

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

TS 825 2.DERECE GÜN BÖLGESİNDE YER ALAN İLLERİN, ISITMA VE SOĞUTMA DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Baran TANRIVERDİ

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

TS 825 2.DERECE GÜN BÖLGESİNDE YER ALAN İLLERİN, ISITMA VE SOĞUTMA DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Baran TANRIVERDİ
(301091090)**

**Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı
Enerji Bilim ve Teknoloji Programı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hatice SÖZER

MAYIS 2015

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301091090 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Baran TANRIVERDİ ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TS 825 2.DERECE GÜN BÖLGESİNDE YER ALAN İLLERİN, ISITMA VE SOĞUTMA DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Hatice SÖZER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Lütfullah KUDDUSİ

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 22.04.2015

Savunma Tarihi : 05.05.2015

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmayı yapmam için beni cesaretlendiren ve tezimle ilgili konularda beni yönlendirip yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hatice SÖZER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın yüksek lisans sürecimde bana her konuda destek olan hayatı yaşanır kılan eşim Melis'e teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, beni bu günlere getiren değerli aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Mayıs 2015

Baran TANRIVERDİ

(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
SEMBOL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür İncelemesi	3
2. MEVCUT BİNA ENERJİ PERFORMANS TASARIM KOŞULLARI	9
2.1 BEP TR’NİN Genel Tanımlanması	9
2.1.1 BEP TR Hesaplama Yöntemi	9
2.1.2 Standartlar	12
2.2 TS 825’in Genel Tanımlanması	15
3. TS 825 BÖLGE PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	21
4. BİNA ENERJİ MODELLEMESİ VE YOĞUŞMA KRİTERLERİ	29
4.1 Bina Enerji Modellemesi Tanımlanması.....	29
4.2 Bina Enerji Modellemesi Parametreleri	29
4.2.1 Girdiler	30
4.2.1.1 İklim verileri	32
4.2.1.2 Konum	34
4.2.1.3 Yapı bilgileri.....	34
4.2.1.4 Konfor şartları.....	35
4.2.1.5 Isıl bölgeler	36

4.2.1.6 İç yükler	37
4.2.1.7 Kullanım profilleri	38
4.2.1.8 Sızıntı	39
4.2.1.9 Sistem tipi ve boyutları	39
4.2.1.10 Üfleme ve egzoz fanları	39
4.2.1.11 Kontrol ve kullanım profili	40
4.2.1.12 Taze hava ihtiyacı	41
4.2.1.13 Ekipman tipi ve boyutu	41
4.2.1.14 Performans eğrileri	42
4.2.1.15 Yardımcı ekipmanlar	42
4.2.1.16 Yük tayini	43
4.2.1.17 Yakıt tipi	43
4.2.1.18 Ekonomik faktörler	44
4.2.1.19 Proje ömür süresi	44
4.2.1.20 İlk yatırım maliyeti	44
4.2.1.21 Bakım maliyeti	44
4.2.2 Çıktılar	44
4.2.2.1 Pik ve saatlik ısıtma ve soğutma yükleri	45
4.2.2.2 Sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri	45
4.2.2.3 Yakıt ihtiyacı ve enerji tüketim değerleri	46
4.2.2.4 Enerji tüketim maliyeti değerleri ve ömür boyu maliyet	46
4.3 Carrier HAP	47
4.3.1 Hesaplama metodolojisi	48
4.3.1.1 Soğutma Yükü Hesabı	49
4.3.1.2 Isıtma Yükü Hesabı	49
4.3.1.3 Enerji Modellemesi	49
4.3.2 HAP Hesaplama Yöntemlerinde Kullanılan Isı Kazanım Formülleri	50
4.3.2.1 Dış duvar ve çatıdan taşınım yoluyla ısı kazanımı	50
4.3.2.2 Pencere sistemlerinden güneş radyasyonu ve iletim yoluyla ısı kazanımı	51
4.4 Dış duvarlarda yoğuşma analizleri	52
4.4.1 TS 825 Hesaplama Yöntemi	52
4.4.2 ASHRAE Hesaplama Yöntemi	54

5. ÖRNEK ÇALIŞMADA İZLENİLEN YÖNTEM.....	57
5.1 Örnek Bina Enerji Modellemesi.....	57
5.1.1 Girdiler.....	57
5.1.1.1 İklim.....	57
5.1.1.2 Mevcut bina yapı bilgileri.....	60
5.1.1.3 Mevcut bina konfor şartları	67
5.1.1.4 Mevcut bina ısııl bölgeler	68
5.1.1.5 Mevcut bina kullanım profilleri.....	68
5.1.1.6 Sızıntı.....	70
5.1.1.7 Mevcut bina sistem tipi ve boyutu.....	70
5.1.1.8 Mevcut bina üfleme ve egzoz fanları.....	70
5.1.1.9 Mevcut bina kontrol ve kullanım profili.....	71
5.1.1.10 Mevcut bina taze hava ihtiyacı	71
5.1.1.11 Mevcut bina ekipman tipi ve boyutu	72
5.1.1.12 Mevcut bina yakıt tipi.....	72
5.2 Örnek Binanın Mevcut Durumunun Öngörülen İllerde Enerji Performansının Değerlendirilmesi.....	72
5.2.1 İstanbul.....	72
5.2.2 Diyarbakır	74
5.2.3 Rize	76
5.2.4 Muğla	78
5.3 Örnek Binanın Enerji Performansının Öngörülen İllerde TS825'e Göre Değerlendirilmesi.....	80
5.3.1 İstanbul.....	81
5.3.2 Diyarbakır	82
5.3.3 Rize	84
5.3.4 Muğla	86
5.4 Dış Duvar Nem Transferi ve Yoğuşma Analizleri.....	88
5.4.1 İstanbul yoğuşma şartları	89
5.4.2 Diyarbakır yoğuşma şartları.....	91
5.4.3 Rize yoğuşma şartları.....	93
5.4.4 Muğla yoğuşma şartları	95
6. SONUÇLAR.....	99

6.1 .Mevcut Durumun Enerji İhtiyacının İllere Göre Karşılaştırılması	99
6.1.1 Mevcut durumun ısıtma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması.....	99
6.1.2 Mevcut durumun soğutma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması	101
6.1.3 Mevcut durumun toplam enerji ihtiyacına göre karşılaştırılması	102
6.2 İyileştirilmiş Durumun Enerji İhtiyacının İllere Göre Karşılaştırılması	103
6.2.1 İyileştirilmiş durumun ısıtma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması.....	103
6.2.2 İyileştirilmiş durumun soğutma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması.....	104
6.2.3 İyileştirilmiş durumun toplam enerji ihtiyacına göre karşılaştırılması.....	104
6.3 Bina Dış Duvardaki Yoğuşma Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	105
6.3.1 İstanbul ili yoğuşma analiz sonuçları.....	106
6.3.2 Diyarakır ili yoğuşma analiz sonuçları	108
6.3.3 Rize ili yoğuşma analiz sonuçları	110
6.3.4 Muğla ili yoğuşma analiz sonuçları	112
7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	115
KAYNAKLAR	119
ÖZGEÇMİŞ.....	123

KISALTMALAR

U.S.	: United States
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
HVAC	: Heating, Ventilation, Air-Conditioning
EN	: European Norm
ANSI	: American National Standards Institute
CIBSE	: Chartered Institution of Building Services Engineers
DOE	: Department of Energy
CEN	: European Committee for Standardization
LEED	: Leadership in energy and environmental design
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
HDD	: Isıtma derece gün
CDD	: Soğutma derece gün
TFM	: Transfer fonksiyon metodu
HAP	: Saatlik analiz programı
BEP	: Bina enerji performansı
TRNSYS	: Transient system simulation tool
ISO	: Uluslar arası standartlık örgütü
XPS	: Sıkıştırılmış polistiren sert köpük
EPS	: Genişletilmiş polistiren sert köpük

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Bölgelere göre tavsiye edilen U değeri (TS 825 2013).....	21
Çizelge 3.2: En büyük ve en küçük An/Vbrüt o. için ısıtma enerjisi değeri (TS 825 2013)	22
Çizelge 3.3: Bölgelere ve An/Vbrüt o. bağlı olarak Q 'nun hesaplanması (TS 825 2013).	23
Çizelge 3.4: 1. Derece gün bölgesinde yer alan illerin r* değerleri	26
Çizelge 3.5: Farklı derece gün bölgeleri için ısı kaybı ve yoğunlaşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama sıcaklık değerleri (TS 825 2013).....	27
Çizelge 5.1: İkinci iklim bölgesi pik sıcaklık değerleri.....	58
Çizelge 5.2: Çalışmada yer alan illerin iklim değerleri karşılaştırması.....	59
Çizelge 5.3: Referans bina boyutları.....	61
Çizelge 5.4.1: Referans bina yapı elemanları-dış duvar.....	62
Çizelge 5.4.2: Referans bina yapı elemanları-toprak temaslı duvar.....	63
Çizelge 5.4.3: Referans bina yapı elemanları-çatı.....	64
Çizelge 5.4.4: Referans bina yapı elemanları-taban.....	65
Çizelge 5.4.5: Referans bina yapı elemanları-dış duvar (TS 825 2013)	66
Çizelge 5.5: Referans bina aydınlatma güç yoğunluğu.....	70
Çizelge 5.6: İstanbul ili dizayn şartları ve pik yükler.....	73
Çizelge 5.7: Mevcut bina İstanbul ili için aylık enerji tüketim değerleri.....	74
Çizelge 5.8: Diyarbakır ili dizayn şartları ve pik yükler.....	75
Çizelge 5.9: Mevcut bina Diyarbakır ili için aylık enerji tüketim değerleri.....	76
Çizelge 5.10: Rize ili dizayn şartları ve pik yükler.....	77
Çizelge 5.11: Mevcut bina Rize ili için aylık enerji tüketim değerleri.....	78
Çizelge 5.12: Muğla ili dizayn şartları ve pik yükler.....	79
Çizelge 5.13: Mevcut bina Muğla ili için aylık enerji tüketim değerleri.....	80
Çizelge 5.14: İstanbul ili pik yükler (TS 825).....	81
Çizelge 5.15: Mevcut bina İstanbul ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS825).....	82
Çizelge 5.16: Diyarbakır ili pik yükler (TS 825)	83
Çizelge 5.17: Mevcut b. Diyarbakır ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS825).....	84
Çizelge 5.18: Rize ili pik yükler (TS 825)	85
Çizelge 5.19: Mevcut bina Rize ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS825)	86
Çizelge 5.20: Muğla ili pik yükler (TS 825)	87
Çizelge 5.21: Mevcut bina Muğla ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS825).....	88
Çizelge 5.22: İstanbul ili en düş. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	90
Çizelge 5.23: İstanbul ili en yük. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	91
Çizelge 5.24: Diyarbakır ili en düş. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	92
Çizelge 5.25: Diyarbakır ili en yük. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	93
Çizelge 5.26: Rize ili en düş. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	94
Çizelge 5.27: Rize ili en yük. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.....	95

Çizelge 5.28: Muğla ili en düş. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.	96
Çizelge 5.29: Muğla ili en yük. sıc. için duvar sıc. ve bas. değerleri.	97

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : BEP TR hesap akış şeması.....	10
Şekil 3.1: İllere göre derece gün bölgeler	24
Şekil 3.2: Derece gün bölgelerine göre illerin harita üzerinde gösterimi.....	25
Şekil 3.3: TS 825 Standardında Belirlenen 4 Isıtma İklim Bölgesindeki İklim Noktalarına Ait r^* Değerleri.....	26
Şekil 3.4: 1. Isıtma İklim Bölgesindeki İklim Noktalarına Ait r^* Değerleri.....	26
Şekil 4.1: Bina simülasyonu akış şeması.....	30
Şekil 4.2: İstanbul ili iklim dizayn parametreleri	32
Şekil 4.3: İstanbul ili iklim dizayn sıcaklıkları.....	33
Şekil 4.4: İstanbul ili maksimumgüneş ısı kazançları	34
Şekil 4.5: Örnek dış duvar özellikleri.....	35
Şekil 4.6: Isıl konfor memnuniyet aralığı.....	36
Şekil 4.7: Yemek odası içi yükler.....	37
Şekil 4.8: Otel insan kullanım profili	38
Şekil 4.9: Havalandırma fan parametreleri.....	40
Şekil 4.10: Ofis iklimlendirme kullanım profili	41
Şekil 4.11: Örnek chiller performans tablosu	42
Şekil 4.12: İstanbul elektrik birim fiyatı girdisi	43
Şekil 4.13: Örnek pik ısıtma ve soğutma yükü hesaplaması	45
Şekil 4.14: Örnek konut enerji tüketim oranları grafiği	46
Şekil 4.15: Sistem bazında yıllık enerji tüketimi maliyet tablosu	47
Şekil 5.1: Bodrum Kat Planı.....	60
Şekil 5.2: Normal Katlar Planı	60
Şekil 5.3: Bina Kesiti.....	61
Şekil 5.4: Örnek bina ısıl konfor şartları	67
Şekil 5.5: Tipik kat bölgelendirilmesi	68
Şekil 5.6.1: İnsan kullanım profili	69
Şekil 5.6.2: Aydınlatma ve elektrikli cihaz kullanım profili	69
Şekil 5.7: Kontrol ve kullanım profili	71
Şekil 6.1: Mevcut durum aylara göre ısıtma enerji tüketimi	100
Şekil 6.2: Mevcut durum aylara göre soğutma enerji tüketimi	101
Şekil 6.3: Mevcut durum aylara göre toplam enerji tüketimi.....	102
Şekil 6.4: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre ısıtma enerji tüketimi	103
Şekil 6.5: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre soğutma enerji tüketimi	104
Şekil 6.6: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre toplam enerji tüketimi.....	105
Şekil 6.7: İstanbul ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.....	106
Şekil 6.8: İstanbul ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.....	107
Şekil 6.9: Diyarbakır ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.....	108

Şekil 6.10: Diyarbakır ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri	109
Şekil 6.11: Rize ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri	110
Şekil 6.12: Rize ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri	111
Şekil 6.13: Muğla ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri	112
Şekil 6.14: Muğla ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri	113

SEMBOL LİSTESİ

d	: Kalınlık, (m)
R	: Isıl İletkenlik Direnci, ($m^2 \cdot K/W$)
U	: Yapı Bileşeni Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı, ($W/m^2 \cdot K$)
T	: Sıcaklık, ($^{\circ}C$)
KT	: Kuru termometre sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
YT	: Yaş termometre sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
θ	: Bağıl nem
t	: Zaman, (sn)
Δ	: Zaman değişkeni, (sn)
k	: Isı İletkenlik Değeri, ($W/m \cdot K$)
c	: Özgül ısı, ($kJ/kg \cdot K$)
ρ	: Yoğunluk, (kg/m^3)
A	: Alan, (m^2)
Q	: Enerji ihtiyacı, (kWh)
SGHF	: Güneşe bağlı ısı kazanç faktörü, (W/m^2)
Sd	: Su buharı difüzyonu eşdeğer hava tabakası kalınlığı, (m)
SdT	: Su buharı difüzyonu eşdeğer hava tabakası kalınlığı(kümülatif), (m)
m	: Su buharı difüzyon direnci katsayısı
Ps	: Doymuş buhar basıncı, (Pa)
P	: Yüzey doyma basıncı, (Pa)
Z	: Su buharı difüzyon direnci ($Pa \cdot s \cdot m^2/ng$)
H	: Bina özgül ısı kaybı (W/K)
HT	: İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
HV	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
V	: Hacim (m^3)
SC	: Gölgeleme katsayısı

Alt İndisler

I	: Isıtma
I,yıl	: Yıllık ısıtma
S	: Soğutma
D	: Duvar
T	: Tavan
V	: Havalandırma
t	: Taban
P	: Pencere
DG	: Derece gün
HK	: Hava Kaçağı, ($m^3/s \cdot m^2$)
Top	: Toplam
n	: Net
sol,t-n Δ	: t-n Δ zamanında stol-air değeri
i	:İç ortam
d	:Dış ortam

TS 825 2.DERECE GÜN BÖLGESİNDE YER ALAN İLLERİN, ISITMA VE SOĞUTMA DERECE GÜN BÖLGELERİNE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bina performansı değerlendirilmesinde konfor koşullarına göre enerji tüketiminin belirlenmesi önemli bir değişkendir. Enerji tasarrufu sağlanırken, iç ortam konforunun düşürülmemesi dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Enerji tasarrufu sağlamak için bina kabuğunda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, kimi zaman binanın nefes alamamasına ve bazen de istenmeyen kabuk katmanında oluşan kontrolsüz yoğuşmalar nedeniyle küf ve bakteri oluşumuna neden olur.

TS 825 standardı binalarda ısı yalıtım kuralları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının optimize edilmesine yönelik bir standarttır. TS 825 Standardı binaların enerji tüketimi ve nem transferi hesaplamalarını ısıtma derece gün bölgesine göre yapmaktadır. Standartta illere ait soğutma enerji tüketimi ve yaz şartlarında oluşacak yoğuşma özellikleri ile ilgili hesaplama yapılmıyor olması değerlendirilmesi gereken bir konudur. Ayrıca bina kabuğunda nem transferi ve yoğuşma konularının, aynı iklim bölgesinde yer alan iller için bile farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada aynı iklim bölgesinde bulunan illerde, soğutma enerji ihtiyacının önemi yapılan enerji performansı modellemesi yöntemleriyle ortaya koyulması hedeflenmiştir. Ayrıca güncel meteorolojik istasyon değerleri dikkate alınarak, nem transferi konusunda soğutma sezonunda oluşabilen olumsuz durumlara vurgu yapmak hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasında öncelikle, TS 825 standardına 2.derece gün iklim bölgesinde yer alan, birbirinden farklı ısıtmave soğutma derece gün sayılarına sahip olarak seçilmiş dört illin, mevcut bir konut binası üzerinden enerji tüketiminin değerlendirilmesi yapılmıştır. Isıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin etkinliği ortaya koyulmuştur. Sonrasında yine aynı standartta 2. derece gün bölgesi için bina kabuğu elemanlarından dış duvar ve çatı için tavsiye edilen ısıl geçirgenlik katsayısı değerlerine göre iyileştirilen binanın yeni durum için enerji performansı değerlendirilmesi yapılmıştır. Aydınlatma ve elektirli ekipmanların enerji tüketimleri de değerlendirilerek toplam enerji tüketimleri mevcut ve iyileştirilmiş durumlar için karşılaştırılmıştır. Son olarak da mevcut ve standarda uygun olarak revize edilen binada nem geçişi ve yoğuşma özellikleri incelenmiştir. Bu bilgiler ışığında çıkan sonuçlar tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Enerji tüketiminin hesabında ASHRAE Transfer Fonksiyonu Metodunu kullanan HAP 4.8 enerji modellemesi yazılımı kullanılmıştır. Nem transferi ASHRAE temel el kitabında yer alan yöntemle göre hesaplanmıştır.

COMPARISON OF HEATING AND COOLING DEGREE DAYS OF STATES IN 2ND DEGREE DAY IN TS 825

SUMMARY

Building energy consumption and energy efficiency issues become a key research subject related to increasing energy demand, depletion of the energy resources, increasing greenhouse gases and ozone layer depletion. In most countries leading USA and European countries started working on to decrease the energy demand. The building energy efficiency standards and regulations revised according to these updated issues.

In Turkey high percentage of energy demand is provided from fossil fuels. According to national energy and climate change action plan, the usage of primary energy sources are 30.9% natural gas, 31% coal, 28.8% petroleum, 4.4% biogas, 2.9% hydro, 1.2% geothermal, 0.4% solar and, 1.2% wind energy.

In building performance, analysing energy consumption considering thermal comfort is a key parameter. While working on energy efficiency, thermal comfort is another parameter that can not be dismissed. The insulation materials used in building envelope some times prevent the air diffusion of building and sometimes ensures undesired condensation in some layers of the envelope. This consists moisture and bacterial growth.

TS 825 involves thermal insulation requirements and annual heating energy performance optimization for buildings. The standard first revealed in 1999 for energy performance of buildings. The final revision is done in 2013. The method of the standard is grouping the cities according to heating degree days. All U values, outdoor design temperatures and base building heating load and energy consumptions are standardised according to these heating degree day zones. However standard does not include cooling issues. For cooling season, the standard neither includes cooling energy performance issues nor condensation issues. These are important issues for whole building simulations analysis. In TS 825, moisture transfer and condensation issues are evaluated in same way in the same degree day zones. This is another issue to pay attention carefully.

Energy consumption analysis and moisture transfer issues are based on heating degree day calculations in TS 825 standard. Cities which have different climate conditions are evaluated in same degree day zone. The only parameter is the proximity of the heating degree days. Cooling energy consumption, thermal comfort and condensation calculations in summer conditions are the unaddressed issues in the standard. This study targets the importance of cooling consumption and cooling energy efficiency in buildings. And also point out the moisture transfer and condensation issues in summer time.

In the second chapter of the study building energy performance design parameters have been informed. BEP TR and its methodology are explained.

In the third chapter of the study TS 825 degree day zones are explained. The division of the degree day zones are explained according to cities. The changing parameters according to degree day zones are informed.

In the fourth chapter of the study energy modelling and parameters are explained. The input and output datas are introduced. And finally the calculation methodology of the simulation tool and formulas are explained.

For the energy simulation in case study HAP 4.8 tool is used. HAP modelling tool is a ASHRAE Transfer Function based programme. Also uses ASHRAE energy modelling flow chart in calculation steps.

ASHRAE moisture calculation is used for moisture transfer and condensation analysis. Moisture transfer is dependent on many indoor and outdoor parameters such as water vapour from internal equipments, water leakage, rain carried by wind, water leakage from foundation and vapour transfer through building materials. All these parameters calculated according to ASHRAE fundamentals moisture calculations.

In this study energy consumption performance of a typical residential building is examined for cities which are referenced in 2. degree day zone in TS 825. The typical residential building has same envelope, facade and internal load parameters in all cities. The outdoor temperature and relative humidity conditions differences are the main comparison to discuss.

For energy consumption comparison, heating and cooling energy consumption performances are presented for all conditions. After that external wall and roof U-values were restored according to TS 825's recommendations about these components. According to these improvements cooling and heating energy consumption analysis is revised.

In TS 825 standard moisture transfer and condensation analysis are calculated according to heating degree day zones. Same outdoor temperature values are used for all cities in same zone. When using mean temperature values, examining critical condensation points become difficult. Therefore extreme temperature values from meteorological stations are used to calculate moisture transfer.

Although Istanbul, Rize, Diyarbakir and Muğla are in the same degree day zone according to TS 825, there are big differences about energy consumption and moisture transfer issues in these cities.

The improvement in building envelope according to TS 825 standard provides large energy efficiency both in heating and cooling in all design cities. It is seen that energy saving in heating reaches up to 70% and energy saving in cooling reaches up to 30%.

Energy consumption for cooling is as much as heating for buildings in hot climates. Cooling thermal comfort has become a must such as heating. Because of this energy consumption for cooling has to be examined carefully.

In the other hand it is seen that moisture transfer and condensation issues are deeply concerned with internal temperature and relative humidity in summer and winter conditions. It is a significant issue even though it is insulated according to TS 825 standard. In Istanbul, Rize and Diyarbakir 1 °C change for internal design temperature

causes to condensation. In these cities insulated wall pressure curves are in critical points even in insulated case.

In Istanbul and Rize, moisture transfer is an issue also to be analysed in cooling conditions. Insulation materials have high diffusion resistance properties sometimes blocks the moisture pass through walls. Therefore it can cause problems even in summer conditions which are not evaluated in TS 825 standart.

It is also concluded that moisture transfer analysis is only a must for heating conditions in such cities like Diyarbakır and Muğla in which relative humidity is low in summer time. Recommendations about moisture transfer in TS 825 standart is enough for providing condensation.

TS 825 standart is prepared according to heating energy consumption and winter time moisture transfer. The improvements in standart about building envelope does not include issues about cooling energy consumption reduction and summer time moisture. These are the issues have to be considered for whole building design.

The computer simulations which are ASHRAE Transfer Function Based HAP4.8 has been used for energy consumption. Moisture transfer and condensation is calculated according to ASHRAE fundamentals.

1. GİRİŞ

Binalarda enerji tüketimi ve enerji tasarrufu; artan enerji talebi, doğal kaynakların azalması, sera gazı emisyonunun artması ve ozon tabakasının incilmesi gibi sebeplerden ötürü önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Başta Amerika ve Avrupa Birliği ülkelerinde olmak üzere tüm dünyada bina enerji tüketiminin azaltılması, gündemde yer alan konulardandır. Bu doğrultuda bina enerji verimliliğini etkileyen faktörlerin dikkate alınması konusunda çeşitli direktifler oluşturulmuştur.

Enerji kullanımı değerlendirildiği zaman, ülkemizde enerji ihtiyacın büyük bir kısmını fosil yakıtlar karşılamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2013 yılı ulusal iklim değişikliği aksiyon planı değerlendirmesine göre, ülkemizde kullanılan birincil enerjinin %30,9'u doğalgaz, %31'i kömür, %28,8'i petrol, %4,4'ü biyoyakıt, %2,9'u hidroelektrik, %1,2'si jeotermal ısı, %0,4'ü güneş enerjisi ve %0,12'si rüzgar enerjisi kaynaklarından sağlanmaktadır [1].

Bu aksiyon planında ayrıca 2008 küresel krizinden sonra Türkiye'de enerji tüketim dengelerinde çeşitli değişiklikler görüldüğü ve enerji tüketiminde geçmişte lokomotif olan endüstrinin yerini binaların aldığı belirtilmiştir. Günümüzde bina sektörünün toplam enerji tüketiminin %37'lik bir kısmını temsil ettiği görülmektedir [1]. Bina enerji tüketiminin ölçümü ve değerlendirilmesi, bu sebeple günümüzde daha önemli bir hal almıştır. Bu süreçler doğrultusunda ülkemizde, bina enerji verimliliğinin gözetilmesi hakkında standartlar ve yönetmelikler düzenlenmiştir.

Ülkemizde ilk olarak 14 Haziran 1999 tarihinde resmi gazetede yayınlan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, 14 Haziran 2000 tarihinden sonra tüm inşai yapılar için mecburi standart haline gelmiştir [2]. Standart, sonrasında çeşitli revizyon ve tadilatlar görecer 18 Aralık 2013 tarihinde bugün kullandığımız son halini almıştır. Binalarda ısıtma performansı ve yıllık ısıtma enerjisi tüketimine odaklanan standart, yıllar içinde gerek derece gün bölge sayılarının artırılması

gerekse tavsiye edilen toplam ısı geçirgenlik katsayısı değerlerinin düşürülmesiyle gün geçtikçe iyileştirilen bir referansa dönüşmüştür [3].

Bu çalışmanın birinci bölümünde çalışmaya konu olan TS 825 standardı hakkında genel bilgi verilmiş, tezin oluşumu sırasında faydalanılmış referans kaynaklar ve çalışmalardan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde ülkemizde bina enerji tüketimi ve enerji performansı değerlendirmesi ile ilgili olan yönetmelik ve standartlar hakkında bilgi verilmiştir. Bina enerji performansı yönetmeliği ve TS 825 standardının referans gösterdiği standartlardan kısaca bahsedilmiş ve hesaplama yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde TS 825 standardının hesaplama yöntemi, standardın içerdiği derece gün bölgeleri değerlendirilmesi konuları değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde çalışmanın yönteminden bahsedilmiştir. Örnek çalışmanın ısıtma, soğutma ve tüm bina enerji tüketimlerinin hesaplanacağı yazılımın hesaplama metodolojisi ve takip ettiği parametreler incelenmiştir. Enerji modellemesinde kullanılacak girdiler detaylı olarak açıklanmış ve HAP simülasyon aracında kullanılan bazı örnek hesaplamalardan bahsedilmiştir. Nem transferi ve yoğuşma analizlerinde kullanılacak yöntem incelenmiştir ve hesaplama adımları tariflenmiştir.

Beşinci bölümde ise örnek çalışmanın girdileri bir önceki bölümdeki yöntemle göre girilmiş ve 2. bölgede yer alan illere göre ısıtma, soğutma ve tüm bina enerji tüketim değerleri ortaya koyulmuştur. Ayrıca TS 825 standardında önerilen iyileştirmelere göre dış duvar ve çatıda yapılan revizyonlar kapsamında enerji tüketim değerleri tekrar hesaplanmıştır.

Altıncı bölümde yapılan çalışmaların sonuçları yorumlanmış ve bir sonraki adımda yapılacak çalışmadan bahsedilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

TS 825 Standardı binaların enerji tüketimi ve nem transferi hesaplamalarını ısıtma derece gün bölgesine göre yapmaktadır [3]. Farklı iklim şartları barındıran illerin, aynı referans değerler üzerinden değerlendirilmesi söz konusudur. Ayrıca soğutma

enerji tüketimi, yaz aylarında ki ısı konfor ve bu aylarda oluşabilen yoğuşma durumu bu standartta değinilmeyen konulardır. Bu çalışmada aynı iklim bölgesinde bulunan illerde, soğutma enerji ihtiyacının ve kabuktaki katmanlar arasında oluşabilecek yoğuşmanın öneminin ortaya koyulması hedeflenmiştir. Buna göre, seçilen örnek bir binanın modellenmesi ve enerji performans analizi yapılarak binanın enerji ihtiyaç profili farklı illere göre hesaplanmıştır. Ayrıca güncel meteorolojik istasyon değerleri dikkate alınarak, nem transferi konusunda soğutma sezonunda oluşabilen olumsuz durumlara vurgu yapmak hedeflenmiştir.

1.2 Literatür İncelemesi

Literatürde Türkiye’de yer alan bina enerji verimliliği ve enerji modellenmesi ile ilgili birçok kaynak ve çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda genellikle ülkemizde kullanılan mevcut standartlara göre bina enerji tüketim hedefleri incelenmiştir. Hesaplama metodolojisi olarak kullanılan enerji modellenmesi yönteminin tüm bina enerji modellemeleri ile karşılaştırması ve ısıtma derece gün bölgelerine göre hesaplamaları yapılmıştır. Yapılmış olan çalışmaların sonuçları kendilerinden sonraki çalışmalara yol gösterici niteliktedir. Bu alanda yayınlanan ve bu tez çalışmasında da yararlanılan makaleler içerikleri ile birlikte aşağıda yer almaktadır;

Yılmaz ve diğ. (2011), “*Kompleks Binaların Enerji Sertifikasyonu Açısından Analizleri: Standart ve Detaylı Simülasyon Araçlarının Karşılaştırılması*” adlı makalede yarı dinamik bir simülasyon yöntemi kullanan BEP TR hesaplama yöntemi, dinamik bir simülasyon aracı olan “Energy Plus” bütüncül bina analiz programı metodolojisiyle karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bir hastane ameliyathanesinin sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada, BEP TR hesaplama yönteminde alınan sonuçların hata payının bina yapısı karmaşıklıkla arttığı sonucu ortaya koyulmuştur [4].

Esiyok (2006), “*Energy Consumption and Thermal Performance of Typical Residential Buildings In Turkey*” adlı doktora tezi çalışmasında Türkiye’de bulunan dört tipik konut binası TRNYSYS simülasyon programı kullanılarak ısı konfor ve enerji tüketimi açısından karşılaştırılmıştır. Farklı iklim bölgeleri için ön görülmüş üç

prefabrik yapının, geleneksel yöntemler ile tasarlanmış bina ile karşılaştırıldığı çalışmada; geleneksel binaların yeni enerji verimliliği stratejileriyle ısıtma ve soğutma da %50-80 arası tasarruf sağlayabildiği sonucu ortaya koyulmuştur. Bunun da Türkiye de yer alan enerji tasarrufu yaptırımı olan kurumların havalandırma oranları yalıtım kalınlığı, pencere sistemi tipi, bina yönlendirmesi ve gölgelendirme elemanları gibi parametreler ile ilgili yapacağı düzenlemeler ile oluşabileceğini savunulmuştur [5].

Dilmac ve Keskin (2002), “*A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standart (TS825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation*” isimli makalesinde TS 825 standardı ISO 9164, EN 832 ve Alman standartlarıyla karşılaştırılmış; aralarındaki farklar üç farklı bina tipi için uygulanarak ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak standartların hesaplama yöntemlerinde kabul edilebilir iklim verileri, iç ısı yükleri hesabı, güneş ısı kazançları hesabı ve kabul edilebilir iç hava değişim sayıları konularında farklılıklar olduğu sonucuna varılmıştır [6].

Aksoy ve Ekici (2013), “*TS825 İklimsel Verilerinin Farklı Derece Gün Bölgeleri İçin Uygunluğunun Değerlendirilmesi*” isimli makalesinde TS 825’de bulunan gün ışınımı şiddetleri ve dış sıcaklık verilerinin kullanımı incelenmiştir. Çalışmada dört ayrı iklim bölgesinde seçilen illere ait gün ışınımı şiddetleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen veriler doğrultusunda bilgisayar programı ile hazırlanmış bir yıllık süre için saatlik güneş ışınımı değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak Standartta enlem ve yükseklikler göz ardı edilerek belirlenen bu değerlerde, aynı iklim bölgesindeki illerde farklılıklar olduğu ve ayrıca TS 825 iklim verileri ile elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının, hesaplanandan %13,73 ile %27,65 arasında fazla olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır [7].

Dağsöz ve Bayraktar (1996), “*Türkiye’de derece-gün sayıları ve Enerji politikamız*” isimli çalışmada Türkiye’de yer alan iklim bölgeleri ve derece-gün sayıları değerlendirilmiştir. Konuyla ilgili yönetmelikte öncelikli olarak dış duvarların iç yüzeylerinde oluşan yoğuşmanın kontrolünün hedeflediğini ancak örnek çalışmada verilen İstanbul, Ankara, Erzurum ve Kars illerinden sadece İstanbul için bu durumun sağlandığı belirtilmiştir. Bunun sebebinin yönetmelikte yer alan iklim

bölgesi sayısının az olması ve derece gün sayılarının en küçük ve en büyük değerleri arasındaki farkların büyük olması olarak belirtilmiştir [8].

