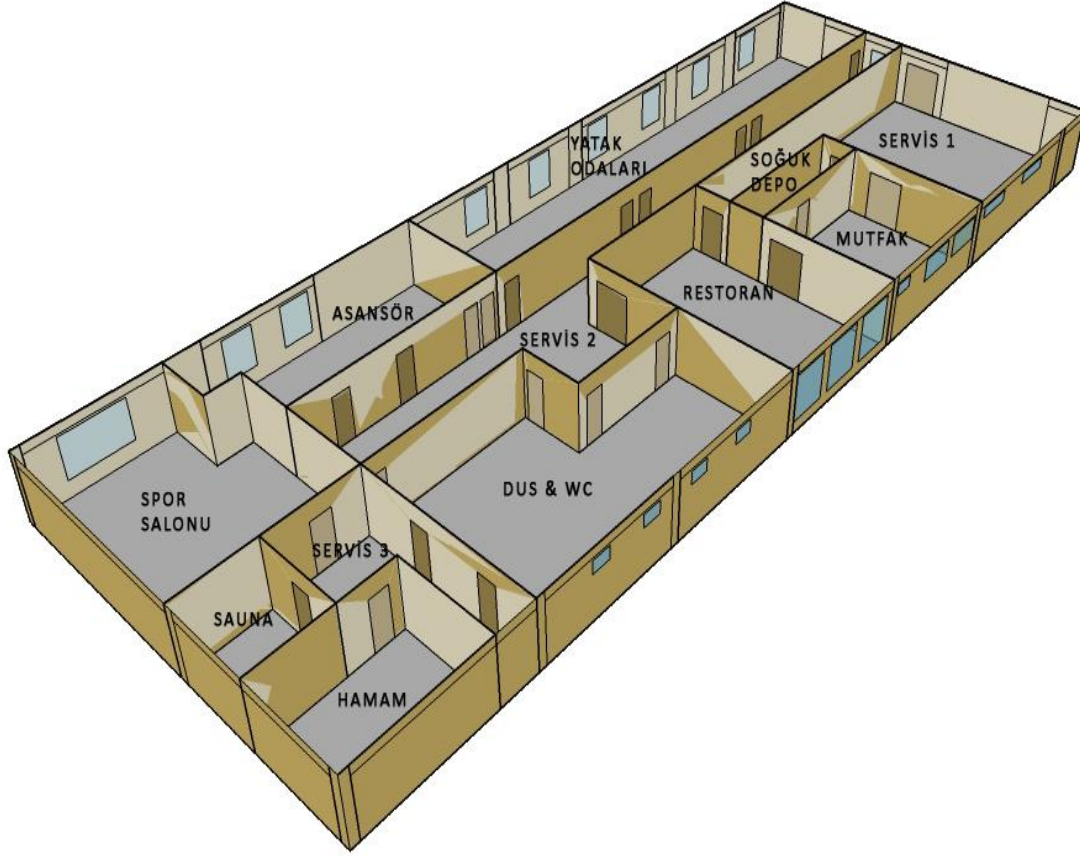
- k. Mağaza/Depo
- l. Mutfak
- m. Mutfak (Hazırlık Odası veya Depo)
- n. Müze ve sergi salonları
- o. Otel Yatak Odası
- p. Otopark
- q. Restoran / Yemek holü
- r. Sahne (Tiyatro..vs)
- s. Sirkülasyon Alanları / Koridorlar
- t. Spor Salonu
- u. Sunucu Odası, Bilgisayar Merkezi
- v. Teknik Ekipman Odası, Arşiv ve Depo
- w. Toplantı, Seminer ve Konferans Odası
- x. Tuvalet
- y. Yardımcı Mekanlar (Yaşanmayan Odalar)(vestiyer odası-arşiv-koridor)
- z. Sauna ve Hamam

### **3.1 Genel**

Bu tez kapsamında incelenmek üzere seçilen binanın, kat toplam döşeme alanı 976,2 m<sup>2</sup> olan, yatak odaları, mutfak, restoran, soğuk depo, spor salonu, sauna, hamam, duş ve tuvaletler ile servis mekanlarını içeren Şekil 3.1' deki gibi bir ara katı ele alınmıştır. Şekil 3.2' deki resim saydamlık oranları ve yönden bağımsız olarak bina içerisindeki mevcut mahalleri göstermektedir.



Şekil 3.1 : Otel binası ara kat planı.



Şekil 3.2 : Örnek bina zonlama.

### 3.2 Konum

Otel, İstanbul Florya meteoroloji istasyonunun iklim verilerini kullanarak modellenmiştir ve iklim veri merkezine yakın olan bir semt olan Florya’ da konumlandırıldığı varsayılmıştır.

### 3.3 Çevre koşulları

Otel, Bep-TR’ de hafif korunmalı olarak tanımlanan ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar sınıfındadır. Otelin sızdırmazlık seviyesi de Çizelge 3.1’deki hava değişim oranına ( $n_{50}$ ) göre, Çizelge 3.2’ de yüksek olarak belirlenmiş ve birden fazla yüzeyi dış çevre koşullarına açık olan binaların, sızdırmazlık seviyeleri yüksek olanları için Çizelge 3.3 ile sızdırmazlık değeri 0,5 1/h olarak bulunmuştur. Binaya ait çevre koşullarına ve binanın karakteristik özelliklerine göre havalandırma bilgileri Çizelge 3.4’ te özetlenmiştir.



**Çizelge 3.1 :** Otel binası doğal havalandırma ile toplam hava değişim oranı.

Bina konstrüksiyon tipi	Konstrüksiyon tipine bağlı hava sızdırma durumu	Konstrüksiyon tipine bağlı hava sızdırma değerleri (1/h)	Toplam hava değişim oranı ( $n_{50}$ ) 1/h
Beton veya perde duvar yüksek bina	Temel hava sızdırma değeri	3	3
Beton veya perde duvar yüksek bina	Sıva yapılmış duvar	-1	2

**Çizelge 3.2 :** Otel binaları için hava sızdırmazlık seviyeleri.

Toplam hava değişim oranı ( $n_{50}$ ) 1/h	Sızdırmazlık seviyesi
< 2	Yüksek
2 ile 5 arası	Orta
> 5	Düşük

Otel binası doğal havalandırma ile hava değişim sayısı Çizelge 3.3'ten elde edilir.

**Çizelge 3.3 :** Otel binası doğal havalandırma hava değişim sayısı.

Binanın korunma durumu	Birden fazla yüzeyi dışa açık binalarda düşük bina sızdırmazlığı için	Birden fazla yüzeyi dışa açık binalarda orta bina sızdırmazlığı için	Birden fazla yüzeyi dışa açık binalarda yüksek bina sızdırmazlığı için
Korunmasız	1,2	0,7	0,5
Hafif korunmalı	0,9	0,6	0,5
Tam korunmalı	0,6	0,5	0,5

Testi yapılan otel binası doğal havalandırma bilgileri Çizelge 3.4' te özetlenmiştir.

**Çizelge 3.4 :** Test binası doğal havalandırma hava değişim sayısı.

Binanın korunma durumu	Toplam hava değişim oranı ( $n_{50}$ ) 1/h	Binanın sızdırmazlık seviyesi	Saatlik hava değişim sayısı (n)
Hafif korunmalı	2	Yüksek	0,5

### **3.4 Bina geometrisi**

Bina formu Bep-Tr de yazılımın birinci veriyonu için kabul edilmiş temel şekiller arasından dikdörtgen olarak belirlenmiştir. Bina formuna bağlı olarak yüzey adları ve yönleri testi yapılan farklı durumlara göre farklılık göstermektedir. Otel binasının yüzey adlarından “A” her zaman güney cephesini simgeler.

### **3.5 Zonlar**

Otel binalarında net enerji ihtiyacının, girdiler ve yaklaşımlar ile nasıl değiştiğini incelediğimiz bu otel binasının ara katı için farklı senaryolar ile farklı zonlama yaklaşımlarında bulunulmuştur.

Energyplus gibi dinamik metodla hesaplama yapan programlarda, farklı ısıl şartlara sahip mekanların birbirleri ile etkileşimleri hesaba katılabildiğinden farklı senaryolarda mekanlara, yönlere bağlı zonlama ile tüm katı tek zon kabul ederek yapılan farklı zonlama alternatifleri ve bunların sonuçları ortaya konmuştur.

### **3.6 Girdi verileri**

Çizelge 3.3’ te ise otel binası zonlarının ısıtma ve soğutma ayar sıcaklıkları ve mekanlardaki kullanıcı sayıları ile mekanların işletim çizelgeleri mevcuttur.

BepTr’ de otel binaları için her kat tek bir zon olarak kabul edildiği için kat zonlara bölünmez. Ancak binanın fonksiyonuna göre bir kattaki olası mekanlar ve bu mekanların ısıtma ve soğutma ayar sıcaklıkları, işletim saatleri ile mekanların fonksiyonlarına bağlı kişilerden ve cihazlardan olan iç kazanç değerleri Şekil 3.2’deki tablo yardımı ile tanımlanır.

Şekil 3.3’ de kırmızı ile işaret edilen mekan adları BepTr’ de bulunmayan ancak bu tip mahallerinde katta bulunması durumunda enerji ihtiyacının davranışının tespit edilmesi için eklenmiştir. Mekanlara ait ayar sıcaklık bilgileri ve iç kazanç değerlerine piyasadaki firmalardan ve sistem tasarım bürolarından erişilmiştir.

Id	Mekan Fonksiyonu	Bina Tipolojisi	Başlangıç saati	Bitiş saati	Kişilerden duyuş ısı kazancı	Kişilerden gizli ısı kazancı	Ekipmanlardan ısı kazancı	Isıtma ayar sıcaklığı	Soğutma ayar sıcaklığı
78	Açık Ofis (7 ve üstü kişilik)	Otel	8	18	7,00	5,50	10,00	20	26
79	Diğer Yaşanan Odalar (Personel ve dinlenme odası-bekleme odası)	Otel	8	22	23,00	18,00	2,00	20	26
80	Fuaye	Otel	8	21	40,00	31,00	0,00	20	26
81	Grup Çalışma Ofisi (Maks. 6 kişilik)	Otel	8	18	5,00	3,14	7,00	20	26
82	SAUNA	Otel	8	22	7,00	5,50	0,00	65	70
83	HAMAM	Otel	8	22	7,00	5,50	0,00	50	55
84	SOGUK_DEPO	Otel	1	24	0,00	0,00	-10,00	-5	5
85	Konser ve sergi salonları	Otel	8	22	7,00	5,50	0,00	20	26
86	Lobi / Giriş holü	Otel	8	22	8,00	6,20	2,00	20	26
87	Mağaza	Otel	9	22	14,00	11,00	2,00	20	26
88	Mağaza/Depo	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	20	26
89	Mutfak	Otel	8	22	8,00	5,50	150,00	20	26
90	Mutfak (Hazırlık Odası veya Depo)	Otel	8	22	8,00	5,50	30,00	20	26
91	Müze ve sergi salonları (düşük ışık duyarlılığına sahip eserler için maksimum değer)	Otel	8	22	7,00	5,50	0,00	20	26
92	Müze ve sergi salonları (orta ve yüksek ışık duyarlılığına sahip eserler için maksimum değer)	Otel	8	22	7,00	5,50	2,00	20	26
93	Otel Yatak Odası	Otel	21	8	7,00	5,50	4,00	20	26
94	Otopark	Otel	1	24	0,00	0,00	0,00	20	26
95	Restoran / Yemek holü	Otel	8	24	15,00	12,00	2,00	20	26
96	DEFAULT	Otel	8	22	7,00	5,50	0,00	20	26
97	Sirkülasyon Alanları / Koridorlar	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	20	26
98	Spor Salonu	Otel	8	22	6,00	4,70	0,00	18	26
99	Sunucu Odası, Bilgisayar Merkezi	Otel	1	24	2,50	2,00	150,00	18	18
100	Teknik Ekipman Odası, Arşiv ve Depo	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	20	26
101	Toplantı, Seminer ve Konferans Odası	Otel	8	18	12,00	9,40	2,00	20	26
102	Tuvalet	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	20	26
103	Yardımcı Mekanlar (Yaşanmayan Odalar)(vestiyer odası-arşiv-koridor)	Otel	8	22	0,00	0,00	0,00	20	26

**Şekil 3.3 :** BepTr hesaplama yönteminde otel tipolojisi için olası tüm mekanlar ve bu mekanların girdi verileri.

**Çizelge 3.5 :** Örnek otel binası ara katı mekan bilgileri.

Mekan Adı	Isıtma-Soğutma Sıcaklığı °C	Alan m <sup>2</sup>	Kullanıcı Sayısı	İşletim saatleri
Spor salonu	18 -25	81,1	15	00:00 - 24:00
Asansör	20 - 26	71,9	0	00:00 - 24:00
Yatak odaları	20 - 26	178,7	12	00:00 - 24:00
Restoran	20 - 26	86,8	20	00:00 - 24:00
Soğuk depo	-5 - +5	15,6	0	00:00 - 24:00
Mutfak	20 - 26	56,7	5	00:00 - 24:00
Duş - wc	20 - 26	114,9	0	00:00 - 24:00
Servis 1	20 - 26	142,3	0	00:00 - 24:00
Servis 2	20 - 26	152,6	0	00:00 - 24:00
Servis 3	20 - 26	28,4	0	00:00 - 24:00
Hamam	50 - 55	16,1	10	00:00 - 24:00

**Çizelge 3.6 :** Örnek otel binası ara katı toplam yüzey alanları ve yönleri.

Zon Adı	Yüzey Adı	Alan	Yön
Birinci kat	A	150,9 m <sup>2</sup>	GÜNEY
Birinci kat	B	58,20 m <sup>2</sup>	BATI
Birinci kat	C	150,9 m <sup>2</sup>	KUZEY
Birinci kat	D	58,20 m <sup>2</sup>	DOĞU

### 3.7 Malzemeler

Örnek otel binasında hem EnergyPlus hem de Bep-TR' de aynı malzemeler, aynı kalınlıklarda ve aynı yerlerde kullanılmıştır. Ancak ülkemiz için malzemelerin özgül ısı değerleri henüz tanımlanmamış olduğundan ve diğer kaynak ve ölçülmüş verilerden BEP-TR için derlenmesine rağmen bazı yerel malzemeler için değerlerin karşılığı bulunamadığından bu değerler ilgili birimlerce temin edilene kadar özgül ısı yerine Cm ve Am değerleri kullanılmıştır.

Örnek otel binası ara katı için enerji ihtiyacı hesaplamasında EnergyPlus' ta ve BepTr' de kullanılan malzemeler ve özellikleri Çizelge 3.7' te verilmiştir.

**Çizelge 3.7 :** Örnek otel binası ara katı BepTr ve EnergyPlus malzemeleri ve bunların özellikleri.

Hem EnergPlus hem de BepTr’de kullanılan malzeme özellikleri					Yalnız BepTr’ de kullanılan malzeme özellikleri		Yalnız EnergyPlus’ ta kullanılan malzeme özellikleri	
Malzeme Adı	Kalınlık (d) m	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda$ W/(m <sup>2</sup> K)	Birim hacim kütlesi $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Emisivite $\varepsilon$	$C_m$	$A_m$	$\varepsilon'$ u belirleyen Pürüzlülük	Özgül Isı CP J/kgK
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	1400	0,9	2,5	165000	Pürüzsüz	1000
Ekstrüde polistiren köpüğü	0,03	0,03	25	-	2,5	110000	Pürüzsüz	1300
Normal beton (Donatılı)	0,25	2,5	2400	-	3	260000	Orta pürüzlü	2000
Normal beton (Donatılı)	0,45	2,5	2400	-	3	260000	Orta pürüzlü	2000

**Çizelge 3.7.** Örnek otel binası ara katı BepTr ve EnergyPlus malzemeleri ve bunların özellikleri.

Hem EnergPlus hem de BepTr’de kullanılan malzeme özellikleri					Yalnız BepTr’ de kullanılan malzeme özellikleri		Yalnız EnergyPlus’ ta kullanılan malzeme özellikleri	
Malzeme Adı	Kalınlık (d) m	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda$ W/(m <sup>2</sup> K)	Birim hacim kütlesi $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Emisivite $\varepsilon$	$C_m$	$A_m$	$\varepsilon'$ u belirleyen Pürüzlülük	Özgül Isı CP J/kgK
Düşey delikli hafif tuğla duvar	0,19	0,22	550	-	2,5	110000	Orta pürüzlü	1000
Yatay delikli hafif tuğla duvar	0,085	0,33	600	-	2,5	110000	Orta pürüzlü	950
Mermer	0,02	3,5	2800	0,75	3	260000	Çok pürüzsüz	1000
Çam	0,02	0,2	800	0,89	2,5	110000	Pürüzsüz	1700

#### 4. BULGULAR


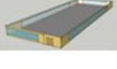


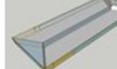


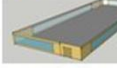

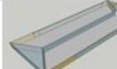

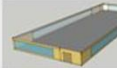

Testi yapılan senaryolar, kat alanı yaklaşık 1000 m<sup>2</sup> olan bir otel binasında BepTr Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi' nin hassasiyetini, zonlama alternatifleri, saydamlık oranı değişkenleri, mekanlara ait ısıl konfor ve iç kazanç parametreleri ile ölçmeyi ve değerlendirmeyi hedeflemiştir. Testi yapılan senaryolar kendi içlerinde karşılaştırıldığı gibi senaryolar arası karşılaştırmalar da yapılmıştır.

Otel test binasındaki mekanların fonksiyonlarına bağlı havalandırma ihtiyaçlarını Senaryo I, II ve III için yapılan hesaplarda BepTr yazılımının bu versiyonunda mekanik havalandırma ile net enerji modülü arasında bağlantının tamamlanamamış olmasından dolayı göz ardı edilmiştir. Mutfak, restoran, tuvalet gibi havalandırma ihtiyacı yüksek olan ve bu ihticanın tümünü doğal havalandırma ile karşılanamayan mekanlarda kurulacak sistemler mekanların konfor sıcaklıklarına yakın veya aynı sıcaklıkta temiz hava temin eden sistemlerdir. Programın mevcut hali ile gerekli saatlik hava değişimleri girildiğinde değişen hava dış hava sıcaklığı ile aynı olduğundan sonuçları gerçekten uzaklaştırmakta olduğundan hesaplarda yalnızca infiltrasyon ile hava geçişi kabul edilmiştir.

Çizelge 4.1' de testi yapılan senaryolar ve senaryo değişkenleri mevcuttur. Ayrıca tüm bu senaryolar Şekil 4.1' de de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.1 : Senaryolar ve değişkenleri.**


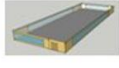

















Senaryo adı	Saydamlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	% 55	21 – 27 °C	Uzun kenar	Tek zon	BepTr
Senaryo I.b	% 15	21 – 27 °C	Uzun kenar	Tek zon	BepTr
Senaryo I.c	% 55	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr
Senaryo I.d	% 15	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr
Senaryo II.a	% 55	21 – 27 °C	Uzun kenar	4 zon	BepTr
Senaryo III.a	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	Tek zon	EnergyPlus
Senaryo III.b	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	4 zon	BepTr
Senaryo III.c	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	Tek zon	BepTr

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BeoTr 
Senaryo I.b	% 15 ↓	21 – 27 °C “	Uzun kenar “	Tek zon “	BeoTr “
Senaryo I.c	% 55	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BeoTr
Senaryo I.d	% 15 ↓	21 – 27 °C “	Kısa kenar “	Tek zon “	BeoTr “
Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo II.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65 70°C Hamam 50 55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	4 zon* 	BeoTr 
Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo III.a	% 55 ↑	19 – 26 °C Sauna* 20 26°C Hamam* 20 26°C Soğ.de* 20 26°C	Uzun kenar 	Tek zon 	EnergyPlus 
Senaryo III.b	% 55 “	19 – 26 °C “	Uzun kenar “		BeoTr 
Senaryo III.c	% 55 “	19 – 26 °C “	Uzun kenar “	Tek zon 	BeoTr 


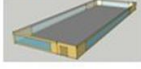

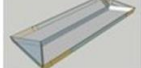

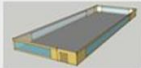











**Şekil 4.1 :** Senaryo tanımları.

Tüm bu senaryolar kullanılarak yapılan karşılaştırmalar Şekil 4.2’ de Karşılaştırma I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-X verilmiştir. Karşılaştırma XI-XII-XIII-XIV ise Şekil 4.3’ te gösterilmektedir.



	Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
K- I (ısıtma) K- II (Soğutma)	Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
	Senaryo I.b	% 15 ↓	21 – 27 °C "	Uzun kenar "	Tek zon "	BepTr "
K- III (ısıtma) K- IV (soğutma)	Senaryo I.c	% 55 ↑	21 – 27 °C "	Kısa kenar 	Tek zon "	BepTr "
	Senaryo I.d	% 15 ↓	21 – 27 °C "	Kısa kenar "	Tek zon "	BepTr "
K- V (ısıtma) K- VI (soğutma)	Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
	Senaryo I.c	% 55 ↑	21 – 27 °C "	Kısa kenar 	Tek zon "	BepTr "
K- VII (ısıtma) K- VIII (soğutma)	Senaryo I.b	% 15 ↓	21 – 27 °C "	Uzun kenar 	Tek zon "	BepTr "
	Senaryo I.d	% 15 ↓	21 – 27 °C "	Kısa kenar 	Tek zon "	BepTr "
K- IX (ısıtma) K- X (soğutma)	Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
	Senaryo II.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65 70°C Hamam 50 55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	4 zon* 	BepTr 
	Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	EnergyPlus 

Şekil 4.2 : Karşılaştırma I-II-III-IV-V-VI-VII-VIII-IX-X.

	Senaryo adı	Saydırlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
K XI (ısıtma) K XII (soğutma)	Senaryo III.a	% 55 ↑	19 – 26 °C Sauna* 20 26°C Hamam* 20 26°C Soğ.de* 20 26°C	Uzun kenar 	Tek zon 	EnergyPlus 
	Senaryo III.b	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "		
	Senaryo III.c	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "	Tek zon 	BepTr 
K XIII (ısıtma) K XIV (soğutma)	Senaryo II.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65 70°C Hamam 50 55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	4 zon* 	BepTr 
	Senaryo III.b	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "		
K XV (ısıtma) K XVI (soğutma)	Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
	Senaryo III.c	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "	Tek zon 	BepTr 

Şekil 4.3 : Karşılaştırma XI-XII-XIII-XIV-XV-XVI.

#### 4.1 Senaryo I

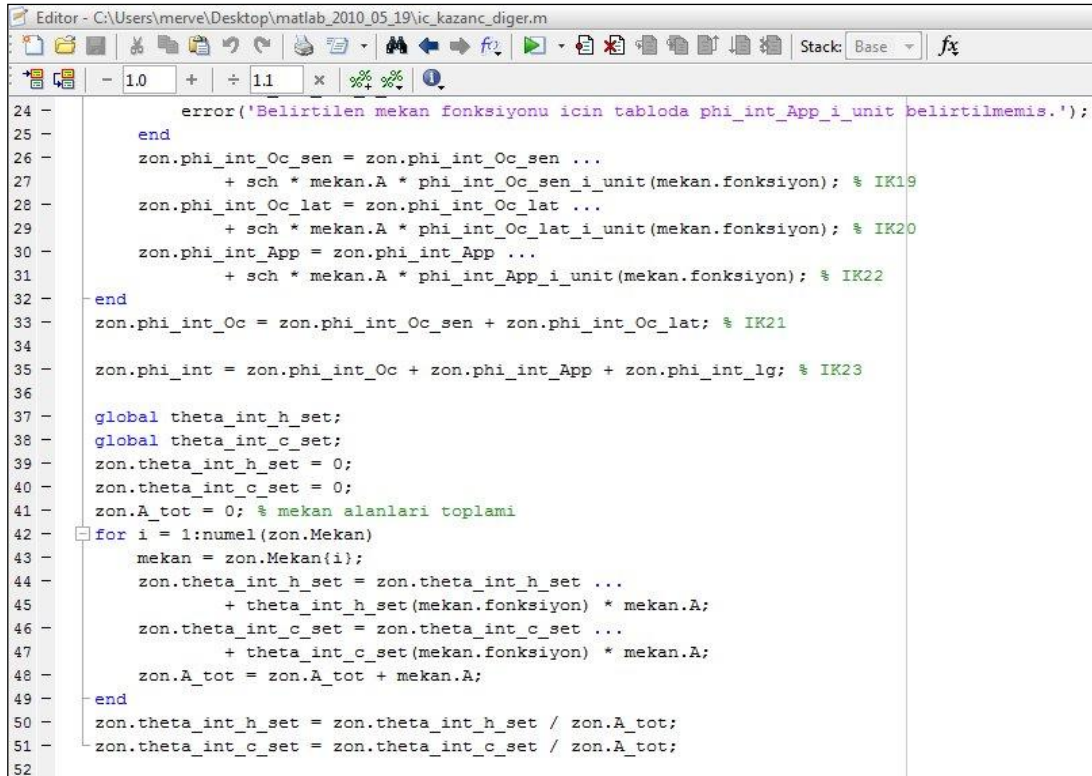
Senaryo I' de testi yapılan otel binası ara katı, BepTr Hesaplama Yönteminde tüm katın tek bir zon olduğu, kattaki mahallerin fonksiyonlarına bağlı iç kazanç ve konfor parametrelerinin katın tamamına mekanların alan ağırlıklı ortalamaları ile dağıtılması basitleştirilmiş kabulü ile EnergyPlus dinamik hesaplama yönteminde aynı kabul ile hesaplama yapıldığında basit saatlik yöntem ile dinamik yöntem arasındaki farkı ortaya koymak amaçlanmıştır. Ortaya çıkacak farkın nedenlerine inebilmek amacı ile farklı yön ve saydırlık oranları ile güneş kazançlarındaki değişimin sonuçlara etkisi değerlendirilmek istenmiştir.

#### 4.1.1 Senaryo I.a

Senaryo I.a' da otel tipolojisi için öngörülen basitleştirilmiş yöntem ile kattaki mevcut fonksiyonel mekanların girdileri alan ağırlıklı ortalama ile tüm kata atanmış ve buna bağlı olarak Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5' teki mekanlara ait bilgiler kullanılarak katın ısıtma ayar sıcaklığı 21°C, soğutma ayar sıcaklığı 27°C olarak belirlenmiştir. Fonksiyonel mekanlardaki kullanıcılardan ve kullanılan cihazlardan olan ısı kazanç değerleri de mekanların alan ağırlıklı ortalamaları ile tüm kata atanmış ve 24 saatlik işletim çizelgesi için saatlik kazançlar kullanıcılardan 4,8 W/m<sup>2</sup> ve ekipmanlardan 9,46 W/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.2' de Senaryo I.a' ya ait bilgiler ve kabuller mevcuttur.

**Çizelge 4.2 :** Senaryo I.a bilgileri.

Senaryo adı	Saydırlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	% 55	21 – 27 °C	Uzun kenar	Tek zon	BepTr



```
24 - error('Belirtilen mekan fonksiyonu için tabloda phi_int_App_i_unit belirtilmemis.');
```

```
25 - end
```

```
26 - zon.phi_int_Oc_sen = zon.phi_int_Oc_sen ...
```

```
27 -     + sch * mekan.A * phi_int_Oc_sen_i_unit(mekan.fonksiyon); % IK19
```

```
28 - zon.phi_int_Oc_lat = zon.phi_int_Oc_lat ...
```

```
29 -     + sch * mekan.A * phi_int_Oc_lat_i_unit(mekan.fonksiyon); % IK20
```

```
30 - zon.phi_int_App = zon.phi_int_App ...
```

```
31 -     + sch * mekan.A * phi_int_App_i_unit(mekan.fonksiyon); % IK22
```

```
32 - end
```

```
33 - zon.phi_int_Oc = zon.phi_int_Oc_sen + zon.phi_int_Oc_lat; % IK21
```

```
34 -
```

```
35 - zon.phi_int = zon.phi_int_Oc + zon.phi_int_App + zon.phi_int_lg; % IK23
```

```
36 -
```

```
37 - global theta_int_h_set;
```

```
38 - global theta_int_c_set;
```

```
39 - zon.theta_int_h_set = 0;
```

```
40 - zon.theta_int_c_set = 0;
```

```
41 - zon.A_tot = 0; % mekan alanlari toplami
```

```
42 - for i = 1:numel(zon.Mekan)
```

```
43 -     mekan = zon.Mekan{i};
```

```
44 -     zon.theta_int_h_set = zon.theta_int_h_set ...
```

```
45 -         + theta_int_h_set(mekan.fonksiyon) * mekan.A;
```

```
46 -     zon.theta_int_c_set = zon.theta_int_c_set ...
```

```
47 -         + theta_int_c_set(mekan.fonksiyon) * mekan.A;
```

```
48 -     zon.A_tot = zon.A_tot + mekan.A;
```

```
49 - end
```

```
50 - zon.theta_int_h_set = zon.theta_int_h_set / zon.A_tot;
```

```
51 - zon.theta_int_c_set = zon.theta_int_c_set / zon.A_tot;
```

```
52 -
```

**Şekil 4.4 :** BepTr iç kazanç ve ayar sıcaklığı alan ağırlıklı dağılımının matlab' daki gösterimi.

#### 4.1.1.1 Senaryo I.a için bina geometrisi

Senaryo I' deki otel binası, boyutları ve formu açısından diğer tüm test binaları ile aynıdır. Otel binasının yüzey adları ve yüzeylerin alanları Çizelge 4.3' de verildiği gibidir. Senaryo I.a cephe toplam saydamlık oranı %55 olarak alınmıştır ve planda yatak odalarının bulunduğu uzun kenar güneye yönlendirilmiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.3 :** Senaryo I.a için toplam yüzey alanları ve yönleri.