Bayram ve Yeşilata (2009), “*Isıtma ve Soğutma Derece Gün Sayılarının Entegrasyonu*” isimli bildirisinde Türkiye’de derece gün bölgeleri ısıtma ve soğutma için karşılaştırılmış ve TS 825 standardında yer alan yalıtım kalınlıkları değerlendirilmiştir. Çalışmada 1. İklim bölgesinde yer alan Cizre ve İskenderun haricinde tüm illerin soğutma sezonunda standartta önerilen yalıtım kalınlığı değerlerinin yeterli olduğu kanısına varılmıştır. Ancak güneş ışınımı ve nem dengesi etkisi dikkate alınmamıştır. Ayrıca CDD için denge sıcaklığının yüksek olduğu, bu değer düşürüldüğü zaman öngörülen yalıtım kalınlığı değerlerinin yetersiz olup iklim bölgesi sayısının artırılması gerekliliğinin oluşabileceği belirtilmiştir [9].

Özel ve Pıhtılı (2008), “*Determination Of Optimum Insulation Thickness By Using Heating and Cooling Degree-Day Values*” isimli makalesinde ısıtma ve soğutma derece gün sayılarına göre beş ilde dış duvar ısı yalıtım kalınlığı değerleri ve geri ödeme süreleri değerlendirilmiştir. Isıtma derece gün sayısı yüksek illerde tasarrufun daha fazla olduğu görülürken ısıtma derece gün sayısı az olan illerde bu tasarrufun daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ısıtma ve soğutma derece gün sayılarının ikisinin de yüksek olduğu illerde ısıtma ve soğutma derece gün sayılarına göre hesap yapılması gerektiği belirtilmiştir [10].

Büyükalaca ve diğ. (2001), “*Analysis Of Variable-Base Heating and Cooling Degree-Days For Turkey*” isimli çalışmada ısıtma derece gün sayısı hesabı için 14-22 °C ve soğutma derece gün sayısı hesabı için 18-28 °C sıcaklık aralığında toplam on farklı değer kullanılmıştır. Bu değişkenlere göre derece gün sayıları ortaya koyulmuştur. Ayrıca Türkiye’de kuzey doğu ve iç bölgelerde ısıtma enerji ihtiyacı yüksek çıkarken, soğutma enerjisi ihtiyacının çok az olduğu veya olmadığı sonucuna varılmıştır [11].

Kiper (2009), “*Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından İncelenmesi*” isimli çalışmasında ısı yalıtım malzemelerinin genel özellikleri, enerji korunumu açısından değerlendirilmesi, uygulamaları ve TS 825 hesaplama yöntemine göre örnek bir

uygulamada gerekli olan ısı yalıtım kalınlığı değerlendirmesi ve maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırıldığında en iyi malzemenin vakum yalıtım panelleri olduğu belirtilmiştir. Yangın tehlikesi yüksek binalarda ise anorganik esaslı malzemelerin kullanılması önerilmiştir. Maliyet açısından değerlendirildiğinde ise taş yününün mevcutta kullanılan malzemeler arasında en pahalısı olduğu ve bu malzemeyi sırasıyla XPS, EPS ve gaz beton ısı yalıtım plakalarının izlediği sonucu ortaya koyulmuştur [12].

Al-Hadrami (2013), “*Comprehensive Review Of Cooling and Heating Degree Days Characteristics Over Kingdom Of Saudi Arabia*” isimli çalışmada Suudi Arabistan’da yer alan şehirlerde uzun yıllara ait meteorolojik iklim verilerine göre ısıtma ve soğutma derece gün bölgeleri tespit edilmiş ve iklimlendirmeye örnek olacak haritalar ortaya koyulmuştur [13].

Sisman ve diğ. (2007), “*Determination Of Optimum Insulation Thickenss Of The External Walls and Roof (Ceiling) From Turkey’s Different Degree-Day Regions*” isimli çalışmada TS 825 standardında yer alan iklim bölgelerinde yer alan binalarda ısıtma ihtiyacı değerlerinin çok farklılık gösterdiği ve bu bölgeler için ayrı yalıtım kalınlıkları değerleri ortaya koyulması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada ısıtma derece gün sayıları farklı iller için N yıllık bir ömür süresi için yalıtım kalınlığı optimizasyonu üzerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak ise ısıtma derece gün sayısı arttıkça optimum ısı yalıtım kalınlığında artma olduğu ayrıca geri ödeme süresinin de düştüğü görülmüştür [14].

Heperkan ve diğ. (2001) “*Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma*” isimli çalışmada temel olarak yapı malzemesinde oluşan yoğuşma sebepleri ve neden olabileceği sorunlar üzerinde durulmuştur. Yoğuşmanın oluşabileceği şartların tahlil edilmesi adına geliştirilmiş olan bir bilgisayar programı incelenmiştir. Bu bilgisayar program ile sekiz farklı malzeme kullanarak oluşturulmuş bir yapı katmanının ısı ve buhar geçişi hesaplanıp yoğuşma şartları değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yoğuşmanın başladığı nokta net bir şekilde belirlenebilirken, sonraki noktalar için çizilen basınç eğrilerinin kesinliliği olmadığı sonucuna varılmıştır [15].

İlgin (2009) “*Bina duvarlarına uygulanan yalıtımın yoğuşmaya etkisinin araştırılması*” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında TS 825 standardı esas alınarak farklı derece gün bölgelerinde bulunan iller için yoğuşma analizi MATLAB programı yardımı ile yapılmıştır. Yalıtım malzemesi toplam kalınlığı eşit olacak şekilde, bütün ve eşit parçalar halinde farklı katmanlarda kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda içten yalıtımlı duvar da yoğuşmanın risk teşkil eder seviyede oluşabildiği görülmüştür. Dıştan yapılan yalıtımda ise bu riskin en az olduğu ve yıl içinde buharlaşmanın yüksek olması sebebiyle risk teşkil etmediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışma sonucunda yaz aylarında referans alınan illerin hiç birinde yoğuşma oluşmadığı sonucuna varılmıştır [16].

Alan (2010) “*Su buharı difüzyonu ve ısı yalıtım malzemelerinin buhar geçirgenlikleri üzerine deneysel bir çalışma*” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında malzemelerin nem geçirgenlik özellikleri incelenmiş ve ilgili standartlar ışığında deneysel olarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Örnek olarak seçilen iki malzemedeki yalıtım kalınlığının yanı sıra malzeme ısıl direncine yoğunluğun etkisi incelenmiştir. Ayrıca bu iki malzemedeki buhar difüzyon direnci yüksek olan malzemenin binanın nefes alabilirliğine olumsuz etkisi ortaya konulmuştur [17].

2. MEVCUT BİNA ENERJİ PERFORMANS TASARIM KOŞULLARI

Bu bölümde ülkemizde yer alan bina enerji performansı ile ilgili yönetmelikler, kanunlar, standartlar ve bu standartlarda yer alan hesaplama yöntemleri ele alınmıştır. İlk olarak yarı dinamik bir bina enerji performansı değerlendirme aracı olan BEP TR ve referans aldığı standartlar anlatılmıştır. Sonrasında ise BEP TR'nin referans gösterdiği standartlardan olan TS 825 anlatılarak hesaplama metodolojisine kısaca değinilmiştir.

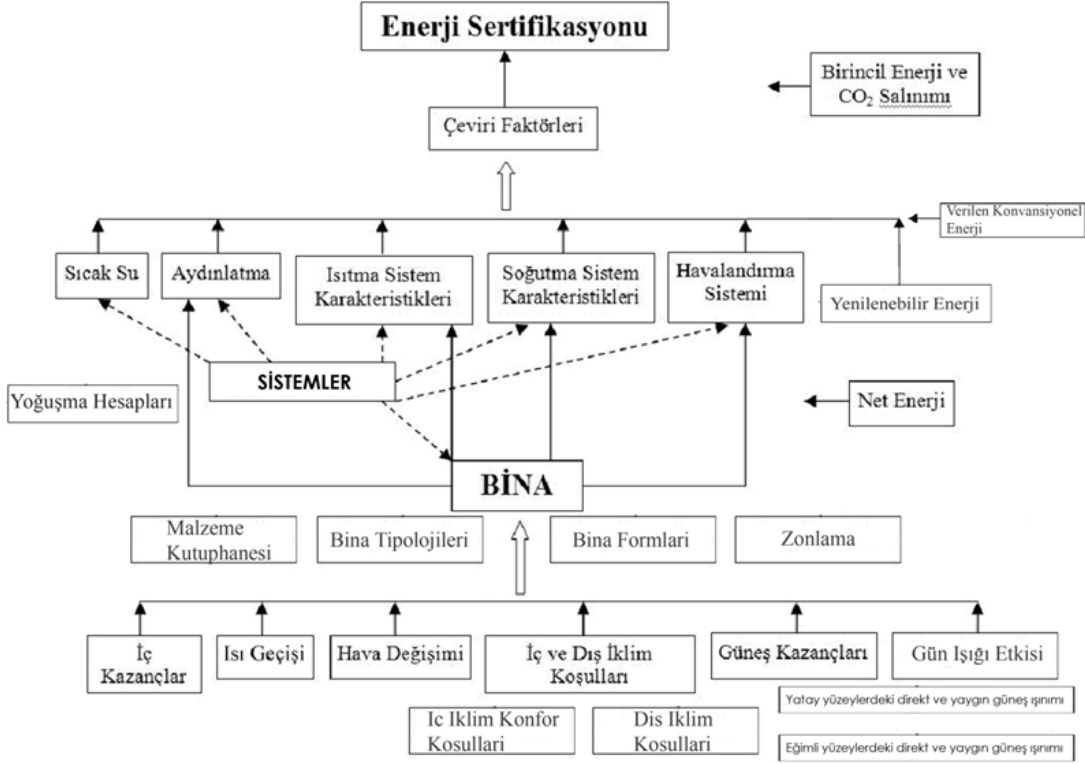
2.1 BEP TR'NİN Genel Tanımlanması

Binalarda enerji performansı yönetmeliği Avrupa Birliği'nin 2002/91/EC Çerçeve Direktifi ve 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu doğrultusunda 05 Aralık 2008 yılında hazırlanmıştır [18]. Yönetmeliğin amacı, yönetmeliğin madde 1' inde ifade edildiği şekliyle dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğini değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir [18].

2.1.1 BEP TR Hesaplama Yöntemi

Binalarda enerji performansı yönetmeliğinde işaret edilen bina enerji sınıfının tayini, BEP hesaplama yöntemi adıyla geliştirilen online bir ara yüz sayesinde mümkün kılınmıştır [19]. BEP hesaplama yöntemi; binaların enerji verimliliğinin değerlendirilmesi, enerji tüketimine etki eden tüm parametreleri gözeterak enerji sınıfının belirlenmesi için geliştirilmiştir. BEP TR hesap akış şeması Şekil 2.1'de

verilmiştir. Bu şemada girdiler olan dış ortam ve iç ortam faktörleri, bina yapı bilgileriyle birleşip simülasyon sonucu ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma çıktı değerlerine temsil edilmektedir.



Şekil 2.1: BEP TR hesap akış şeması [19].

BEP TR bina enerji performansı hesaplama yöntemi, konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret binaları gibi mevcut ve yeni binaların enerji performansı değerlendirmelerinde kullanılabilir. Bina enerji performansı, ısıtma ve soğutma için net enerji tüketimi, havalandırma için harcanan enerji tüketimi, aydınlatma enerji tüketimi, kullanım sıcak suyunun enerji tüketiminin hesaplanması ile bulunur [19].

Bina enerji performansı hesabında değerlendirilen parametreler şu şekildedir;

- İç ve dış iklim koşulları
- Hava değişimi
- Güneş kazançları

- İç kazançlar
- Isı geçişi
- Hava değişimi
- Gün ışığı etkisi
- Sıcak su
- Aydınlatma sistemi karakteristiği
- Isıtma sistemi karakteristiği
- Soğutma sistemi karakteristiği
- Havalandırma sistemi
- Yenilenebilir enerji

BEP TR hesaplama yöntemi saatlik yarı dinamik basitleştirilmiş bir enerji performansı hesaplama algoritmasına sahiptir [20].

Bu yöntem karmaşık yapılarda ve ısı bölgelerinin ayrı ayrı hesaplanması söz konusu olan yapılarda varsayımların artmasına ve sonuçlarda sapmalara sebep olabilmektedir. Her bölge için parametrelerin (aydınlatma, elektrikli ekipmanlar, kişi sayıları, kullanıcı profilleri vb.) farklılık göstermesi bu sapmalara neden olan sebeplerdendir. Ayrıca bağlı kalınan standartların ilgili bina tipi kapsamı altında yeterince detaylı olmaması durumu varsayımların artmasına neden olur [4].

Bütüncül bina enerji performansı araçları, simülasyon için saatlik dinamik analiz yöntemlerini kullanır. Bu konu ile ilgili detaylar ileriki bölümlerde verilecektir. Bu araçlar ile enerji performansı hesabı için gerekli olan her parametre bütün bölgeler için ayrı ayrı hesaplanabilir olduğundan gerçeğe yakınsama oranları çok daha yüksektir [4]. Simülasyon iklim değerlerinin detaylı ve farklı standartlardan referans alınabilmesi durumu doğru sonuca yakınsama oranını artıran diğer bir önemli parametredir.

2.1.2 Standartlar

BEP hesaplama yönteminde referans alınan standart ve kaynaklar şu şekildedir:

- **EN 13790 - Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling**

Bu standart, konutlar ve diğer binalar için basit yıllık ısıtma ve soğutma enerjisinin hesaplanma metodolojisini içerir. Hesaplamanın yapılması için bir binanın tümünün veya binanın sadece bir bölümünün tanımlanması yeterlidir. Standart, doğrudan ısıtma ihtiyacına odaklandığından, ısıtma sezonu sonrası soğutma yapılan binalarda toplam enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılması uygun değildir.

- **EN 13789 - Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method**

Bu standart, kararlı bir halde olan bina ve bina bölümlerinde iletim ve havalandırma ile oluşan ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplanması metodolojisini içerir. Standartta ısı kaybı ve ısı kazancı oluşan durumların ikisinde de hesaplama yapılabilir. Uluslararası standardın metodolojisinden dolayı iklimlendirilmiş odanın sıcaklığı uniform kabul edilir.

- **EN15251 - Indoor environment criteria for design and calculation of energy performance of buildings**

Bu standart, binalarda iç mekan kalitesi, bölgelere ve mekanlara göre ısı konfor bölgelerinin oluşturulması, aydınlatma gibi parametrelerin bina enerji tüketimine etkisinin hesaplanması metodolojisini içerir. Standart,

- hesaplama ve ölçümlerin iç mekan kalitesine uzun vadeli etkilerini,
- sistemin kontrol edilmesi sırasında uyulması gereken parametreleri,
- mevcut binalarda izleme yapılabilmesi için gereken parametreleri,
- endüstriyel binalar haricinde iç mekan kalitesinin proses ve üretimden bağımsız, insan kullanımına bağlı olması durumunda kullanılacak parametreleri tanımlar.

Bu sayede standart: konut, ofis, eğitim binası, otel, restoran, spor merkezi, mağaza ve diğer satış alanları gibi bina tipleri için de kullanılabilir.

-Standart, tasarım metotlarını doğrudan içermez ancak ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri için tasarım girdi parametrelerini tanımlar.

-Standart, radyant sıcaklık asimetrisi, dikeyde oluşan hava sıcaklığı farklılıklarını ve zemin yüzey sıcaklık değerleri kriterlerini içermez.

- **TS 825 – Binalarda Isı Yalıtım Kuralları**

Binanın ısıtma sezonunda toplam enerji tüketimi, yapı malzemelerinin ısı özellikleri ve yoğuşma şartlarının hesaplanması hedeflenir. Standart ile ilgili detaylar bir sonraki bölümde “TS 825” başlığı altında verilecektir.

- **EN ISO 14683 Thermal bridges in building construction- Linear thermal transmittance- Simplified Methods and default value**

Binalarda oluşan ısı köprülerinin lineer ısı geçirgenlik metodu ile hesaplanıp bina toplam ısı performansına etkisinin belirlenmesi hedeflenir.

- **EN 10456 - Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values**

Standart, binalarda kullanılan homojen yapıdaki malzemelerin termofiziksel özelliklerinin hesapları ve değerlendirmelerini içerir. -30°C’den +60°C’ye kadar olan sıcaklıklarda farklı özellikler gösterme durumlarının değerlendirilmesini olası kılar. Nem, yoğuşma ve sıcaklık ile ilgili katsayı dönüşümlerinin 0°C ve 30°C arasında tanımlanmasını sağlar. Ayrıca özellikle binalarda kullanılan homojen malzemelerin ısı ve nem iletim hesaplarını çizelge formatında içerir.

- **BR 443 - Conventions for U-value calculations**

Binalarda kullanılan yapı malzemelerinin toplam ısı geçirgenlik katsayı değeri (U değeri) hesaplanması hedeflenir.

- **TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları**

Binalarda pik ısıtma yükünün hesabı, birincil devre, ikincil devre ve yardımcı elemanların seçilmesi, borulama hesaplarının yapılması hedeflenir.

- **DIN 18599 - Energy efficiency of buildings - Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting**

Bu standart, binalarda ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılacak enerji ihtiyacının hesaplanması metodolojisini içerir. Hesaplamalar binanın bütünü veya özel olarak seçilecek bir bölgesinin ihtiyacına göre yapılır. Bölge tanımı DIN V 18599-1’de belirtilmiştir. DIN V 18599-10 bölgelerdeki sınır koşullarını, oda sıcaklığı, iç yükler, aydınlatma ve hava değişim ihtiyaçlarına ve oda kullanımlarına göre tanımlar.

- **EN 13370 - Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods**

ISO 13770:2007 standardı, binada toprak ile temas eden yapı elemanlarının (bodrum, zemin döşemeleri dahil) ısı geçirgenlik katsayıları ve ısı akılarının hesaplanması metodolojisini içerir.

- **2005 ASHRAE - Fundamentals Handbook**

ASHRAE standardının temellerini içeren kitap ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerini temel prensipleri ve hesaplama metodolojilerini içerir.

- **EN 60598 – Luminaires**

Standart, besleme gerilimi 1000V’ye kadar olan aydınlatma elemanları ve elektrikli ışık kaynakları ile ilgili genel bilgileri ve işletme ihtiyaçlarını içerir.

- **EN 60570 – Electrical supply track system for luminaires**

Standart, aydınlatma armatürlerinin, iki veya daha çok başlıklı ray sistemlerinin elektriksel beslemeleri ile ilgili detayları içerir.

- **EN 12464-1 – Light and lighting – Lighting of work places – part1: Indoor work places**

Standart, iç mekan çalışma alanları için aydınlatma çözümleri ve bunlarla ilgili tasarım kriterlerini içerir. Aynı zamanda öneri olarak uygulamalar yer almaktadır.

- **EN 13032-1 – Lighting applications – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – part1: Measurement and file format**

Standart, aydınlatma uygulamaları için gerekli armatürlerin temel fotometrik verilerinin hesaplanması ve hazırlanması metodolojisini içerir. Elektronik data transferinde kullanılan CEN formatına göre temel fotometrik data hesaplarına dair standartları içerir. Birkaç bölümden oluşan standardın bu ilk bölümü temel fotometri hesabı ve dosya formatını içerir. Diğer bölümler uygulamaya yönelik lamba ve aydınlatma armatürlerini konu alır.

- **EN 15193 – Energy performance of buildings – energy requirements for lighting**

Standart, iç mekan aydınlatması ile ilgili enerji tüketim ihtiyacı hesaplama metodolojisini içerir. Standart mevcut binalar, yeni binalar ve yenilenen binalar için kullanılabilir. Ayrıca standart, referans bina aydınlatma enerji tüketim değerleriyle karşılaştırma yapabilmeyi olanak sağlar. Standart, binaları ofis binaları, eğitim binaları, hastane, otel, restoran, spor binaları ve satış alanları olarak ayırır.

2.2 TS 825'in Genel Tanımlanması

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ilk olarak, 14 Haziran 1999 tarihinde resmi gazetede yayınlanmış olup, 14 Haziran 2000 tarihinden sonra ise tüm inşai yapılar için mecburi standart haline gelmiştir [2]. Standart, ileriki yıllarda çeşitli revizyon ve tadilatlar görerek 18 Aralık 2013 tarihinde bugün kullandığımız son halini almıştır.

Bu standart, binalarda oluşan net ısıtma ihtiyacının hesaplanması, binalarda kullanılacak yapı malzemelerinin ısı iletim özellikleri ve yoğuşma değerlerinin hesaplanması ve bunların sonucunda izin verilen en yüksek ısıtma enerjisi değerlendirilmesine göre binanın tanımlanması aşamalarından oluşur [3].

Standart net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının hesaplanması ve binalarda izin verilen en yüksek ısıtma enerjisi kayıp değerlerinin belirtilmesi konusunu ele alır. Bunun yanında ısıtma ve soğutma için gerekli enerji ihtiyacının hesaplanması için TS EN ISO 13790 standardını referans gösterir [3].

Standart, yeni inşa edilen binaların tamamını, mevcut binalarda ise büyük ölçekli tadilat gören binaları kapsar. Standart, fonksiyonellik açısından şu binalarda uygulanır:

- Konutlar,
- Yönetim binaları,
- İş ve hizmet binaları,
- Otel, motel ve lokantalar,
- Öğretim binaları,
- Tiyatro ve konser salonları,
- Kışlalar,
- Ceza ve tutuk evleri,
- Müze ve galeriler,
- Hava limanları,
- Hastaneler,
- Kapalı yüzme havuzları,
- İmalat ve atölye mahalleri,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15 °C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binaları,

Yukarıda belirtilen amaçların birkaçına yönelik olarak veya bunlara benzer amaçlarla ortak kullanılan binalar [3].

TS 825 hesaplama yöntemi birçok yapı ve enerji ile ilgili standarda atıfta bulunsa da en temel olarak aşağıdaki standartlardan faydalanır:

- **TS 64-2 EN 622- 2:2005** - Lif levhalar - Özellikler – Bölüm 2: Sert levhaların özellikleri
- **TS 64-3 EN 622-3:2005** - Lif Levhalar - Özellikler - Bölüm 3: Orta sert levhaların özellikleri
- **TS EN 771-3:2011** - Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 3: Beton kâgir birimler (Yoğun ve hafif agregalı)
- **TS 500:2000** - Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
- **TS 1047:1982** - Kontrtablalar-Genel amaçlar için - Soyma plakalı
- **TS EN 520+A1** - Alçı levhalar - Tarifler, gerekler ve deney yöntemleri
- **TS 2164:1983** - Kalorifer tesisatı projelendirme kuralları
- **TS 2902:1990** - Sırlı tuğlalar
- **TS 3234:1978** – Bims beton yapım kuralları, karışım hesabı ve deney metotları
- **TS 3482:1988** - Yonga levhaları - Dik yongalı
- **TS 3649:1982** - Perlitli ısı yalıtımı betonu – Yapım - Uygulama kuralları ve deney metodları
- **TS EN 771-1:2012** - Kâgir birimler – Özellikler - Bölüm 1: Kil kâgir birimler (tuğlalar)
- **TS 10981:1993** - Plastikler - Sert köpük plastikler - Binaların ısı yalıtımı için püskürtmeyle uygulanan poliüretan köpük
- **TS EN 12859: 2011** - Alçı bloklar - Tarifler, gerekler ve deney yöntemleri
- **TS EN 771-2:2011** - Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 2: Kireç kumtaşı kâgir birimler
- **TS EN 13162: 2010** - Isı yalıtım ürünleri – Binalarda kullanılan – Fabrika yapımı mineral yün (MW) ürünler – Özellikler

- **TS EN 13170: 2010** - Isı Yalıtım Mamülleri - Binalar için - Fabrika yapımı geliştirilmiş meşe mantarı levhaları (ICB) – Özellikler
- **TS 1114 EN 13055-1:2004** - Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için
- **TS 4645 EN 636:2005** - Kontrplâk – Özellikler
- **TS EN 13163: 2002** - Isı yalıtım mamulleri - Binalar için - Fabrikasyon olarak imâl edilen mamuller - Genleştirilmiş polistiren (EPS) - Özellikler
- **TS EN 13164: 2010** - Isı yalıtım mamulleri - Binalar için - Fabrikasyon olarak ekstrüzyonla imal edilen polistiren köpük (XPS) – Özellikler
- **TS EN 520+A1: 2010** - Alçı levhalar - Tarifler, gerekler ve deney yöntemleri
- **TS EN 309:2008** - Yonga levhalar - Tarif ve sınıflandırma
- **TS EN 771-4:2011** - Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 4: Gazbeton kâgir birimler
- **TS EN 998-1:2011** - Kâgir harcı - Özellikler - Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı
- **TS EN 998-2:2011** - Kâgir harcı - Özellikler - Bölüm 2: Kâgir harcı
- **TS EN 12088: 2002** - Isı yalıtım Malzemeleri - Binalar için - Daldırma metoduyla uzun süreli difüzyona bağlı su absorpsiyonunun tayini
- **TS EN 12086: 2002** - Isı yalıtım malzemeleri - Isı yalıtım malzemeleri - Binalar için - su buharı geçirgenlik özelliklerinin tayini
- **TS EN ISO 12572: 2001** - Binalarda kullanılan malzemelerin ve ürünlerin higrotermal performansı – Su buharı aktarımı özelliklerinin belirlenmesi
- **TS EN ISO 10211: 2009** - Bina yapılarında ısıl köprüler – Isı akışları ve yüzey sıcaklıkları – Ayrıntılı hesaplama yöntemleri
- **TS EN ISO 14683: 2009** - Bina inşaatı - Isıl köprüler - Lineer ısıl geçirgenlik - Basitleştirilmiş metot ve hatasız değerler
- **TS EN ISO 6946: 2012** - Yapı bileşenleri ve yapı elemanları – Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik – Hesaplama yöntemi
- **TS EN ISO 13790** - Binaların enerji performansı – Mekân ısıtması ve soğutulması için enerji kullanımının hesaplanması

- **TS EN 12369-1: 2005** - Ahşap esaslı levhalar - Yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler - Bölüm 1: OSB, yonga levhalar ve lif levhalar
- **TS EN 13165: 2010** - Isı yalıtım mamulleri - Binalar için - Fabrikasyon olarak imal edilen sert poliüretan köpük (PUR)-Özellikler
- **TS EN 13167: 2010** - Isı yalıtım ürünleri – Binalarda kullanılan - Fabrika yapımı cam yünü ürünleri – Özellikler
- **TS EN 13168: 2010** - Isı yalıtım mamulleri - Binalarda kullanılan - Fabrika yapımı rende yongası (WW) mamulleri – Özellikler
- **TS EN 13171: 2010** - Isı yalıtım mamulleri – Binalarda kullanılan - Fabrika yapımı odun lifli (WF) mamuller – Özellikler
- **TS EN 771-1:2012** - Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 1: Kil kâgir birimler (tuğlalar)
- **TS EN 771-3:2011** - Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 3: Beton kâgir birimler (Yoğun ve hafif agregalı)
- **TS EN 14316-1: 2006** - Isı yalıtım malzemeleri - Binalar için - Genleştirilmiş perlitten (EP) yerinde yapılan ısı yalıtımı - Bölüm 1: Bağlı ve gevşek dolgulu malzemelerin yerleştirilme öncesi özellikleri
- **TS EN 13169: 2010** - Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Genleştirilmiş perlitten fabrikada imâl edilmiş mamuller (epb) – Özellikler

3. TS 825 BÖLGE PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde TS 825 standardında yer alan yıllık ısı ihtiyacı hesap metodolojisi ve bu hesaplamada kullanılacak dış sıcaklık değerleri ve illerin bulunduğu derece gün bölgeleri anlatılacaktır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{1,yıl}$), ısıtma sisteminde ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır [3]. TS 825 hesaplaması derece gün hesabının basitleştirilmesine dayanır. Derece gün hesabında her gün için farklı alınan değerler, derece gün bölgelerine indirgenip aylık ve sezonluk ortalama değerler belirlenerek hesaplanır [21].

Yıllık ısıtma enerjisi hesabında öncelikle binadaki dış duvar, pencere, tavan, taban/döşeme, dış ortamla temas eden döşeme alanı vb. alanlar hesaplanır. Daha sonra yapı elemanlarının ayrı ayrı U değerleri hesaplanır. Ayrıca elemanlarda yoğuşma olmayacak ve ısı köprüsü meydana gelmeyecek şekilde tedbirlerin alındığı kabul edilir [3]. Yapı bileşenlerinin derece gün bölgelerine göre üst limit değerleri belirlenmiştir. Bu değerler zorunlu olmamakla beraber tavsiye edilen değerlerdir. Çizelge 3.1'de bölgelere göre dış duvar, çatı, döşeme ve pencereler için en fazla olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1: Bölgelere göre tavsiye edilen U değerleri (TS 825 2013) [3].

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P (W/m ² K)
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

U_D = Dış hava temaslı duvar toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m².K)

U_T = Tavan toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m².K)

U_t = Döşeme toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)

U_p = Pencere ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)

Binada havalandırma ile olan kayıplar mekanik veya doğal havalandırma olması durumuna göre hesaplanır. Bina özgül ısı kaybı (H) bina iç ve dış ortam arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda, binanın dış kabuğundan iletim, havalandırma ve ışıınım yoluyla kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Binada iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı HT ile havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı HV'nin toplanmasıyla bina özgül ısı kaybı hesaplanır [3].

Bina kullanım tipine göre ısı kazançları belirlenir. Bunun yanı sıra gölgeleme faktörü esas alınarak güneş enerjisi kazançları hesaplanır.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standartlarda uygunluğu kontrol edilir. Hesaplanan değer Çizelge 3.2'de Türkiye derece gün bölgelerinden, en büyük ve en küçük $A_n/V_{brüt}$ oranlarına göre ısıtma enerjisi değerine göre kontrolü sağlanır.

Çizelge 3.2: En büyük ve en küçük $A_n/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değeri (TS 825 2013) [3].

		$A/V < 0,2$ için	$A/V > 1,05$ için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	13,8	44,9	kWh/m ² .yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	4,4	14,4	kWh/m ³ .yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	28,5	82,3	kWh/m ² .yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	9,1	26,3	kWh/m ³ .yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	38,4	100,9	kWh/m ² .yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	12,3	32,3	kWh/m ³ .yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	50,4	122,3	kWh/m ² .yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	16	38,8	kWh/m ³ .yıl
5. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	62,8	148,2	kWh/m ² .yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	20	47,4	kWh/m ³ .yıl

A_n = Bina kullanım alanı (m²)

$V_{brüt}$ = Binanın ısıtılan brüt hacmi(m³)

Ayrıca hesaplanan yıllık ısıtma enerji ihtiyacı değerinin referans bina yıllık ısıtma enerjisi değerinden küçük olması gerekmektedir. Karşılaştırma amacıyla derece gün bölgelerine, alan ve hacim ile ilişkisine bağlı olarak referans bina yıllık ısıtma ihtiyacı hesaplanır. Çizelge 3.3'te derece gün bölgelerine ve $A_n/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak referans bina yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanması ile ilgili tablo verilmiştir.

Çizelge 3.3: Bölgelere ve $A_n/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak Q 'nun hesaplanması (TS 825 2013) [3].

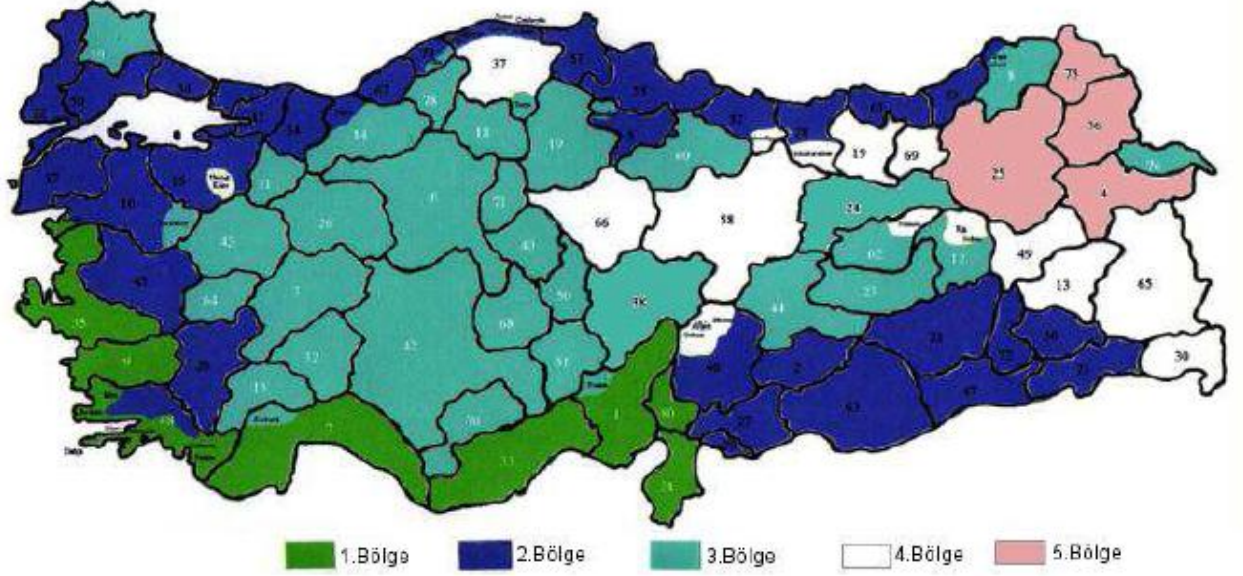
1. Bölge	An ile ilişkili	$Q'_{1,DG} = 36,7$	$x A/V$	$+ 6,0$	[kWh/m ² , yıl]
	Vbrüt ile ilişkili	$Q'_{1,DG} = 11,9$	$x A/V$	$+ 1,9$	[kWh/m ³ , yıl]
2. Bölge	An ile ilişkili	$Q'_{2,DG} = 63,7$	$x A/V$	$+ 14,9$	[kWh/m ² , yıl]
	Vbrüt ile ilişkili	$Q'_{2,DG} = 20,3$	$x A/V$	$+ 4,7$	[kWh/m ³ , yıl]
3. Bölge	An ile ilişkili	$Q'_{3,DG} = 74,2$	$x A/V$	$+ 22,4$	[kWh/m ² , yıl]
	Vbrüt ile ilişkili	$Q'_{3,DG} = 23,2$	$x A/V$	$+ 7,4$	[kWh/m ³ , yıl]
4. Bölge	An ile ilişkili	$Q'_{4,DG} = 83,4$	$x A/V$	$+ 31,0$	[kWh/m ² , yıl]
	Vbrüt ile ilişkili	$Q'_{4,DG} = 27,1$	$x A/V$	$+ 9,8$	[kWh/m ³ , yıl]
5. Bölge	An ile ilişkili	$Q'_{5,DG} = 88,7$	$x A/V$	$+ 30,6$	[kWh/m ² , yıl]
	Vbrüt ile ilişkili	$Q'_{5,DG} = 24,5$	$x A/V$	$+ 12,1$	[kWh/m ³ , yıl]

Türkiye derece gün bölgelerine göre 5 iklim bölgesine ayrılmıştır. Hesaplama ısıtma üzerine olduğu için sadece ısıtma derece gün dikkate alınarak oluşturulmuştur. Şekil 3.1'te Türkiye derece gün bölgeleri tablosu verilmiştir. Tabloda illerin ısıtma derece gün sayılarına göre ayrıldığı bölgeler ifade edilmiştir.

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	HATAY	MERSİN		
ANTALYA	İZMİR			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler				
BODRUM (Muğla)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS(Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AYDIN	BURSA	GİRESUN	KARAMAN	SİNOP
AYVALIK (Balıkesir)	ÇANAKKALE	İSTANBUL	MUĞLA	ŞİRİNAK
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	OSMANİYE	ŞANLIURFA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	ORDU	TEKİRDAĞ
BALIKESİR	DÜZCE	MARAŞ	RİZE	TRABZON
BARTIN	EDİRNE	MANİSA	SAMSUN	YALOVA
BATMAN	GAZİ ANTEP	MARDİN	SAKARYA	ZONGULDAK
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
BAYBURT	GÜMÜŞHANE	HAKKÂRİ	VAN	
BİTLİS	KASTAMONU	MUŞ	YOZGAT	
ERZİNCAN	KAYSERİ	SİVAS		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		
5. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ARDAHAN	ERZURUM	KARS	

Şekil 3.1: İllere göre derece gün bölgeler (TS 825 2013) [3].

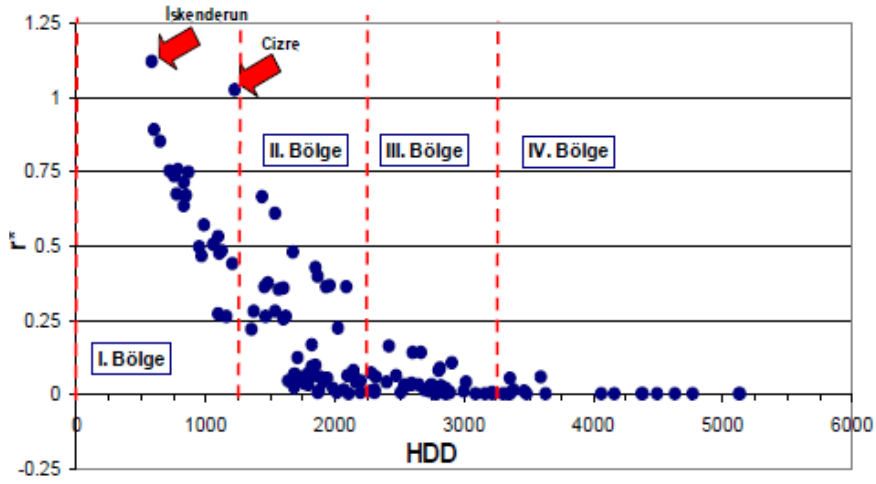
Ayrıca derece gün bölgelerine ayrılan illerin daha net ifade edilmesi adına Şekil 3.2’de Türkiye derece gün bölgelerine göre illerin harita üzerinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.2: Derece gün bölgelerine göre illerin harita üzerinde gösterimi (TS 825 2013) [3].

TS 825 standardında iklim bölgelerinin ısıtma derece gün sayısına göre değerlendirilmesinin en önemli sebeplerinden birisi, illerin ısıtma derece gün sayısı ve soğutma gün sayısı yönünden değerlendirildiğinde birinci bölgede yer alan İskenderun ve Cizre dışında illerin ısıtma derece gün sayılarının soğutma derece gün sayılarından yüksek olmasıdır [9].

Bayram M. ve Yeşilata B. Çalışmasında CDD’nin HDD’ye oranı olarak bir r^* değeri belirtilmiştir. Bu durumda r^* değerinin 1’den büyük olduğu iller soğutma sezonunun ısıtma sezonundan fazla olduğu illerdir. Bunun sonucu olarak da Şekil 3.3’de verilen tablo ortaya koyulmuştur. Şekil 3.3’de bölgelere ayrılmış illerin değerlendirilmesinde ısıtma derece gün sayılarının soğutma derece gün sayılarından İskenderun ve Cizre dışında fazla olduğu net bir şekilde görülür [9].

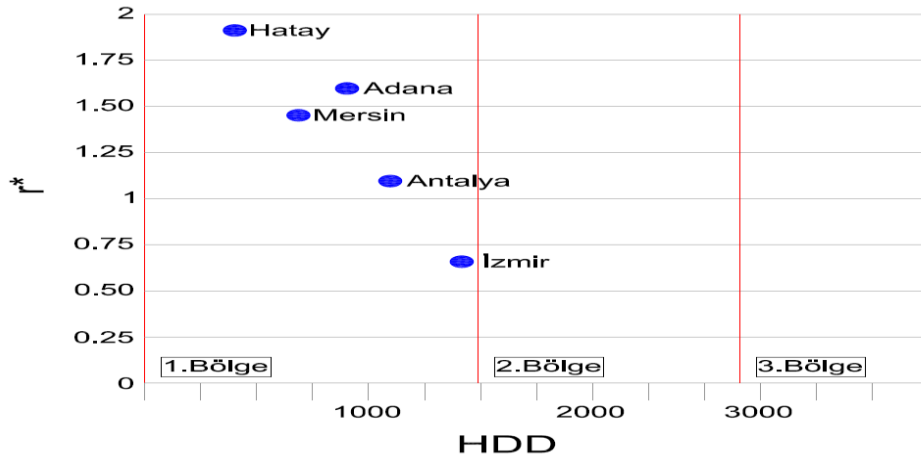


Şekil 3.3: TS 825 Standardında Belirlenen 4 Isıtma İklim Bölgesindeki İklim Noktalarına Ait r^* Değerleri [9].

Ancak yeni meteorolojik istasyonlardan alınan verilere göre 1. Derece gün bölgesindeki İzmir dışında yer alan illerin tamamında r^* değerinin 1'den büyük olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu sonuç Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4: 1. Derece gün bölgesinde yer alan illerin r^* değerleri [24].

	Adana	Antalya	Hatay	Mersin	İzmir
(CDD)	1485	1200	1407	1318	983
(HDD)	941	1076	723	896	1408
(CDD/HDD)	1,58	1,12	1,95	1,47	0,7



Şekil 3.4: 1. Isıtma İklim Bölgesindeki İklim Noktalarına Ait r^* Değerleri [24].

Standartta yoğuşma ve nem transferi hakkında illere ve derece gün bölgelerine göre ayrılmış değerlendirmeler bulunmaktadır. İllere ait bağıl nem oranları standardın EK G bölümünde yer almaktadır. Çalışmaya konu olan illere ait bağıl nem değerleri bölüm 5’de verilmiştir. Ayrıca derece gün bölgelerine bağlı olarak verilen Çizelge 3.5’de ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.5: Farklı derece gün bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama sıcaklık değerleri (TS 825 2013) [3].

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4	-10,5
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7	-9,1
MART	11,6	7,3	4,1	0,3	-2,9
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9	5,3
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8	10,6
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3	14,6
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4	18,6
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1	18,6
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5	14,1
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3	7,8
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1	0,6
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8	-6,7

Bu teze konu olan çalışmada ikinci bölgede yer alan dört ilin karşılaştırması yapılmıştır. Bu iller hepsi aynı derece gün bölgesinde olduğu belirtilmiş olsa da coğrafi olarak farklı bölgelerdedir. Seçilen illerden İstanbul Marmara bölgesinde, Muğla Ege bölgesinde, Diyarbakır Güneydoğu Anadolu bölgesinde ve Rize Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. Çalışmanın beşinci kısmında bu illerde yer alan örnek binanın yıllık enerji ihtiyaçlarının karşılaştırılması değerlendirilmiştir. Ayrıca bu illerde son on yılda görülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri ve bağıl nem oranlarına göre nem transferi ve yoğuşma analizleri yapıp sonuçları değerlendirilmiştir.

4. BİNA ENERJİ MODELLEMESİ VE YOĞUŞMA KRİTERLERİ

Bu bölümde bina enerji modellemesinin tanımı, modelleme için parametrelerin toplanması ve örnek çalışma olarak kullanılacak binanın enerji simülasyonunun yapılacağı bilgisayar yazılımı ve bu yazılımın hesap metodolojisi anlatılmıştır.

Örnek çalışmada enerji simülasyonu için HAP 4.8 programı kullanılacaktır. Program ile ilgili detaylı bilgi “4.3 Carrier HAP” başlığı altında verilecektir. HAP enerji modelleme aracı, ASHRAE simülasyon akış şemasını referans alır. Bu sebeple “4.2 Bina Enerji Modellemesi Parametreleri” başlığı altında takip edilen adımlar HAP için de geçerlidir. Ayrıca bu adımlarda kullanılan açıklayıcı şekiller HAP enerji modelleme aracından alınmıştır.

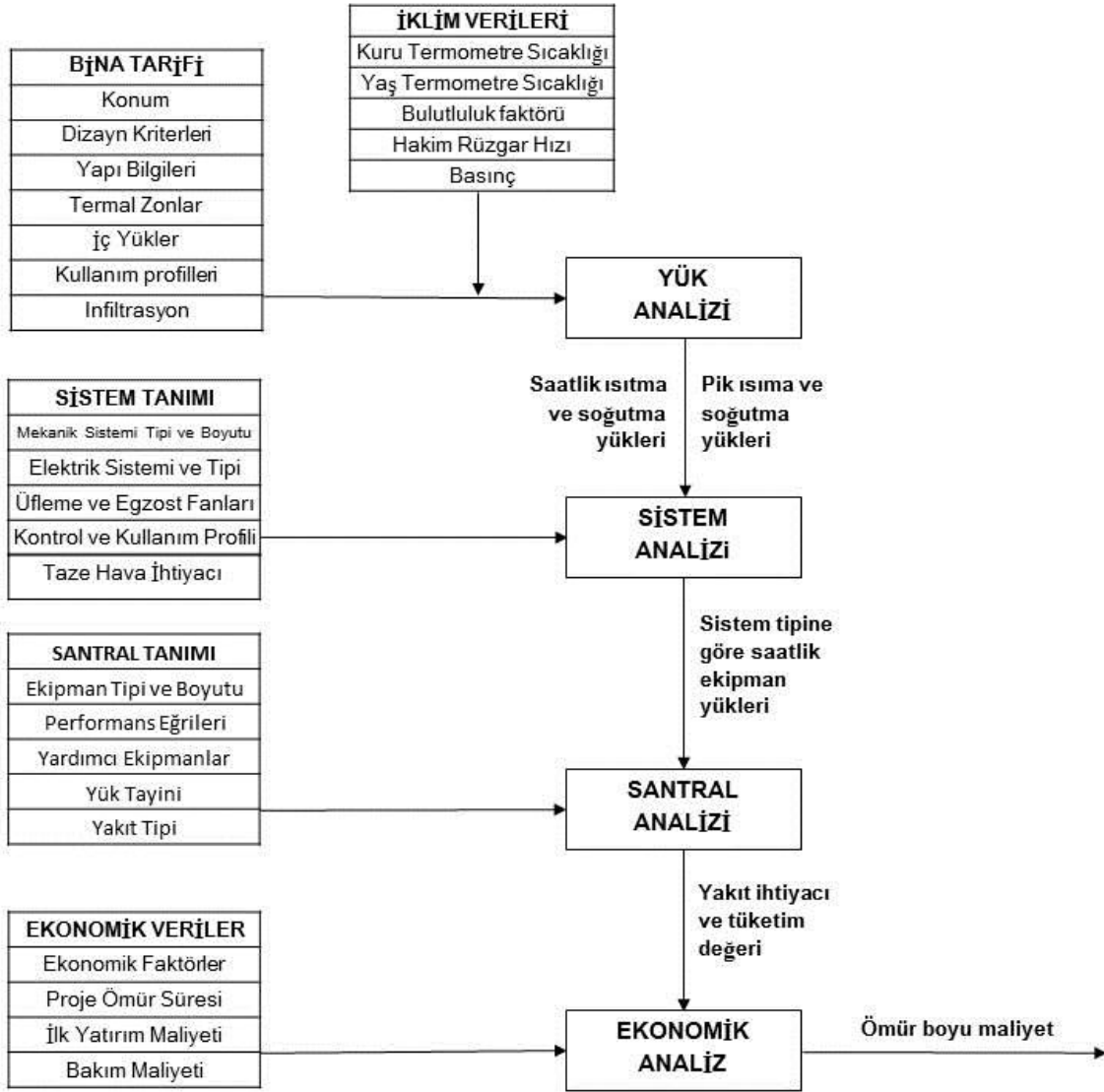
4.1 Bina Enerji Modellemesi Tanımlanması

Bina enerji modellemesi en genel tanımıyla bir binanın iklimlendirme, aydınlatma ve kullanım sıcak su üretimi gibi bağımsız sistemlerinin enerji tüketimi, tüketilen enerjinin yakıt tipine göre fiyatlandırılması ve bu sistemlerin ömür boyu maliyetlerinin gerçel veya bilgisayar ile analiz edilmesidir. Ayrıca ısıl güneş paneli, fotovoltaik panel ve rüzgar türbini gibi yeşil enerji kaynaklarının geri ödeme sürelerinin hesaplanmasında kullanılabilir [22].

Bina enerji simülasyonu çalışması, binanın ilgili sistemini veya bütünü tüm yılın iklim şartları değerlendirilerek sonuç verir. Bu binanın geleceğe yönelik enerji tüketim değerlerinin de nicel olarak tespitini sağlar. Bina simülasyonu temel olarak iki bölümde incelenir. Bunlar pik yük hesabı ve enerji analizidir [22].

4.2 Bina Enerji Modellemesi Parametreleri

Bina enerji modellemesi binada girdi olarak kullanılacak parametrelerin bilgisayar simülasyonu vasıtası ile çıktılara dönüştürülmesidir [23]. Şekil 4.1’de bina enerji simülasyonu akış şeması belirtilmiştir.



Şekil 4.1: Bina simülasyonu akış şeması [23].

4.2.1 Girdiler

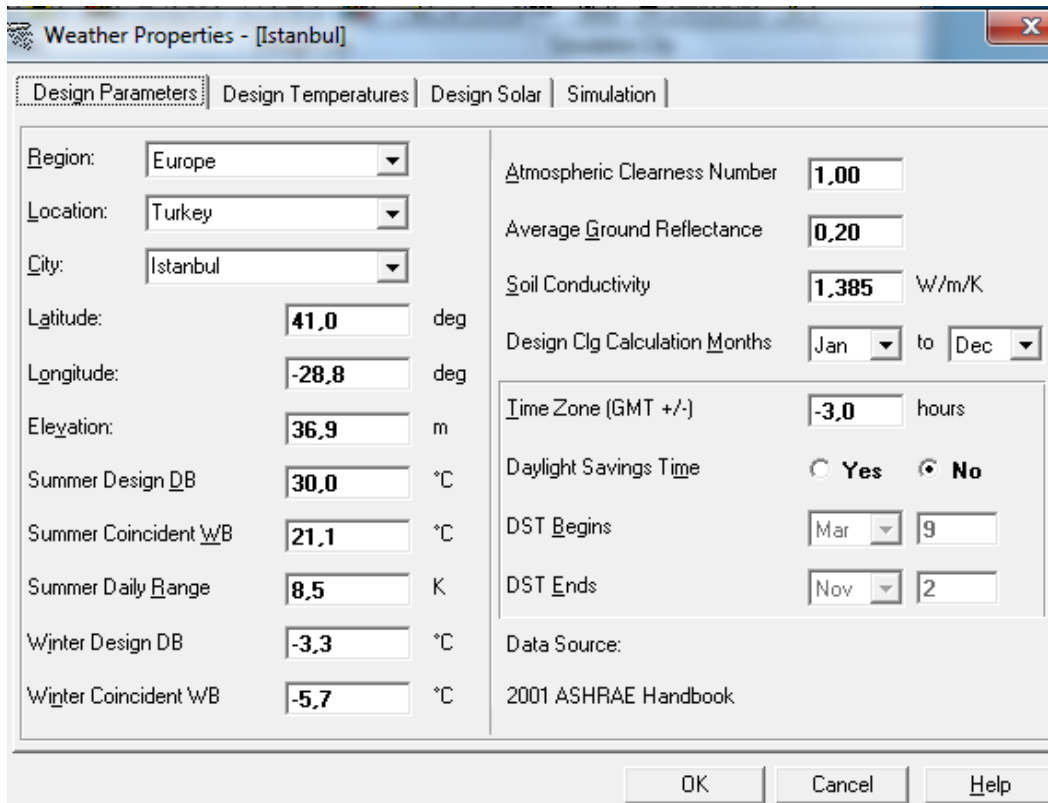
Bina enerji modellemesine başlamak için toplanması gereken verilerin bütünü girdiler olarak tanımlanır [23]. Bu girdiler tüm projelerde farklılık göstermesine rağmen ön tasarımda bazı parametrelerin ilgili standartlardan sabit değerler alınması ile basitleştirilmiş simülasyon yapmak da mümkündür. Girdi olarak tanımladığımız parametreler ne kadar fazla ve detaylı ise simülasyon sonucunun gerçeğe yakınsama

oranı o kadar yüksek olur. Çalışmanın bu bölümünde bu girdiler anlatılacaktır. Bu girdiler aşağıda belirtildiği gibidir;

- İklim verileri
- Konum
- Dizayn kriterleri
- Yapı bilgileri
- Isıl bölgeler
- İç yükler
- Kullanım profilleri
- Sızıntı
- Mekanik sistem tipi ve boyutu
- Elektrik sistem tipi ve boyutu
- Üfleme ve egzoz fanları
- Kontrol ve kullanım profilleri
- Taze hava ihtiyacı
- Ekipman tipi ve boyutu
- Performans eğrileri
- Yardımcı ekipmanlar
- Yük tayini
- Yakıt tipi
- Ekonomik faktörler
- Proje ömür süresi
- İlk yatırım maliyeti
- Bakım maliyeti

4.2.1.1 İklim verileri

İklim verileri binanın bulunduğu yerin enlem, boylam, deniz seviyesinden yüksekliği, deniz veya benzer su kaynaklarıyla ilişkisi, hakim rüzgar hızı, hava basıncı, bulutluluk faktörü, toprak güneş yansıtma özelliği ve toprak iletkenliği değerleri doğrultusunda meteoroloji uzmanları tarafından yıllara göre hesaplanan değerlerdir [24]. Şekil 4.2’de örnek il İstanbul için iklim dizayn parametreleri HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir [25].

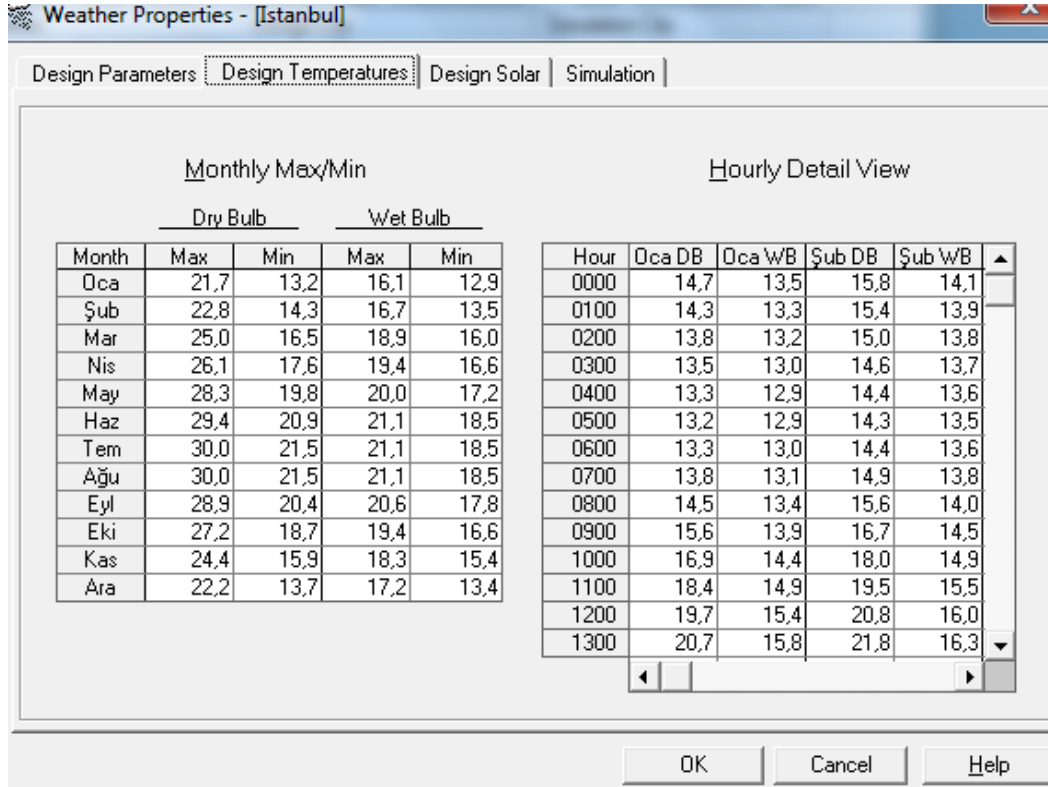


The screenshot shows the 'Weather Properties - [Istanbul]' dialog box with the following parameters:

Parameter	Value	Unit
Region	Europe	
Location	Turkey	
City	Istanbul	
Latitude	41.0	deg
Longitude	-28.8	deg
Elevation	36.9	m
Summer Design DB	30.0	°C
Summer Coincident WB	21.1	°C
Summer Daily Range	8.5	K
Winter Design DB	-3.3	°C
Winter Coincident WB	-5.7	°C
Atmospheric Clearness Number	1.00	
Average Ground Reflectance	0.20	
Soil Conductivity	1.385	W/m/K
Design Clg Calculation Months	Jan to Dec	
Time Zone (GMT +/-)	-3.0	hours
Daylight Savings Time	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
DST Begins	Mar 9	
DST Ends	Nov 2	
Data Source	2001 ASHRAE Handbook	

Şekil 4.2: İstanbul ili iklim dizayn parametreleri [26].

Enerji modellemesinde ısıtma ve soğutma sezonu için pik kuru ve yaş termometre sıcaklıkları kullanılır. Bunun yanı sıra aylık ortalama ve her ay için günün tüm saatleri için KT ve YT sıcaklıkları veri olarak gereklidir. Tüm saatler için hesaplama yapılması, sonuçların saatlik, günlük aylık ve yıllık elde edilmesini sağlar. Şekil 4.3’te örnek il İstanbul için iklim dizayn sıcaklıkları HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi verilmiştir.



Şekil 4.3: İstanbul ili iklim dizayn sıcaklıkları [26].

Ayrıca aylara ve yönlere göre maksimum güneşe bağlı ısı kazançlarının W/m^2 cinsinden değerleri gerekir. Şekil 4.4'te örnek il İstanbul için maksimum güneşe bağlı ısı kazançları sıcaklıkları HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir.

Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	1,00	59,9	59,9	59,9	241,0	467,1	646,3	750,0	787,7	799
Feb	1,00	74,1	74,1	138,4	401,1	585,6	729,5	779,8	776,4	764
Mar	1,00	89,6	89,6	314,6	511,7	683,8	750,0	749,8	693,9	658
Apr	1,00	105,1	216,0	439,0	609,8	686,9	711,9	641,7	549,5	494
May	1,00	115,9	325,2	506,3	647,9	692,7	657,4	549,3	429,9	364
Jun	1,00	142,6	359,7	531,2	654,2	679,8	629,4	508,3	378,2	312
Jul	1,00	119,1	315,9	507,4	636,4	670,2	645,0	540,4	419,9	357
Aug	1,00	110,5	203,8	429,5	585,3	669,3	686,7	621,9	531,8	479
Sept	1,00	92,9	92,9	294,8	485,0	641,4	720,3	717,3	670,0	634
Oct	1,00	76,6	76,6	157,5	359,6	574,0	695,7	759,5	755,4	739
Nov	1,00	60,7	60,7	60,7	247,4	450,9	631,4	735,8	782,4	784
Dec	1,00	53,3	53,3	53,3	185,4	406,8	597,4	716,8	772,5	788

Şekil 4.4: İstanbul ili maksimum güneş ısı kazançları [26].

Son olarak yıllık simülasyon yapıldığı için o yıla ait tatillerin belirtilmesi simülasyon sonucunun doğruluğuna katkı sağlar.

4.2.1.2 Konum

Binanın konumu ve yönlendirmesi bina enerji modellemesi yaparken dikkat edilen bir diğer parametredir. Doğru yönelimle soğutma sezonunda ısı kazançlarının, ısıtma sezonunda ise ısı kayıplarının azaltılması sağlanabilir. Bir önceki bölümde Şekil 4.4'de belirtildiği gibi güneşe bağlı ısı kazancı ana yönler ve ara yönler açısından farklılık gösterir. Simülasyonda doğru yönlendirilmemiş bir bina doğru sonuç almaktan çok uzaklaşır. Ayrıca yönelim, binanın doğru gün ışığı almasını sağladığından aydınlatma yüklerini de dolaylı yoldan etkileyen bir faktördür [27].

4.2.1.3 Yapı bilgileri

Yapı bilgileri duvar, pencere sistemi, çatı, döşeme elemanları gibi bina yapısal bilgilerinin tanımlanmasıdır. Bu tanımlama belirtilen yapı elemanlarının

katmanlarının malzeme özellikleri ve malzemelerin dizilim sıraları göz önünde bulundurularak yapılır. Bu elemanların ısı geçişi, nem geçişi ve ısıl depolama özellikleri enerji simülasyonuna etki eden faktörlerdir [28]. Toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U sayısı) kalınlık, yoğunluk, özgül ısı, ısıl direnç özelliklerine göre hesaplanır. Bunun yanı sıra dış yüzeyde kullanılan son katman malzemenin güneş soğurma katsayısı kullanılır. Bunun haricinde saydam ve yarı saydam elemanların gölgelendirme katsayıları kullanılan diğer parametrelerdir. Şekil 4.5’de örnek bir dış duvara ait özellikler tablosunu HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir.

Layers: Inside to Outside	Thickness mm	Density kg/m ³	Specific Ht. kJ/kg/K	R-Value m ² -K/W	Weight kg/m ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.12064	0.0
5/8-in gypsum board	15.875	800.9	1.09	0.09863	12.7
R-13 batt insul_steel stud	88.900	800.9	0.67	1.05666	71.2
5/8-in gypsum board	15.875	800.9	1.09	0.09863	12.7
3/4-in stucco	10.160	1858.1	0.84	0.01408	18.9
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.02994	0.0
Totals	130.810			1.42	115.5

Overall U-Value: 0.705 W/m²/K

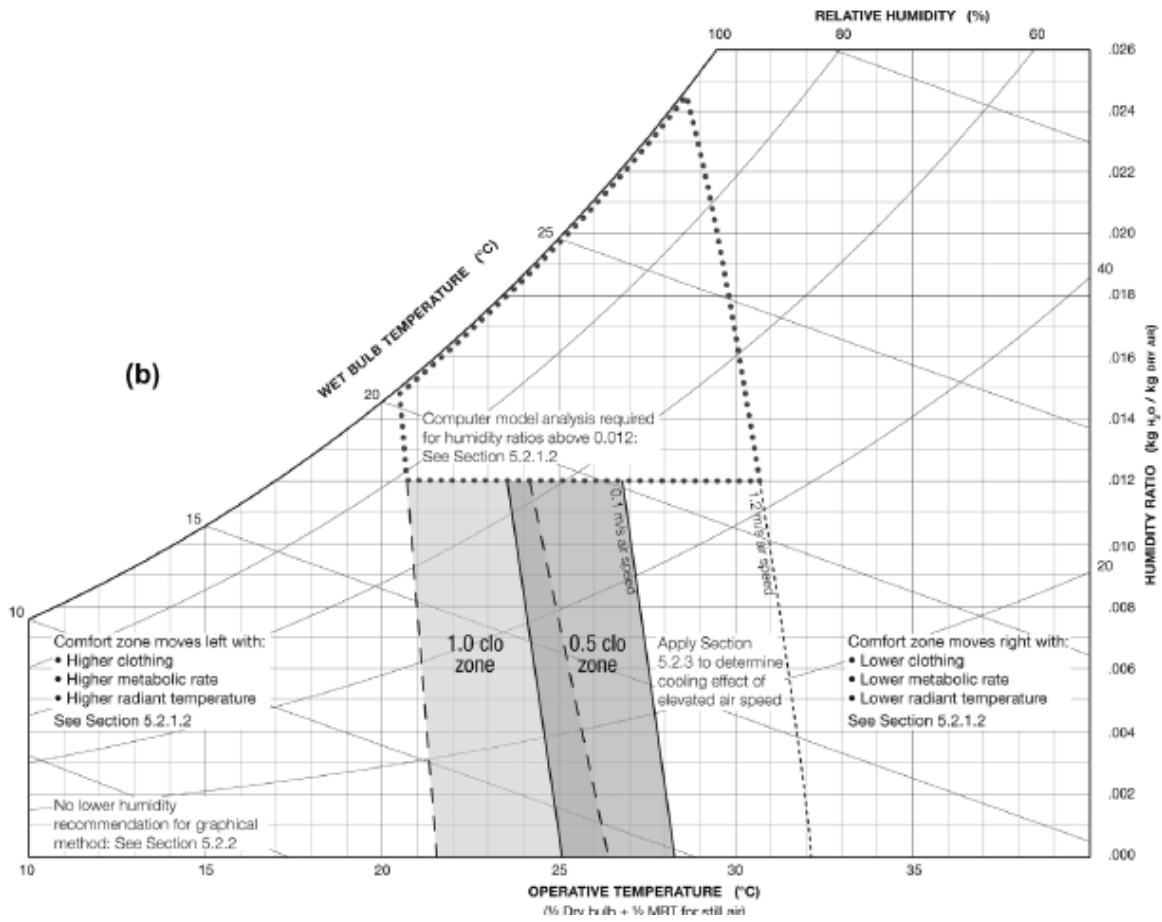
Şekil 4.5: Örnek dış duvar özellikleri [26].

4.2.1.4 Konfor şartları

Bina sistemlerinde ısıl konfor insanın iç ortam çevresel etkilerinden memnuniyetini ifade eder. Memnuniyet ifadesi fiziksel, fizyolojik ve psikolojik etkilerin tamamını kapsar. Çevresel koşullar herkes için aynı olmasa da kullanıcı konfor anketleri sonucunda standartlarda genel memnuniyet aralıkları belirtilmiştir. Şekil 4.6’da

ASHRAE 55.1 2010 standardında yer alan ısı konfor memnuniyet aralığı verilmiştir [29]. Kişi ısı konforunda şu parametreler etkindir;

- Metabolizma hızı
- Kıyafet yoğunluğu
- İç ortam hava sıcaklığı
- İç ortam yüzey sıcaklıkları
- İç ortam hava hızı
- Bağıl nem



Şekil 4.6: Isıl konfor memnuniyet aralığı [29].

4.2.1.5 Isıl bölgeler

Isıl bölgelendirme konut binaları için iki şekilde tasarlanabilir. Bunlardan birincisi, iklimlendirilen hacimlerin tek bir ısı bölge olarak tanımlanmasıdır. Bu

bölgelendirmede, aynı bölgeye dahil mahaller aynı anda ısıtılıp soğutulurlar. İkinci seçenek ise, yaşam alanları ve uyuma alanları olarak ayırmaktır. Bu şartlarda ayrı iki termostattan kontrol edilen iki ayrı bölge elde edilmiş olur [30].

4.2.1.6 İç yükler

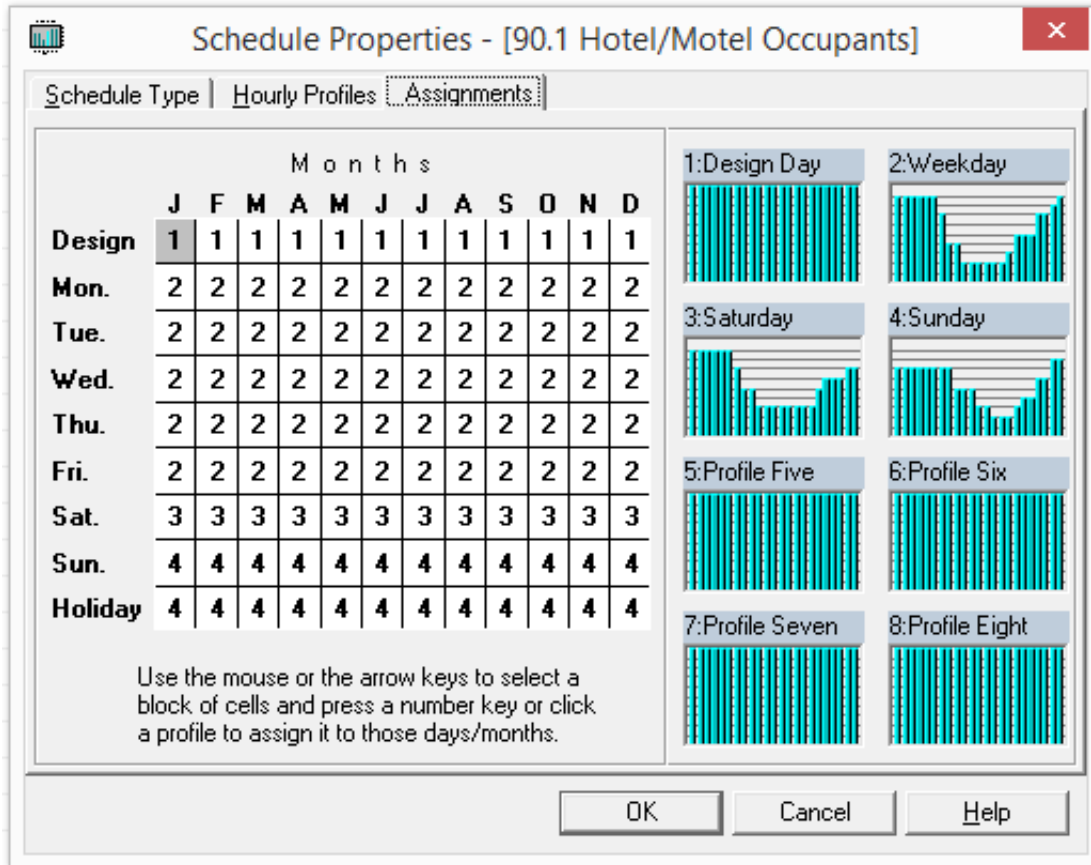
İç yükler binada insan, aydınlatma, elektrikli ekipmanlar ve duyulur ve gizli ısı yayan muhtelif yüklerin tanımlanmasıdır. İnsan sayısı aktivite seviyelerine göre yaydıkları ısı ile birlikte seçilir. Aydınlatma sistemi tavan veya masa aydınlatması olarak kullanım şekline göre seçilir. Aydınlatma güç yoğunluğu (W/m^2) veya güç (W) olarak tanımlanabilir. Elektrikli ekipmanlar da aydınlatmada olduğu gibi güç yoğunluğu (W/m^2) veya güç (W) olarak tanımlanabilir. Muhtelif yükler duyulur ve gizli ısı ayrı olarak tanımlanır. Şekil 4.7’de örnek bir yemek odasında yer alan iç yükleri HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade ediliş biçimi gösterilmiştir [25].