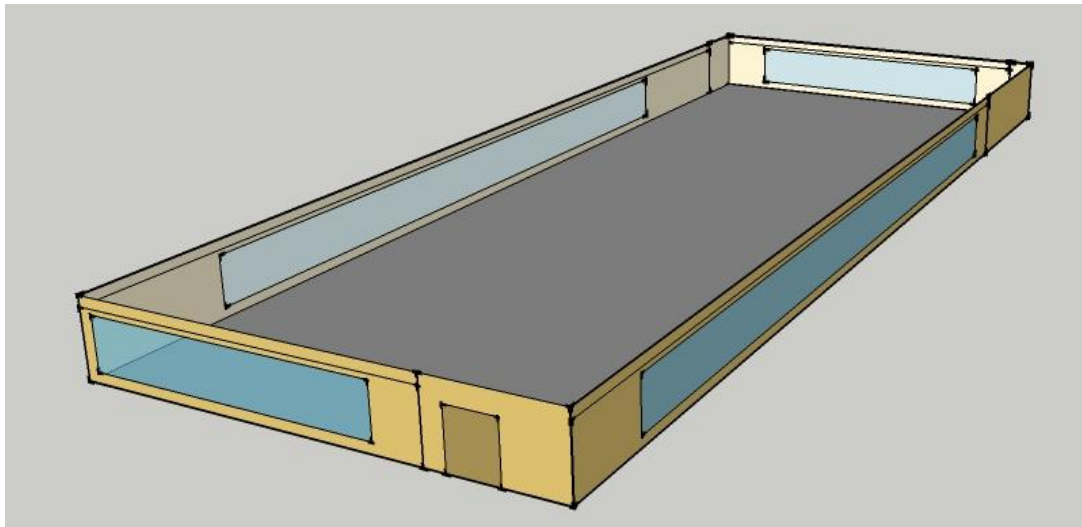
Zon Adı	Yüzey Adı	Alan	Yön
Birinci kat	A	150,9 m <sup>2</sup>	GÜNEY
Birinci kat	B	58,20 m <sup>2</sup>	BATI
Birinci kat	C	150,9 m <sup>2</sup>	KUZHEY
Birinci kat	D	58,20 m <sup>2</sup>	DOĞU

**Çizelge 4.4 :** Senaryo I.a için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları.

Yüzey adı	Opak yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	Saydam yüzey alanı (m <sup>2</sup> )	Azimut açısı (°)
A	79,90 m <sup>2</sup>	71,0 m <sup>2</sup>	0°
B	30,80 m <sup>2</sup>	27,4 m <sup>2</sup>	90°
C	84,90 m <sup>2</sup>	66,0 m <sup>2</sup>	180°
D	34,80 m <sup>2</sup>	23,4 m <sup>2</sup>	-90°

#### 4.1.1.2 Senaryo I.a için zonlama

Senaryo I.a, Senaryo I.b, Senaryo I.c ve Senaryo I.d için BepTr' de tüm kat, tek bir zon olarak kabul edilmiş mekanlara ait iç kazanç, havalandırma ve ayar sıcaklık değerleri alan ağırlıklı ortalama ile tüm kat başına atanmıştır (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5 :** Senaryo I.a, I.b, I.c, I.d için zonlama.

#### 4.1.1.3 Senaryo I.a için veri girdileri

Senaryo I.a için her iki yöntemde de Çizelge 4.5' teki kullanıcı sayısı, ısıtma-soğutma ayar sıcaklıkları ve işletim saatleri verileri aynı girilmiştir. Tüm kat tek bir zon ve zon 24 saat aktif kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.5 :** Senaryo I otel binası EnerjiPlus ve BEP-TR kullanıcı sayıları ve işletim saatleri bilgileri.

Mekan Adı	Isıtma Sıcaklığı °C	Soğutma Sıcaklığı °C	Kullanıcı Sayısı	İşletim saatleri
Spor salonu	18	26	15	00:00 - 24:00
Asansör	20	26	0	00:00 - 24:00
Yatak odaları	20	26	12	00:00 - 24:00
Restoran	20	26	20	00:00 - 24:00
Soğuk depo	-5	5	0	00:00 - 24:00
Mutfak	20	26	5	00:00 - 24:00
Duş – wc	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 1	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 2	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 3	20	26	0	00:00 - 24:00
Sauna	65	70	5	00:00 - 24:00
Hamam	50	55	10	00:00 - 24:00

**Çizelge 4.6 :** Senaryo I otel binası ara katı insanlardan gizli-duyulur ve ekipmanlardan iç kazanç değerleri.

Zon adı	İnsanlardan duyulur iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	İnsanlardan gizli iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	Ekipmanlardan iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )
Spor salonu	6,0	4,70	0
Asansör	0,0	0,0	0
Yatak odaları	7,0	5,50	4,0
Restoran	15,0	12,0	2,0
Soğuk depo	0	0	-10
Mutfak	8,0	6,3	150
Duş – wc	0	0	0
Servis 1	0	0	0
Servis 2	0	0	0
Servis 3	0	0	0
Sauna	7,0	5,5	0
Hamam	7,0	5,5	0

#### 4.1.1.4 Senaryo I.a çıktı

Senaryo I.a için aylık ve yıllık toplam ısıtma – soğutma ihtiyaçları Çizelge 4.6’ da verilmiştir. Bu çıktıya göre ayar sıcaklığı ısıtma 21°C ve soğutma 27°C olan tüm katın tek bir zon olduğu % 55 saydamlık oranlı uzun kenarın güneye yönlendiği senaryoda yıllık ısıtma ihtiyacı 47,29 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık soğutma ihtiyacı 0,65 kWh/m<sup>2</sup> dir.

**Çizelge 4.7 :** Senaryo I.a otel binası ara katı aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	8,41	0,00
Şubat	7,27	0,00
Mart	9,23	0,00
Nisan	4,85	0,00
Mayıs	1,01	0,00
Haziran	0,00	0,08
Temmuz	0,00	0,52
Ağustos	0,00	0,04
Eylül	0,00	0,01
Ekim	2,28	0,00
Kasım	5,99	0,00
Aralık	8,26	0,00
Toplam	47,29	0,65

#### 4.1.2 Senaryo I.b

Senaryo I.b’ de Senaryo I.a ile karşılaştırılmak üzere saydamlık oranı % 55’ ten % 15’ e düşürülerek aynı ebatlarda, aynı yöne bakan, aynı koşullara ve mekanlara sahip otel binası ara katında saydamlık oranının güneş kazançlarına ve net enerji ihtiyacına etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. Saydamlık oranının etkisine göre tüm katın tek bir zon kabul edildiği bu büyüklükteki otel binaları için güneş kazançlarının nasıl bir yaklaşımla kata dağıtılmasının daha doğru olacağını belirlenmesi hedeflenmiştir.

**Çizelge 4.8 :** Senaryo I.b bilgileri.

Senaryo adı	Saydamlık Oranı %	Ayar sıcaklıkları °C	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.b	15	21 – 27	Uzun kenar	Tek zon	BepTr

#### 4.1.2.1 Senaryo I.b için bina geometrisi

Senaryo I.b cephe toplam saydamlık oranı %15 olarak alınmıştır uzun kenar güneye yönlendirilmiştir.Senaryo I.b için katın yüzey alanları ve yüzeylerin yönleri Çizelge 4.8’ teki gibi olup Senaryo I.a ile aynı kabul edilmiştir. Yüzeylerin saydamlık oranlarındaki farklılığın etkisini değerlendirmek üzere Senaryo I.b’ de saydamlık oranı %15 alınarak hesaba katılmıştır. Senaryo I.b’ deki opak ve saydam yüzey alanları ile yüzeylerin Azimut açıları Çizelge 4.9’ te verilmiştir.

**Çizelge 4.9 :** Senaryo 1.b için toplam yüzey alanları ve yönleri.

Zon Adı	Yüzey Adı	Alan	Yön
Birinci kat	A	150,9 m <sup>2</sup>	GÜNEY
Birinci kat	B	58,20 m <sup>2</sup>	BATI
Birinci kat	C	150,9 m <sup>2</sup>	KUZEY
Birinci kat	D	58,20 m <sup>2</sup>	DOĞU

**Çizelge 4.10 :** Senaryo 1.b için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları.

Yüzey adı	Opak yüzey Alanı m <sup>2</sup>	Saydam yüzey alanı m <sup>2</sup>	Azimut açısı °
A	58,23 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	0°
B	130,37 m <sup>2</sup>	20,53 m <sup>2</sup>	90°
C	56,41 m <sup>2</sup>	1,82 m <sup>2</sup>	180°
D	123,9 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	-90°

#### 4.1.2.2 Senaryo I.b için zonlama

Senaryo I.b’ de zonlama Senaryo I.a ile aynı olup Şekil 4.2’deki gibidir.

#### 4.1.2.3 Senaryo I.b için veri girdileri

Senaryo I.b için her iki yöntemde de Senaryo I.a’ daki gibi tüm kat tek bir zon ve zon 24 saat aktif kabul edilmiştir.

Örnek otel binası ara katında bu senaryo için belirlenen insanlardan gizli ve duyulur ile ekipmanlardan kazançlar Çizelge 4.11’ de gösterilmektedir. Sirkülasyon alanları ve depo mahalleri, tuvaletler gibi içerisinde ekipman bulunmayan, insanların sürekli ikamet etmediği mahallerde insanlardan ve cihazlardan iç kazançlar “0” W/m<sup>2</sup> kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

**Çizelge 4.11 : Otel binası zon iç kazançları.**

Zon adı	İnsanlardan duyulur iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	İnsanlardan gizli iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	Ekipmanlardan iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )
Spor salonu	6,0	4,70	0
Asansör	0,0	0,0	0
Yatak odaları	7,0	5,50	4,0
Restoran	15,0	12,0	2,0
Soğuk depo	0	0	-10
Mutfak	8,0	6,3	150
Duş – wc	0	0	0
Servis 1	0	0	0
Servis 2	0	0	0
Sauna	7,0	5,5	0
Hamam	7,0	5,5	0

#### 4.1.2.4 Senaryo I.b çıktı


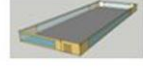
Senaryo I.b için aylık ve yıllık toplam ısıtma – soğutma ihtiyaçları Çizelge 4.10’ da verilmiştir. Bu çıktıya göre ayar sıcaklığı ısıtma 21°C ve soğutma 27°C olan tüm katın tek bir zon olduğu % 15 saydamlık oranlı uzun kenarın güneye yönlendiği senaryoda yıllık ısıtma ihtiyacı 25,56 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık soğutma ihtiyacı 0 kWh/m<sup>2</sup> dir. Senaryo I.b otel binası 15% saydamlık oranı ile BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	6,55	0
Şubat	3,90	0
Mart	5,10	0
Nisan	2,45	0
Mayıs	0,01	0
Haziran	0,00	0
Temmuz	0,00	0
Ağustos	0,00	0
Eylül	0,00	0
Ekim	0,51	0
Kasım	2,81	0
Aralık	4,23	0
Toplam	25,56	0

#### 4.1.2.5 Senaryo I.a ve I.b çıktı karşılaştırması

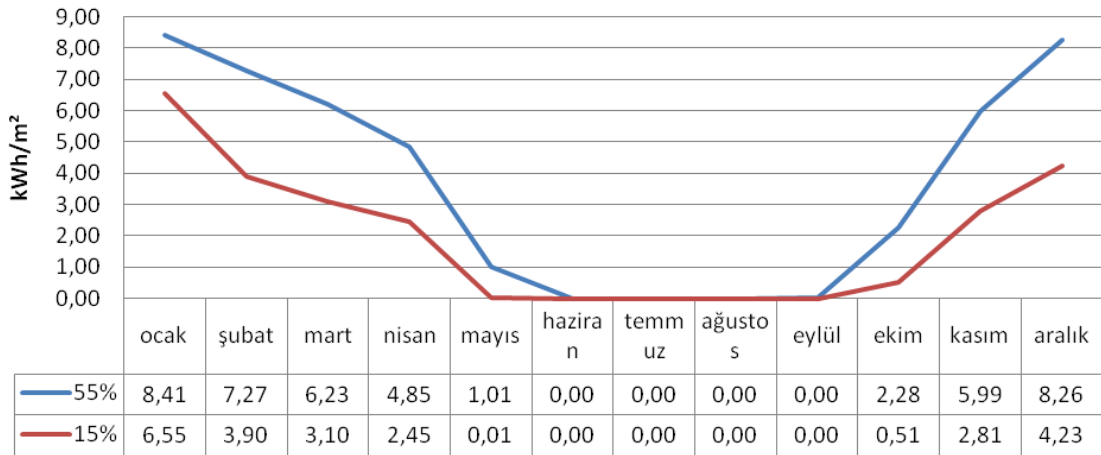
Karşılaştırma numarası K-I ve K-II olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.6’ da işaretlenerek gösterilmiştir.



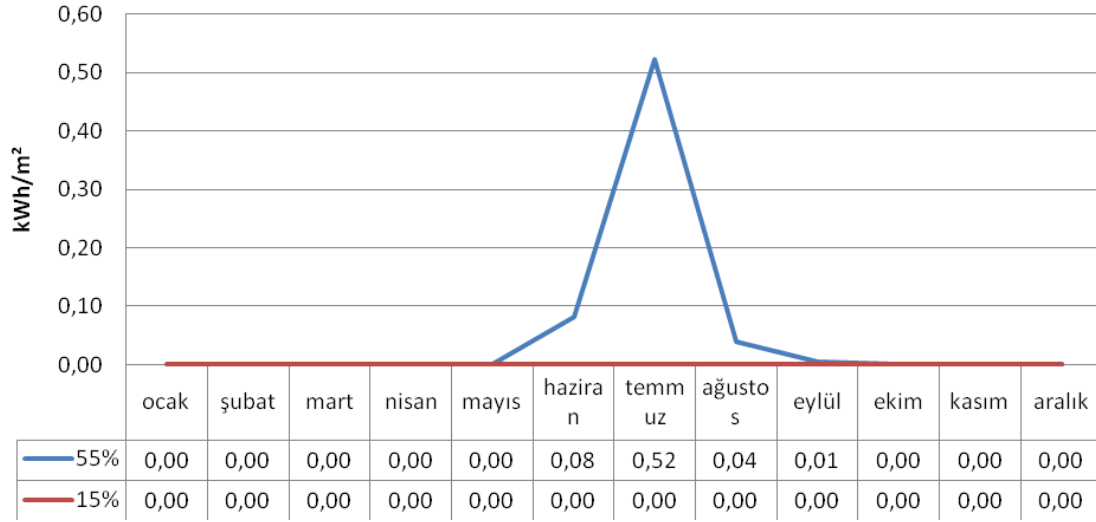
Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">}</div> <div style="text-align: center;"> <div style="color: red; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="color: blue; font-weight: bold; margin-top: 5px;">↓</div> </div> <div style="font-size: 3em; margin-left: 10px;">}</div> </div>	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 –+5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
Senaryo I.b		21 – 27 °C “	Uzun kenar “	Tek zon “	BepTr “

**Şekil 4.6 :** K-I ve K-II karşılaştırması görseli.

Senaryo I.a ile Senaryo I.b çıktılarında karşılaştırılan yüzey oranlarındaki saydamlık oranlarının % 55 ile % 15 olması durumlarıdır. Bu karşılaştırmada saydamlık oranı % 55’ ten % 15’ e düştüğünde BepTr tek zonlu hesaplama için ısıtma İhtiyacında yıllık % 45,9 oranında düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeni 50 m’ lik uzun kenarı kuzeye bakan cephede saydam bileşenden olan kayıpların azalmasıdır. Aynı şekilde soğutma ihtiyacı da aylık ve toplamda yıllık olarak düşüş göstermiştir. Bu durum saydamlık oranının azaltılması ile güneş kazançlarının etkisinin de azalmasına karşın saydam yüzeylerden olan ısı kayıplarının azalmasından dolayı ısıtma ihtiyacında düşme sağlamıştır. Benzer yaklaşımla saydamlık oranının azalması güneş kazançlarını da düşürdüğünden yaz aylarında soğutma ihtiyacı 0 kWh/m<sup>2</sup>,ye düşmüştür.