Section	Parameter	Value	Unit
Overhead Lighting	Fixture Type	Free hanging	
	Wattage	260.0	Watts
	Ballast Multiplier	1.00	
	Schedule	90.1 Hotel/Motel Lights.	
Task Lighting	Wattage	0.00	W/m ²
	Schedule	(none)	
Electrical Equipment	Wattage	1000.0	Watts
	Schedule	90.1 Hotel/Motel Lights	
People	Occupancy	4.0	People
	Activity Level	Office Work	
	Sensible	71.8	W/person
	Latent	60.1	W/person
	Schedule	90.1 Hotel/Motel Occupar	
Miscellaneous Loads	Sensible	0	W
	Schedule	(none)	
	Latent	0	W

Şekil 4.7: Yemek odası içi yükler [26].

4.2.1.7 Kullanım profilleri

Kullanım profilleri, binada saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık aktivite seviyeleri değişiklik gösteren parametrelerin durumlarının ifade edilmesinde kullanılır. Bu profiller iç yükleri oluşturan insan, aydınlatma, elektrikli ekipman yükleri, duyulur ve gizli ısı yayan muhtelif yükleri tanımladığı gibi, kullanım sıcak suyu, asansör ve mutfak ekipmanları gibi sistemsel yüklerin de kullanım yoğunluğunun tanımlanmasını sağlar [25]. Belirtilen profilin günün hangi saati ne kadar yoğunlukta olduğu yüzdesel olarak ifade edilebilir. Şekil 4.8’de örnek bir otelin insan kullanım profilinin HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade ediliş biçimi gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Otel insan kullanım profili [26].

4.2.1.8 Sızıntı

Sızıntı dış ortamdan iç ortama çatlaklar, kasıtlı olarak bırakılmamış açıklıklar ve normal kullanımda dış kapı ve giriş açıklıklarında oluşan hava akışıdır. Sızıntı ayrıca hava kaçağı olarak da tanımlanır [23].

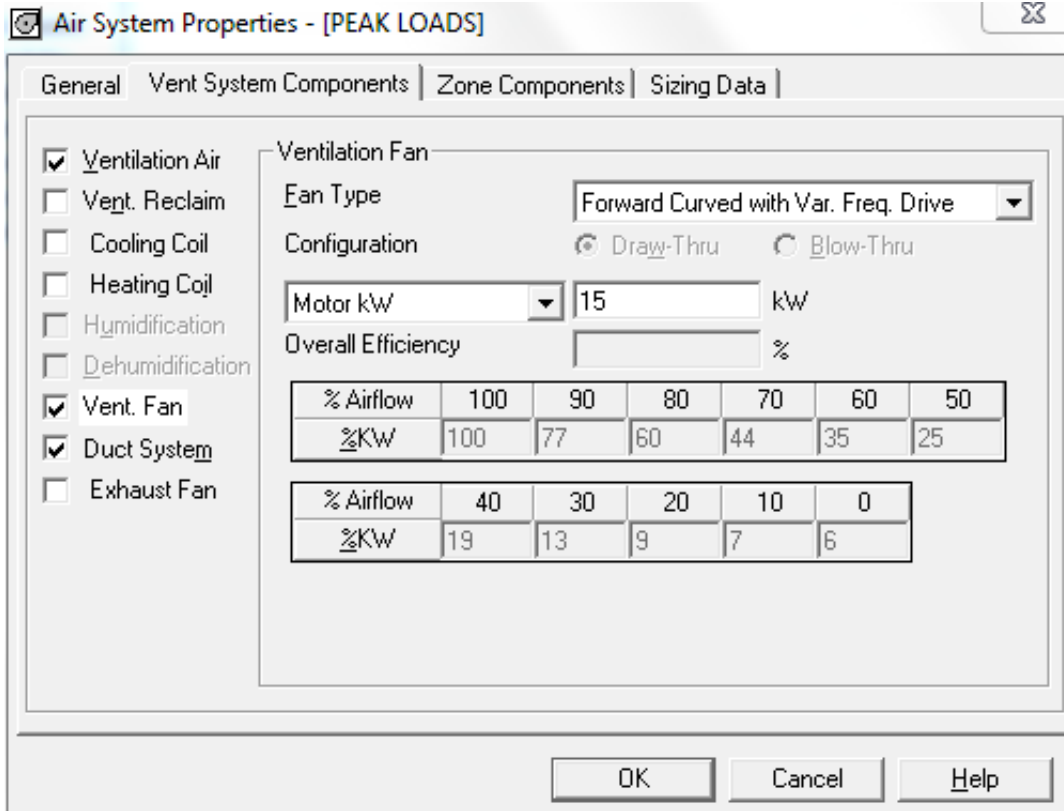
4.2.1.9 Sistem tipi ve boyutları

Bina simülasyonunda iklim verileri, konumu, dizayn kriterleri, yapı bilgileri, ısı bölgeleri, iç yükler, kullanım profilleri tanımlandıktan sonra yük analizleri tanımlanır ve bunun sonucunda saatlik ısıtma-soğutma yükleri ve pik ısıtma-soğutma yükleri ortaya koyulur [23].

Sistem tipi ve boyutları binada yer alan aydınlatma sisteminin ve mekanik sistemin tanımlanmasıdır. Aydınlatma sistemi genel olarak armatür tipi, armatürün bağlantı şeklini belirtir. Mekanik sistemler ise hesaplanan yük analizleri doğrultusunda bina kullanım şekli ve ihtiyaca göre tanımlanır. Kullanılacak sistemin genel karakteristiği bu noktada belirlenir.

4.2.1.10 Üfleme ve egzoz fanları

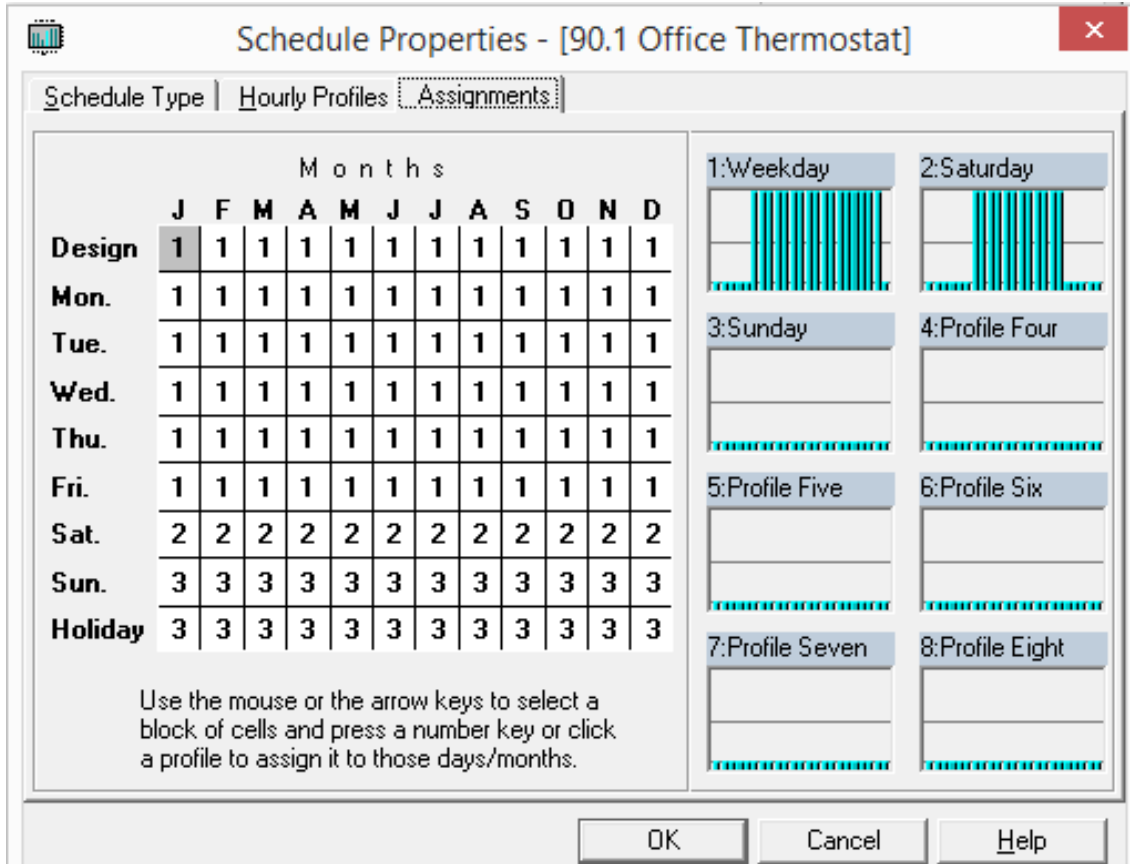
Binalarda mekanik havalandırma ihtiyacı olduğu durumlarda havanın istenen hacme transferi ve hacimden havanın uzaklaştırılması için fanlar kullanılır. Ayrıca iklimlendirmenin klima santrali, fancoil vb. yapılması durumunda iklimlendirilen havanın iletimi için yine fanlar kullanılır [23]. Bu fanların kontrol tipi, konfigürasyonu, verimi, motor güçleri ve fan eğrileri simülasyonda kullanılan parametrelerdir. Şekil 4.9'da örnek bir sistemin fan parametreleri HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Havalandırma fan parametreleri [26].

4.2.1.11 Kontrol ve kullanım profili

Kontrol ve kullanım profili 4.2.1.6 kullanım profilleri maddesinde belirtilenin aksine binada yer alan mekanik sistemin çalışma şeklinin ve zamanının belirtilmesini sağlar [28]. Bu profil tipinde sistemin aktif veya de aktif olması durumu belirtilir. Sistem belirtilen saatte açık veya kapalı durumdadır. Şekil 4.10'da örnek bir ofisin iklimlendirme kullanım profilinin HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir.



Şekil 4.10: Ofis iklimlendirme kullanım profili [26].

4.2.1.12 Taze hava ihtiyacı

Binalarda minimum taze hava ihtiyacı bina ve mahal kullanım tipi, alan ve kullanıcı sayısı gibi parametrelere göre belirlenir [31]. EN ve ASHRAE standartları konut ve konut dışı binalar için farklı hesaplama metodolojileri içerir. Taze hava yükünün enerji tüketimine etkisinin yüksek olmasından ötürü seçimlerin doğruluğu büyük önem taşır.

4.2.1.13 Ekipman tipi ve boyutu

Bina simülasyonunda sistem tipi ve boyutları, üfleme ve egzoz fanları, kontrol ve kullanım profilleri ve taze hava ihtiyaçları tanımlandıktan sonra sistem analizi tanımlanır ve bunun sonucunda sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri ortaya koyulur [25].

Ekipman tipi, mekanik sistemler altında kullanılacak iklimlendirme sisteminde kullanılacak enerjinin ısıtma veya soğutmada kullanılacak hale dönüşmesini sağlayan cihazların tanımlanmasıdır. Isıtmada kullanılan kazanlar, soğutmada kullanılan chiller ve tüm iki sistemde de kullanılan ısı pompaları bu bölümde tanımlanır. Ekipman yüklerinin sonucu olarak da kullanılacak bu sistemlerin boyutlandırması yapılır [25].

4.2.1.14 Performans eğrileri

Performans eğrileri, bir önceki başlıkta yer alan sistemlerin verimleri, motor güçleri vb. özelliklerinin tanımlanmasıdır [25]. Şekil 4.11’de örnek bir chillerin performans tablosunun HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade edilmiş biçimi gösterilmiştir.

The screenshot shows the 'Chiller Properties' dialog box with the 'Cooling Performance' tab selected. It contains two tables: 'Cooling Performance (kW)' and 'Cooling Capacity (kW)'. The 'Cooling Performance' table has columns for ECWT, Max Cap, and load percentages (100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%). The 'Cooling Capacity' table has columns for ECWT, Max Cap, and load percentages (100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%). To the right of the tables are input fields for 'Condenser Temp. Rows' (set to 6), 'Part Load Columns' (set to 10), 'Performance LCHWT Factors' (a = -0,00540 1/K, b = 0,00000 1/K²), and 'Capacity LCHWT Factors' (a = 0,00000 1/K, b = 0,00000 1/K²).

Cooling Performance (kW)									
ECWT	Max Cap	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%
32,2	200,0	200,0	199,1	198,1	187,3	123,7	119,3	113,2	94,1
29,4	181,1	181,1	176,5	171,0	157,6	110,7	103,0	92,6	72,3
26,7	166,1	166,1	157,2	147,8	133,7	100,0	89,9	78,1	61,5
23,9	151,1	151,1	137,8	124,6	109,7	89,4	76,7	63,6	50,7
21,1	138,7	138,7	125,0	111,4	96,2	81,2	67,9	55,3	43,7
15,6	138,7	138,7	125,0	111,4	96,2	81,2	67,9	55,3	43,7

Cooling Capacity (kW)									
ECWT	Max Cap	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%
32,2	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0
29,4	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0
26,7	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0
23,9	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0
21,1	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0
15,6	1000,0	1000,0	900,0	800,0	700,0	600,0	500,0	400,0	300,0

Şekil 4.11: Örnek chiller performans tablosu [26].

4.2.1.15 Yardımcı ekipmanlar

Yardımcı ekipmanlar simülasyon araçlarında pompalar vb. ekipmanların genel tanımıdır. Burada pompaların motor güçleri, ısıl ve mekanik verimleri, çalışma debileri ve sıcaklık aralıkları tanımlanır.

4.2.1.16 Yük tayini

Yük tayini, “4.2.1.12 Ekipman tipi ve boyutu” başlığında bahsedilen boyutlandırmanın, kullanım profiline bağlı olarak farklı mekanların aynı zamanda pik yükte olmadığı gerekçesiyle farklılık faktörüne göre tekrar boyutlandırma yapılarak tanımlanır [23].

4.2.1.17 Yakıt tipi

Yakıt tipi binada kullanılan enerji tüketen sistemlerin kullandığı yakıt tipinin belirlenmesi, yakıtın birim tüketim maliyeti, enerji tipine göre yıllık olarak ilave zamlar kullanılan enerji tipinin tarifelendirilmesi gibi detaylar tanımlanır [32]. Şekil 4.12’de İstanbul ili için elektrik birim fiyatı girdisinin HAP 4.8 enerji modellemesi aracında ifade ediliş biçimi gösterilmiştir.

The screenshot shows a software dialog box titled "Electric Rate Properties - [Istanbul Electric Rate]". It has four tabs: "General", "Energy Charges", "Demand Charges", and "Demand Clauses". The "General" tab is selected. The "General" section contains the following fields:

- Name: Istanbul Electric Rate
- Type: Simple (selected), Complex
- Energy Units: kWh
- Conversion: 1,00000 kWh/kWh
- Demand Units: kW
- Flat Price: 0,22000 \$/kWh
- Customer Charge: 0,00 \$
- Minimum Charge: 0,00 \$
- Tax Rate: 0,00 %

There are also three sections on the right side of the dialog:

- Seasonal Scheduling:** A grid of 12 radio buttons for months (J, F, M, A, M, J, J, A, S, O, N, D) with columns for Summer, Mid, and Winter.
- Time-Of-Day Scheduling:** A "Schedule" button and a dropdown menu set to "(none)".
- Emissions Analysis:** A "CO2e Factor" field set to 0,00 kg/kWh.

At the bottom of the dialog, there are "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

Şekil 4.12: İstanbul elektrik birim fiyatı girdisi [26].

4.2.1.18 Ekonomik faktörler

Ekonomik faktörler genel anlamıyla tasarım, uygulama ve işletme süresince ortaya çıkan maliyet ile ilgili parametrelerin bütünüdür [25].

4.2.1.19 Proje ömür süresi

Binanın bütüncül veya sistem bazında ele alındığında kullanılabileceği toplam süre proje ömür süresi ile belirtilir [25].

4.2.1.20 İlk yatırım maliyeti

İlk yatırım maliyeti, tasarım, arsa, inşaat ve ekipmanların içinde yer aldığı ilk maliyettir [25].

4.2.1.21 Bakım maliyeti

Bakım maliyeti, binanın işletme süreci içerisinde cihaz ve sistemlerin periyodik bakımları, kullanım süresi dolan ekipmanların değiştirilmesi vb. maliyetleridir [25].

4.2.2 Çıktılar

Bina enerji modellemesinde çıktılar başlığı her aşamada verilen sonuçların bütünüdür. Enerji modellemesi kademe kademe ilerlediğinde dört başlık altında inceleyebileceğimiz sonuçlar elde ederiz. Bu sonuçlar, yük analizleri tamamlandıktan sonra ulaştığımız pik ısıtma ve soğutma yükleri, sistem analizi tamamlandığında sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri, santral analizi tamamlandıktan sonra yakıt ihtiyacı ve tüketim değeri ve ekonomik analizlerin tamamlanmasıyla elde edilen enerji tüketim maliyeti ve ömür boyu maliyetidir [23]. Çıktılar şu şekildedir;

- Pik ve saatlik ısıtma ve soğutma yükleri
- Sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri
- Yakıt ihtiyacı ve tüketim değeri
- Enerji tüketim maliyeti değeri ve ömür boyu maliyet

4.2.2.1 Pik ve saatlik ısıtma ve soğutma yükleri

Pik ısıtma ve soğutma yükleri en soğuk gün-saat ve en sıcak gün saate göre tüm kullanımın maksimum yoğunlukta olduğu duruma göre hesaplanır. Dış hava temaslı yapı elemanlarından iletim, taşınım ve radyasyon yoluyla gerçekleşen ısı transferi, iç yüklerden gelen ve sızıntı yoluyla oluşan ısı transferi hesaplanarak pik yükler ortaya koyulur [25].

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 91.0 °F / 74.0 °F			HEATING OA DB / WB -6.0 °F / -7.2 °F		
	Details	Sensible (BTU/hr)	Latent (BTU/hr)	Details	Sensible (BTU/hr)	Latent (BTU/hr)
ZONE LOADS						
Window & Skylight Solar Loads	504 ft²	12066	-	504 ft²	-	-
Wall Transmission	2576 ft²	3141	-	2576 ft²	16471	-
Roof Transmission	9559 ft²	7365	-	9559 ft²	29195	-
Window Transmission	504 ft²	3462	-	504 ft²	21067	-
Skylight Transmission	0 ft²	0	-	0 ft²	0	-
Door Loads	0 ft²	0	-	0 ft²	0	-
Floor Transmission	7585 ft²	0	-	7585 ft²	13265	-
Partitions	0 ft²	0	-	0 ft²	0	-
Ceiling	0 ft²	0	-	0 ft²	0	-
Overhead Lighting	9559 W	19054	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	202	36734	28660	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	81822	28660	-	79998	0
Zone Conditioning	-	82813	28660	-	78647	0
Plenum Wall Load	20%	994	-	0	0	-
Plenum Roof Load	70%	17184	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	30%	9785	-	0	0	-
Return Fan Load	3846 CFM	0	-	3653 CFM	0	-
Ventilation Load	3558 CFM	32534	75299	3558 CFM	279562	0
Supply Fan Load	3846 CFM	9427	-	3653 CFM	-8315	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	-1013	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	152736	103959	-	348882	0
Central Cooling Coil	-	152736	103959	-	0	0
Preheat Coil	-	0	-	-	215869	-
Terminal Reheat Coils	-	0	-	-	132973	-
>> Total Conditioning	-	152736	103959	-	348842	0
Key:	Positive values are clg loads			Positive values are htg loads		
	Negative values are htg loads			Negative values are clg loads		

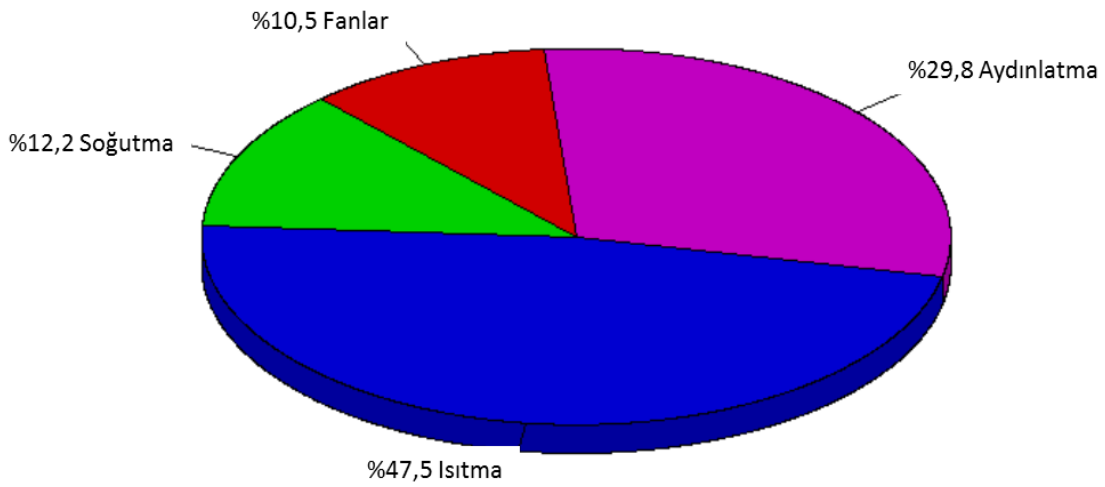
Şekil 4.13: Örnek pik ısıtma ve soğutma yükü hesaplaması [26].

4.2.2.2 Sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri

Saatlik ekipman yükleri pik yüklerin kontrol ve kullanım profilleri değerlendirilerek 8760 saat için kullanım güçlerinin çıkarılmasıdır [25].

4.2.2.3 Yakıt ihtiyacı ve enerji tüketim değerleri

Mekanik sistemlerin kontrol profilleri ve sistem tipine göre saatlik ekipman yükleri çıkarılır. Sonrasında diğer tüm sistemlerin de kullanım profillerine göre yılın tüm saatleri için yükler çıkartılır. Bunun sonucunda toplam enerji tüketimi bulunmuş olur. Farklı sistemlerin kullanacağı değişken yakıt tipleri doğrultusunda yakıt ihtiyacı sistem bazında ortaya koyulmuş olur [25]. Şekil 4.14'te örnek bir konut binası için enerji tüketim oranları grafiği verilmiştir.



Şekil 4.14: Örnek konut enerji tüketim oranları grafiği [26].

4.2.2.4 Enerji tüketim maliyeti değerleri ve ömür boyu maliyet

Binada enerji kullanan sistemlerin tüketim değerleri ve yakıt tipleri ortaya koyulduktan sonra yakıt birim maliyeti de kullanılarak toplam enerji tüketim maliyeti hesaplanır. Maliyet günlük, aylık veya yıllık değerlerde olabildiği gibi sistem bazında da değerlendirilebilir [25]. Şekil 4.15'de örnek bir konut binası için sistem bazında yıllık enerji tüketim maliyet tablosu verilmiştir.

1. Annual Costs

Component	Annual Cost (\$)	(\$/ft ²)	Percent of Total (%)
Air System Fans	1,013	0.106	10.5
Cooling	1,171	0.123	12.2
Heating	4,571	0.478	47.5
Pumps	0	0.000	0.0
Heat Rejection Fans	0	0.000	0.0
HVAC Sub-Total	6,755	0.707	70.2
Lights	2,869	0.300	29.8
Electric Equipment	0	0.000	0.0
Misc. Electric	0	0.000	0.0
Misc. Fuel Use	0	0.000	0.0
Non-HVAC Sub-Total	2,869	0.300	29.8
Grand Total	9,624	1.007	100.0

Şekil 4.15: Sistem bazında yıllık enerji tüketimi maliyet tablosu [26].

4.3 Carrier HAP

Carrier HAP, “Carrier Hourly Analysis Program” sözcük öbeğinin kısaltılmış halidir [26]. HAP kullanımı kolay olmasına rağmen profesyonel seviyede sonuç veren bir yazılımdır. Yazılımın iki tip kullanım amacı vardır. Birinci amaç bina tasarımında binaya ait ısıtma ve soğutma pik yüklerinin hesaplanmasıdır. İkinci amacı ise bina enerji tüketiminin ve buna bağlı olarak enerji tüketim maliyeti ve karbon salınımının hesaplanmasıdır. Bu hesaplama LEED ve BREEAM gibi yeşil bina sertifikalandırma sistemlerinde kullanılabilir. Yazılım ticari olduğundan Carrier firması tarafından ücretlendirilmiştir ve www.commercial.carrier.com sitesinden yazılımı ve gereçlerini indirmek mümkündür. Mevcut durumda bina enerji modellemeleri konusunda dünyada en çok kullanılan yazılımlardan biridir. Birçok kurum tarafından doğruluğu onaylanmıştır.

Program aynı tabanda çalışan iki farklı yöntemi içerir. Bunlardan ilki “HAP System Design Features” olup mekanik sistem dizaynı ve yük hesaplarının yapılmasıdır. İkincisi ise “HAP Energy Analysis Features” olup bu özelliklere ek olarak bina enerji analizlerinin yapılmasına olanak sağlar. Bina enerji modellemesi, yük hesabının detaylı olarak 8760 saat için hesaplanmasına dayanır [23].

HAP programında bir önceki bölümde detaylı olarak anlatılmış olan ASHRAE bina simülasyonu akış şeması kullanılmıştır [25].

Programda hesaplanabilen işler şu şekildedir:

- Tasarımda mahal, bölge ve sistemler için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması
- Mahal, bölge ve sistemler için hava debilerinin hesaplanması
- Toplam ısıtma ve soğutma kapasitelerini hesaplanması
- Havalandırma fanlarının boyutlandırılması
- Chiller ve kazanların boyutlandırılması
- Isıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinin kullanıma bağlı saatlik enerji tüketimi analizleri
- Chiller ve kazanların kullanıma bağlı saatlik enerji tüketimi analizleri
- HVAC, aydınlatma ve diğer elektrikli cihazların kullanıma bağlı saatlik enerji tüketimi analizleri
- Günlük, aylık ve yıllık enerji tüketimi ve tüketim maliyetlerinin hesaplanması
- Yakıt tipi ve fiyatına bağlı olarak enerji tüketim maliyetlerinin hesaplanması
- Tablo ve grafiksel olarak saatlik, aylık ve yıllık verilerin oluşturulması

4.3.1 Hesaplama metodolojisi

Programın hesaplama metodolojisi ASHRAE transfer fonksiyonu yöntemine dayanır. Isı transferi hesaplamasının farklı yöntemleri de olmasına rağmen, termostatik bölgelere ayrılmış sistemlerde spesifik hesaplamalar yapılması sebebiyle Transfer fonksiyon metodu güvenilir bir yöntem olarak kullanılır [33].

Binada soğutma, ısıtma ve enerji modellemesi hesaplamalarında üç yöntem kullanılır.

4.3.1.1 Soğutma Yüğü Hesabı

Soğutma yüğü her ay için seçilen pik dizayn günü için iklim verilerine göre TFM ile hesaplanır. Bina kullanım zamanları (insan, aydınlatma, elektrikli cihazlar vb.) ve yoğunlukları tasarım günü için hesaplanarak toplam yüğe eklenir [33].

4.3.1.2 Isıtma Yüğü Hesabı

Isıtma yüğü pik dizayn günü için kış iklim verilerine göre tüm ısı kazancı getiren değerler çıkarılarak hesaplanır. Isı kazancı değerlerinin çıkarılması tasarımda en kötü senaryo düşünülmesindedir [33].

4.3.1.3 Enerji Modellemesi

Yükler tüm 8760 saat için hesaplanarak bulunur. İklim datası olarak yılın tüm saatlerini içeren simülasyon iklim datası kullanılır. Ayrıca bina kullanım zamanları pike göre değil haftanın günlük saatlere göre bölünmesi ve bu saatlerdeki kullanım yoğunluğu esas alınarak hesaplanır [33]. Bina mekanik sistemlerinin seçilen şartlara göre çalışma aralıkları değişeceğinden bina enerji tüketiminin doğru hesaplanmasında bu parametrelerin doğru değerlendirilmesi önemlidir.

Kısaca TFM olarak adlandıracağımız metot dinamik ısı transferi hesaplamasıdır. Bu yöntem ısı balans metodunun yalınlaştırılmış halidir. Yöntemin çok kullanılma sebebi kullanıcı dostu girdi ve çıktı oluşturmasıdır. Bu yöntem esas olarak bina soğutma yükünün ve toplam enerji tüketiminin hesaplanmasında kullanılır. Soğutma yükünün hesaplanmasında ilk olarak yüzey sıcaklıkları ve mahal yükleri ısı balans metoduna göre hesaplanır. Sonrasında TFM bu ısı kazançlarını birleştirir ve soğutma yüküne çevirir. Burada transfer fonksiyonu K Laplace dönüşüm çıktısı Y'nin bir bileşenidir. G ise girdi olarak denklemde yerini alır [33].

$$Y = KG \quad (4.1)$$

Laplace dönüşümü, $f(t)$ zamana bağlı sürekli bir fonksiyon, değişkenlerin Δt ve büyüklüklerin $f(0), f(\Delta), f(2\Delta), \dots, f(n\Delta)$ olması durumunda,

$$\Phi(z) = f(0) + f(\Delta)z^{-1} + f(2\Delta)z^{-2} + \dots + f(n\Delta)z^{-n} \quad (4.2)$$

Burada Δ = zaman sıklığı, h

$$T=e^{s\Delta}$$

Önceki polinomda yer alan z^{-1} sürekli $f(t)$ fonksiyonu için z transformasyonu olarak adlandırılır.

4.1 Denkleminde yer alan Y,K ve G z transformasyonunda belirtilmiştir. Işınım ve ısı kütlesi ısı depolama etkisinden ötürü t zamanında hesaplanacak soğutma yükü hissedilir ısı kazancı ve devamlı $f(t)$ fonksiyonunda bir önceki adımda yer alan soğutma yükleri ile ilişkilendirilebilir. Bu da z transformasyonu ile ifade edilir [33].

Ağırlık faktörü veya transfer fonksiyon faktörü katsayıları z transformasyonu ile ifade edilir. Ağırlık faktörü ifadesi , şimdiki ve önceki adımlarda hesaplanan ısı kazancı ve soğutma yüklerinin mevcut soğutma yüküne etkisindeki etkinlik ölçüsüdür [33].

4.3.2 HAP Hesaplama Yöntemlerinde Kullanılan Isı Kazanım Formülleri

Bilgisayar simülasyon programlarında mahal yükü hesaplamaları TFM yöntemine dayanır. Bu bölümde TFM' ye ait bazı hesaplama örnekleri anlatılacaktır.

4.3.2.1 Dış duvar ve çatıdan taşınım yoluyla ısı kazanımı

Dış duvarlar ve çatılarda duyulur ısı kazancı hesaplaması TFM kullanılarak taşınım transfer fonksiyonu ile yapılabilir. t zamanında sol-air sıcaklığı $T_{sol,t}$ olarak tanımlanır. Sol-air sıcaklığı, güneş ışınımı ve sıcaklığının birleşik etkisini ifade eden sıcaklıktır. Bu dış havanın ortalama kararlı sıcaklığını, dış yüzeydeki (duvar veya çatı) güneş ısı değeri ve sabit iç hava sıcaklığı T_r 'dir. Taşınım ısı transfer fonksiyonu katsayısı dış yüzey ısı taşınım katsayısı h_d ve iç yüzey taşınım katsayısı h_i dış ve iç duvar yüzeylerine, ortam sıcaklık, nem ve hava hızı değerlerine göre hesaplanır.

zamanında dış duvar veya çatıda oluşan dış ısı kazanımı $q_{e,t}$ olarak tanımlanır ve şu şekilde gösterilir [33];

$$q_{e,t} = \left(\sum_{n=0} b_n T_{sol,t-n\Delta} - \sum_{n=1} d_n \frac{q_{e,t-n\Delta}}{A} - Tr \sum_{n=0} C_n \right) \times A \quad (4.3)$$

t = zaman (s)

Δ = zaman değişkeni, (s)

$T_{sol,t-n\Delta}$ = $t-n\Delta$ zamanında birleşik güneş ışınımı ve sıcaklığı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$q_{e,t-n\Delta}$ = $t-n\Delta$ zamanında taşınım yoluyla oluşan ısı kazancı (W)

b_n, c_n, d_n = taşınım transfer fonksiyonu katsayısı

A = çatı veya dış duvara ait iç yüzey alanı (m^2)

4.3.2.2 Pencere sistemlerinden güneş radyasyonu ve iletim yoluyla ısı kazanımı

Güneş radyasyonundan dolayı oluşan ısı akışı cam tarafından absorbe edilir. Ancak ısı akışı dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklığı farkına göre oluşur. Bu yöntem iletim ve güneş radyasyonu yoluyla oluşan ısı kazancının hesaplanmasında basitleştirilmiş ve doğru bir yöntemdir.

Güneş radyasyonu yoluyla oluşan ısı kazancı $q_{so,t}$ (W) olarak tanımlanır ve şu şekilde gösterilir [30];

$$q_{so,t} = A_{s,t}(SC)(SHGF_t) + A_{sh,t}/SC)(SHGF_{sh,t}) \quad (5.4)$$

$A_{s,t}$ = t zamanında güneş alan cam alanı (m^2)

$A_{sh,t}$ = t zamanında gölgelenmiş cam alanı (m^2)

SC = gölgeleme katsayısı

$SHGF_t$ = t zamanında yönelim, enlem, ay ve saat dikkate alınarak hesaplanan güneş ısı kazancı faktörü(W/m^2)

$SHGF_{sh,t} = t$ zamanında gölgede oluşan yönelim, enlem, ay saat dikkate alınarak hesaplanan güneş ısı kazancı faktörü (W/m^2)

4.4 Dış duvarlarda yoğuşma analizleri

Binalarda nem transferi birçok dış ve iç ortamda oluşabilen birçok parametreye bağlı olarak gerçekleşebilir. Bunlardan bazıları iç ortamda gizli ısı yayan cihazların oluşturduğu su buharı, su kaçaqları, rüzgarla taşınan yağmur, temel suyu sızıntıları ve yapı elemanları arası su buharı geçiştir. Bu bölümde yapı elemanları arası su buharı geçişi hesaplamaları değerlendirilecektir.

Yapı elemanlarında oluşacak yoğuşmanın hesaplanması TS 825 ve ASHRAE standartlarında yer alan yöntemler doğrultusunda incelenecektir. Bu iki hesaplama yönteminin benzerlik ve farkları karşılaştırılacaktır. Bir sonraki bölümde referans bina için ASHRAE standardında yer alan hesaplama yöntemi kullanılacaktır.

4.4.1 TS 825 Hesaplama Yöntemi

Yapı elemanında nem transferi yüzeyler arası oluşan sıcaklık ve bağıl nem farklılıklarından dolayı kısmi buhar basıncı oluşmasından dolayı oluşur. Su buharı, basıncın daha yüksek olduğu taraftan daha düşük olduğu yüzeye hareket eder. Su buharı, bu geçiş sırasında doyma sıcaklığından daha düşük sıcaklığa sahip yüzey ile karşılaştığına yoğuşarak sıvı hale geçer [3].

Bu yoğuşan su buharı yapıda küf, mantar gibi organizmaların oluşmasına sebep olabilir ve bu malzemelerde yapı ömrünün azalması ve konfor şartlarının olumsuzlaşması gibi etkiler yaratır.

TS 825 standardında yer alan hesap metodunda su buharı difüzyonundan dolayı oluşan yoğuşmanın değerlendirilmesi konu edilir.

Kullanılan metod, yapım aşamasındaki suyun kurduğunu kabul eder ve aşağıda verilen bir grup fiziksel olguyu göz önüne almaz:

- Isıl iletkenliğin, nem miktarı ile bağımlılığı,
- Serbest kalan ve emilen gizli ısı,

- Nem miktarına bağılı olarak malzeme özelliklerinin değişimi,
- Kapiler emme ve malzeme içerisinden sıvı nem (su) geçişi,
- Çatlaklar veya hava bölümleri arasındaki hava hareketleri,
- Malzemelerin higroskopik nem kapasiteleri.

Hesaplama yönteminde öncelikli olarak binanın bulunduğu ilin bir önceki bölümde belirtilen derece gün bölgesine göre dış hava sıcaklığı standartta yer alan Ek.B Madde B.2 den alınır. İç hava sıcaklık değeri olarak standartta yer alan Ek.B Madde B.1’de kullanım tipi için tavsiye edilen değerin 1 C artırılmış hali kullanılır. İç ortamın bağıl nemi; doğal havalandırma yapılan binalarda % 65, mekanik havalandırma yapılan binalarda % 55 olarak alınır. Dış ortamın bağıl nem değeri ise standartta yer alan Ek G’den binanın bulunduğu il ve hesaplamanın yapılacağı aya göre seçilir.

Yapı elemanlarının su buharı geçişine gösterdiği direnç eşdeğer hava tabakası direncine göre tanımlanır Bu da aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$S_d = \mu \times d \quad (4.5)$$

S_d = Su buharı difüzyonu eř değer hava tabakası kalınlığı (m),

μ = Su buharı difüzyon direnci katsayısı (birimsiz),

d = Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m)

Yapı bileşeninde yüzeylerde veya herhangi bir noktadaki doymuş su buharı basıncı o yüzeydeki veya noktadaki sıcaklık değeri üzerinden hesaplanır. Bu hesap standartta yer alan izelge F.1’den ya da aşağıda verilen eşitliklerden hesaplanır:

$$P_s = 610.5 \times e^{\frac{17.2659 \times \theta}{237.3 + \theta}} \quad \theta \geq 0^\circ\text{C} \quad (4.6)$$

$$P_s = 610.5 \times e^{\frac{21.875 \times \theta}{265.5 + \theta}} \quad \theta < 0^\circ\text{C} \quad (4.7)$$

P_s = Doymuş buhar basıncı (Pa),

θ = Sıcaklık (°C).

Kısmi buhar basıncı aynı sıcaklıktaki doymuş buhar basıncının bağıl nem ile çarpımından bulunur. Doymuş buhar basıncının, kısmi buhar basıncının altına düştüğü katmanda yoğuşmanın başladığı görülür.

4.4.2 ASHRAE Hesaplama Yöntemi

Dış duvar yapı katmanları arasında nem transferi ASHRAE hesaplama yönteminde TS 825 hesaplama yöntemiyle benzerlikler gösterir. Temel olarak yapı katmanlarda sıcaklığa bağlı olarak doymuş buhar basıncı ve kısmi buhar basıncı hesaplandıktan sonra bu değerler arası durum değerlendirilir ve yoğuşma sonucu ortaya koyulur [23].

Dış duvarda yapı katmanları arası oluşacak sıcaklık farkı iç ve dış hava sıcaklık değerleri ve duvarı oluşturan yapı malzemelerinin ısı direnç değerlerine göre hesaplanır her malzemede oluşan sıcaklık farkı aşağıda belirtilen eşitliğe göre hesaplanır:

$$\frac{\Delta t_{katman}}{t_i - t_o} = \frac{R_{katman}}{R_T} \quad (4.8)$$

Δt_{katman} = Yapı malzemesinde oluşan sıcaklık farkı (°C),

t_i = İç ortam sıcaklığı (°C),

t_o = Dış ortam sıcaklığı (°C),

R_{katman} = Yapı malzemesi ısı direnci ($m^2.K/W$),

R_T = Toplam ısı direnç ($m^2.K/W$).

Doymuş buhar basıncı, sıcaklık değerine bağlı olarak farklı iki durum için aşağıdaki eşitliklerden veya standardın birinci bölümünde bulunan su buharı termodinamik özellikleri tablosundan alınır.

$$P_s = 610.5 \times e^{\frac{17.2659 \times \theta}{237.3 + \theta}} \quad \theta \geq 0^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

$$P_s = 610.5 \times e^{\frac{21.875 \times \theta}{265.5 + \theta}} \quad \theta < 0^\circ\text{C} \quad (4.10)$$

P_s = Doymuş buhar basıncı (Pa),

θ = Sıcaklık ($^\circ\text{C}$).

$$\frac{\Delta P_{katman}}{P_i - P_o} = \frac{Z_{katman}}{ZT} \quad (4.11)$$

ΔP_{katman} = Yapı malzemesinde oluşan basınç farkı (Pa),

P_i = İç ortam doymuş buhar basıncı (Pa),

P_o = Dış ortam doymuş buhar basıncı (Pa),

Z_{katman} = Yapı malzemesi su buharı difüzyon direnci (Pa.s.m²/ng),

ZT = Toplam su buharı difüzyon direnci (Pa.s.m²/ng).

Oluşturulan grafikte doymuş buhar basıncının, kısmi buhar basıncının altına düştüğü katmanda yoğuşmanın başladığı görülür. Bu yöntem doğrultusunda çalışmaya konu illerde yapılan hesaplama sonuçları bir sonraki bölümde açıklanacaktır.

5. ÖRNEK ÇALIŞMADA İZLENİLEN YÖNTEM

Bu bölümde tezde incelenecek yöntem açıklanmaktadır. Çalışmada mevcut bir konut binasının TS 825 standardında yer alan ikinci bölgeden seçilen dört ilin (İstanbul, Muğla, Diyarbakır ve Rize) enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için mevcut binaya ait enerji profili simülasyonu oluşturulmuştur. Kullanılan girdiler yöntem bölümünde açıklanan bina simülasyon akış şemasına göre girilmiştir. Bu girdiler çalışmaya örnek olan illere ait iklim verileri, yönlendirme, yapı özellikleri, ısıtma soğutma sistemleri, aydınlatma vb. değerleridir. Ayrıca bina kabuğu yapı elemanlarında dış duvar ve çatı için standartta tavsiye edilen ısıl geçirgenlik katsayısı değerleri dikkate alınarak enerji tüketim değerleri yeni durum için incelenmiştir. Son olarak mevcut durum ve standarda uygun durumlarda dış duvarda yoğuşma analizleri yapılmıştır. Bu yoğuşma analizleri son on yılın sıcaklık ve nem değerleri için ölçülen en yüksek değerlere göre hesaplanmıştır.

5.1 Örnek Bina Enerji Modellemesi

Bu bölümde, örnek binanın enerji tüketiminin hesaplanması için gereken parametreler anlatılmıştır. Örnek bina enerji modellemesi bölümü “4.2.Bina Enerji Modellemesi Parametreleri” başlığında verilen girdiler başlığı altındaki başlıklara göre verilmiştir.

5.1.1 Girdiler

Bu bölümde örnek çalışmada yer alan binayı tanımlamak amacıyla enerji performansının hesaplanmasında kullanılan girdiler tanımlanmıştır.

5.1.1.1 İklim

Çalışmada bir önceki kısımda belirtildiği gibi İstanbul, Muğla, Diyarbakır ve Rize illeri ikinci iklim bölgesinden seçilmiştir. Çizelge 5.1’de TS 825 standardında ikinci

derece gün bölgesinde yer alan illerin coğrafi bölgeleri, en yüksek ve en düşük sıcaklık değerlerini içeren tablo verilmiştir [24].

Çizelge 5.1: İkinci iklim bölgesi pik sıcaklık değerleri [8].

COĞRAFİ BÖLGE	İL	TS 825 BÖLGE	EN DÜŞÜK SICAKLIK KIŞ (°C)	EN YÜKSEK SICAKLIK YAZ (°C)
MARMARA	BALIKESİR	2. BÖLGE	-7,2	39,4
MARMARA	BURSA	2. BÖLGE	-6,3	37,3
MARMARA	ÇANAKKALE	2. BÖLGE	-4,7	35,6
MARMARA	EDİRNE	2. BÖLGE	-9,6	37,7
MARMARA	KOCAELİ	2. BÖLGE	-4,2	36
MARMARA	SAKARYA	2. BÖLGE	-5,9	36,6
MARMARA	TEKİRDAĞ	2. BÖLGE	-6,4	33,5
MARMARA	YALOVA	2. BÖLGE	-4,6	34,5
MARMARA	DÜZCE	2. BÖLGE		
MARMARA	İSTANBUL	2. BÖLGE	-3	33,7
KARADENİZ	AMASYA	2. BÖLGE	-9,3	39,6
KARADENİZ	BARTIN	2. BÖLGE	-8,1	35,2
KARADENİZ	GİRESUN	2. BÖLGE	-1,6	30,9
KARADENİZ	ORDU	2. BÖLGE	-3,2	31,3
KARADENİZ	RİZE	2. BÖLGE	-3	31,7
KARADENİZ	SAMSUN	2. BÖLGE	-3,3	32
KARADENİZ	SİNOP	2. BÖLGE	-1,9	30,2
KARADENİZ	TRABZON	2. BÖLGE	-2,4	30,5
KARADENİZ	ZONGULDAK	2. BÖLGE	-3,9	33,3
GÜNEYDOĞU ANADOLU	ADIYAMAN	2. BÖLGE	-4,9	41,9
GÜNEYDOĞU ANADOLU	BATMAN	2. BÖLGE	-7,7	43,5
GÜNEYDOĞU ANADOLU	DIYARBAKIR	2. BÖLGE	-11,2	42,5
GÜNEYDOĞU ANADOLU	GAZİANTEP	2. BÖLGE	-7,4	39,5
GÜNEYDOĞU ANADOLU	KAHRAMAN MARAŞ	2. BÖLGE	-5,5	40
GÜNEYDOĞU ANADOLU	KİLİS	2. BÖLGE	-4,3	40,4
GÜNEYDOĞU ANADOLU	MARDİN	2. BÖLGE	-8	39,5
GÜNEYDOĞU ANADOLU	SİİRT	2. BÖLGE	-8,1	41
GÜNEYDOĞU ANADOLU	ŞANLI URFA	2. BÖLGE	-4,8	42,6
GÜNEYDOĞU ANADOLU	ŞİRNAK	2. BÖLGE		
EGE	DENİZLİ	2. BÖLGE	-5,1	38,8
EGE	MUĞLA	2. BÖLGE	-5,6	38,3
EGE	MANİSA	2. BÖLGE	-4,4	41,9

Tabloda belirtildiği üzere aynı iklim bölgesinde yer alan iller arasında çok değişken sıcaklık değerleri olduğu görülür. Bu değerler bağıl nem ve ortalama sıcaklıkları yönünden değerlendirildiğinde de farklılıklar göze çarpar. Çalışmada yer alan illerin de aynı iklim bölgesinde yer almalarına rağmen çok farklı iklimsel özellikler gösterdikleri belirtilir. Çizelge 5.2’de seçilen dört ilin iklim değerlerinin karşılaştırıldığı tablo verilmiştir. İllerde dış sıcaklıklar haricinde soğutma ve ısıtma derece gün sayılarında ve bağıl nem değerlerinde büyük farklılıklar olduğu görülür.

Çizelge 5.2: Çalışmada yer alan illerin iklim değerleri karşılaştırması [24].

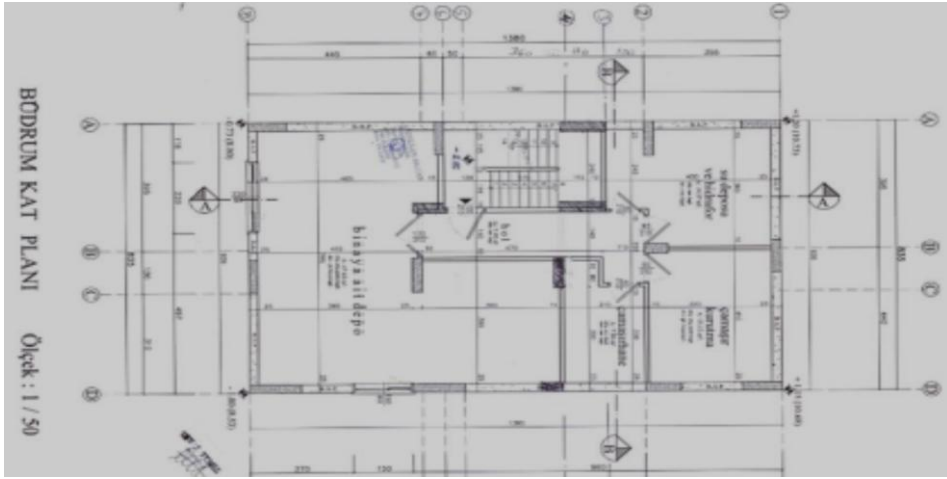
BÖLGE		Marmara	Güneydoğu Anadolu	Karadeniz	Ege
İL		İstanbul	Diyarbakır	Rize	Muğla
BOYLAM		29,05B	40,2B	40,3B	28,37B
ENLEM		40,58N	37,9N	41,02N	37,22N
YÜKSELTİ	(m)	39	67	4	646
EN SICAK AY		AĞUSTOS	TEMMUZ	AĞUSTOS	TEMMUZ
EN SOĞUK AY		ŞUBAT	OCAK	ŞUBAT	OCAK
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2 .BÖLGE	2 .BÖLGE	2 .BÖLGE	2 .BÖLGE
ORTALAMA EN DÜŞÜK SICAKLIK	(°C)	-3,6	-12,6	-1,3	-5,2
ORTALAMA EN YÜKSEK KT SICAKLIĞI	(°C)	31,1	40,1	28,2	35,9
ORTALAMA EN YÜKSEK YT SICAKLIĞI	(°C)	21,4	20,4	23,5	20
BAĞIL NEM	(%)	81	29	83	45
GÜNLÜK KT SICAKLIK FARKI	(°C)	9	17,1	6,7	13,8
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	616	1547	527	877
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	1927	2188	1235	2017
r*	(CDD/HDD)	0,32	0,71	0,43	0,43

Ayrıca yapılan hesaplamaları etkileyen unsurlardan atmosfer kirlilik seviyesi, ortalama gün ışığı yansıtma değeri ve toprak ısıl iletkenlik değerleri tüm binalar için

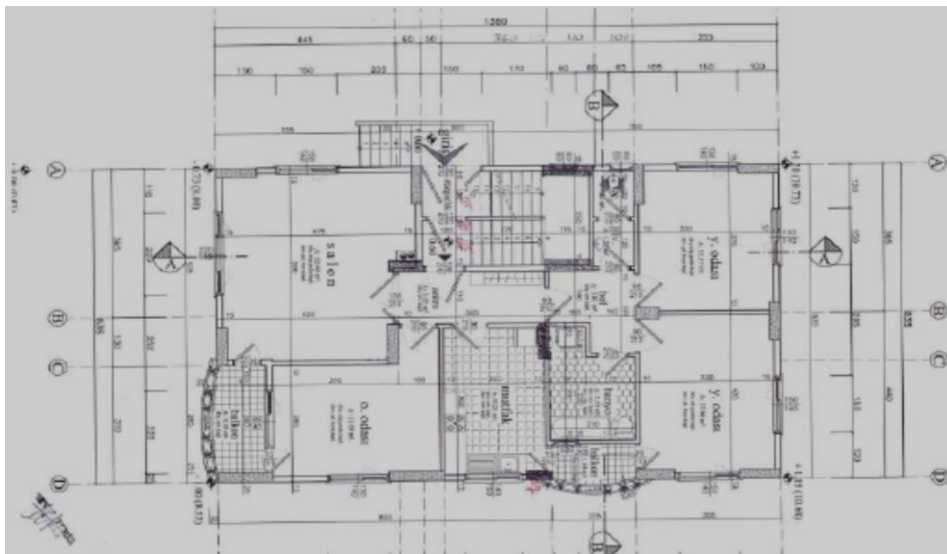
aynı kabul edilmiştir. Bunun sebebi enerji tüketiminde bina kabuğu elemanlarının incelenmesi hedefidir.

5.1.1.2 Mevcut bina yapı bilgileri

Bina 1985 yılında, o zamanın inşaat tekniklerine uygun olarak kagir yapı olarak inşa edilmiştir. Oturum alanı 116m² olan binanın toplam iklimlendirilen alanı 460m²'dir. Bina iki tip kat planlı olup bodrum kat planı şekil 5.1'te ve tipik normal kat planı şekil 5.2'te verilmiştir. Binanın yönelimi aşağıda verilen kat planlarında yukarıya batı yönünü gösterecek şekildedir. Bu tüm illerde yer alacak bina için aynı seçilmiştir.

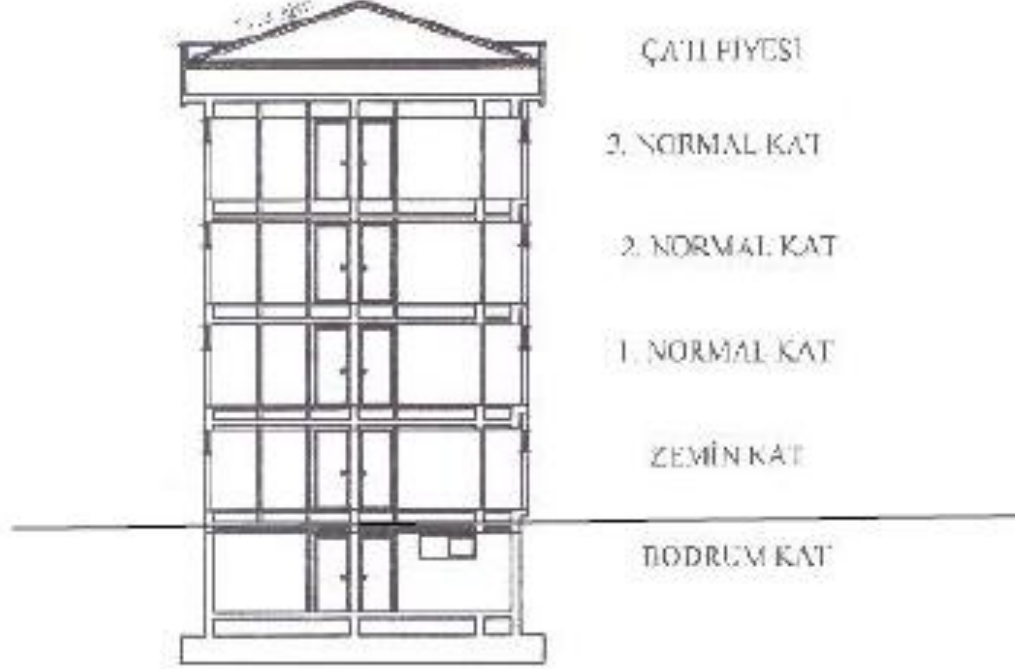


Şekil 5.1: Bodrum Kat Planı.



Şekil 5.2: Normal Katlar Planı.

Bina toplam 5 katlıdır ve yüksekliği 16m'dir. Bir adet bodrum, zemin ve üç normal kattan oluşur. Bina kesit görünüşü şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3: Bina Kesiti.

Binanın genel kullanım amacı konut olup bodrum katta depo, elektrik mekanik alanları bulunmaktadır. Her katta 1 mesken şeklinde tasarlanmış binada toplam 20 kişinin yaşadığı öngörülmüştür. Binanın boyutları Çizelge 5.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 5.3: Referans bina boyutları

Yükseklik	Genişlik	Uzunluk	Kat Adedi	Kat Yüksekliği
m	m	m		m
16	8,35	13,86	5	2,8

Bina mevcut haliyle iç ve dışında sıvalı 20cm tuğla duvarlardan oluşmaktadır. Bina pencereleri daha sonradan yapılmış enerji tadilatları ile plastik doğramalı tek cama çevrilmiştir. Bunun haricinde çatı ahşap konstrüksiyon üzerine uygulanmış membran

su yalıtımı ve bitiş malzemesi olarak kiremitten oluşmaktadır. Bina yapı malzeme özellikleri sırasıyla mevcut dış duvar Çizelge 5.4.1’de, toprak temaslı duvar Çizelge 5.4.2’de, çatı Çizelge 5.4.3’te, taban Çizelge 5.4.4’te ve son olarak standarda göre revize edilmiş dış duvar Çizelge 5.4.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.4.1: Referans bina yapı elemanları-dış duvar.

DIŞ HAVA TEMASLI DUVAR- DH01							
Sütun	1	2	3	4	5	6	7
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci
		d	μ	s_d	$s_{d\tau}$	λ_h	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,13
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,01	10	0,1	0,1	0,70	0,014
4.2	Çimento harcı	0,02	15	0,3	0,4	1,6	0,012
7.1.2.4	TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	0,2	8	1,6	2	0,81	0,247
4.2	Çimento harcı	0,02	15	0,3	2,3	1,6	0,012
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,45

U Değeri= **2,192 W/m²K**

Çizelge 5.4.2: Referans bina yapı elemanları-toprak temaslı duvar.

TOPRAK TEMASLI DUVAR- DT01							
Sütun	1	2	3	4	5	6	7
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci
-	-	d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,01	10	0,1	0,1	0,70	0,014
4.2	Çimento harcı	0,02	15	0,3	0,4	1,6	0,012
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,25	100	25	25,4	2,5	0,1
10.3.2.1.3	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 04	0,03	150	4,5	29,9	0,040	0,75
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	0,001	40000	40	69,9	0,70	0,001
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0

U Değeri= **0.89 W/m²K**

Çizelge 5.4.3: Referans bina yapı elemanları-çatı.

ÜZERİ AÇIK TAVAN (ÇATI)- CA01							
Sütun	1	2	3	4	5	6	7
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci
-	-	d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25
8.2.1	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,018	200	3,6	3,6	0,13	0,138
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	0,001	40000	40	43,6	0,70	0,001
7.1.5.2	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,02	8	0,16	43,76	0,36	0,056
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04

U Değeri= **2.06 W/m²K**

Çizelge 5.4.4: Referans bina yapı elemanları-taban.

TOPRAK TEMASLI TABAN- TT01							
Sütun	1	2	3	4	5	6	7
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci
		d	μ	S_d	S_{dT}	λ_h	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .KW
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25
5.1.2	Donatısız - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	10	1,65	0,061
10.3.2.1.3	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 04	0,01	150	1,5	11,5	0,040	0,25
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	0,001	40000	40	51,5	0,70	0,001
5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,4	100	40	91,5	2,5	0,16
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0

Referans bina yapı elemanlarından dış duvar TS 825 standardı tavsiye edilen ısı iletim katsayısı değerleri ile revize edildikten sonra enerji performansı ve nem transferi değerlendirmesi için tekrar hesaplanmıştır. Çizelge 5.4.5’de standarda göre revize edilmiş dış duvar elemanına ait değerler verilmiştir.

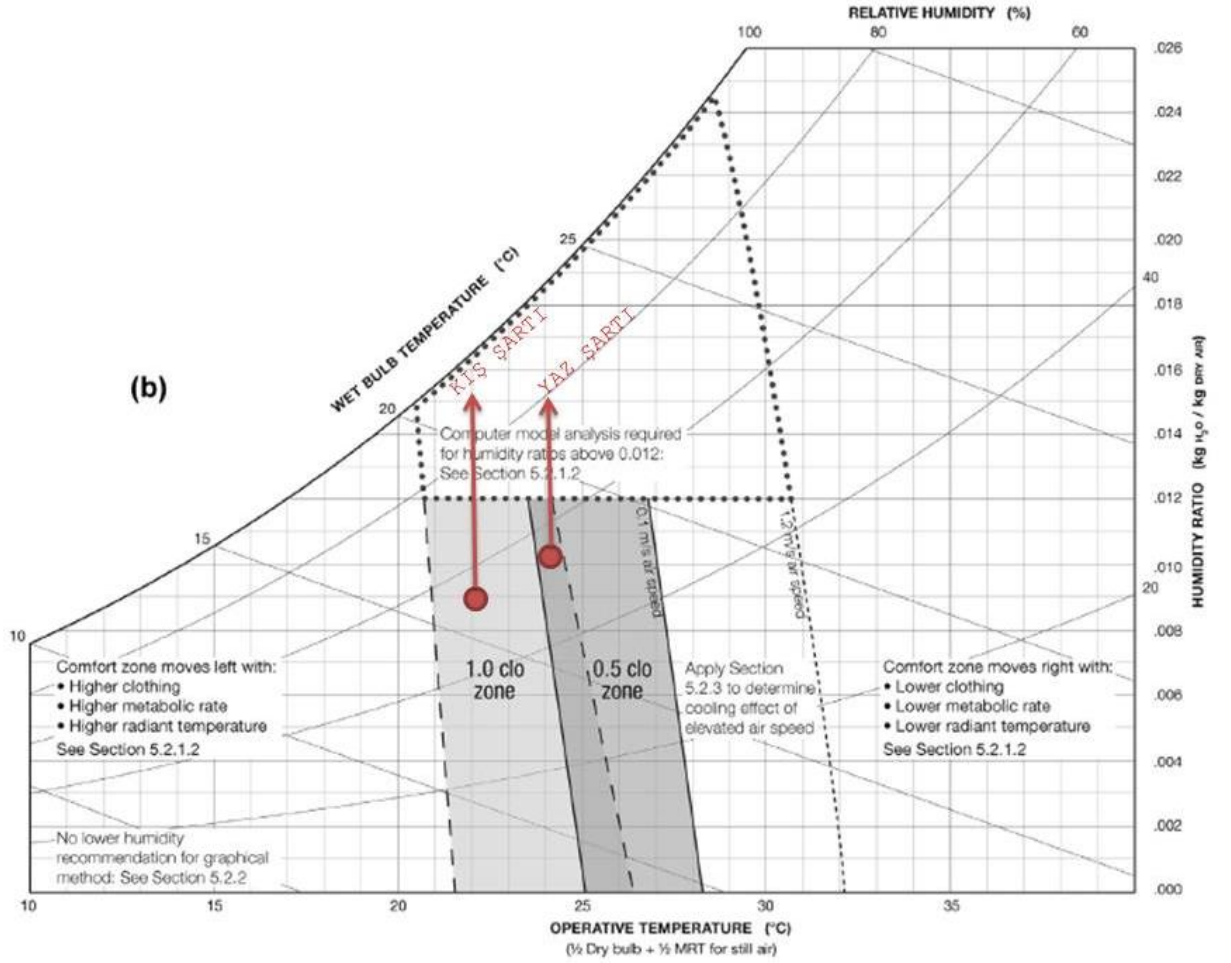
Çizelge 5.4.5: Referans bina yapı elemanları-dış duvar (TS 825).

TS 825'E GÖRE REVİZE EDİLMİŞ DIŞ HAVA TEMASLI DUVAR- DH01							
Sütun	1	2	3	4	5	6	7
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci
		d	μ	s_d	s_{dT}	λ_h	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,13
4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,01	10	0,1	0,1	0,70	0,014
4.2	Çimento harcı	0,02	15	0,3	0,4	1,6	0,012
7.1.2.4	TS EN 771-1 e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	0,2	8	1,6	2	0,81	0,247
10.3.1.2	Polistiren – parçacık köpüklü – TS 7316 EN 13163 e uygun; yoğunluk >20; ısı iletim katsayısı grubu 50	0,6	30	18	18	0,040	1,5
4.2	Çimento harcı	0,02	15	0,3	2,3	1,6	0,012
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	1,886

U Değeri= **0,53 W/m²K**

5.1.1.3 Mevcut bina konfor şartları

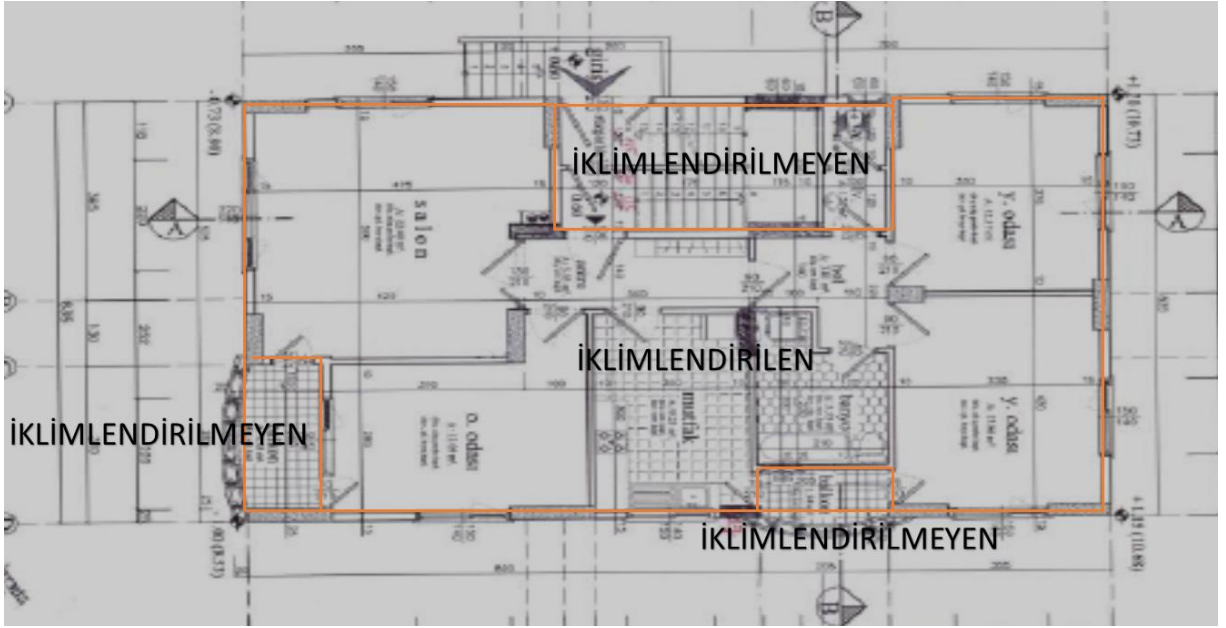
Bölüm 4.2.1.4 konfor şartlarında belirtilen aralığa göre ısıtma ve soğutma sezonları için iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri seçilmiştir. Şekil 5.4'te gösterilen bu değerler tüm iller için aynı kabul edilmiştir. Isıtma sezonunda iç ortam sıcaklığı 22°C ve bağıl nem %55, soğutma sezonunda ise iç ortam sıcaklığı 24°C ve bağıl nem %55 olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.4: Örnek bina ısı konfor şartları [29].

5.1.1.4 Mevcut bina ısıl bölgeler

Binada ısıl bölgelendirme iklimlendirilen ve iklimlendirilmeyen hacimler olarak ikiye ayrılmıştır. İklimlendirilen hacimler konut kullanımını olduğu için her bağımsız konut birbiriyle benzer konfor şartlarına sahip ayrı bölgeleri temsil eder. Ayrıca her katın bağımsız yaşam alanı olduğundan her katta bir iklimlendirilen bir de ortak merdivenlerin bulunduğu iklimlendirilmeyen bölgeler bulunmaktadır. Şekil 5.5’de tipik bir katın bölgelendirilmesi görülmektedir.



Şekil 5.5: Tipik kat bölgelendirilmesi.

5.1.1.5 Mevcut bina kullanım profilleri

Binada temel olarak insan, aydınlatma ve elektrikli cihaz yükleri olmak üzere üç tip iç yük bulunmaktadır. Bu profillerden tasarım günü, binanın ısıtma ve soğutma dizayn günlerinde kullanılan değerleri belirtmektedir. Bütün bir yılın tüm günleri için modelleme yapıldığı için hafta içi, hafta sonu ve tatil günleri ayrı ayrı belirtilmiştir. Bunlardan insan kullanım profili Şekil 5.6.1 olarak ve aydınlatma ve elektrikli ekipman kullanım profili Şekil 5.6.2 olarak verilmiştir.

Hourly Profiles:

1: Design Day

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2: Weekday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	90	90	90	90	90	90	70	40	40	20	20	20	20	20	20	30	50	50	50	70	70	80	90	90

3: Saturday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	90	90	90	90	90	90	70	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	50	60	60	60	70	70	70

4: Sunday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	70	70	70	70	70	70	70	70	50	50	50	30	30	20	20	20	30	40	40	60	60	80	80	80

Assignments:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tuesday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Wednesday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Thursday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Friday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Saturday	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sunday	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Holiday	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Şekil 5.6.1: İnsan kullanım profili.