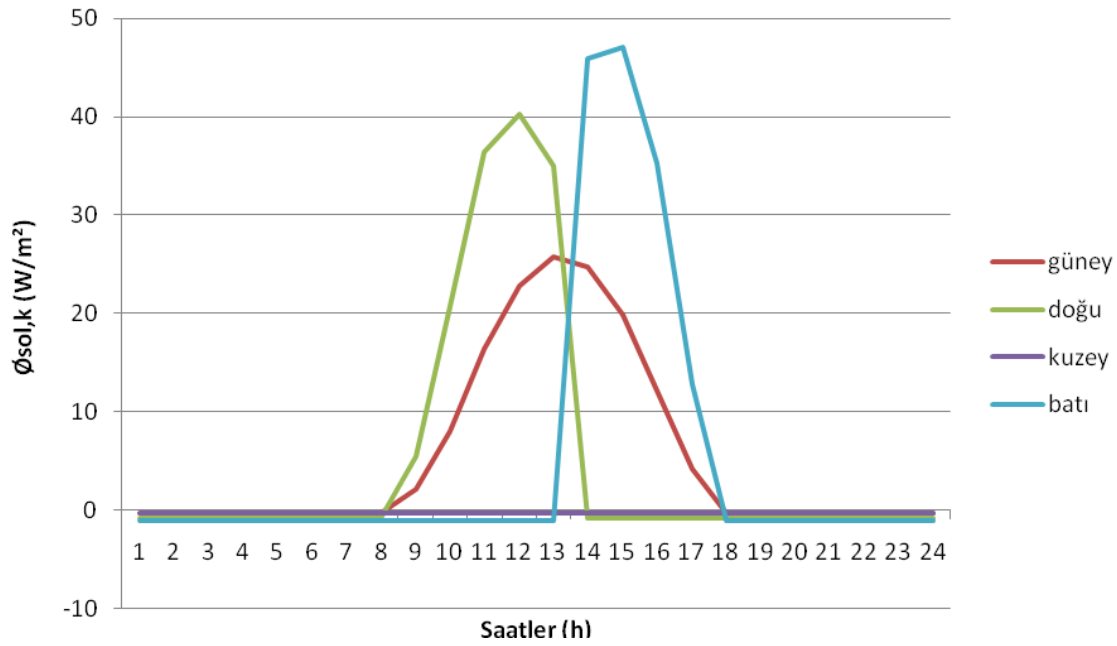


**Şekil 4.7 :** BepTr saydamlık oranı % 55 ve % 15 için aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı karşılaştırması.



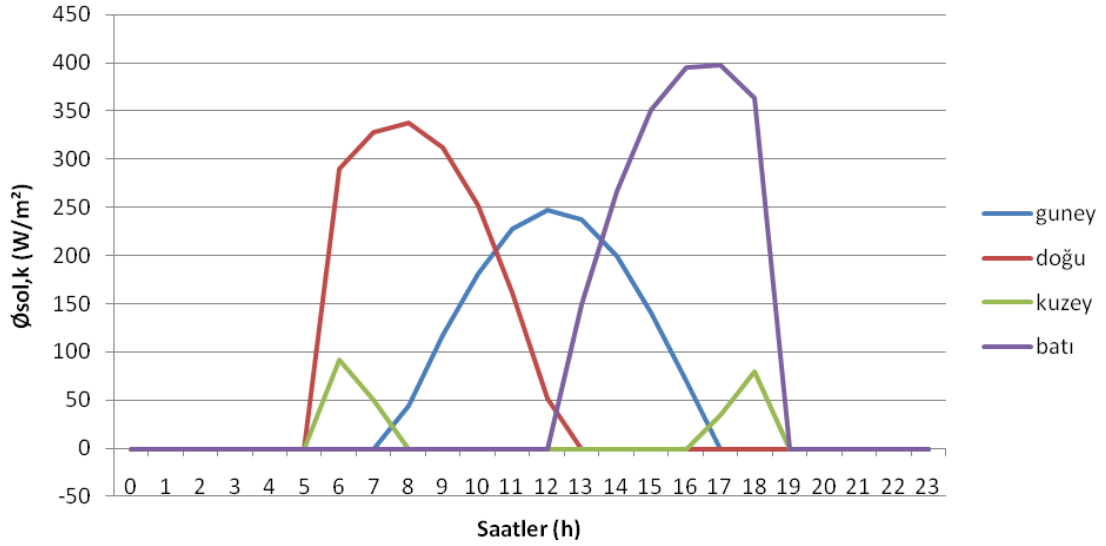
**Şekil 4.8 :** BepTr 55 % ve 15 % için aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

21 Ocak için BepTr’ de uzun kenarın güneye baktığı % 55 saydamlık oranlı durum için yüzeylerden toplam güneş kazançları Şekil 4.5’ teki gibidir.



**Şekil 4.9 :** 21 Ocak için BepTr ile yüzeylerden toplam güneş kazançları.

21 Temmuz için BepTr’ de uzun kenarın güneye baktığı % 55 saydamlık oranlı durum için yüzeylerden toplam güneş kazançları Şekil 4.9’ daki gibidir.



**Şekil 4.10** : 21 Temmuz için BepTr ile yüzeylerden toplam güneş kazançları.

#### 4.1.3 Senaryo I.c

Senaryo I.c’ de Senaryo I’ a ile % 55 saydamlık oranı için kısa ve uzun yüzeyin güneye yönelmesi durumlarının ve Senaryo I.d ile de kısa yüzeyin güneye yönelmesi durumunda saydamlık oranının % 55’ ten % 15’ e düşürülmesi durumlarını kıyaslanmasını amaçlanmaktadır.

**Çizelge 4.12** : Senaryo I.c bilgileri.

Senaryo adı	Saydamlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.c	% 55	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr

##### 4.1.3.1 Senaryo I.c için bina geometrisi

Senaryo I.c’ deki otel binası ara katının boyutları ve formu diğer tüm senaryolar ile aynıdır. Otel binasının yüzey adlarından “A” her zaman güney cephesini simgeler.

Senaryo I.c cephede toplam saydamlık oranı %55 olarak alınmıştır ve Senaryo I.a ile farkı güneye bakan yüzeyin planda hamam, sauna ve spor salonun bulunduğu kısa kenar olmasıdır. Çizelge 4.13’ de yüzeylere ait geometrik bilgiler yer almaktadır.

**Çizelge 4.13 :** Senaryo I.c için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları.

Yüzey adı	Opak yüzey Alanı m <sup>2</sup>	Saydam yüzey alanı m <sup>2</sup>	Azimut açısı °
A	30,80 m <sup>2</sup>	27,4 m <sup>2</sup>	0°
B	84,90 m <sup>2</sup>	66,0 m <sup>2</sup>	90°
C	34,80 m <sup>2</sup>	23,4 m <sup>2</sup>	180°
D	79,90 m <sup>2</sup>	71,0 m <sup>2</sup>	-90°

#### 4.1.3.2 Senaryo I.c için zonlama

Senaryo I.c' de zonlama Senaryo I.a ile aynı olup Şekil 4.2'deki gibidir.

#### 4.1.3.3 Senaryo I.c için veri girdileri

Senaryo I.c için her iki yöntemde de Senaryo I.a' daki gibi Çizelge 4.4' teki kullanıcı sayısı,ısıtma-soğutma ayar sıcaklıkları ve işletim saatleri verileri aynı girilmiştir. Tüm kat tek bir zon ve zon 24 saat aktif kabul edilmiştir.

#### 4.1.3.4 Senaryo I.c çıktı

Senaryo I.c için aylık ve yıllık toplam ısıtma – soğutma ihtiyaçları Çizelge 4.13' te verilmiştir. Ayar sıcaklığı ısıtma 21°C ve soğutma 27°C olan tüm katın tek bir zon olduğu % 55 saydamlık oranlı kısa kenarın güneye yönlendiği senaryoda yıllık ısıtma ihtiyacı 35,28 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık soğutma ihtiyacı 5,32 kWh/m<sup>2</sup> dir.

**Çizelge 4.14 :** Senaryo I.c otel binası kısa kenar güney cephesi ve 55% saydamlık oranı ile BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	6,98	0,00
Şubat	5,85	0,00
Mart	7,50	0,00
Nisan	2,63	0,00
Mayıs	0,04	0,00
Haziran	0,00	1,33
Temmuz	0,00	3,03
Ağustos	0,00	0,90
Eylül	0,00	0,06
Ekim	1,03	0,00
Kasım	4,48	0,00
Aralık	6,77	0,00
Toplam	35,28	5,32

#### 4.1.4 Senaryo I.d

Saydamlık oranı % 15 olan binanın Senaryo I.d' de Senaryo I' b ile kısa ve uzun yüzeyin güneye yönelmesi durumlarının ve Senaryo I.c ile de kısa yüzeyin güneye yönelmesi durumunda saydamlık oranının % 55' ten % 15' e düşürülmesi durumlarını kıyaslanmasını amaçlanmaktadır.

**Çizelge 4.15 :** Senaryo I.d bilgileri.

Senaryo adı	Saydamlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.d	% 15	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr

##### 4.1.4.1 Senaryo I.d için bina geometrisi

Senaryo I.d' deki otel binası ara katının boyutları ve formu diğer tüm senaryolar ile aynıdır. Senaryo I.d cephede toplam saydamlık oranı %15 olarak alınmıştır ve Senaryo I.c ile tek farkı saydamlık oranlarındaki farklılıktır. Senaryo I.c' de olduğu gibi kısa kenar güneye yönlendirilmiştir. Yüzeylerin yönelimi ve toplam alanları Çizelge 4.16' te ,opak ve saydam yüzey alanları ile yüzeylerin azimut açıları Çizelge 4.17' de belirtildiği gibidir.

**Çizelge 4.16 :** Senaryo I.d için toplam yüzey alanları ve yönleri.

Zon Adı	Yüzey Adı	Alan	Yön
Birinci kat	A	58,20 m <sup>2</sup>	GÜNEY
Birinci kat	B	150,9 m <sup>2</sup>	BATI
Birinci kat	C	58,20 m <sup>2</sup>	KUZHEY
Birinci kat	D	150,9 m <sup>2</sup>	DOĞU

**Çizelge 4.17 :** Senaryo I.d için opak ve saydam yüzey alanları ve azimut açıları.

Yüzey adı	Opak yüzey Alanı m <sup>2</sup>	Saydam yüzey alanı m <sup>2</sup>	Azimut açısı °
A	58,23 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	0°
B	130,37 m <sup>2</sup>	20,53 m <sup>2</sup>	90°
C	56,41 m <sup>2</sup>	1,82 m <sup>2</sup>	180°
D	123,9 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	-90°

##### 4.1.4.2 Senaryo I.d için zonlama

Senaryo I.d' de zonlama Senaryo I.a ile aynı olup Şekil 4.2' deki gibidir.

#### 4.1.4.3 Senaryo I.d için veri girdileri

Senaryo I.d için her iki yöntemde de Senaryo I.a' daki gibi Çizelge 4.4' teki kullanıcı sayısı, ısıtma-soğutma ayar sıcaklıkları ve işletim saatleri verileri aynı girilmiştir. Tüm kat tek bir zon ve zon 24 saat aktif kabul edilmiştir.

#### 4.1.4.4 Senaryo I.d çıktı

Senaryo I.d için aylık ve yıllık toplam ısıtma – soğutma ihtiyaçları Çizelge 4.16' da verilmiştir. Bu çıktıya göre ayar sıcaklığı ısıtma 21°C ve soğutma 27°C olan tüm katın tek bir zon olduğu % 15 saydamlık oranlı kısa kenarın güneye yönlendiği senaryoda yıllık ısıtma ihtiyacı 23,34 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık soğutma ihtiyacı 0,04 kWh/m<sup>2</sup> dir.

**Çizelge 4.18 :** Senaryo I.d otel binası kısa kenar güney cephesi ve 15% saydamlık oranı ile BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	4,52	0,00
Şubat	3,95	0,00
Mart	5,01	0,00
Nisan	2,06	0,00
Mayıs	0,00	0,00
Haziran	0,00	0,00
Temmuz	0,00	0,04
Ağustos	0,00	0,00
Eylül	0,00	0,00
Ekim	0,53	0,00
Kasım	2,91	0,00
Aralık	4,36	0,00
Toplam	23,34	0,04

#### 4.1.4.5 Senaryo I.c ve I .d çıktı karşılaştırması

Karşılaştırma numarası K-III(ısıtma) ve K-IV(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.11' de işaretlenerek gösterilmiştir.

Saydamlık oranı % 55' ten % 15' e düştüğünde BepTr tek zonlu hesaplama için ısıtma İhtiyacında yıllık % 33,9 oranında düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeni ise 20 m' lik kısa kenarı kuzeye bakması ve saydamlık oranının düşmesidir.

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.c	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 2em; margin-right: 5px;">}</div> <div style="text-align: center;"> <div style="color: red; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="color: blue; font-weight: bold; margin-top: 5px;">↓</div> </div> <div style="font-size: 2em; margin-left: 5px;">}</div> </div>	21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr
Senaryo I.d		21 – 27 °C	Kısa kenar	Tek zon	BepTr

Şekil 4.11 : K-III ve KIV Karşılaştırma görseli.



Şekil 4.12 : BepTr kısa kenarı güneye yönelen ve saydamlık oranı 55 % ve 15 % için aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.

Soğutma ihtiyacındaki düşüş nedeni ise % 15 saydamlık oranına göre % 55 saydamlık oranlı durumda güneş kazançlarının düşük olmasından yaz aylarında konforu olumsuz etkileyen ısınmaların düşmesidir.



Şekil 4.13 : BepTr kısa kenar güneye yönelen ve saydamlık oranı 55 % ve 15 % için aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

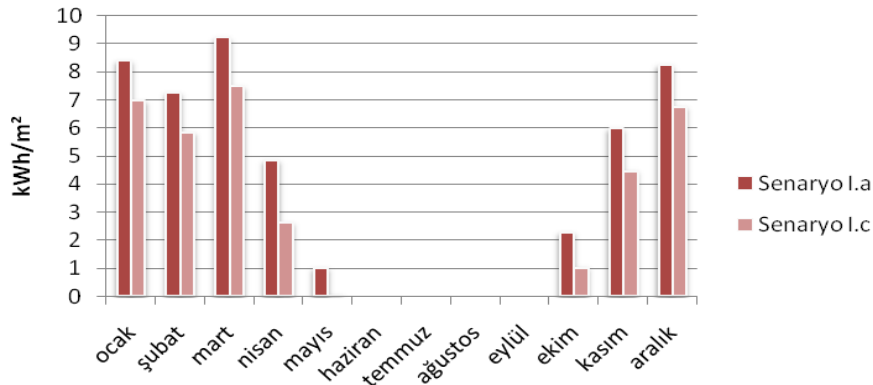
#### 4.1.4.6 Senaryo I.a ve I.c çıktı karşılaştırması

Karşılaştırma numarası K-V(ısıtma) ve K-VI(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.14’ de işaretlenerek gösterilmiştir.