Hourly Profiles:

1: Design Day

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2: Weekday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	90	90	90	90	90	90	70	40	40	20	20	20	20	20	20	30	50	50	50	70	70	80	90	90

3: Saturday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	90	90	90	90	90	90	70	50	50	30	30	30	30	30	30	30	30	50	60	60	60	70	70	70

4: Sunday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	70	70	70	70	70	70	70	70	50	50	50	30	30	20	20	20	30	40	40	60	60	80	80	80

Assignments:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tuesday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Wednesday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Thursday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Friday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Saturday	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sunday	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Holiday	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Şekil 5.6.2: Aydınlatma ve elektrikli cihaz kullanım profili.

5.1.1.6 Sızıntı

Pencere ve kapı sistemlerinin sızdırmazlığı düşük olduğu için binada sürekli sızıntı olacakmış gibi değerlendirilmiştir. Bu da HAP değerlendirmesinde yüksek sızıntı aralığında olan saatle bir hava değişimi (1 ACH) olarak alınmıştır.

5.1.1.7 Mevcut bina sistem tipi ve boyutu

Seçilen bina mevcutta yer alan gerçek bir yapı olup mekanik sistemler kapsamında sadece ısıtma sistemi bulunmaktadır. Bağımsız iklimlendirilen ısı bölgelerde ısıtma bireysel ısıtma sistemi kombi ve radyatör ile sağlanmaktadır. Bunun haricinde soğutma için mevcut durumda herhangi bir iklimlendirme sistemi bulunmamaktadır. Çalışmanın mevcut ve standarta göre revize edilmiş durumlarının, ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu sebeple bina mekanik sistemlerine yoğunlaşmak yerine konfor şartları için gereken şartlara ulaşmak adına ısıtma ve soğutma ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu sebeple de mekanik sistemlerin enerji ihtiyaçlarının belirlenmesinde mevcutta belirtilmiş bir sistem olmadığı gerekçesiyle ASHRAE 90.2 standardında tavsiye edilen minimum değerler dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır [30].

Elektrik sistemlerinden olan aydınlatma ise enkandesan lambalı aydınlatma armatürleri ile sağlanmaktadır. Bireysel kullanıcı seçimli aydınlatma elemanları sarkıt tip olup elle kontrollüdür. Binada yer alan mahallerin aydınlatma güç yoğunluğu değerleri Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5: Referans bina aydınlatma güç yoğunluğu.

MAHAL TİPİ	AYDINLATMA GÜÇ YOĞUNLUĞU (W)
Yatak Odası	200
Oturma Odası	300
Salon	500
Islak Hacim	300
Hol	200

5.1.1.8 Mevcut bina üfleme ve egzoz fanları

Binada doğal yol ile havalandırma sağlanacağından herhangi bir üfleme ve egzoz fanı tanımlaması yapılmayacaktır.

5.1.1.9 Mevcut bina kontrol ve kullanım profili

Binada iklimlendirilen hacimlerin haftanın her günü ve her saati iklimlendirileceği öngörülmüştür. İnsan aydınlatma ve elektrikli cihazların kullanım yoğunluğu doğrultusunda sistemin çalışma yoğunluğu ortaya çıkacaktır. Şekil 5.9’da bina kontrol ve kullanım profili belirtilmiştir. Mekanik sistem kullanımında profiller çalışır ve durma konumunu ifade edecek şekilde kullanımda ve kullanımda olmayan şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca dizayn ve tüm yıl simülasyon çalışmasında seçildiği durumu belirtmek amacıyla da “1” , “2” ve “3” değerleri referans etmek amacıyla kullanılmıştır.

Hourly Profiles:

1: Weekday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2: Saturday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3: Sunday

Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0 = Occupied; U = Unoccupied

Assignments:

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Design	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Monday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tuesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wednesday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Thursday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Friday	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Saturday	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sunday	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Holiday	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Şekil 5.7: Kontrol ve kullanım profili.

5.1.1.10 Mevcut bina taze hava ihtiyacı

Taze hava doğal havalandırma kapsamında açılır pencere ve kapılar ile isteğe bağlı sağlanmaktadır. Bu sebeple tasarım değerlendirmesinde ihmal edilmiştir.

5.1.1.11 Mevcut bina ekipman tipi ve boyutu

Çalışma kapsamında mekanik sistem karşılaştırması bulunmamaktadır. Bu sebeple ASHRAE 90.2.2007 standardında ilgili iklim bölgeleri için kullanılan standart değerlere göre hesaplama yapılması uygun görülmüştür [30].

5.1.1.12 Mevcut bina yakıt tipi

Yakıt tipi iklimlendirmeyi ve kullanım sıcak suyu ihtiyacını sağlayan cihazlar için doğal gaz diğer aydınlatma ve elektrikli ekipmanlar için ise elektriktir. Doğalgaz ve elektrik için konut binalarında önerilen birim fiyatlar için ilgili dağıtım şirketlerinin birim fiyatları kullanılmıştır.

5.2 Örnek Binanın Mevcut Durumunun Öngörülen İllerde Enerji Performansının Değerlendirilmesi

Bina enerji performansı bir önceki bölümde tanımlanan bina enerji performansı hesaplama için kullanılan tasarım değerlerine göre tamamlanmıştır. TS 825 2. Derece gün iklim bölgesinden seçilmiş dört ilin iklim koşulları ASHRAE iklim istasyonu verilerinden alınan değerlere göre belirlenmiştir. Maksimum soğutma ve ısıtma yüklerinin ortaya koyulması adına bu verilerde belirtilen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri kullanılırken, aylık ortalama yüklerin hesaplanması için saatlik simülasyon iklim verileri kullanılmıştır. Bu koşullar doğrultusunda dört ilin mevcut durumdaki pik ısıtma ve soğutma yükleri ve aylık ortalama bina enerji tüketim değerleri belirtilmiştir.

5.2.1 İstanbul

2. iklim bölgesinde değerlendirilen illerden İstanbul Marmara bölgesinde yer almaktadır. En sıcak ayın ağustos ve en soğuk ayın şubat olduğu ilde CDD 616 ve HDD 1927'dir. Çizelge 5.6'da İstanbul iline ait coğrafi ve iklim değerleri ayrıca pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.6: İstanbul ili dizayn şartları ve pik yükler [24].

BÖLGE		Marmara
İL		İstanbul
BOYLAM		29,05B
ENLEM		40,58N
YÜKSELTİ	(m)	39
EN SICAK AY		AĞUSTOS
EN SOĞUK AY		ŞUBAT
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
ORTALAMA EN DÜŞÜK SICAKLIK	(°C)	-3,6
ORTALAMA EN YÜKSEK KT SICAKLIĞI	(°C)	31,1
ORTALAMA EN YÜKSEK YT SICAKLIĞI	(°C)	21,4
BAĞIL NEM	(%)	41
GÜNLÜK KT SICAKLIK FARKI	(°C)	9
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	616
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	1927
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	59,98
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	52,49
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	48,26
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın İstanbul ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın İstanbul ili için aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7: Mevcut bina İstanbul ili için aylık enerji tüketim değerleri.

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	İstanbul			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP.
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	14762	0	1771	2084
ŞUBAT	14225	0	1597	1878
MART	11410	21	1763	2074
NİSAN	3907	406	1713	2015
MAYIS	756	3152	1766	2078
HAZİRAN	15	8554	1710	2012
TEMMUZ	0	12746	1771	2084
AĞUSTOS	0	12950	1763	2074
EYLÜL	21	6652	1713	2015
EKİM	923	1185	1771	2084
KASIM	6836	57	1705	2006
ARALIK	12534	0	1771	2084
TOPLAM kWh	65389	45723	20814	24488

İstanbul ili için aylık ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri HAP simülasyon programı ile hesaplanış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.2.2 Diyarbakır

2. iklim bölgesinde değerlendirilen illerden Diyarbakır Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. En sıcak ayın temmuz ve en soğuk ayın ocak olduğu ilde CDD 1547 ve HDD 2188'dir. Çizelge 5.8'de Diyarbakır iline ait coğrafi ve iklim değerleri ayrıca pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.8: Diyarbakır ili dizayn şartları ve pik yükler [24].

BÖLGE		Güneydoğu Anadolu
İL		Diyarbakır
BOYLAM		40,2B
ENLEM		37,9N
YÜKSELTİ	(m)	67
EN SICAK AY		TEMMUZ
EN SOĞUK AY		OCAK
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
ORTALAMA EN DÜŞÜK SICAKLIK	(°C)	-12,6
ORTALAMA EN YÜKSEK KT SICAKLIĞI	(°C)	40,1
ORTALAMA EN YÜKSEK YT SICAKLIĞI	(°C)	20,4
BAĞIL NEM	(%)	15
GÜNLÜK KT SICAKLIK FARKI	(°C)	17,1
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	1547
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	2188
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	75,86
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	60,92
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	56,69
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Diyarbakır ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın Diyarbakır ili için aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9: Mevcut bina Diyarbakır ili için aylık enerji tüketim değerleri.

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Diyarbakır			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP.
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	20664	0	1771	2084
ŞUBAT	18619	0	1597	1878
MART	9744	0	1763	2074
NİSAN	3246	921	1713	2015
MAYIS	395	7646	1766	2078
HAZİRAN	32	15437	1710	2012
TEMMUZ	8	20655	1771	2084
AĞUSTOS	7	19275	1763	2074
EYLÜL	448	12571	1713	2015
EKİM	3903	3423	1771	2084
KASIM	10240	7	1705	2006
ARALIK	21142	0	1771	2084
TOPLAM	88448	79935	20814	24488

Diyarbakır ili aylık ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri HAP simülasyon programı ile hesaplanış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.2.3 Rize

2. iklim bölgesinde değerlendirilen illerden Rize Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. En sıcak ayın ağustos ve en soğuk ayın şubat olduğu ilde CDD 527 ve HDD 1235'dir. Çizelge 5.10'da Rize iline ait coğrafi ve iklim değerleri ayrıca pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.10: Rize ili dizayn şartları ve pik yükler [24].

BÖLGE		Karadeniz
İL		Rize
BOYLAM		40,3B
ENLEM		41,02N
YÜKSELTİ	(m)	4
EN SICAK AY		AĞUSTOS
EN SOĞUK AY		ŞUBAT
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
ORTALAMA EN DÜŞÜK SICAKLIK	(°C)	-1,3
ORTALAMA EN YÜKSEK KT SICAKLIĞI	(°C)	28,2
ORTALAMA EN YÜKSEK YT SICAKLIĞI	(°C)	23,5
BAĞIL NEM	(%)	62
GÜNLÜK KT SICAKLIK FARKI	(°C)	6,7
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	527
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	1235
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	51,8
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	61,15
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	44,36
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Rize ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın Rize ili için aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11: Mevcut bina Rize ili için aylık enerji tüketim değerleri.

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Rize			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	13241	0	1771	2084
ŞUBAT	12779	0	1597	1878
MART	10237	22	1763	2074
NİSAN	3505	416	1713	2015
MAYIS	677	3279	1766	2078
HAZİRAN	12	8968	1710	2012
TEMMUZ	0	13419	1771	2084
AĞUSTOS	0	13651	1763	2074
EYLÜL	17	6955	1713	2015
EKİM	815	1211	1771	2084
KASIM	6126	53	1705	2006
ARALIK	11261	0	1771	2084
TOPLAM	58670	47974	20814	24488

Rize ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri HAP simülasyon programı ile hesaplanmış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.2.4 Muğla

2. iklim bölgesinde değerlendirilen illerden Muğla Ege bölgesinde yer almaktadır. En sıcak ayın ağustos ve en soğuk ayın şubat olduğu ilde CDD 877 ve HDD 2017'dir. Çizelge 5.12'de İstanbul iline ait coğrafi ve iklim değerleri ayrıca pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.12: Muğla ili dizayn şartları ve pik yükler.

BÖLGE		Ege
İL		Muğla
BOYLAM		28,37B
ENLEM		37,22N
YÜKSELTİ	(m)	646
EN SICAK AY		TEMMUZ
EN SOĞUK AY		OCAK
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
ORTALAMA EN DÜŞÜK SICAKLIK	(°C)	-5,2
ORTALAMA EN YÜKSEK KT SICAKLIĞI	(°C)	35,9
ORTALAMA EN YÜKSEK YT SICAKLIĞI	(°C)	20
BAĞIL NEM	(%)	25
GÜNLÜK KT SICAKLIK FARKI	(°C)	13,8
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	877
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	2017
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	60,55
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	59,55
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	55,32
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Muğla ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın Muğla ili için aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13: Mevcut bina Muğla ili için aylık enerji tüketim değerleri.

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Muğla			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	16149	0	1771	2084
ŞUBAT	11086	0	1597	1878
MART	8326	314	1763	2074
NİSAN	3982	721	1713	2015
MAYIS	306	5682	1766	2078
HAZİRAN	16	10821	1710	2012
TEMMUZ	0	16900	1771	2084
AĞUSTOS	2	16114	1763	2074
EYLÜL	58	942	1713	2015
EKİM	2050	962	1771	2084
KASIM	11238	3	1705	2006
ARALIK	15800	2	1771	2084
TOPLAM	69013	52461	20814	24488

Muğla ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri HAP simülasyon programı ile hesaplanmış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.3 Örnek Binanın Enerji Performansının Öngörülen İllerde TS825'e Göre Değerlendirilmesi

Bu bölümde, önceki bölümde mevcut durumda farklı iller için pik ısıtma, soğutma yükleri ve aylık ortalama bina enerji tüketim değerleri hesaplanmış binanın TS 825 standardında göre revize edilmiş durumu değerlendirilecektir. Dış duvar ve çatıda toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U) değerleri TS 825 Standardında tavsiye edilen değerlere dönüştürülüp illere göre hesaplar tekrar yapılmıştır. Bölüm 3'te 2. bölgede duvar için önerilen toplam ısıl geçirgenlik katsayısı olan 0,57 W/m²K için yoğunluğu 40kg/m³ ve ısıl iletim katsayısı 0,040 W/mK olan EPS ısı yalıtımı levhası minimum 6cm kullanılmasıyla ve çatı için önerilen toplam ısıl geçirgenlik katsayısı olan 0,38 W/m²K için yoğunluğu 40kg/m³ ve ısıl iletim katsayısı 0,040 W/mK olan EPS ısı yalıtımı levhası minimum 9cm kullanılmasıyla sağlanır [34]. Standarda göre dört ilin mevcut durumdaki pik ısıtma ve soğutma yükleri ve aylık ortalama bina enerji tüketim değerleri belirtilmiştir.

5.3.1 İstanbul

Çizelge 5.14'te İstanbul iline ait TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.14: İstanbul ili pik yükler (TS 825).

BÖLGE		Marmara
İL		İstanbul
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	616
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	1927
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	29,44
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	40,55
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	36,32
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın İstanbul ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın İstanbul ili için standarda göre revize edilmiş aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15: Mevcut bina İstanbul ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS 825).

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	İstanbul			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP.
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	4175	20	1771	2084
ŞUBAT	4307	50	1597	1878
MART	2806	232	1763	2074
NİSAN	413	1475	1713	2015
MAYIS	27	4453	1766	2078
HAZİRAN	0	7619	1710	2012
TEMMUZ	0	10026	1771	2084
AĞUSTOS	0	10344	1763	2074
EYLÜL	0	6739	1713	2015
EKİM	31	3156	1771	2084
KASIM	1084	617	1705	2006
ARALIK	3172	25	1771	2084
TOPLAM kWh	16015	44756	20814	24488

İstanbul ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri standarda göre revize edildikten sonra HAP simülasyon programı ile hesaplanış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.3.2 Diyarbakır

Çizelge 5.16'da Diyarbakır iline ait TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.16: Diyarbakır ili pik yükler (TS 825).

BÖLGE		Güneydoğu Anadolu
İL		Diyarbakır
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	1547
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	2188
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	36,71
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	43,35
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	39,12
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Diyarbakır ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyacıdır. Binanın Diyarbakır ili için standarda göre revize edilmiş aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.17’te verilmiştir.

Çizelge 5.17: Mevcut bina Diyarbakır ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS 825).

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Diyarbakır			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP.
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	6974	0	1771	2084
ŞUBAT	6269	9	1597	1878
MART	2034	221	1763	2074
NİSAN	407	3365	1713	2015
MAYIS	37	7285	1766	2078
HAZİRAN	4	11141	1710	2012
TEMMUZ	0	13938	1771	2084
AĞUSTOS	0	13320	1763	2074
EYLÜL	23	9791	1713	2015
EKİM	502	5256	1771	2084
KASIM	2328	1026	1705	2006
ARALIK	7193	15	1771	2084
TOPLAM kWh	25771	65367	20814	24488

Diyarbakır ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri standarda göre revize edildikten sonra HAP simülasyon programı ile hesaplanmış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.3.3 Rize

Çizelge 5.18’de Rize iline ait TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.18: Rize ili pik yükler (TS 825).

BÖLGE		Karadeniz
İL		Rize
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	527
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	1235
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	25,44
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	38,84
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	34,61
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Rize ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın Rize ili için standarda göre revize edilmiş aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19: Mevcut bina Rize ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS 825).

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Rize			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP.
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	4170	18	1771	2084
ŞUBAT	4303	50	1597	1878
MART	2801	229	1763	2074
NİSAN	408	1462	1713	2015
MAYIS	26	4442	1766	2078
HAZİRAN	0	7620	1710	2012
TEMMUZ	0	10058	1771	2084
AĞUSTOS	0	10393	1763	2074
EYLÜL	0	6737	1713	2015
EKİM	33	3154	1771	2084
KASIM	1080	609	1705	2006
ARALIK	3174	22	1771	2084
TOPLAM kWh	15995	44794	20814	24488

Rize ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri standarda göre revize edildikten sonra HAP simülasyon programı ile hesaplanış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.3.4 Muğla

Çizelge 5.20'de Muğla iline ait TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş pik ısıtma, soğutma yükleri ve soğutma dizayn zamanı verilmiştir.

Çizelge 5.20: Muğla ili pik yükler (TS 825).

BÖLGE		Ege
İL		Muğla
TS 825 İKLİM BÖLGESİ		2.BÖLGE
SOĞUTMA DERECE GÜN	(CDD)	877
ISITMA DERECE GÜN	(HDD)	2017
ISITMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	29,32
SOĞUTMA DİZAYN YÜKÜ	(kW)	41,91
SOĞUTMA DUYULUR YÜK	(kW)	37,68
SOĞUTMA GİZLİ YÜK	(kW)	4,23

Çizelgede belirtilen ısıtma dizayn yükü ve soğutma dizayn yükü binanın Muğla ilinde yılın en sıcak ve en soğuk saatlerinde ihtiyaç duyacağı TS 825 standardında tavsiye edilen U değerlerine göre revize edilmiş ısıtma ve soğutma için gerekli pik ihtiyaçtır. Binanın Muğla ili için standarda göre revize edilmiş aylık olarak ısıtma, soğutma enerji tüketimleri ve binanın toplam enerji tüketimi çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21: Mevcut bina Muğla ili için aylık enerji tüketim değerleri (TS 825).

AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİ	Muğla			
	ISITMA	SOĞUTMA	AYDINLATMA	ELEKT EKP .
	kWh	kWh	kWh	kWh
OCAK	4807	32	1771	2084
ŞUBAT	2589	102	1597	1878
MART	1674	1162	1763	2074
NİSAN	549	2115	1713	2015
MAYIS	39	5776	1766	2078
HAZİRAN	0	8204	1710	2012
TEMMUZ	0	11085	1771	2084
AĞUSTOS	0	10715	1763	2074
EYLÜL	9	7740	1713	2015
EKİM	135	2863	1771	2084
KASIM	2428	149	1705	2006
ARALIK	4799	49	1771	2084
TOPLAM kWh	17029	49992	20814	24488

Muğla ili için aylık için ortalama ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipmanlara ait enerji tüketim değerleri standarda göre revize edildikten sonra HAP simülasyon programı ile hesaplanış ve toplam değerleri çizelgede verilmiştir.

5.4 Dış Duvar Nem Transferi ve Yoğuşma Analizleri

Çalışmanın bu bölümünde ASHRAE hesaplama yöntemine göre seçilen 4 il için dış duvarın yüzey katmanlarında oluşan sıcaklık ve buna bağlı olarak da nem transferi incelenecektir. Çalışmada mevcut duvar durumu ve TS 825'e göre revize edilmiş duruma göre değerlendirme yapılacaktır. Isı yalıtım malzemesi dışarıdan uygulanacaktır. Bu karar ülkemizdeki bu yöndeki uygulamaların çokluğu ve İlgin'in çalışmasında varılan sonuçların etkisiyle alınmıştır [16]. Nem transferinin analizi sonucunda katmanların doymuş buhar ve yüzey doyma basıncı değerlerine göre yoğuşma oluşumu sonuçlar kısmında değerlendirilecektir.

TS 825 standardında derece gün bölgeleri için illere ait dış sıcaklık ve nem değerleri sınırlandırılmıştır. 3. Bölümde verilen çizelge 3.4'te ve aynı derece gün bölgesinde yer alan iller için aylara göre aynı ortalama sıcaklık değerinin kullanılıp hesap

yapılacağı ortaya koyulur. Çalışmada bundan farklı olarak T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan son on yıla ait dış sıcaklık ve nem değerleri kullanılmış ve sonuçlar bu değerler üzerinden değerlendirilmiştir.

5.4.1 İstanbul yoğuşma şartları

İstanbul ilinde son on yılda en soğuk ve en sıcak şartların oluştuğu zaman değerlendirildiğinde bu durumun 2010 yılında oluştuğu görülür. En düşük sıcaklığın $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %86 olduğu görülmektedir. $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.22'de hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.22: İstanbul ili en düşük sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	14,3		1633	1574
2-3 yüzeyi	13,5		1546	1531
3-4 yüzeyi	12,8		1473	1425
4-5 yüzeyi	-1,8		526	456
5-6 yüzeyi	-2,5		494	350
dış ortam	-4,9	86	405	348
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	20,2		2367	1580
2-3 yüzeyi	20,0		2338	1562
3-4 yüzeyi	19,8		2313	1516
4-5 yüzeyi	16,5		1882	1096
5-6 yüzeyi	-4,2		430	395
6-7 yüzeyi	-4,3		424	349
dış ortam	-4,9	86	405	348

İstanbul ili için en yüksek sıcaklığın 35,2 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %95 olduğu görülür. 24°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.23'te hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.23: İstanbul ili en yüksek sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1789
1-2 yüzeyi	27,2		3603	1823
2-3 yüzeyi	27,5		3678	1947
3-4 yüzeyi	27,8		3745	2257
4-5 yüzeyi	33,9		5290	5082
5-6 yüzeyi	34,2		5381	5391
dış ortam	35,2	95	5682	5398
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1789
1-2 yüzeyi	24,7		3119	1804
2-3 yüzeyi	24,8		3134	1858
3-4 yüzeyi	24,9		3147	1992
4-5 yüzeyi	26,3		3413	3218
5-6 yüzeyi	34,9		5588	5261
6-7 yüzeyi	35,0		5610	5395
dış ortam	35,2	95	5682	5398

5.4.2 Diyarbakır yoğuşma şartları

Diyarbakır ilinde son on yıla en soğuk ve en sıcak şartların olduğu zaman değerlendirildiğinde bu durumun 2006 yılında olduğu görülür. En düşük sıcaklığın -23 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %79 olduğu görülür. 22°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.24'te hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.24: Diyarbakır ili en düşük sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	9,2		1161	1571
2-3 yüzeyi	7,8		1055	1519
3-4 yüzeyi	6,5		970	1388
4-5 yüzeyi	-17,8		127	194
5-6 yüzeyi	-19,1		113	63
dış ortam	-23	79	77	61
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	19,0		2196	1579
2-3 yüzeyi	18,7		2151	1556
3-4 yüzeyi	18,4		2112	1500
4-5 yüzeyi	12,9		1485	982
5-6 yüzeyi	-21,8		86	118
6-7 yüzeyi	-22,1		84	62
dış ortam	-23	79	77	61

Diyarbakır ili için en yüksek sıcaklığın 44 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %29 olduğu görülür. 24°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.25’de hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.25: Diyarbakır ili en yüksek sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri

DİYARBAKIR	MEVCUT DURUM				
	Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
		°C	%	Pa	Pa
	İç ortam	24	60	2982	1789
	1-2 yüzeyi	29,7		4168	1797
	2-3 yüzeyi	30,3		4320	1826
	3-4 yüzeyi	30,9		4458	1899
	4-5 yüzeyi	41,7		8065	2563
	5-6 yüzeyi	42,2		8300	2636
	dış ortam	44	29	9095	2637
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM					
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı	
	°C	%	Pa	Pa	
İç ortam	24	60	2982	1789	
1-2 yüzeyi	25,3		3230	1793	
2-3 yüzeyi	25,5		3258	1805	
3-4 yüzeyi	25,6		3283	1837	
4-5 yüzeyi	28,1		3789	2125	
5-6 yüzeyi	43,5		8844	2605	
6-7 yüzeyi	43,6		8903	2637	
dış ortam	44	29	9095	2637	

5.4.3 Rize yoğuşma şartları

Rize ilinde son on yıla ait en soğuk ve en sıcak şartların olduğu zaman değerlendirildiğinde bu durumun 2008 yılında olduğu görülür. En düşük sıcaklığın -2,6 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %81 olduğu görülür. 22°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.26'da hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.26: Rize ili en düşük sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	15,0		1703	1574
2-3 yüzeyi	14,2		1621	1533
3-4 yüzeyi	13,5		1551	1432
4-5 yüzeyi	0,2		621	502
5-6 yüzeyi	-0,4		591	400
dış ortam	-2,6	81	492	398
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	20,4		2389	1581
2-3 yüzeyi	20,2		2363	1563
3-4 yüzeyi	20,0		2340	1519
4-5 yüzeyi	17,0		1938	1115
5-6 yüzeyi	-1,9		520	443
6-7 yüzeyi	-2,1		513	399
dış ortam	-2,6	81	492	398

Rize ili için en yüksek sıcaklığın 35,8 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %97 olduğu görülür. 24°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısıl geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.27’de hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.27: Rize ili en yüksek sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1938
1-2 yüzeyi	27,4		3640	1974
2-3 yüzeyi	27,7		3719	2103
3-4 yüzeyi	28,1		3790	2425
4-5 yüzeyi	34,4		5448	5368
5-6 yüzeyi	34,8		5547	5690
dış ortam	35,8	97	5872	5696
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1938
1-2 yüzeyi	24,8		3126	1954
2-3 yüzeyi	24,9		3142	2010
3-4 yüzeyi	25,0		3157	2150
4-5 yüzeyi	26,4		3438	3426
5-6 yüzeyi	35,5		5771	5554
6-7 yüzeyi	35,6		5795	5693
dış ortam	35,8	97	5872	5696

5.4.4 Muğla yoğuşma şartları

Muğla ilinde son on yıla ait en soğuk ve en sıcak şartların oluştuğu zaman değerlendirildiğinde bu durumun 2008 yılında oluştuğu görülür. En düşük sıcaklığın -5,8 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %76 olduğu görülür. 22°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısıl geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.28’de hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.28: Muğla ili en düşük sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	14,1		1606	1573
2-3 yüzeyi	13,2		1517	1528
3-4 yüzeyi	12,4		1444	1417
4-5 yüzeyi	-2,6		492	398
5-6 yüzeyi	-3,4		461	287
dış ortam	-5,8	76	375	285
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	22	60	2642	1585
1-2 yüzeyi	20,1		2358	1580
2-3 yüzeyi	19,9		2328	1561
3-4 yüzeyi	19,8		2303	1512
4-5 yüzeyi	16,4		1860	1070
5-6 yüzeyi	-5,1		399	334
6-7 yüzeyi	-5,2		393	286
dış ortam	-5,8	76	375	285

Muğla ili için en yüksek sıcaklığın 42,1 °C, bu sıcaklık değerinde bağıl nemin %49 olduğu görülür. 24°C sıcaklık ve %60 bağıl neme sahip iç ortam şartlarında yalıtımsız mevcut durum ve TS 825 standardının tavsiye ettiği ısı geçirgenlik katsayısı değerine göre seçilmiş yalıtımlı revizyon durumu için yapı elemanları yüzey sıcaklık değerleri, doymuş buhar ve yüzey doyma basınçları hesaplanmıştır. Çizelge 5.29'da hesaplanan değerler belirtilmiştir.

Çizelge 5.29: Muğla ili en yüksek sıcaklık için duvar sıcaklık ve basınç değerleri.

MEVCUT DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1789
1-2 yüzeyi	29,2		4040	1810
2-3 yüzeyi	29,7		4174	1888
3-4 yüzeyi	30,2		4294	2080
4-5 yüzeyi	40,0		7378	3840
5-6 yüzeyi	40,5		7575	4032
dış ortam	42,1	49	8237	4036
TS 825 YALITIM REVİZYONU YAPILMIŞ DURUM				
Yüzey Detayı	Yüzey Sıcaklık Değeri	Bağıl Nem Değeri	Doymuş Buhar Basıncı	Yüzey Doyma Basıncı
	°C	%	Pa	Pa
İç ortam	24	60	2982	1789
1-2 yüzeyi	25,2		3205	1798
2-3 yüzeyi	25,3		3231	1832
3-4 yüzeyi	25,5		3253	1916
4-5 yüzeyi	27,7		3705	2679
5-6 yüzeyi	41,6		8028	3951
6-7 yüzeyi	41,7		8077	4034
dış ortam	42,1	49	8237	4036

Bir sonraki bölümde yapılan enerji simülasyonu ve nem transferi çalışmalarının sonuçları incelenecek ve teze konu olan 2. Derece gün bölgesinde yer alan illerin değerlendirmesi yapılmıştır.

6. SONUÇLAR

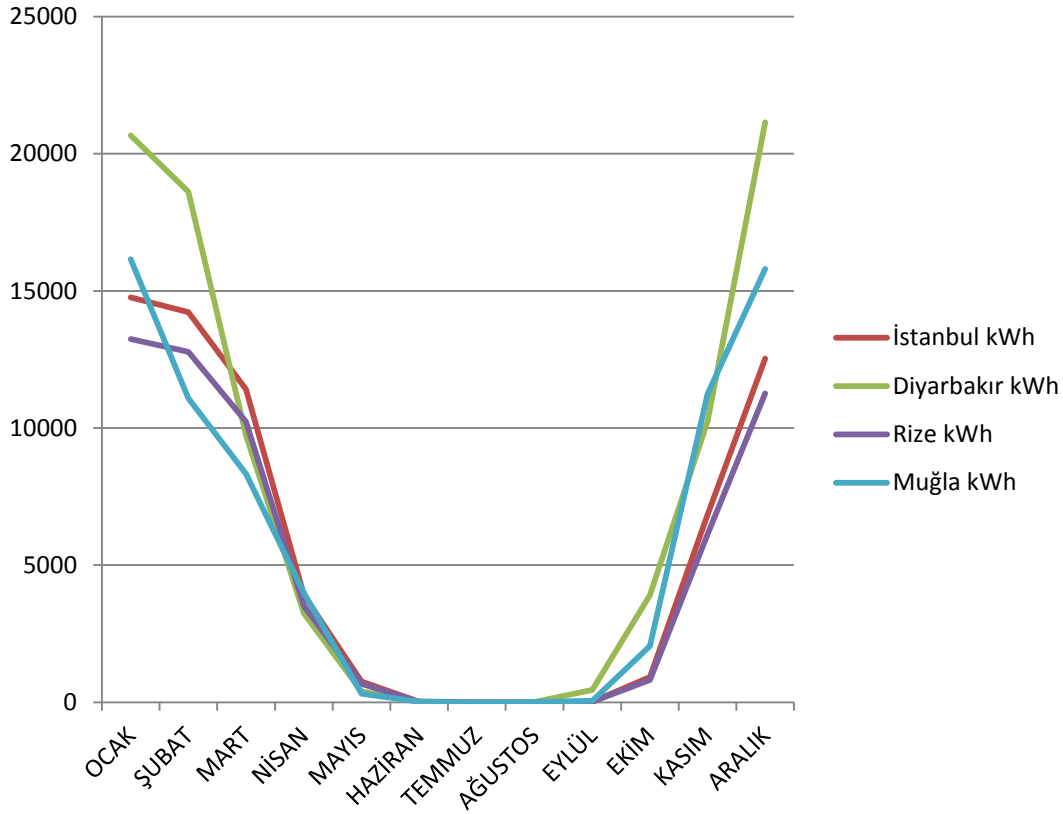
Teze konu olan çalışmada TS 825 standardının 2. Derece gün bölgesinde yer alan illerin ısıtma ve soğutma performansları değerlendirilmiştir. Ayrıca bu illerin aşırı hava şartlarındaki nem transferi ve yoğuşma analizleri ortaya koyulmuştur. TS 825 standardı derece gün iklim bölgelerinin ısıtma enerji performansı üzerine yoğunlaşmış ve tavsiyeler ısıtmaya göre düzenlenmiştir [3]. Günümüzde soğutma ihtiyacının konfor şartları açısından ısıtma kadar önemli olduğu göz önünde bulundurulduğunda illerin soğutma derece gün bölgeleri değerlendirmesinin ve soğutma enerji performansının önemi ortaya çıkar. Bayram ve Yeşilata'nın çalışmasında yapılan değerlendirmede ortaya koyulan r^* (CDD/HDD) değerinin sadece iki ilde 1'den büyük olduğu ortaya konulmuştur [9]. Ancak ASHRAE iklim istasyonlarından alınan güncel veriler ışığında bu durumun güncelliğini korumadığı belirtilebilir [24]. 3. Bölümde verilen çizelge 3.4'te 1. Derece gün bölgesinde yer alan illerde R^* değerinin İzmir dışındaki illerde 1'den büyük olduğu sonucuna varılmıştır. R^* değeri 1'den büyük olan illerin sayısının fazla olması soğutma enerji performansının da değerlendirilmesi gereken bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

6.1 .Mevcut Durumun Enerji İhtiyacının İllere Göre Karşılaştırılması

Örnek çalışmada 2. Derece gün bölgesindeki iller için ısıtma, soğutma ve tüm bina enerji tüketimleri ortaya koyulan mevcut binanın bu iller için karşılaştırılması yapılmıştır.

6.1.1 Mevcut durumun ısıtma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması

Şekil 6.1'de mevcut binanın aylara göre ısıtma enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.

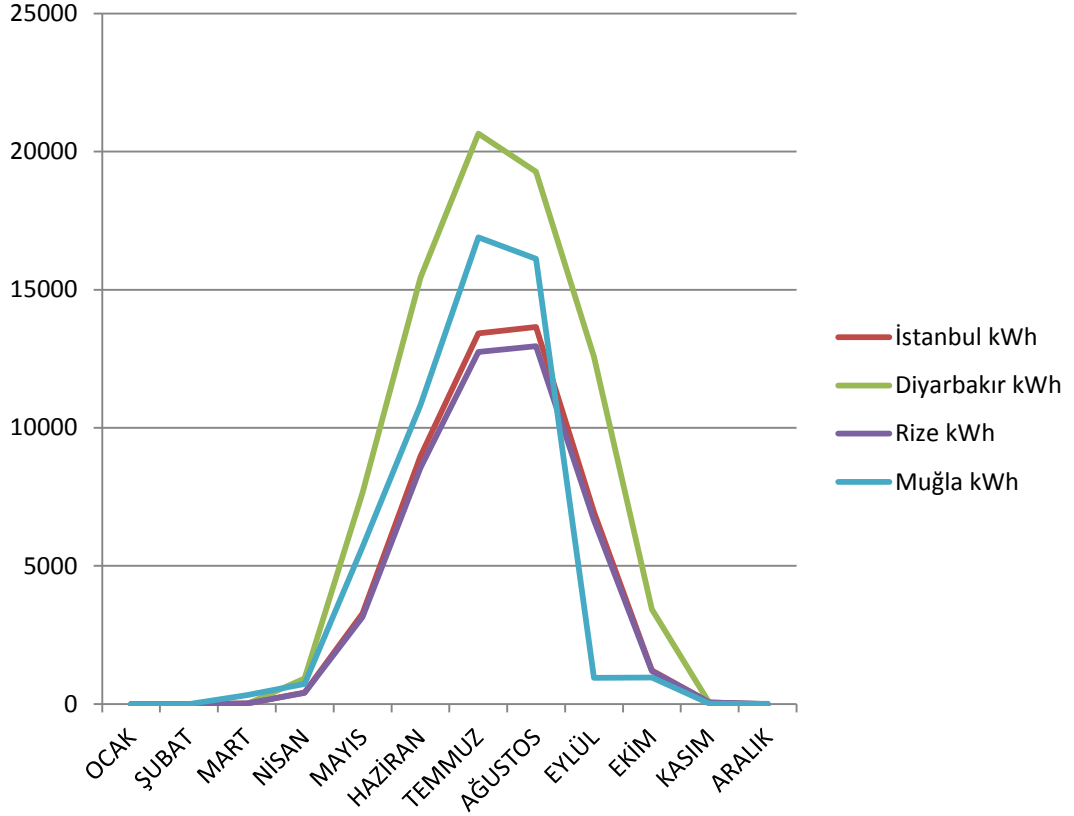


Şekil 6.1: Mevcut durum aylara göre ısıtma enerji tüketimi.

Aynı derece gün bölgesinde yer alan iller arasında özellikle ısıtma ihtiyacının pik noktalarda olduğu Ocak ve Aralık aylarında fark dikkat çeker. En yüksek ısıtma enerjisi tüketim değerine sahip Diyarbakır ile en düşük enerji tüketimi değerine sahip Rize arasında neredeyse iki kat fark olması dikkat çeken bir konudur. m^2 başına ısıtma enerjisi tüketimi ortaya koyulduğunda İstanbul $143 \text{ kWh}/m^2$, Diyarbakır $193 \text{ kWh}/m^2$, Rize $127 \text{ kWh}/m^2$, Muğla $150 \text{ kWh}/m^2$ sonuçları ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar ilk olarak TS 825 standardında binanın yıllık ısıtma enerji tüketimi değeri için tavsiye edilen maksimum değer ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın 3. Bölümünde Çizelge 3.3’de TS 825 Standardındaki hesaplama göre 2. Derece gün bölgesi için tavsiye edilen maksimum değer $65 \text{ kWh}/m^2$ olduğu görülür. Yalıtımsız şartlarda hiçbir ilde standarda uygun şartların yakalanamadığı görülür.

6.1.2 Mevcut durumun soğutma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması

Aynı şartlarda binanın soğutma enerjisi tüketimi değerlendirildiğinde Şekil 6.2’ de mevcut binanın aylara göre soğutma enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.

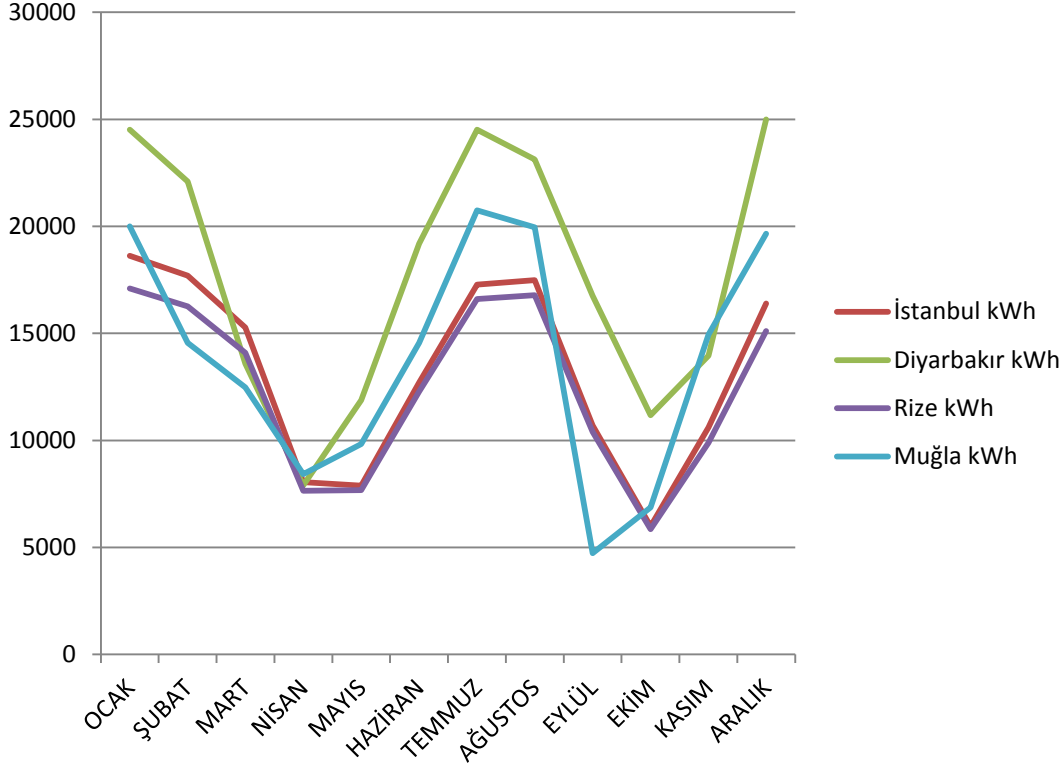


Şekil 6.2: Mevcut durum aylara göre soğutma enerji tüketimi.

Soğutma enerji tüketim değerlerinin yüksekliği en az ısıtma kadar önemli olduğunu ortaya koyar. Diyarbakır ilinde aynı ısıtmada olduğu gibi diğer illere göre enerji tüketiminin yüksek oluşu ön plana çıkar. Soğutma enerjisi tüketiminin m² başına düşen değeri ortaya koyulduğunda İstanbul 105 kWh/m², Diyarbakır 173 kWh/m², Rize 100 kWh/m², Muğla 115 kWh/m² sonuçları ortaya çıkar. Mevcut standartta soğutma ile ilgili bir referans tüketim değeri bulunmadığı için bu değerler ile ilgili bir karşılaştırma yapılamamıştır.

6.1.3 Mevcut durumun toplam enerji ihtiyacına göre karşılaştırılması

Binanın toplam enerji tüketimi değerlendirildiğinde Şekil 6.3’ de mevcut binanın aylara göre toplam enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.



Şekil 6.3: Mevcut durum aylara göre toplam enerji tüketimi.

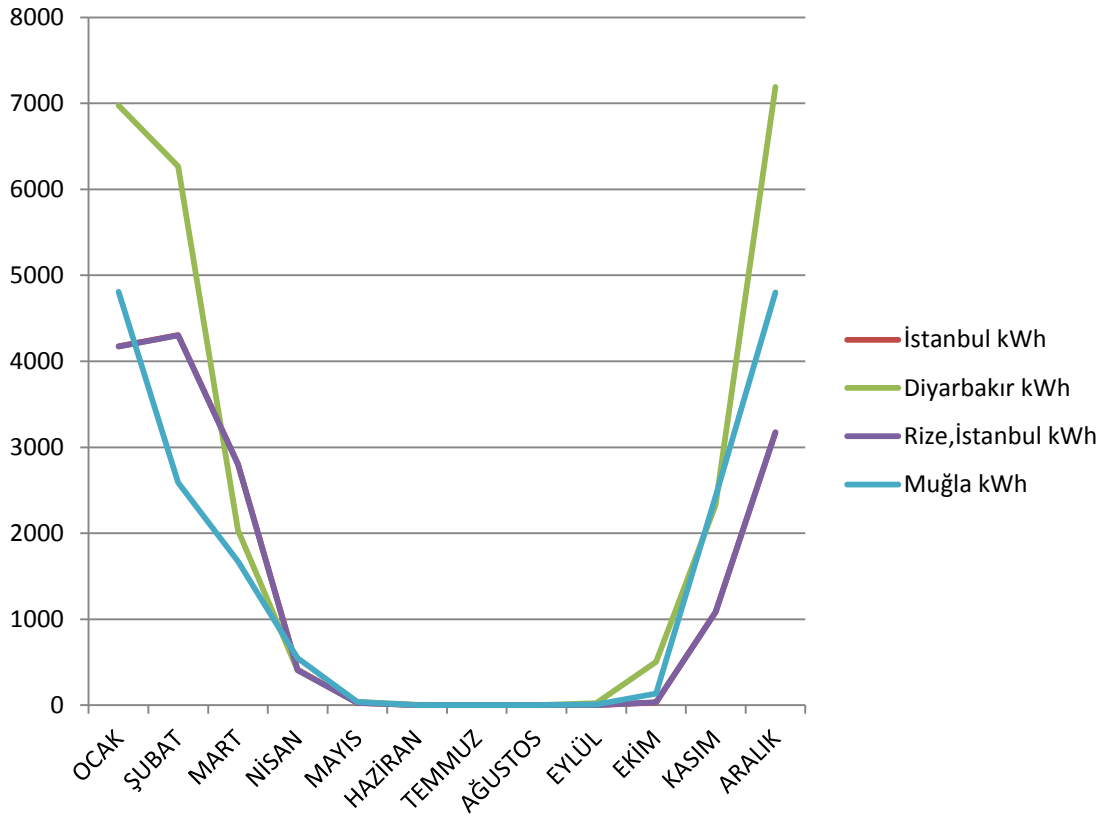
Enerji tüketimi değerinde ısıtma ve soğutma sezonunda birbirine yakın değerler çıktığı görülür. Ayrıca Muğla ilinin ısıtma ve soğutma sezonlarında Rize ve İstanbul illerinden daha yüksek çıkan enerji tüketimi değerlerinin eylül ve ekim gibi geçiş aylarında bu illerden aşağı düşmesi aylık değerlendirmenin de önemli bir parametre olduğunu gösterir. Binaın toplam enerji tüketiminin m² başına düşen değeri ortaya koyulduğunda İstanbul 340 kWh/m², Diyarbakır 464 kWh/m², Rize 325 kWh/m², Muğla 365 kWh/m² sonuçları ortaya çıkmıştır.

6.2 İyileştirilmiş Durumun Enerji İhtiyacının İllere Göre Karşılaştırılması

Bir sonraki aşamada TS 825 standardında bina kabuğu elemanlarından dış duvar ve çatı için önerilen ısıl geçirgenlik katsayısı değerlerine göre iyileştirilmiş ve enerji tüketim değerleri de buna göre revize edilmiştir.

6.2.1 İyileştirilmiş durumun ısıtma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması

Şekil 6.4'te bina kabuğu ısıl geçirgenlik katsayısı değerlerinin TS 825'e göre revize edilmiş durumunun aylara göre ısıtma enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.



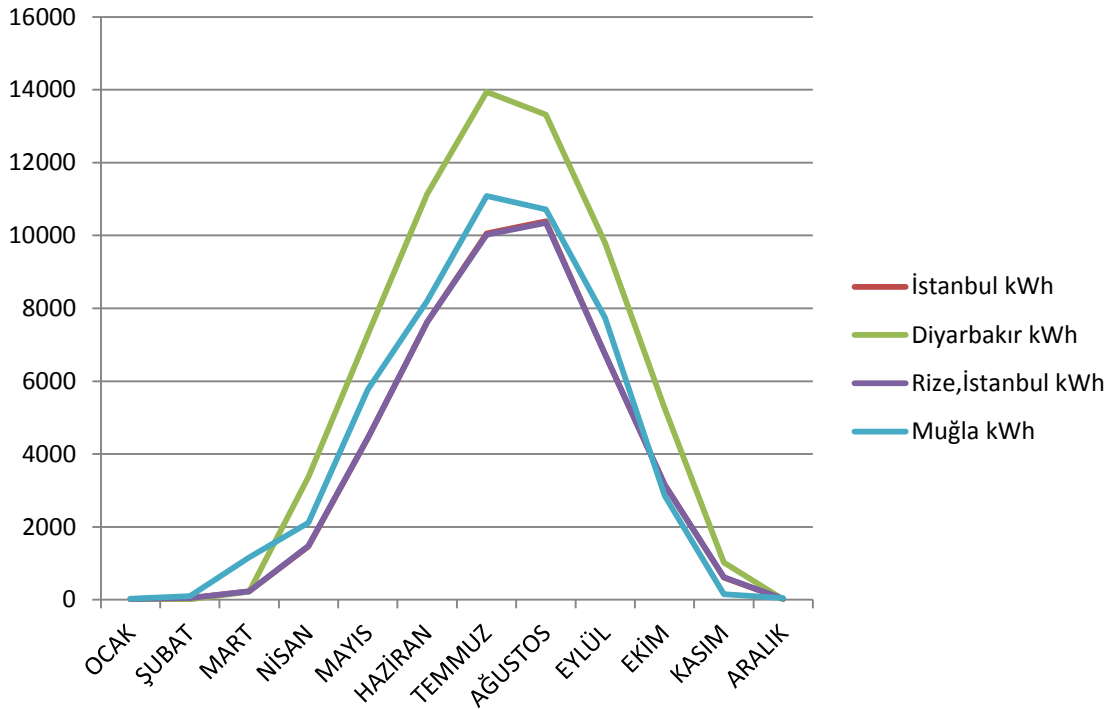
Şekil 6.4: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre ısıtma enerji tüketimi.

İllerin m²'ye düşen enerji tüketim değerleri ortaya koyulduğunda İstanbul 35 kWh/m², Diyarbakır 56 kWh/m², Rize 33 kWh/m², Muğla 37 kWh/m² sonuçları ortaya çıkar. Yapılan iyileştirme sonucunda İllerde ısıtma enerji tüketimi karşılaştırıldığında %70-73 arasında enerji tasarrufu sağlandığı ortaya çıkar. Ayrıca

standartta 65 kWh/m² olan tavsiye edilen üst ısıtma enerjisi tüketim değerinin altında kaldığı bir başka deyişle standarda uygun olduğu görülmüştür.

6.2.2 İyileştirilmiş durumun soğutma enerjisi ihtiyacına göre karşılaştırılması

Şekil 6.5’de bina kabuğu ısıl geçirgenlik katsayısı değerlerinin TS 825’e göre revize edilmiş durumunun aylara göre soğutma enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.

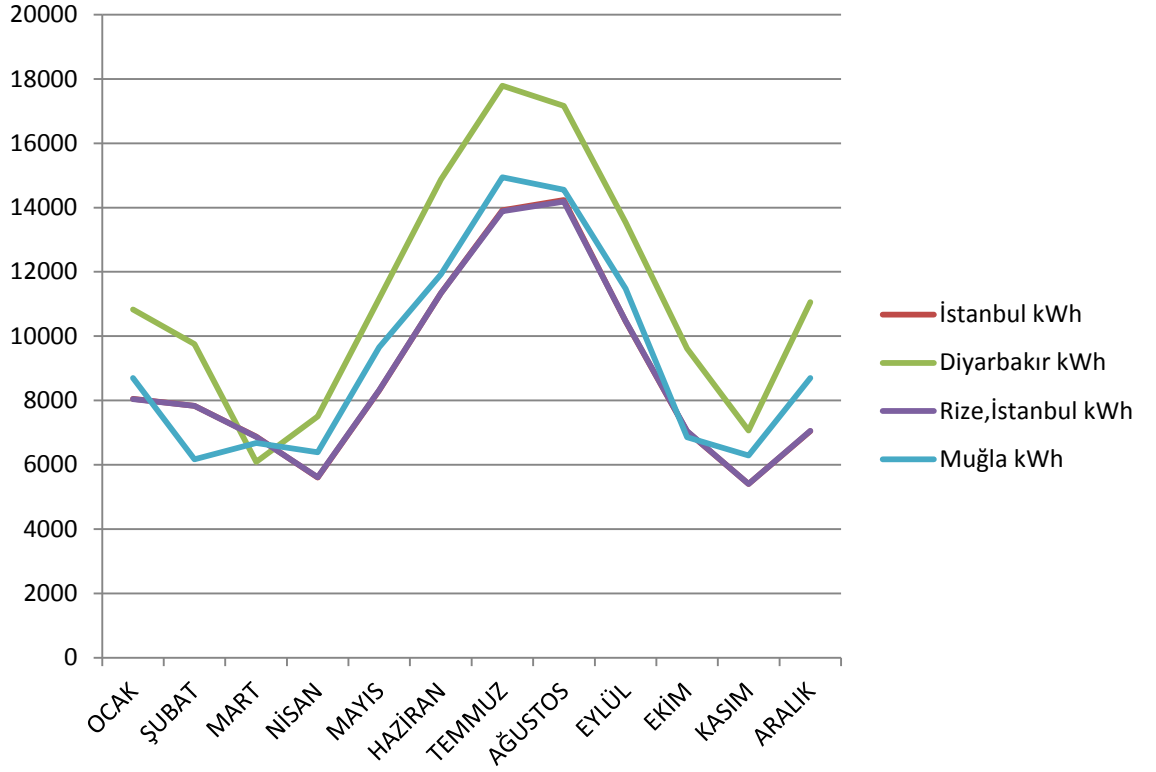


Şekil 6.5: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre soğutma enerji tüketimi.

Grafikteki sonuçlar bina da yalıtım kalınlığının artmasının soğutma enerji tüketiminin ısıtmada olduğu kadar etkilemediğini ortaya koyar. Bunun sebebi soğutma yüküne etki eden en önemli parametrelerden güneşten gelen ısı transferi ve iç yüklerde farklılık olmamasıdır.

6.2.3 İyileştirilmiş durumun toplam enerji ihtiyacına göre karşılaştırılması

Son olarak Şekil 6.6’ de TS 825’e göre revize edilmiş binanın aylara göre toplam enerjisi tüketim değerleri kWh cinsinden verilmiştir.



Şekil 6.6: TS 825 iyileştirmesi sonucu aylara göre toplam enerji tüketimi.

Toplam enerji tüketimiyalıtım açısından iyileştirilmiş binada soğutma sezonunda ısıtma sezonuna göre daha fazla enerji tüketiminin olduğu görülür.

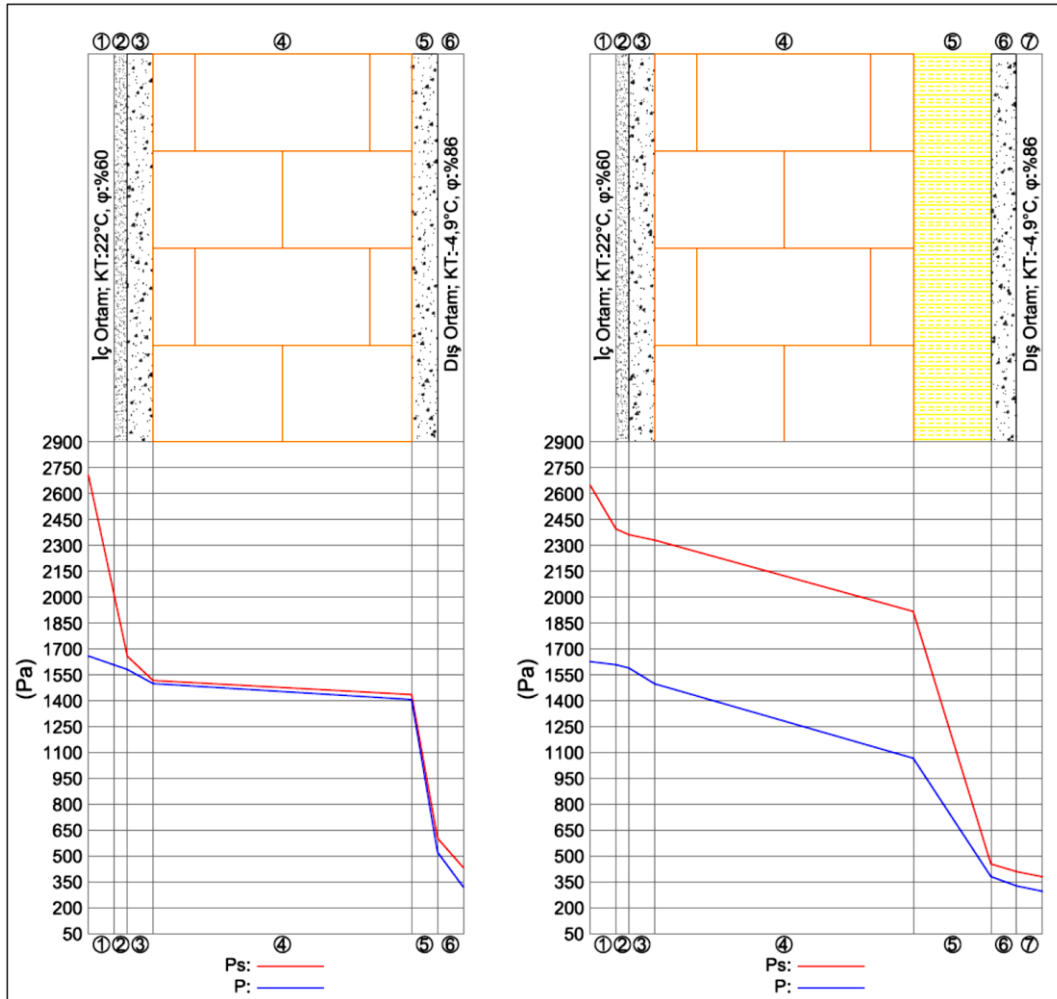
Binanın toplam enerji tüketiminin m² başına düşen değeri ortaya koyulduğunda İstanbul 230 kWh/m², Diyarbakır 279 kWh/m², Rize 223 kWh/m², Muğla 249 kWh/m² sonuçları ortaya çıkmıştır.

6.3 Bina Dış Duvardaki Yoğuşma Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Beşinci bölümde TS 825 standardının 2. derece gün bölgesinde yer alan 4 il için nem transferi hesapları yapılmıştır. Bu yapılan hesaplar, son 10 yıl içerisinde illerin en sıcak ve en soğuk gün ve o günlere ait bağıl nem değerleri dikate alınarak ortaya koyulmuştur. Katmanlar arasında doymuş buhar basıncı ve su buharı doyma basıncı eğrileri ortaya koyulmuştur. Her il için en soğuk ve en sıcak günlerde ikiye ayrılmak üzere dış duvarın mevcut durumu ve standardın tavsiye ettiği ısıl direnci yakalayacağı halde revize edilmiş durumu değerlendirmenin kolaylaştırılması adına beraber verilmiştir. Buna göre ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

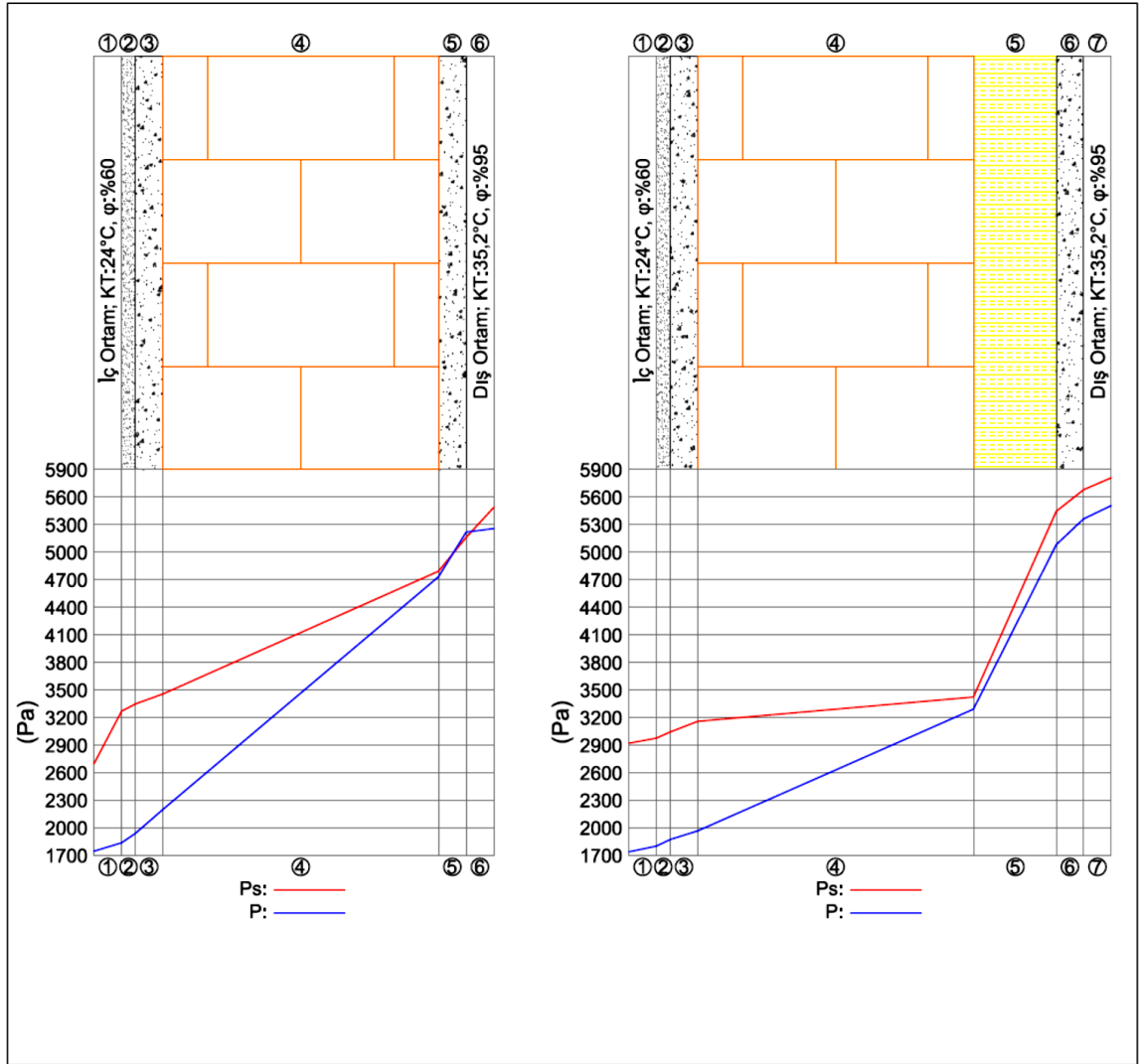
6.3.1 İstanbul ili yoğuşma analiz sonuçları

İstanbul ilinde yapılan hesaplamalarda en soğuk şart için hesaplama ait eğriler Şekil 6.7’de verilmiştir. Binanın mevcut halinde kış ayında doymuş buhar basıncının yüzey doyma basıncına tuğla yapı malzemesi katmanında tam sınır değerinde olduğu görülmüştür. İç ortam sıcaklık veya nem değerinde oluşabilecek bir artışta duvar yüzeyinde yoğuşmanın başlayacağı açıkça görülmüştür. Ayrıca bir önceki bölümde hesaplanan yüzey sıcaklığı değerinin bu durumda 14,3 °C olduğu görülmüştür. Isıl konfor açısından yüzey ve ortam sıcaklığı konusunda TS 825 standardında belirtilen maksimum $\Delta T=3^{\circ}\text{C}$ farkına [3] ve ASHRAE standardında belirtilen maksimum $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ farkına [20] uymadığı gerekçesiyle konfor şartının sağlanamamasına sebep olur. Standartta göre yalıtım yapılmış durumda hem yoğuşma hem de iç yüzey sıcaklığının 20,2 °C sıcaklığına ulaşmasıyla ısıl konfor sağlanmış olur.



Şekil 6.7: İstanbul ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

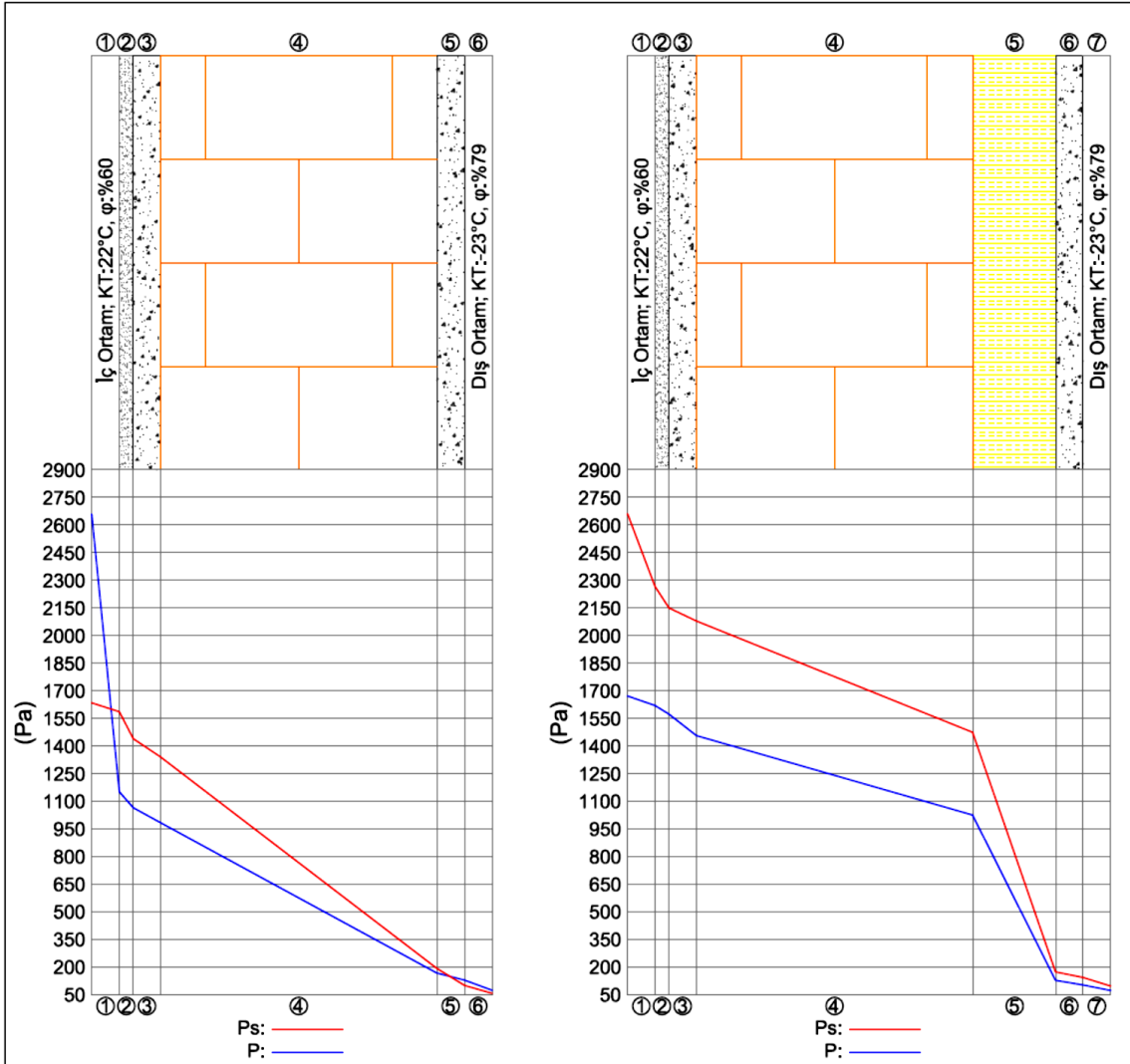
İstanbul ili için dış sıcaklığın en yüksek olduğu şartlarda basınç düşüm eğrileri Şekil 6.8'de verilmiştir. Binanın mevcut hali değerlendirildiği zaman dış sıva yapı elemanında yoğuşma gerçekleştiği görülmüştür. Standarda göre revize edilmiş durumda yoğuşma oluşmadığı görülmüştür. Ancak 4-5 numaralı yapı elemanları arasında yer alan yüzeyde yoğuşma ihtimalinin oldukça kritik olduğu görülmüştür. İç ortam sıcaklığının 24°C olarak hesaplandığı çalışmada sıcaklığın bu değerin altına inmesi durumunda yoğuşmanın başlayacağı görülmüştür.