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	%55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 →+5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
Senaryo I.c	%55 ↑	21 – 27 °C	Kısa kenar 	Tek zon "	BepTr "

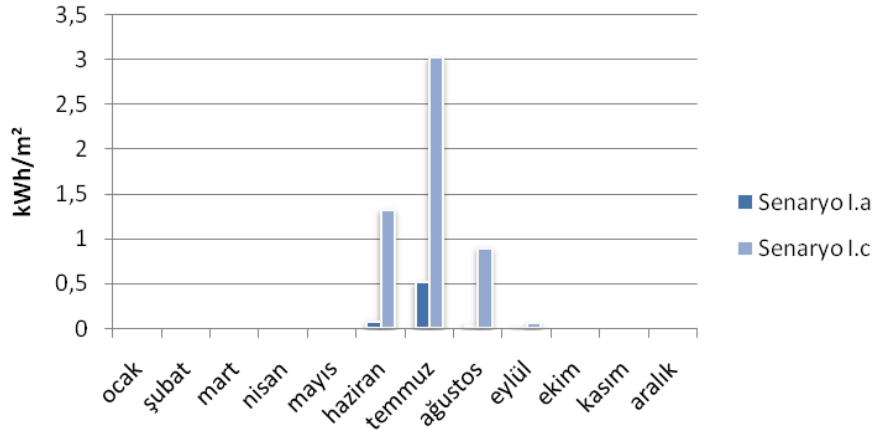
Şekil 4.14 : K-V ve K-VI Karşılaştırma görseli.

Binanın uzun kenarının güneye yönlendirildiği Senaryo I.a – Senaryo I.b karşılaştırmasında ısıtmadaki düşüş % 45,29 oranında olmuştur. Binanın kısa kenarının güneye yönlendirildiği Senaryo I.c – Senaryo I.d karşılaştırılmasında ise ısıtmadaki düşüş % 33,84’ tür. Bu iki durum arasında aynı ebatlarda, aynı saydamlık oranları değişkenleri ile farklı oranlarda azalma gözlenmesinin sebebi ise binanın kısa cephesinin güneye yönlenmesi ile kuzeyden kayıpların düşmesi ve güneş kazançlarının artmasıdır. Ayrıca uzun kenar güneye yönlendiği %55 saydamlık oranlı durum olan Senaryo I.a’ da yıllık ısıtma ihtiyacı 47,29 kWh/m<sup>2</sup> iken kısa kenarın güneye yönlenmesi ile güneş kazançlarının artması ve kuzey yönünün kısılması ile bu yönden olan kayıpların azalması sayesinde Senaryo I.c’ de bu değer 35,28 kWh/m<sup>2</sup>’ ye düşmüştür. Soğutma ihtiyacı ise 0.65 kWh/m<sup>2</sup>’den 5,32 kWh/m<sup>2</sup>’e yükselmiştir.



Şekil 4.15 : Senaryo I.a – Senaryo I.c ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.





**Şekil 4.16 :** Senaryo I.a – Senaryo I.c soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

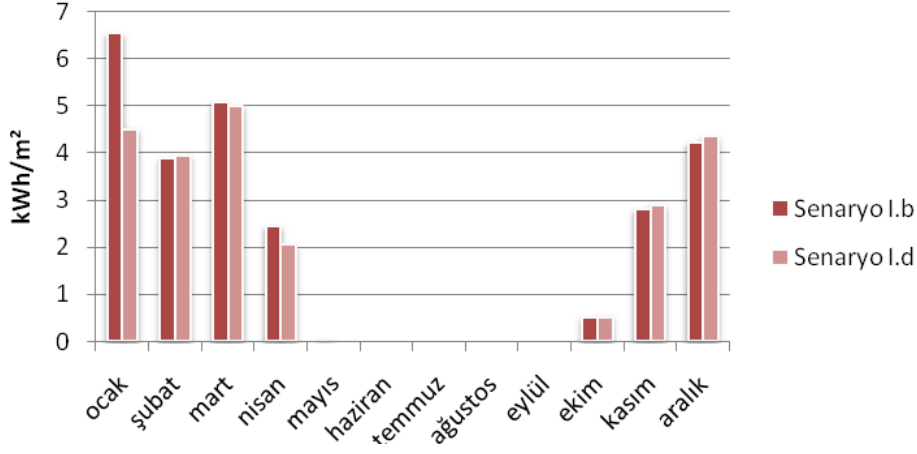
#### 4.1.4.7 Senaryo I.b ve I.d çıktı karşılaştırması

Karşılaştırma numarası K-VII(ısıtma) ve K-VIII(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.17’ de işaretlenerek gösterilmiştir.

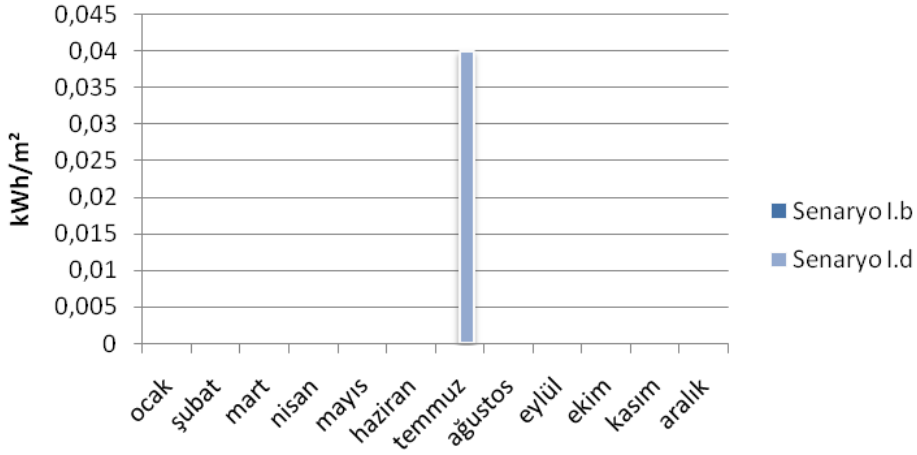
Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.b	% 15	21 – 27 °C	Uzun kenar 	Tek zon	BeoTr
Senaryo I.d	% 15	21 – 27 °C	Kısa kenar 	Tek zon	BeoTr

**Şekil 4.17 :** K-VII ve K-VIII Karşılaştırma görseli.

Uzun kenar güneye yönlendiği %15 saydamlık oranlı durum olan Senaryo I.b’ de yıllık ısıtma ihtiyacı 25,56 kWh/m<sup>2</sup> iken kısa kenarın güneye yönlendiği ile güneş kazançlarının artması ve kuzey yönünün kısılması ile bu yönden olan kayıpların azalması sayesinde Senaryo I.d’ de bu değer 23,34 kWh/m<sup>2</sup>’ ye düşmüştür. Soğutma ihtiyacı ise 0 kWh/m<sup>2</sup>’den 0,04 kWh/m<sup>2</sup>’e yükselmiştir.



Şekil 4.18 : Senaryo I.b – Senaryo I.d ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.



Şekil 4.19 : Senaryo I.b –I.d soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

## 4.2 Senaryo II

Senaryo I' den elde edilen sonuçlar neticesinde BepTr ile güneş kazançlarının tüm zonun alanına paylaştırılmasının etkisini gözlemlemek amacı ile SenaryoII.' de BepTr' de güneş kazançları ana yönlerde zonlarına ayrılarak hesaplar yinelenmiştir. Bu yolla güneş kazançlarının 4 zona bölünerek kata paylaştırılmasının toplam net enerji ısıtma-soğutma ihtiyacını nasıl etkilediğini gözlemlemek hedeflenmiştir.

### 4.2.1 Senaryo II.a

Senaryo II.a ile Senaryo I genel bilgilerinin güneş kazançları dağılımı hariç tüm verileri aynıdır. Isı geçişi, iç kazançlar, havalandırma modülleri aynı çalıştırılırken güneş kazançları yönlerden etkilenen alanlara bölünerek hesaplatılmış ve dolayısı ile net enerji moduü de bu 4 zon için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

**Çizelge 4.19** : Senaryo II.a bilgileri.

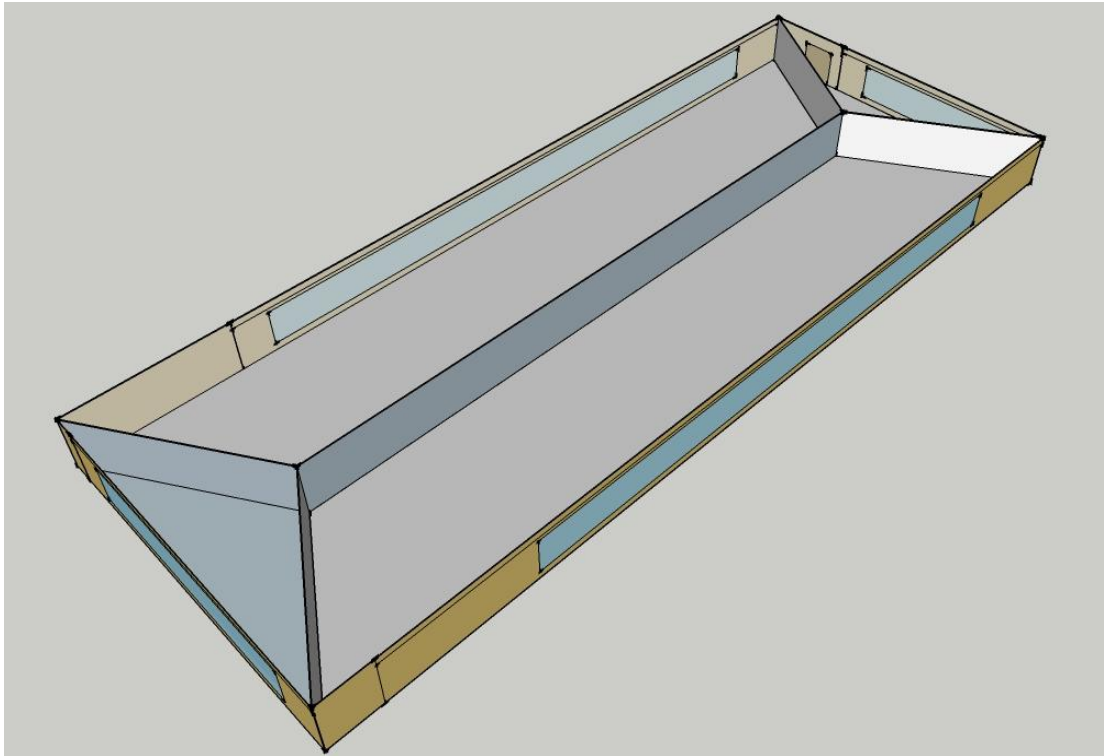
Senaryo adı	Saydamlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo II.a	% 55	21 – 27 °C	Uzun kenar	4 zon	BepTr

#### 4.2.1.1 Senaryo II.a için Bina geometrisi

Binanın uzun kenarı güneye yönelmiş ve güneş kazançlarının etkisini daha iyi gözlemleyebilmek için yüzeylerin saydamlık oranları % 55 alınmıştır. Senaryo II.a bina geometrisi Senaryo I. bina geometrisi ile aynı olup Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 deki gibidir.

#### 4.2.1.2 Senaryo II.a için zonlama

Senaryo II.a’ de güneş kazançlarının etkisini yazılım için yapılan basitleştirmeden önceki hali ile BepTr Hesaplama Yöntemi’ nde başlangıçta düşünülen hassasiyetinin için aynı kat BepTr ile güney, doğu, kuzey, batı olmak üzere Şekil 4.9 gibi dört zon olarak ele alınmıştır.



**Şekil 4.20** : Senaryo II.a için zonlama.

#### 4.2.1.3 Senaryo II.a için veri girdisi

Senaryo II.a için BepTr’de zonlama yaklaşımına bağlı olarak mevcut mekanlar ve mekanlara ait tüm veriler alan ile ağırlıklı olarak zonlara dağıtılmıştır.

**Çizelge 4.20 :** Senaryo II.a otel binası BepTr zon veri girdileri.

Zon adı	Isıtma Sıcaklığı(°C)	Soğutma Sıcaklığı(°C)	Kullanıcı Sayısı	Zon Alanı (m <sup>2</sup> )	İşletim saatleri
Güney	21	27	27	428	00:00 - 24:00
Doğu	21	27	7	60	00:00 - 24:00
Kuzey	21	27	27	428	00:00 - 24:00
Batı	21	27	6	60	00:00 - 24:00

**Çizelge 4.21 :** Senaryo II.a otel binası BepTr zon iç kazançları.

Zon adı	İnsanlardan duyulur iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	İnsanlardan gizli iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	Ekipmanlardan iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	Aydınlatma elemanlarından iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )
Güney	2,58	2,02	9,46	1
Doğu	2,58	2,02	9,46	1
Kuzey	2,58	2,02	9,46	1
Batı	2,58	2,02	9,46	1

#### 4.2.1.4 Senaryo II.a çıktı




Senaryo II.a’ de BepTr ile güneş kazançlarının yönlere bağlı 4 zona bölünmesi ile alınan sonuçlar yıllık ısıtma 5.33 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık soğutma 45,99 kWh/m<sup>2</sup> ihtiyaç ile Senaryo I.a’ ya yaklaşmaktadır.

**Çizelge 4.22 :** Senaryo II.a otel binası BepTr 4 zon toplam aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,05	0,34
Şubat	0,75	0,67
Mart	0,96	0,31
Nisan	0,19	1,45
Mayıs	0,00	4,02
Haziran	0,00	8,32
Temmuz	0,00	10,50
Ağustos	0,00	8,66
Eylül	0,00	6,50
Ekim	0,02	3,53
Kasım	0,48	1,24
Aralık	0,89	0,45
Toplam	5,33	45,99

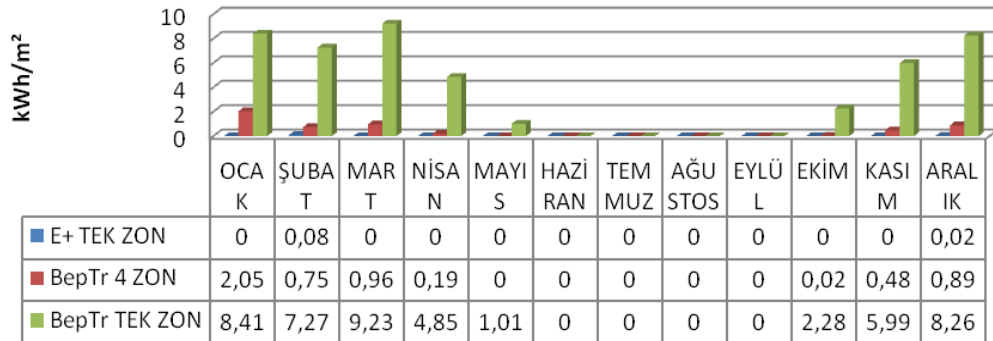
#### 4.2.1.5 Senaryo I.a EnergyPlus, II.a ve I.a BepTr çıktı karşılaştırması

Karşılaştırma numarası K-IX(ısıtma) ve K-X(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.21’ de işaretlenerek gösterilmiştir.

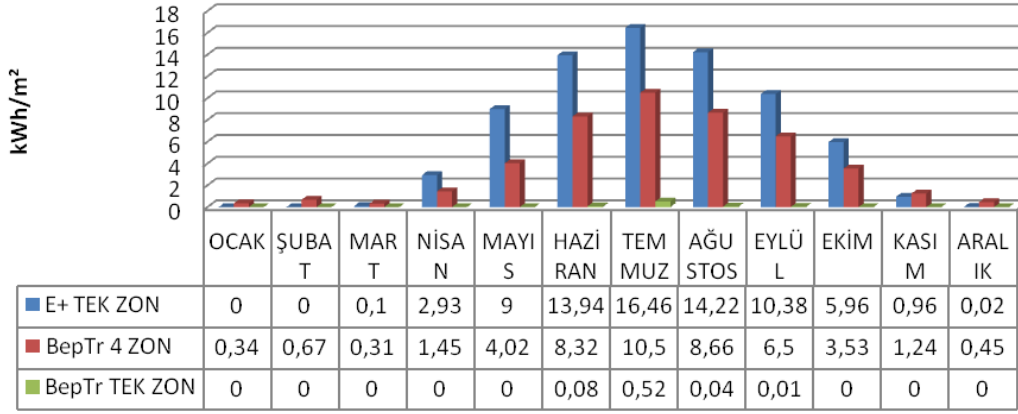
Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
Senaryo II.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65 70°C Hamam 50 55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	4 zon* 	BepTr 
Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	EnergyPlus 

Şekil 4.21 : K-IX ve K-X Karşılaştırma görseli.

Bu üç senaryonun karşılaştırılmasından EnergyPlus’ a yakınsayan aylık ve yıllık bazda ısıtma – soğutma ihtiyaç değerlerinin BepTr’ de güneş kazançlarının yalnızca güneşten etkilenen alanlara dağıtılması ile elde edilen sonuç olan SenaryoII.a olduğu çıkarılmaktadır. Saydamlık oranı % 55 olan, ayar sıcaklıkları ve iç kazanç değerleri alan ağırlıklı olarak tüm zonlara dağıtılan 4 zonlu yaklaşımın sonuçlarının EnergyPlus sonucuna yaklaştığı gözlenmiştir. Yıllık toplam ısıtma değerlerine bakıldığında EnergyPlus tek zon 0,1 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr 4 zon 5,33 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr tek zon 47,29 kWh/m<sup>2</sup>, yıllık toplam soğutma değerlerine bakıldığında EnergyPlus tek zon 73,99 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr 4 zon 45,98 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr tek zon 0,65 kWh/m<sup>2</sup>’ dir.



Şekil 4.22 : EnergyPlus tek zon (Senaryo I.a), BepTr 4 zon (Senaryo II.a) ve BepTr tek zon (Senaryo I.a) çıktıları aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.



**Şekil 4.23 :** EnergyPlus tek zon (Senaryo I.a), BepTr 4 zon (Senaryo II.a) ve BepTr tek zon (Senaryo I.a) çıktıları aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

### 4.3 Senaryo III

Senaryo III.' de BepTr hesaplama yönteminde mevcut standartlardan derlenen otel, hastane, eğitim binası, Avm ve rezidanslar için mekanlar tablosunda bulunmayan sauna, hamam, soğuk depo gibi mahaller için varsayılan değerler ile hesaplama yaparak mahallerin koşulları göz önüne alınarak yapılan hesaplar arasındaki farkı ortaya koymak hedeflenmiştir.

Bu senaryo için BepTr hesaplama yönteminin kütüphanesinde ve kaynak standartlarda yer almayan sauna, hamam ve soğuk deponun mekanik havalandırma modülü henüz olmadığından mekanların fonksiyonlarına bağlı havalandırma ihtiyacı göz ardı edilmiş olup bu mekanların sonuçları başlıca etkileyen parametreleri diğer mekanlarınkinden çok farklı olan ayar sıcaklığı değerleridir.

Bu tez kapsamında standartlarda bulunmayan bu mekanların ayar sıcaklık değerlerine ilgili sektörlerden ve uygulayıcı firmalardan alınan veriler ile sauna 65°C - 70°C, hamam 50°C - 55°C ve soğuk depo -5°C - +5°C olarak belirlenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için ise bu mekanların her biri için varsayılan ayar sıcaklığı ısıtma 20°C ve soğutma 26°C olarak alınmıştır.

### 4.3.1 Senaryo III.a

Senaryo III.a’ da sauna, hamam ve soğuk depo için varsayılan iç kazanç ve ayar sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Bu senaryoya ait bilgiler Çizelge 4.23’ te verilmiştir.

**Çizelge 4.23 :** Senaryo III.a bilgileri.

Senaryo adı	Saydamlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo III.a	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	Tek zon	EnergyPlus

#### 4.3.1.1 Senaryo III.a için bina geometrisi

Senaryo III.a’ daki otel binası, boyutları ve formu açısından diğer tüm test binaları ile aynıdır. Otel binasının yüzey adları ve yüzeylerin alanları Çizelge 4.24’ de verildiği gibidir. Senaryo III.a cephe toplam saydamlık oranı %55 olarak alınmıştır ve planda yatak odalarının bulunduğu uzun kenar güneye yönlendirilmiştir (Çizelge 4.25).

**Çizelge 4.24 :** Senaryo III.a için toplam yüzey alanları ve yönleri.

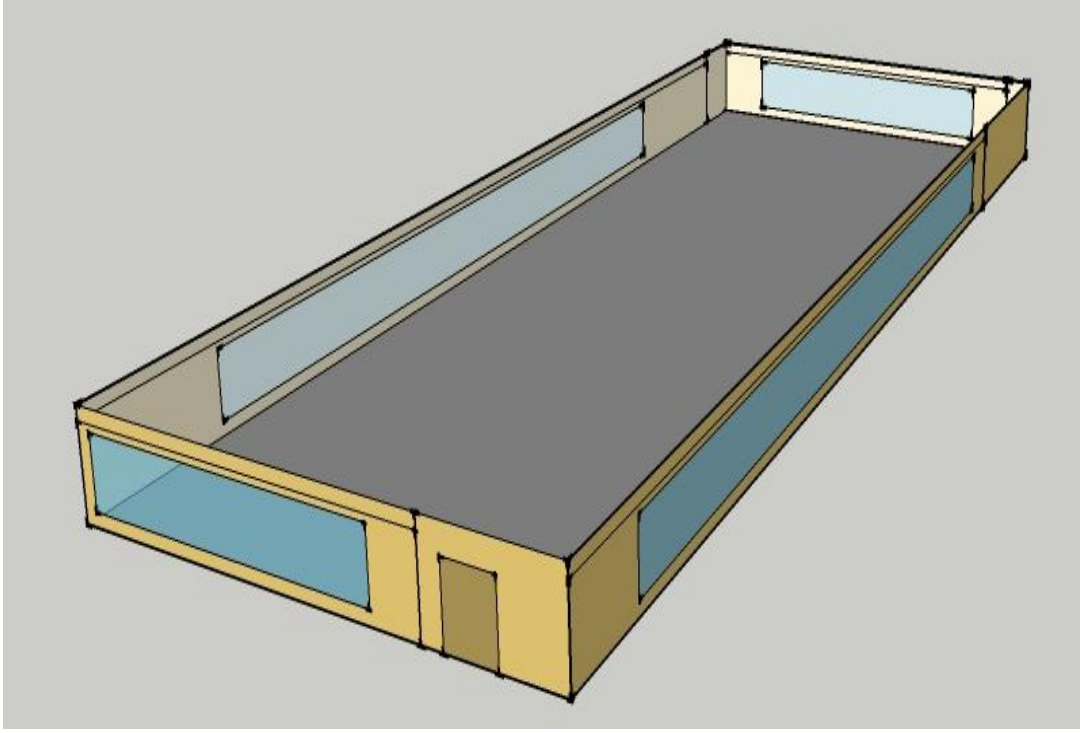
Zon Adı	Yüzey Adı	Alan	Yön
Birinci kat	A	150,9 m <sup>2</sup>	GÜNEY
Birinci kat	B	58,20 m <sup>2</sup>	BATI
Birinci kat	C	150,9 m <sup>2</sup>	KUZEY
Birinci kat	D	58,20 m <sup>2</sup>	DOĞU

**Çizelge 4.25 :** Senaryo III.a için opak ve saydam yüzey alanları ve yüzey azimut açıları.

Yüzey adı	Opak yüzey Alanı m <sup>2</sup>	Saydam yüzey alanı m <sup>2</sup>	Azimut açısı °
A	79,90 m <sup>2</sup>	71,0 m <sup>2</sup>	0°
B	30,80 m <sup>2</sup>	27,4 m <sup>2</sup>	90°
C	84,90 m <sup>2</sup>	66,0 m <sup>2</sup>	180°
D	34,80 m <sup>2</sup>	23,4 m <sup>2</sup>	-90°

#### 4.3.1.2 Senaryo III.a için zonlama

Senaryo III.a, Senaryo II.a’ da olduğu gibi EnergyPlus’ ta tüm kat, tek bir zon olarak kabul edilmiş ve yazılımda mevcut mekanlara ait iç kazanç, havalandırma ve ayar sıcaklık değerleri alan ağırlıklı ortalama ile tüm kat başına atanmıştır (Şekil 4.24).



**Şekil 4.24 :** Senaryo III.a için zonlama.

#### 4.3.1.3 Senaryo III.a için veri girdisi

Senaryo III.a için Çizelge 4.26’ deki kullanıcı sayısı, ısıtma-soğutma ayar sıcaklıkları ve işletim saatleri verileri girilmiştir.

Tüm kat tek bir zon ve zon 24 saat aktif kabul edilmiştir.

**Çizelge 4.26 :** Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait BEP-TR ile zon veri girdileri.

Mekan Adı	Isıtma Sıcaklığı °C	Soğutma Sıcaklığı °C	Kullanıcı Sayısı	İşletim saatleri
Spor salonu	18	26	15	00:00 - 24:00
Asansör	20	26	0	00:00 - 24:00
Yatak odaları	20	26	12	00:00 - 24:00
Restoran	20	26	20	00:00 - 24:00
Soğuk depo	20	26	0	00:00 - 24:00
Mutfak	20	26	5	00:00 - 24:00
Duş – wc	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 1	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 2	20	26	0	00:00 - 24:00
Servis 3	20	26	0	00:00 - 24:00
Sauna	20	26	5	00:00 - 24:00
Hamam	20	26	10	00:00 - 24:00



**Çizelge 4.27 :** Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait insanlardan duyulur-gizli ve ekipmanlardan olan EnergyPlus ile tanımlanan zon iç kazanç değerleri.

Zon adı	İnsanlardan duyulur iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	İnsanlardan gizli iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )	Ekipmanlardan iç kazanç (W/m <sup>2</sup> )
Spor salonu	6,0	4,70	0
Asansör	0,0	0,0	0
Yatak odaları	7,0	5,50	4,0
Restoran	15,0	12,0	2,0
Mutfak	8,0	6,3	150
Duş – wc	0	0	0
Servis 1	0	0	0
Servis 2	0	0	0
Servis 3	0	0	0
Sauna	7,0	5,5	0
Hamam	7,0	5,5	0
Soğuk depo	0	0	0

#### 4.3.1.4 Senaryo III.a için çıktı

EnergyPlus’ ta tüm mekanların ağırlıklı ortalaması katın tamamına dağıtılarak katın tek bir zon kabul edildiği bu senaryo sonucuna göre yıllık toplam ısıtma ihtiyacı 0 kWh/m<sup>2</sup> ve yıllık toplam soğutma 81,76 kWh/m<sup>2</sup> sonuç alınmıştır. Çizelge 4.28’ da aylara göre dağılımı ve yıllık ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına ait sonuç değerleri bulunmaktadır.

**Çizelge 4.28 :** Senaryo III.a için örnek otel binası ara katına ait EnergyPlus ile elde edilen aylık ve yıllık ısıtma-soğutma ihtiyacı çıktıları.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	0	0
Şubat	0	0,03
Mart	0	0,24
Nisan	0	3,90
Mayıs	0	10,05
Haziran	0	14,93
Temmuz	0	17,49
Ağustos	0	15,24
Eylül	0	11,37
Ekim	0	6,96
Kasım	0	1,44
Aralık	0	0,12
Toplam	0	81,76

### 4.3.2 Senaryo III.b

Senaryo III.b’ da sauna, hamam ve soğuk depo için varsayılan iç kazanç ve ayar sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

**Çizelge 4.29** : Senaryo III.b bilgileri.

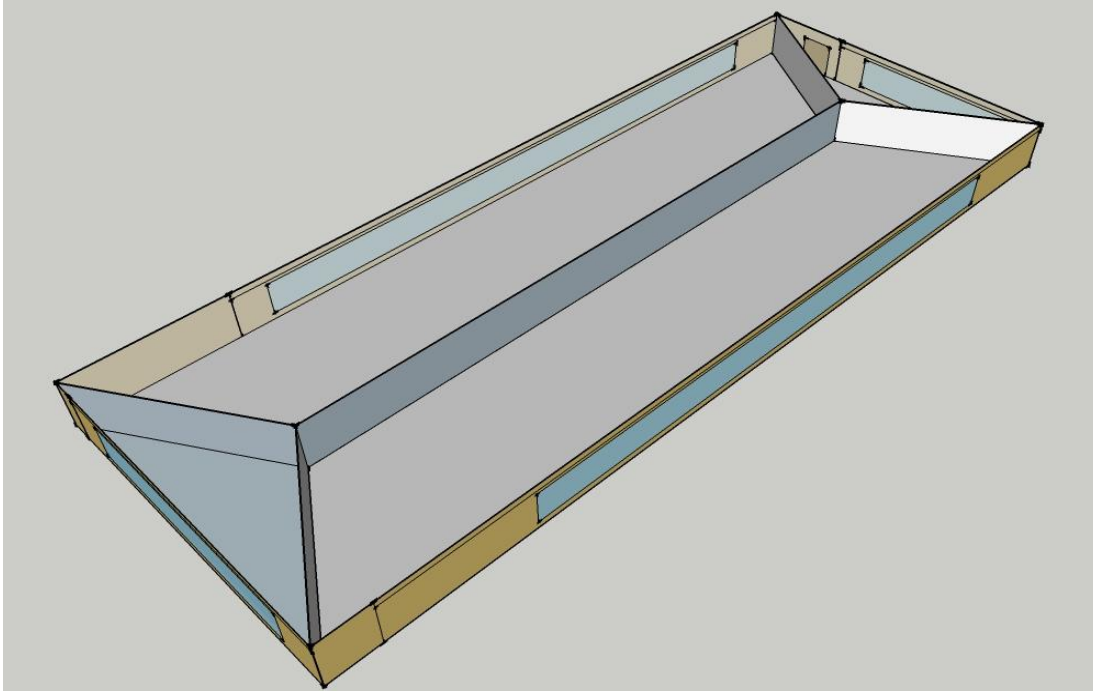
Senaryo adı	Saydımlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo III.b	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	4 zon	BepTr

#### 4.3.2.1 Senaryo III.b için bina geometrisi

Senaryo III.b’ daki otel binası, boyutları ve formu açısından diğer tüm test binaları ile aynıdır.