Şekil 6.8: İstanbul ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

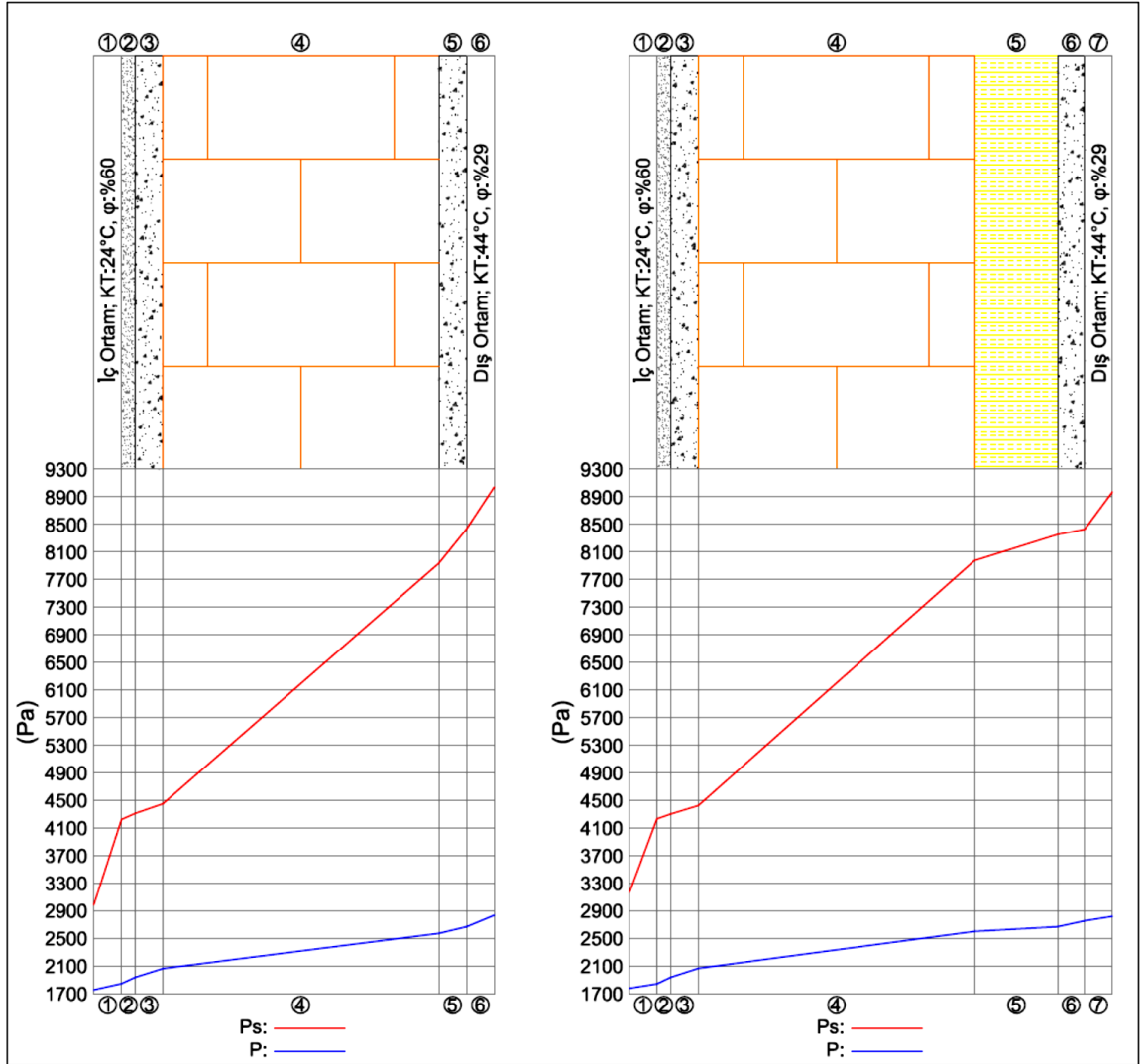
6.3.2 Diyarbakır ili yoğuşma analiz sonuçları

Diyarbakır ilinde yapılan hesaplamalarda en soğuk şart için hesaplamaya ait eğriler Şekil 6.9’de verilmiştir. Yoğuşmanın nerdeyse tüm yapı elemanlarında olduğu görülmüştür. Yüzey sıcaklığı değerinin bu durumda 9,2 °C olduğu görülmüştür. Isıl konfor şartının sağlanamamasına sebep olur. Standartta göre yalıtım yapılmış durumda hem yoğuşma hem de iç yüzey sıcaklığının 19°C sıcaklığına ulaşmasıyla ısıl konfor sağlanmış olur. Ancak bunun da TS 825 standardı açısından sınır değer olması dikkat çeken bir diğer unsurdur. Ayrıca iyileştirilmiş ikinci durumda 5-6 numaralı yapı elemanları arasında kalan yüzeyde yoğuşma ihtimalinin kritik seviye olduğu görülmüştür.



Şekil 6.9: Diyarbakır ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

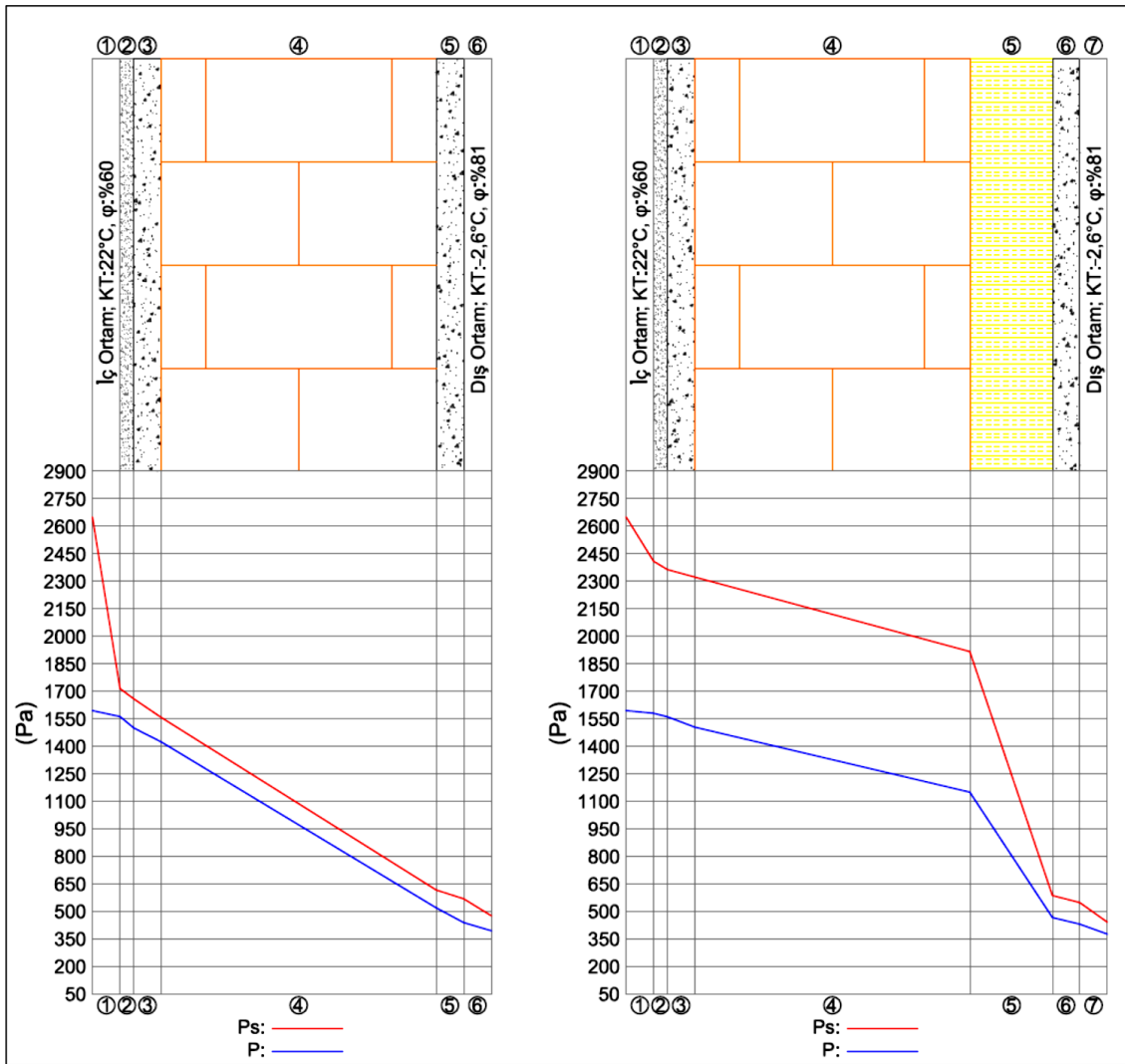
Diyarbakır ili için dış sıcaklığın en yüksek olduğu şartlarda basınç düşüm eğrileri Şekil 6.10'da verilmiştir. Dış ortamda en yüksek sıcaklıkta bağıl nemin %44'ün üzerine çıkmamasının da neden oluşturduğu durumdan ötürü bu şartlarda yoğuşma oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 6.10: Diyarbakır ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

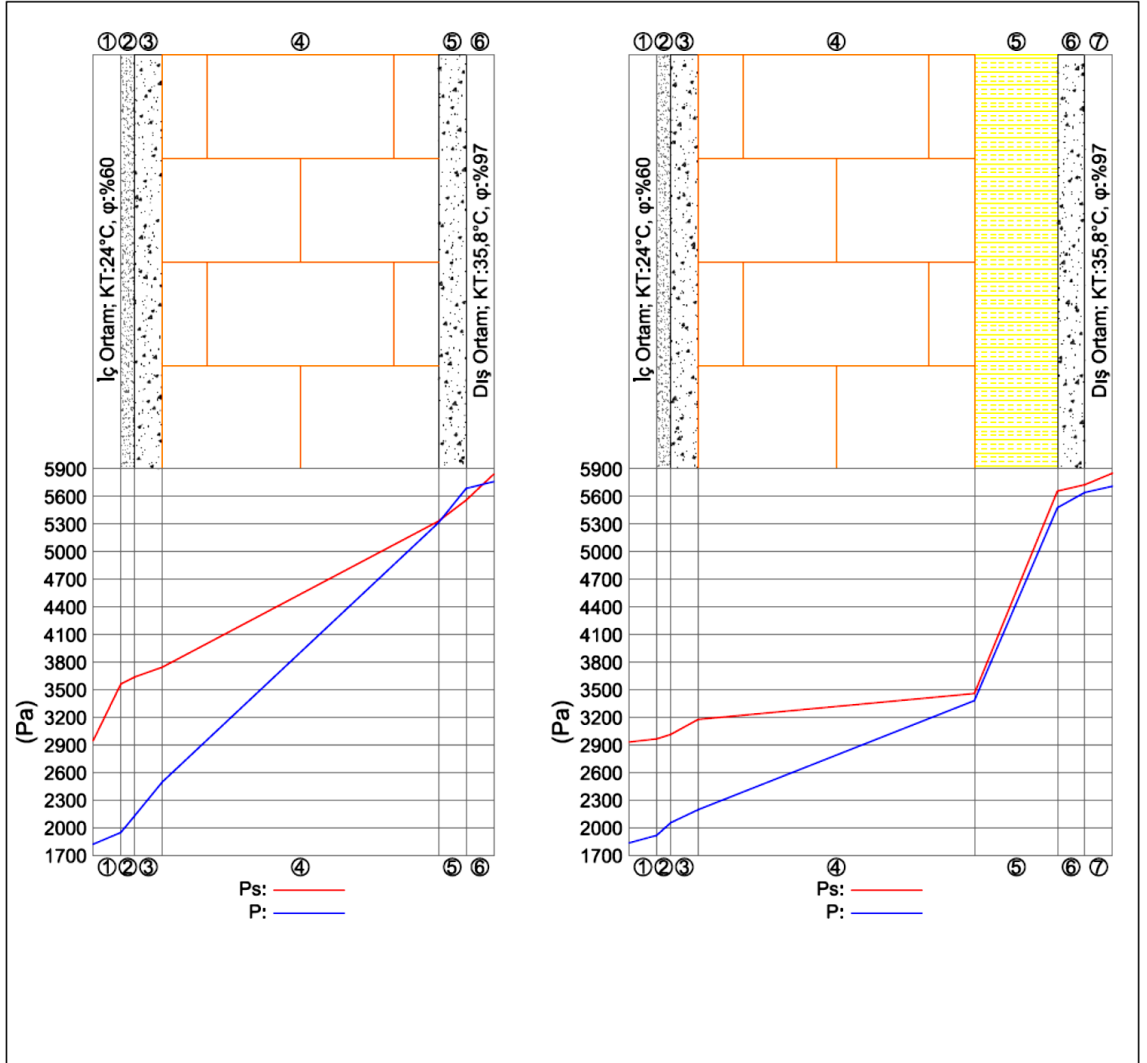
6.3.3 Rize ili yoğuşma analiz sonuçları

Rize ilinde yapılan hesaplamalarda en soğuk şart için hesaplamaya ait eğriler Şekil 6.11’de verilmiştir. Mevcut durumda yoğuşmanın sıcaklığın en düşük olduğu durumda bile oluşmadığı görülmüştür. Ancak mevcut durumda yüzey sıcaklığı değerinin 15 °C olduğu görülmüştür. Isıl konfor şartının sağlanamamasına sebep olur. Standartta göre yalıtım yapılmış durumda hem yoğuşma hem de iç yüzey sıcaklığının 20,4 °C sıcaklığına ulaşmasıyla ısıl konfor sağlanmış olur.



Şekil 6.11: Rize ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

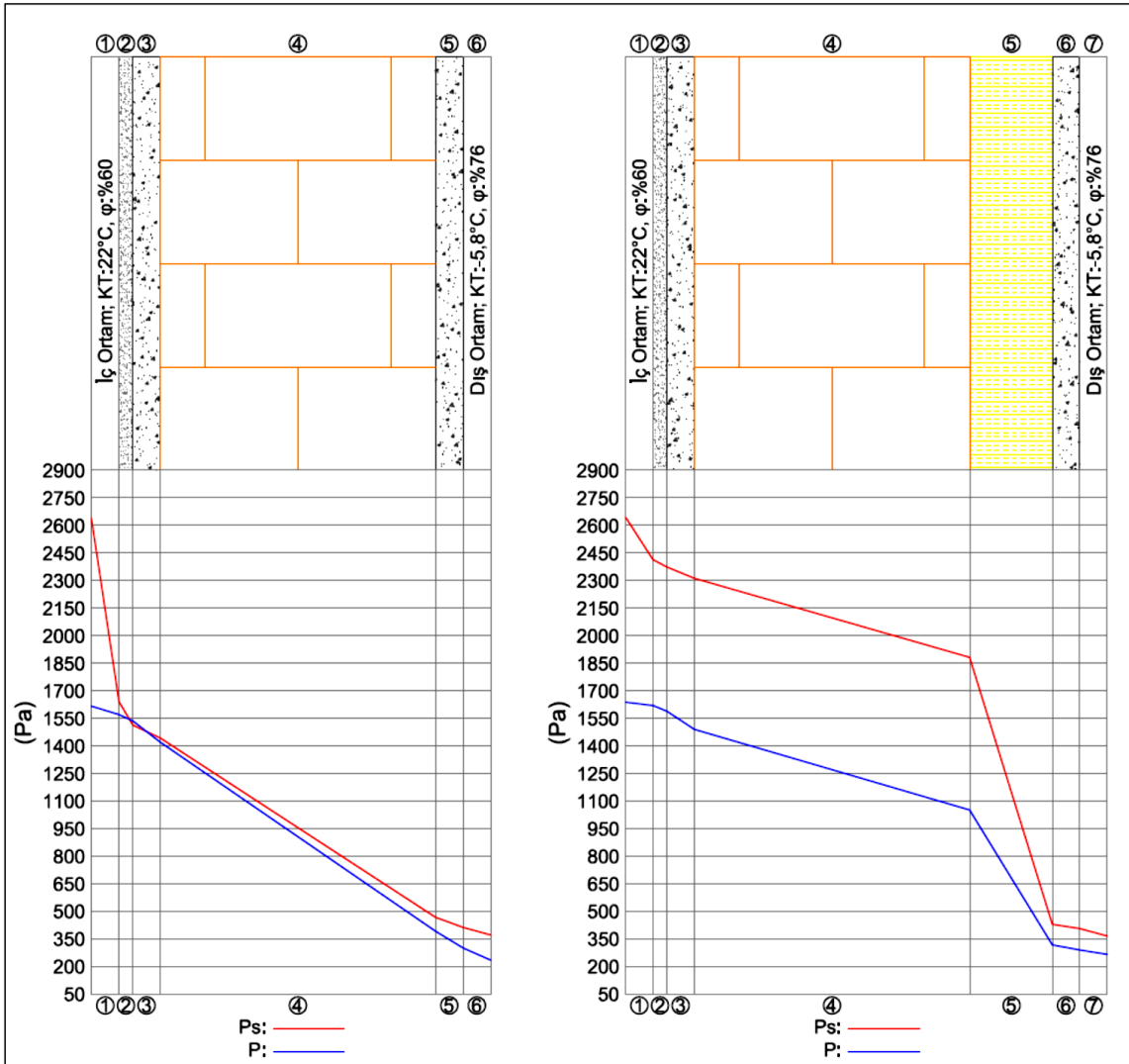
Rize ili için dış sıcaklığın en yüksek olduğu şartlarda basınç düşüm eğrileri Şekil 6.12’de verilmiştir. Binanın mevcut hali değerlendirildiği zaman dış sıva yapı elemanında yoğuşma gerçekleştiği görülmüştür. Standartta göre revize edilmiş durumda yoğuşma oluşmadığı görülür. Ancak 4-5 numaralı yapı elemanları arasında yer alan yüzeyde yoğuşma ihtimalinin oldukça kritik olduğu görülmüştür. İç ortam sıcaklığının 24°C olarak hesaplandığı çalışmada sıcaklığın bu değerin altına inmesi durumunda yoğuşmanın başlayacağı görülmüştür.



Şekil 6.12: Rize ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

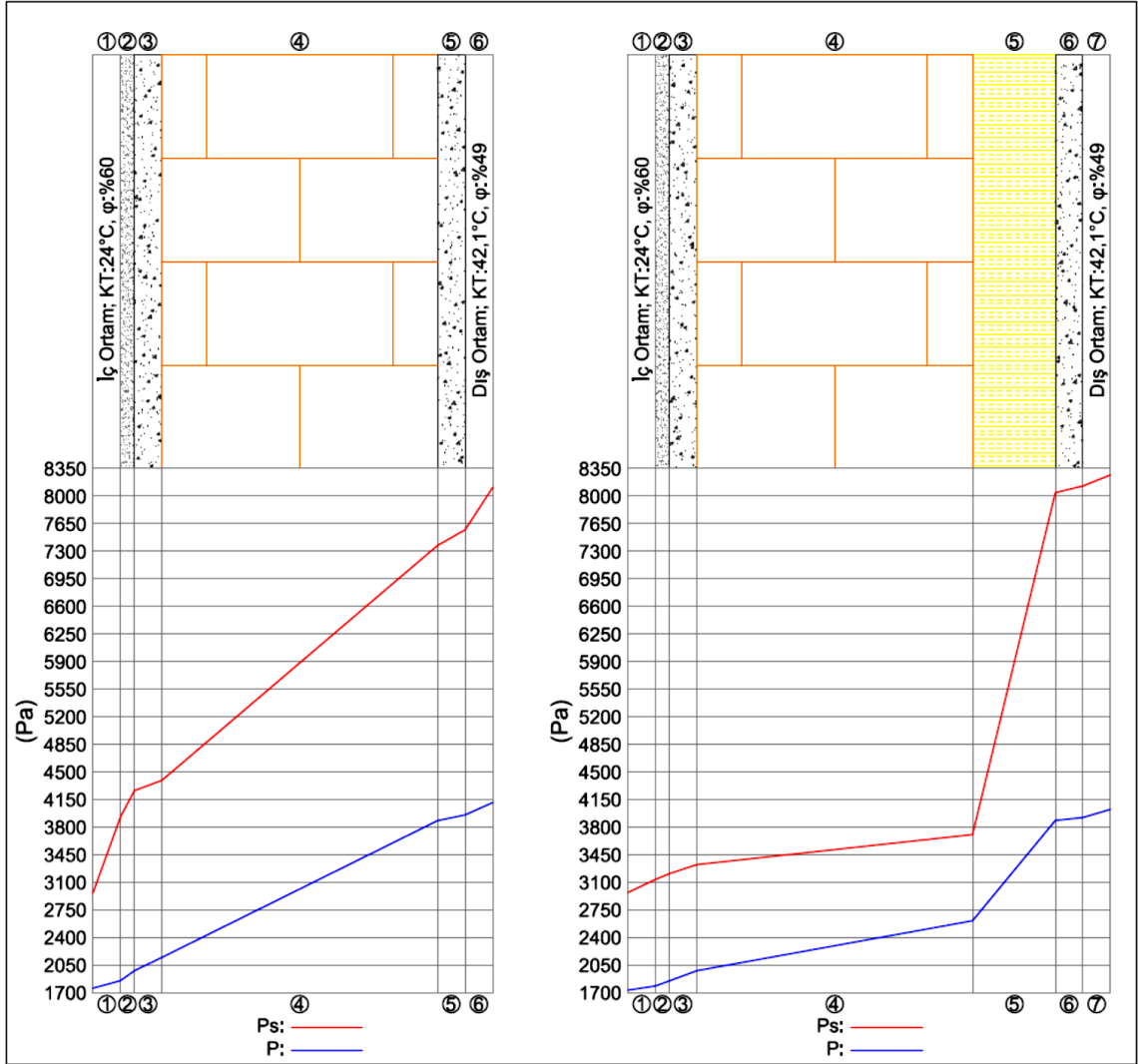
6.3.4 Muğla ili yoğuşma analiz sonuçları

Muğla ilinde yapılan hesaplamalarda en soğuk şart için hesaplama ait eğriler Şekil 6.13’de verilmiştir. Mevcut durumda yoğuşmanın iç sıvada başladığı ve tuğla yapı elemanına kadar devam ettiği görülmüştür. Yüzey sıcaklığı değerinin bu durumda 14,1 °C olduğu görülür. Isıl konfor şartının sağlanamamasına sebep olur. Standartta göre yalıtım yapılmış durumda hem yoğuşmanın görülmemesi hem de iç yüzey sıcaklığının 20,1 °C sıcaklığına ulaşmasıyla ısıl konfor sağlanmış olur.



Şekil 6.13: Muğla ili en düşük sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

Muğla ili için dış sıcaklığın en yüksek olduğu şartlarda basınç düşüm eğrileri Şekil 6.14’da verilmiştir. Dış ortamda en yüksek sıcaklıkta bağıl nemin %49’un üzerine çıkmamasının da neden oluşturduğu durumdan ötürü bu şartlarda yoğunlaşma oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 6.14: Muğla ili en yüksek sıcaklık su buharı basınç düşümü eğrileri.

7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

TS 825 standardında 2. derece gün bölgesinde yer alan İstanbul, Rize, Muğla ve Diyarbakır illerinde konumlandırılan örnek bir binanın enerji tüketim ve yoğuşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre aynı derece gün bölgesinde yer almasına rağmen illerin ısıtma, soğutma yükleri ve aynı zamanda da yoğuşma değerlerinde önemli farklılıklar olduğu ortaya koyulmuştur.

Araştırma sonunda varılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- İller bazında alınan iklim verilerinin kaynaklara göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. ASHRAE iklim istasyonu değerlerinin TS 825 standardında yer alan değerlerden farklılıklar gösterebildiği görülmüştür [24]. Örneğin Rize ili için TS 825 standardında belirtilen en düşük sıcaklık değeri $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ olara verilmişken, bu değer ASHRAE iklim istasyonu verilerinde $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak verilmiştir.
- Bununla bağlantılı olarak Soğutma Derece Gün Sayısının ASHRAE'den alınan verilere göre özellikle 1. Derece gün bölgesinde yer alan bazı illerde yüksek olması, soğutma yükünün de TS 825'te değerlendirilmeye alınması gereken önemli bir konu olduğu ortaya koyulmuştur. Çizelge 3.4'te 1. Derece gün bölgesinde yer alıp soğutma derece gün sayısı ısıtma derece gün sayısından büyük olan iller verilmiştir.
- Genel olarak TS 825 Standardına göre yapılan enerji performans analiz sonuçlarında bina kabuğunda yapılan iyileştirmelerin, Şekil 6.1 ve 6.4'te verilen grafiklere göre ısıtma enerji ihtiyacında %70'e varan, Şekil 6.2 ve 6.5'te verilen grafiklere göre soğutma enerji ihtiyacında da %30'a varan kazançlar sağladığı ortaya koyulmuştur.
- Soğutmada varılan %30'luk kazanç ASHRAE'de tavsiye edilen transfer fonksiyon metodunda yer alan bütün girdiler göz önünde bulundurularak hesaplandığında elde edilecek kazancın daha da artacağı tespit edilmiştir. TS 825 Standardında tavsiye edilen iyileştirmeler bina kabuğunun ısıtma

geçirgenlik katsayısı temel alınarak yapılmaktadır. Buna karşın ASHRAE transfer fonksiyon metodu hesaplama yönteminde, soğutma enerji tüketimi hesaplanmasının güneş radyasyonu ve gölgeleme konularıyla doğrudan ilişkili olduğu tezin 4. bölümünde açıklanmıştır. Bina enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, önemli bir yer teşkil eden soğutma enerjisi ihtiyacının azaltılması adına TS 825 standardında bu alanlarda da eklemeler yapılması gerekmektedir.

Bazı illerde, soğutma için kullanılacak enerji ihtiyacının ısıtma için kullanılacak enerji ihtiyacı kadar fazla olması ve soğutmanın da ısı konforun sağlanması için mutlak gereklilikte olan bir değişken olduğu göz önünde bulundurularak enerji tüketimi değerlendirilmelidir.

- Bina kabuğunda ısıtma enerji ihtiyacı göz önünde bulundurularak yapılan iyileştirmenin bina kabuğu katmanları arasındaki yoğuşmanın engellenmesinde etkili olduğu Bölüm.6.2’de yapılan analizlerde gösterilmiştir. Ancak katmanlar arasında kritik yüzeyler tespit edilmiş, yapılan iyileştirmenin varsayılan yaz ve kış koşulu iç ortam sıcaklığı değerleriyle yakından bağlantılı olduğu, iç ortam sıcaklığında yapılacak 1°C farklılığın bile yoğuşmaya neden olabileceği İstanbul, Rize ve Diyarbakır illerinde tespit edilmiştir. Bölüm 6.3’de bu illerde basınç eğrilerinin birbirine çok yaklaştığı ortaya koyulmuş ve katmanlar arası oluşan kritik yüzeyler figürlerde gösterilmiştir. Yukarıda belirtilen iklim verilerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi yoğuşma analizleri için de oldukça büyük bir önem teşkil etmektedir.
- İstanbul ve Rize illerinde nem transferinin soğutma sezonunda da değerlendirilmesi gereken bir konu olduğu dikkat çeker. Nem difüzyon direncinin yüksek olduğu malzemeler ile yapılan yalıtımın binanın nem geçişine engel olduğu ve özellikle yaz aylarında bu konunun sorun oluşturabileceği ortaya koyulmuştur.
- Diyarbakır ve Muğla illerinde ise nem transferinin sadece ısıtma sezonunda değerlendirilmesi gereken bir konu olduğu sonucuna varılır. Bu standardın

tavsiye edilen ilgili önerileri ile çözümlenebilen bir konu olduğu sonucuna varılmıştır.

- Söz konusu illerin, yoğuşma kritik şartlarının farklılık gösterdiği görülmüştür. Bağıl nem oranı yüksek olan İstanbul ve Rize illerinde yoğuşma yaz aylarında oluşurken, bağıl nem oranı düşük olan Diyarbakır ve Muğla illerinde yoğuşma sadece kış aylarında değerlendirilmesi gereken bir konu olduğu görülmüştür. Bu sonuç illerin farklı derece gün bölgesi değerlendirilmesinde bağıl nem değerlerindeki ele alınmasının da oldukça önemli bir konu olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak TS 825 Standardı ısıtma enerji tüketimi temel alınarak hazırlanmıştır. Bu tezde ortaya koyulduğu gibi, bina kabuğunda yapılacak iyileştirmelerde, bina ısıtma ihtiyacının ele alınmasının önemi kadar soğutma ihtiyacı ve kabukta oluşabilecek yoğuşmaların tespiti de önem teşkil etmektedir. Bu nedenle TS 825'te belirtilen derece gün bölgelerinin bu kapsamda ele alınarak hesaplama yöntemlerinin buna göre belirlenmesi bu çalışma ile tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı** (2011). National climate change action plan 2011-2023, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011, Ankara.
- [2] **Ertaş, K.** (2000). TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Metodunun Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Uygulanması, Tesisat Mühendisliği Teknik-Uygulama.
- [3] **TSE** (2013). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı (TS 825), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [4] **Corgnati, S. P., Gali, G., Yılmaz, A. Z.,** (2011). Kompleks binaların enerji sertifikasyonu açısından analizleri: standart ve detaylı simülasyon araçlarının karşılaştırması, *10. Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 13/16 Nisan 2011, İzmir.
- [5] **Esiyok, U.** (2006). Energy consumption and thermal performance of typical residential buildings in Turkey, *Faculty of Building University of Dortmund*, Dortmund, Germany 2006.
- [6] **Dilmaç, Ş. ve Kesen, N.** (2002). A comparison of new Turkish thermal insulation standart (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German regulation , *Energy and Building*, **35**, 161-174.
- [7] **Aksoy, U.T. ve Ekici, B.B.** (2013). TS 825 İklimsel verilerinin farklı derece gün bölgeleri için uygunluğu, *METU JFA 2013/2*, **30:2**, 163-179.
- [8] **Dağsöz, A.K. ve Bayraktar, K.G.** (1996). Türkiye’de derece-gün sayıları ve enerji politikamız, İstanbul 1996.
- [9] **Bayram, M. ve Yeşilata, B.** (2009). Isıtma ve soğutma derece gün sayılarının entegrasyonu, *9. Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 06/09 Mayıs 2009, İzmir.
- [10] **Özel, M. ve Pıhtılı, K.** (2008). Determination of optimum insulation thickness by using heating and cooling degree-day values , *Journal of Engineering and Natural Science* , **26-3**.
- [11] **Bulut, H., Büyükalaca, O., Yılmaz, T.** (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey, *Applied Energy*, **69**, 269-283.
- [12] **Kiper, G.H.** (2009). Binalarda dış duvarlarda kullanılan ısı yalıtım kaplamalarının enerji korunum performansları açısından incelenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, Türkiye 2009.
- [13] **Al-Hadrrami, L.M.** (2013). Comprehensive review of cooling and heating degree days characteristics over Kingdom of Saudi Arabia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **27**, 305-314.

- [14] **Aras, H., Aras, N., Kahya, E. Ve Sisman, N.** (2007). Determination of optimum insulation thickness of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions, *Energy Policy*, **35**, 5151-5155.
- [15] **Bircan, M.M., Heperkan, H. Ve Sevindir, M.K.** (2001). Yapı malzemelerinde buhar difüzyonu ve yoğuşma, 5. *Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 03/06 Ekim 2001, İzmir.
- [16] **İlgin, N.** (2009). Bina duvarlarına uygulanan yalıtımın yoğuşmaya etkisinin araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye 2009.
- [17] **Alan, R.** (2010). Su buharı difüzyonu ve ısı yalıtım malzemelerinin buhar geçirgenlikleri üzerine deneysel bir çalışma , Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye 2010.
- [18] **BEP** (2008). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [19] **Bayram, M.** (2010). Bina enerji performansı hesaplama yöntemi sunumu, İstanbul 2010.
- [20] **Yılmaz, A.Z.** (2011). Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi (BEP TR) ile otel binalarının enerji performansının değerlendirilmesi, 10. *Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 13/16 Nisan 2011, İzmir.
- [21] **Ulaş, A.** (2010). *Binalarda TS 825 Hesaplama Yöntemine Göre Isı Kaybı, Yakıt Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu Hesabı ve Maliyet Analizi*, Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [22] **Enerji Modellemesi** (2014). Enerji modellemesi nedir?, < <http://energy-models.com/what-is-energy-modeling-building-simulation>>, alındığı tarih 05.11.2014.
- [23] **ASHRAE Handbook** (2013). *ASHRAE Handbook Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [24] **İklim Verileri** (2014). İklim verileri, < <http://ashrae-meteo.info/>>, alındığı tarih 25.11.2014.
- [25] **HAP e-Help Manual** (2005). *Carrier Hap e-Help Manual, Version 4.2a*, Carrier Corporation, Conn.
- [26] **HAP Quick Reference Guide** (2012). *Carrier Hap Quick Reference Guide, Version 4.6*, Carrier Corporation, Conn.
- [27] **CIBSE Guide F** (2004). *CIBSE Guide F:Energy Efficiency In Buildings* , Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
- [28] **eQUEST Introductory Tutorial** (2010). *eQUEST Introductory Tutorial, Version 3.64*, James J Hirsch & Associates, Camarillo.
- [29] **ASHRAE 55.1.2010** (2010). *ASHRAE 55.1.2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* , American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta

- [30] **ASHRAE 90.2.2007** (2007). *ASHRAE 90.2.2007 Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [31] **ASHRAE 62.1.2013** (2013). *ASHRAE 62.1.2013 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [32] **ASHRAE 90.1.2013** (2013). *ASHRAE 90.1.2013 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [33] **Wang, S.** (2008). *Handbook of AC and refrigeration*, Mc Graw-Hill Companies, New York.
- [34] **Yalıtım Değerleri** (2014). Yalıtım Değerleri, < <http://www.izocam.com.tr/>>, alındığı tarih 30.11.2014.
- [35] **Bolattürk, A.** (2007). Optimum insulation thickness for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey, *Building and Environment*, **43**, 1055-1064.
- [36] **Kalmar, F., Lakatos, A. ve Verbai, Z.** (2014). Prediction of energy demand for heating of residential buildings using variable degree day, *Energy*, **76**, 780-787.
- [37] **Bulut, H. ve Yılmaz, T.** (2001). Türkiye için yeni dış ortam sıcaklık tasarım değerleri, 5. *Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 03/06 Ekim 2001, İzmir.
- [38] **CIBSE Guide A** (2015). *CIBSE Guide F: Environmental Design*, Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
- [39] **ASHRAE 160P** (2008). *ASHRAE 160P Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [40] **ASHRAE** (2011). *2011 ASHRAE Handbook-HVAC Applications*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [41] **Incorpera, F.P. ve DeWitt, D. P.** (2001). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 5th ed., John Wiley & Sons, Inc., USA.
- [42] **Luo, C. ve Moghtaderi, B.** (2010). Modelling of wall heat transfer using modified conduction transfer function, finite volume and complex Fourier analysis methods, *Energy and Buildings* **42**, 605-617.
- [43] **Antonopoulos, K. ve Koronaki, E.** (1999). Envelope and indoor thermal capacitance of buildings, *Applied Thermal Engineering* **19**, 743-756.
- [44] **Barrios, G., Huelsz, G., Marincic, I., Ochoa, J.M., Rojas, J.** (2011). Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings, *Energy and Buildings* **48**, 410-457.
- [45] **Dombaycı, Ö.A.** (2009). Degree-days maps of Turkey for various base temperatures, *Energy* **34**, 1807-1812.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Baran TANRIVERDİ
Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1987
E-Posta: tanriverdi.baran@gmail.com
Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi
Makine Mühendisliği (2009)

Mesleki Deneyim:

10.2014- Grontmij Mühendislik ve Müşavirlik / İstanbul HVAC dizayn mühendisli
08.2012-02.2014 ERKE Sürdürülebilir Bina Tasarım Danışmanlık / İstanbul
Enerji modelleme uzmanı, LEED & BREEAM Danışmanı
02.2009 – 07.2011 Haluk Derya Mühendislik Hizmetleri/İstanbul HVAC dizayn ve uygulama mühendisi