#### 4.3.2.2 Senaryo III.b için zonlama

Senaryo III.b’ de güneş kazançlarının etkisini yazılım için yapılan basitleştirmeden önceki hali ile BepTr Hesaplama Yöntemi’ nde başlangıçta düşünülen hassasiyetinin için aynı kat BepTr ile güney, doğu, kuzey, batı olmak üzere Şekil 4.25’teki gibi dört zon olarak ele alınmıştır.



**Şekil 4.25** : Senaryo III.b için zonlama.

#### 4.3.2.3 Senaryo III.b için veri girdisi

Senaryo III.b için Çizelge 4.26' daki kullanıcı sayısı, ısıtma-soğutma ayar sıcaklıkları ve işletim saatleri verileri Senaryo III.a ile aynı girilmiştir. Mekanlara ait iç kazanç tablosu ise Senaryo III.a ile aynı kabul edilmiştir (Çizelge 4.30).

#### 4.3.2.4 Senaryo III.b çıktı

**Çizelge 4.30 :** Senaryo III.b otel binası BepTr 4 zon aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	0,44	0,51
Şubat	0,38	0,90
Mart	0,51	0,48
Nisan	0,06	1,88
Mayıs	0,00	4,98
Haziran	0,00	9,30
Temmuz	0,00	11,52
Ağustos	0,00	9,67
Eylül	0,00	7,47
Ekim	0,00	4,27
Kasım	0,27	1,63
Aralık	0,50	0,71
Toplam	2,16	53,31

#### 4.3.3 Senaryo III.c

Senaryo III.c' bina geometrisi olarak Senaryo I.a ve SenaryoII.c ile aynıdır ancak iç kazançlar ve mekanlara ait ayar sıcaklıkları BepTr mevcut yazılımdaki kütüphaneye göre girildiğinden ve bu kütüphanede sauna, hamam, soğuk depo gibi mekanlara ait ayar sıcaklık, havalandırma ve iç kazanç değerleri bulunmadığından katın tümüne mekanların alanları ile ağırlıklı dağıtılarak tüm kat için belirlenen ayar sıcaklık değeri ısıtma 19°C ve soğutma 26°C olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.31 :** Senaryo III.c bilgileri.

Senaryo adı	Saydımlık Oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo III.c	% 55	19 – 26 °C	Uzun kenar	Tek zon	BepTr

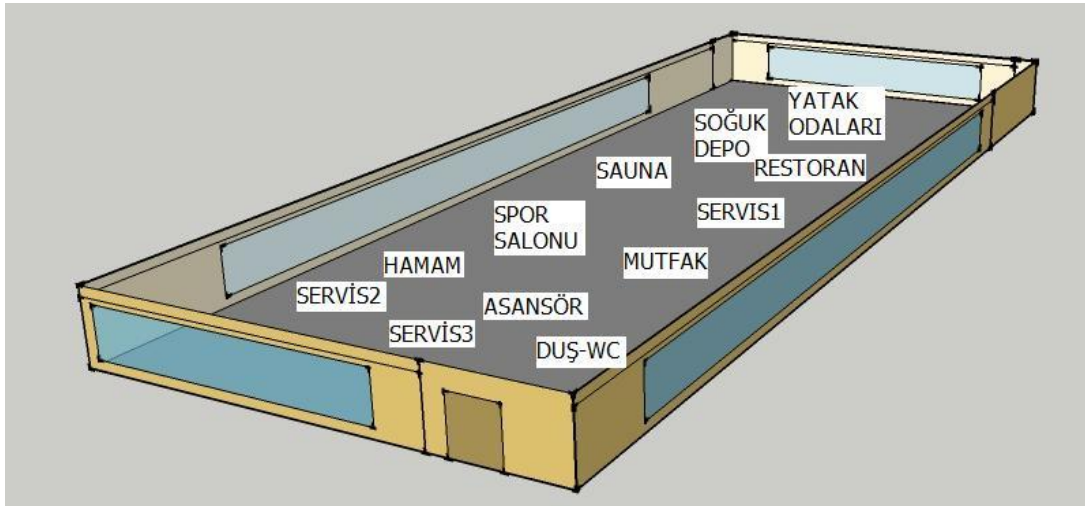
#### 4.3.3.1 Senaryo III.c için bina geometrisi

Senaryo III.c' bina geometrisi Senaryo III.a ile tamamen aynıdır (Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27).

#### 4.3.3.2 Senaryo III.c için zonlama

Senaryo III.c' de kabulü yapılan zonlama BepTr hesaplama yönteminde yazılıma kolaylık sağlayabilmek için yapılan basitleştirme ile yapılan son halidir ve Senaryo II.c ile aynıdır.

BepTr' de otel binaları için her kat tek bir zon olarak kabul edildiği için kat zonlara bölünmez. Kat içerisindeki farklı mekanlar kat içerisinde nerede olduklarından bağımsız olarak Şekil 4.26' teki gibi yüzer durumdadırlar.



Şekil 4.26 : Senaryo III.c otel test binası için BepTr zonlama görseli.

#### 4.3.3.3 Senaryo III.c için veri girdisi

Senaryo III.c için veri girdileri Senaryo III.a ve Senaryo III.b ile aynıdır.


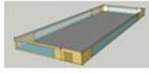

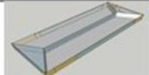

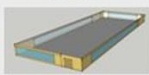

#### 4.3.3.4 Senaryo III.c için çıktı

Çizelge 4.32 : Senaryo III.c otel binası BepTr aylık ısıtma-soğutma ihtiyacı.

Aylar	Isıtma (kWh/m <sup>2</sup> )	Soğutma (kWh/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,95	0,00
Şubat	2,53	0,00
Mart	3,64	0,00
Nisan	0,80	0,00
Mayıs	0,00	0,00
Haziran	0,00	1,09
Temmuz	0,00	2,56
Ağustos	0,00	1,11
Eylül	0,00	0,29
Ekim	0,02	0,09
Kasım	1,67	0,00
Aralık	3,00	0,00
Toplam	14,61	5,13

#### 4.3.3.5 Senaryo III.a, III.b ve III.c çıktı karşılaştırması

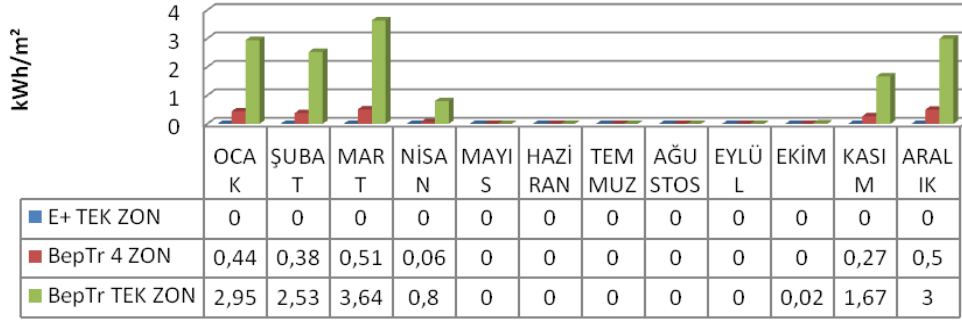
Karşılaştırma numarası K-XI(ısıtma) ve K-XII(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.27’ de işaretlenerek gösterilmiştir.

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo III.a	% 55 ↑	19 – 26 °C Sauna* 20 26°C Hamam* 20 26°C Soğ.de* 20 26°C	Uzun kenar 	Tek zon 	EnergyPlus 
Senaryo III.b	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "		BepTr 
Senaryo III.c	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "	Tek zon 	BepTr 

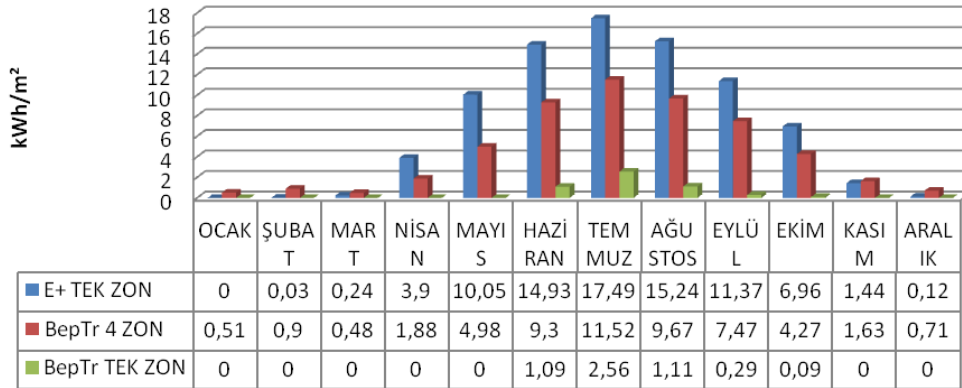
Şekil 4.27 : K-XI ve K-XII Karşılaştırma görseli.

Senaryo III.a, Senaryo III.b, Senaryo III.c sonuçları karşılaştırıldığında yıllık ve aylık ısıtma-soğutma ihtiyaç değerlerinden EnergyPlus sonuçlarına yaklaşan yine BepTr’deki 4 zonlu yaklaşım olduğu ortaya konmuştur. Saydamlık oranı % 55 olan ve ayar sıcaklıkları ve iç kazanç değerleri alan ağırlıklı olarak tüm zonlara dağıtılan 4 zonlu yaklaşımın sonuçlarının EnergyPlus tek zon sonucuna yaklaştığı gözlenmiştir.

Yıllık toplam ısıtma değerlerine bakıldığında EnergyPlus tek zon 0 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr 4 zon 2,16 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr tek zon 14,65 kWh/m<sup>2</sup>, yıllık toplam soğutma değerlerine bakıldığında EnergyPlus tek zon 81,76 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr 4 zon 53,31 kWh/m<sup>2</sup>, BepTr tek zon 5,13 kWh/m<sup>2</sup> dir.



**Şekil 4.28 :** EnergyPlus tek zon (Senaryo III.a), BepTr 4 zon (Senaryo III.b) ve BepTr tek zon (Senaryo III.c) çıktıları aylık ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.








**Şekil 4.29 :** EnergyPlus tek zon (Senaryo III.a), BepTr 4 zon (Senaryo III.b) ve BepTr tek zon (Senaryo III.c) çıktıları aylık soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

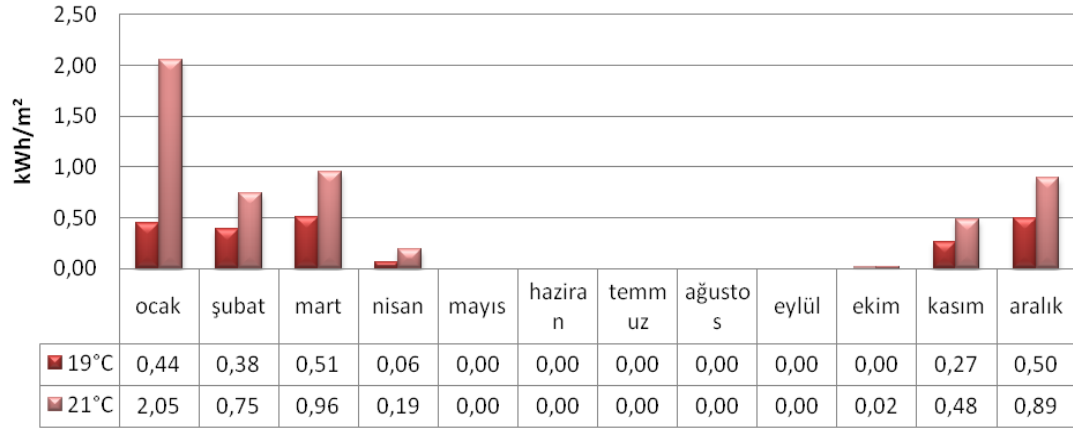
#### 4.3.3.6 Senaryo II.a ve III.b çıktı karşılaştırması.

Karşılaştırma numarası K-XIII(ısıtma) ve K-XIV(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.27' de işaretlenerek gösterilmiştir.

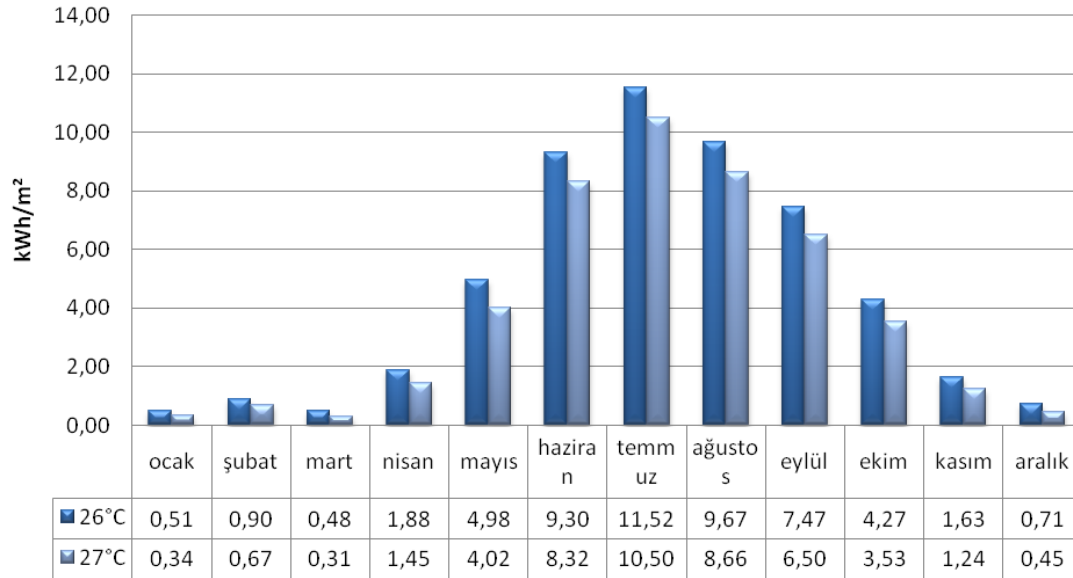
Bu iki senaryonun karşılaştırılmasındaki ana sebep güneş kazançları hassasiyeti yeterince iyi olmayan büyük ölçekli otel tipolojili bu test binası ara katının, ayar sıcaklıkları bir birinden çok farklı mekanlar girildiğinde 4 zona bölünmüş güneş kazançları ile gerçekten ne denli uzaklaştığının gösterilemesidir.

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo II.a	%55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65 70°C Hamam 50 55°C Soğ.de -5 +5°C	Uzun kenar 	4 zon* 	BepTr 
Senaryo III.b	%55 #	19 – 26 °C #	Uzun kenar #		

Şekil 4.30 : K-XIII ve K-XIV Karşılaştırma görseli.




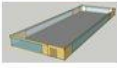

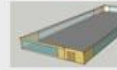

Şekil 4.31 : BepTr 4 zon 19°C - 21°C ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.



Şekil 4.32 : BepTr 4 zon 26°- 27°C soğutma ihtiyacı karşılaştırması.

#### 4.3.3.7 Senaryo II.a ve III.c çıktı karşılaştırması.

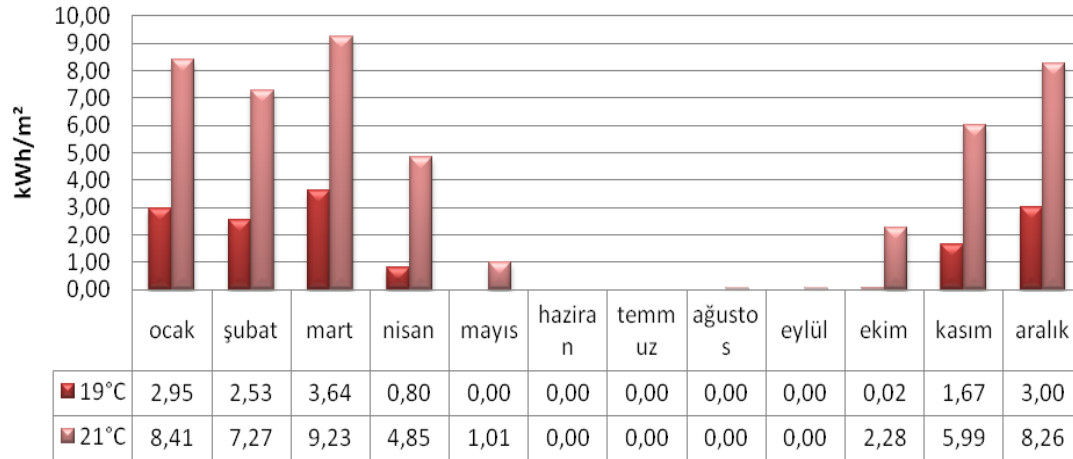
Karşılaştırma numarası K-XV(ısıtma) ve K-XVI(soğutma) olan iki senaryo ve bu senaryolar arasındaki değişkenler Şekil 4.33' de işaretlenerek gösterilmiştir.

Senaryo adı	Saydamlık oranı	Ayar sıcaklıkları	Güneye bakan kenar	Zonlama kriteri	Hesaplama yöntemi
Senaryo I.a	% 55 ↑	21 – 27 °C Sauna 65-70°C Hamam 50-55°C Soğ.de -5 -+5°C	Uzun kenar 	Tek zon 	BepTr 
Senaryo III.c	% 55 "	19 – 26 °C "	Uzun kenar "	Tek zon 	BepTr 

Şekil 4.33 : K-XV ve K-XVI Karşılaştırma görseli.

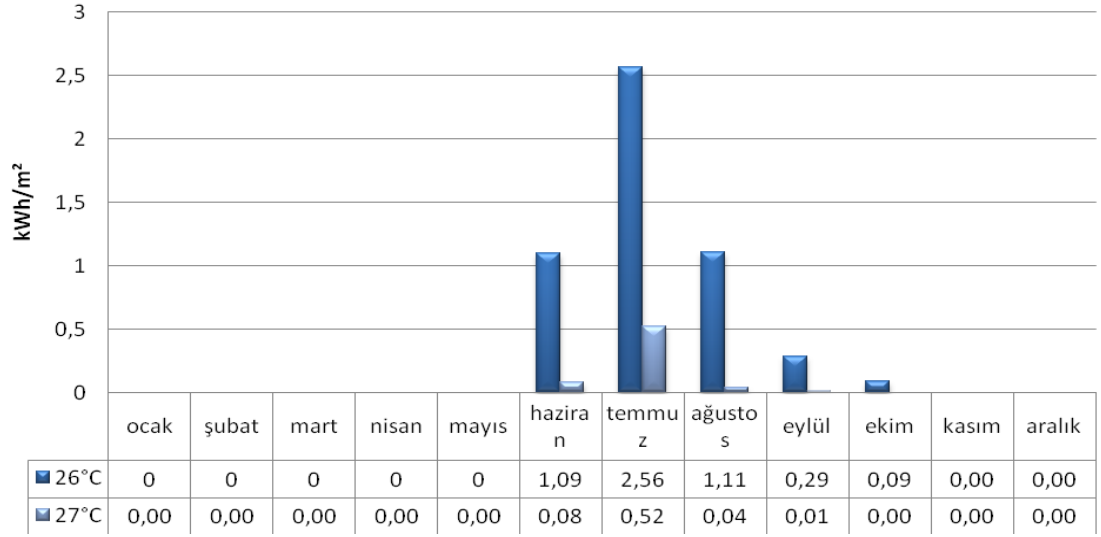
Bu iki senaryonun karşılaştırılmasındaki ana sebep güneş kazançları hassasiyeti yeterince iyi olmayan büyük ölçekli otel tipolojili bu test binası ara katının, ayar sıcaklıkları bir birinden çok farklı mekanlar girildiğinde gerçekten ne denli uzaklaştığının gösterilemesidir.

Katlardaki mahallere ait konfor değerleri tek tek alınarak kat başına tek bir konfor değeri atanarak elde edilen ısıtma ayar sıcaklığı 21°C ile yapılan hesap, BepTr mekan listesinde yer almayan mahallerin ayar sıcaklık değerleri alınmadığında kat bazında elde edilen 19 °C ile yapılan ısıtma enerjisi hesabında % 69,1 oranında artış gözlenmiştir. Aynı ayar sıcaklıkları farkı için soğutma enerjisi ihtiyacındaki değişime bakıldığında % 88.75 oranında azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.34 : BepTr tek zon 19°- 21°C ısıtma ihtiyacı karşılaştırması.





**Şekil 4.35 :** BepTr tek zon 26-27°C soğutma ihtiyacı karşılaştırması.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) İle Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi” başlıklı bu tez kapsamında, yıllık net enerji ihtiyacı hesabı yapılan otel binası için değişik senaryolar ve bu senaryoların birbirleri ile karşılaştırılması sonucunda BepTr hesaplama yöntemi birinci versiyonu incelenmiştir. Kıyaslanan senaryolarda esas alınan bina yüzeylerindeki saydamlık oranlarının, yüzeylerin baktığı yönlerin ve kabulü yapılan zonlama tipinin bu örnek test binası ara katındaki gibi dikdörtgen formlu ve büyük ebatlı binalarda etkileri değerlendirilmiştir.

Yapılan testlerde gözlenen durum, otel tipolojileri için hesaplama yöntemi geliştirilirken alınan zonlama kararında binanın formuna göre güneşten etkilenen bölümlerin alanlarına ve baktıkları yönlere göre farklı zonlar olarak ele alınması durumu, yazılıma kolaylık sağlamak amacı ile yapılan basitleştirmenin yani bir kattaki mekanlara ait bütün parametrelerin alan ağırlıklı ortalamaları ile tüm kata dağıtılması ve tüm katın tek bir zon olması kabulü, bu test binası gibi ebatları 50 x 20 m olan bir binada güneş kazançlarının cepheden etkilenen bölüm yani pasif zon yerine tüm kata dağıtılması ile toplam ısıtma-soğutma ihtiyacı sonuçlarını gerçeklikten uzaklaştırmaktadır.

EnergyPlus ile tüm katın tek bir zon olarak kabul edildiği durum için yapılan simülasyon ile aynı bina için BepTr’ de tek zon ve yönlere bağlı 4 zon hesaplama sonuçları kıyaslandığında BepTr ile yönlere ve yüzey uzunluklarına göre katın 4 zona bölündüğü durumdaki sonuçların EnergyPlus’ ta elde edilen değerlere yakınlaştığı ortaya konmuştur.

Yapılan testlerde amaçlanan yüzeylerin saydamlık oranları ile oynayarak binanın opak ve saydam bileşenlerinden elde ettiği güneş kazançlarının etkisini gözlemlemek, binayı kısa kenarı ve uzun kenarı güneye bakacak şekilde döndürerek binanın tek zon olarak modellendiğinde yön değişkeninin sonuçlara etkisini değerlendirmek, binada zonlama kararları tek zon ve güneşten etkilenen yüzey uzunlukları ile yönlerine bağlı 4 zon alınarak zonlama kararlarını sorgulamaktır.

Bina içerisindeki mevcut mekanların farklı hava değişim ihtiyaçları, BepTr programının mevcut durumunda havalandırma modülü bulunmadığından ve testi yapılan katta mutfak, duş-wc, restoran gibi havalandırma ihtiyaçları yüksek ve doğal yollardan havalandırma ihtiyaçlarının sağlanması mümkün olmayan mekanlar bulunduğu göz ardı edilmiş ve tüm kat için tek bir hava sızıntı değeri alınarak hesaplama yapılmıştır.

Tüm senaryoların sonuçları ve kıyaslanması ışığında, binanın formuna ve ebatlarına göre güneş kazançlarının dağılımı sağlanmalıdır. Ayrıca program mekanik sistemler ile entegre çalışmaya başladığında mekanlara ait kişi veya m<sup>2</sup> başına düşen havalandırma miktarları da hesaba katılarak gerçeğe daha yakın sonuçların elde edilmesi sağlanmalıdır.

Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi Türkiye' de (BepTr) oteller için geliştirilen yöntem, diğer Avrupa ülkelerinden çok daha detaylı hesaplama yaparak enerji ihtiyacının belirlenmesini önerir. Tüm katı tek bir zon kabul ederek mekanlardan iç kazançları ve girdileri alan ağırlıklı ortalama ile tüm kata atayan kurgusu ile mekan tablosunda ayar sıcaklıkları birbirinden çok farklı mekanlar bulunmadığından olası sonuçlar binanın gerçek enerji ihtiyaç değerlerinden çok farklı sonuç vermezken zaman içerisinde konfor sıcaklıkları çok yüksek ya da çok düşük olan mekanların listeye eklenmesi durumunda zonlama kavramı, özellikle büyük ebatlı kompleks binalarda güneş kazançlarından etkilenen ve etkilenmeyen alanlar olarak formlarına ve yüzey uzunluklarına göre güncellenmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Url-1**<<http://www.evkultur.com/>>, alındığı tarih 29.11.2009.
- [2] **Url-2**<<http://www.enerji.gov.tr/>>, alındığı tarih 18.02.2010.
- [3] **Url-3**<<http://www.tuik.gov.tr/>>, alındığı tarih 20.02.2010.
- [4] **Prof.Dr.A.Zerrin Yılmaz**, 2010: En 13790 ve BepTr Net Enerji Hesaplama Yöntemi
- [5] **European Environment Agency**, 2008: *Energy and Environment Report*.
- [6] **Url-4**<<http://www.yigm.gov.tr/bep/sunumlar/bep.pdf/>>,alındığı tarih 10.03.2010.
- [7] **European Environment Agency**, 2008: *Energy and Environment Report*.
- [8] **Kalaycıoğlu, E. ,** 2010: Evaluation Of Building Energy Certification Systems In Italy And Turkey,*Master Thesis*, Istanbul Technical University, Istanbul.
- [9] **Directive 2002/91/EC**, Directive of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings.
- [10] **Bep** , 2009: Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği.
- [11] **BEP-TR**, 2009: Teknik Raporu.
- [12] **EN 13790**, 2007: Energy Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling.
- [14] **Yrd.Dç.Dr.Karakaya E.**, 2003: Türkiye Açısından Kyoto Protokolü' nün Değerlendirilmesi ve Ayırıştırma Yöntemi ile CO<sub>2</sub> Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi.
- [15] **Url-5**<<http://www.enerji.gov.tr/>>, alındığı tarih 18.02.2010.
- [16] **Url-6**<<http://www.designbuilder.co.uk/>>, alındığı tarih 11.03.2010.
- [17] **DIN-4799**, 1990. Ventilation and Air Conditioning: Air Distribution Systems for Operating Theatres, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.

- [18] **ASHRAE STD-100.3**, 2005. Energy Conservation in Existing Buildings-Commercial, *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Usa*.
- [19] **Url-3**<<http://www.asrae.org/>>, alındığı tarih 01.12.2009.
- [20] **DIN V-18599**, 2007. The German Holistic Energy Performance Calculation Method for The Implementation of The EPBD, *Deutsches Institut für Normung, Germany*.
- [21]**Url-7**<<http://www.energiesparen.be/>>, alındığı tarih 22.03.2010.
- [22] **DEAP 2.1**, 2006. Dwelling Energy Assessment Procedure, *Sustainable Energy Ireland, Dublin*.
- [23] **NEAP 2.1**, 2006. Non-Domestic Energy Assessment Procedure, *Sustainable Energy Ireland, Dublin*.
- [24] **TS 825**, 2000. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- [25] **BS EN ISO 10456**, 2007. Building Materials and Products: Hygrothermal Properties: Tabulated Design Values and Procedures for Determining Declared and Design Thermal Values, *British Standards, UK*.
- [26] **BS EN 12524**, 2007. Building Materials and Products: Hygrothermal Properties: Tabulated Design Values, *British Standards, UK*.
- [27] **Url-8**< <http://www.ncm.bre.co.uk/>>, alındığı tarih 12.01.2010.
- [28] **AD L2**, 2002. Approved Document L2: Energy Performance Standards for Modular and Portable Buildings, *British Standards, UK*.
- [29]**Url-9**< <http://www.onsitebuildingcontrol.co.uk/>>, alındığı tarih 12.02.2010.
- [30] **BR 443**, 2006. Conventions for U Value Calculations, *Bre, Scotland*.
- [31] **DOE2 ASHRAE**, 2007. Calculates The Hourly Energy Use and Energy Cost of a Commercial or Residential Building Given Information About The Building's Climate, Construction, Operation, Utility Rate Schedule and Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC) Equipment, *Department of Energy, US*.
- [32] **Modest, M.**, 2003: Radiative Heat Transfer. Elsevier Science, San Diego, CA.
- [33] **Siegel, R. and Howell, J.**, 2002: Thermal Radiation Heat Transfer. Nasa Lewis Research Center, Great Britain.
- [34] **Baker, N. and Steemers, K.**, 2000: Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide. University Press Cambridge, Great Britain.
- [35] **BS EN 13789**, 2007. Thermal Performance of Buildings: Transmission and Ventilation Heat Transfer Coefficients: Calculation Method, *British Standards, UK*.
- [36]**Url-10**<<http://www.meteor.gov.tr/.co.uk/>>, alındığı tarih 12.04.2010.

[37] **Siegel, R. and Howell, J.**, 2002: Thermal Radiation Heat Transfer. Nasa Lewis Research Center, Great Britian.





## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Merve Atmaca

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Bafra, 28.05.1983

**Adres:** Emekli Subay Evleri, Esentepe

**Lisans Üniversitesi:** Beykent Üniversitesi, Mimarlık

Beykent Üniversitesi, Grafik tasarım

### Yayın Listesi:

- Schulze T., Atmaca M., Yılmaz, Z., 2010: Effect of Office Tower Integrated Multifunctional PV Systems on Total Greenhouse Gas Emissions And Economical Quantifying in Turkey, *International Congress – CLIMA 2010*, May 08-12, 2010 Antalya, Turkey.