

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ « ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR YARDIMI İLE BİNALARDAN ENERJİ KAYIP
VE KAZANÇLARININ HESABI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Berker YURTSEVEN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sermin ONAYGİL (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Ahmet ARISOY (İ.T.Ü.)

MAYIS 2006

ÖNSÖZ

Günümüzde enerji sorunu gittikçe daha önemli bir konu haline gelmektedir. Enerji kaynaklarının giderek azalması ve enerji ihtiyacının giderek artması sebebiyle kaynaklarını daha verimli kullanımını sağlamak amacıyla enerji tasarrufu önem arz etmektedir.

Konutlarda ısı yalıtım şartlarını düzenleyen ve hesaplanması için bir yöntem sunan Türk Standartları Enstitüsü TS825 “Binalarda Isı Yalıtımı” standardı ile her yapının sahip olması gereken yalıtım miktarlarını belirlemiştir. Konutlara yapılan uygun yalıtım ile enerji tasarrufu sağlanarak bunun bir standart haline getirilmesi enerjinin etkin kullanılması açısından atılmış önemli bir adım olacaktır.

Günümüzde yaygınlaşan klima cihazlarının konutlarda gelişigüzel kullanılması, gereksiz kapasitelerde cihaz seçilmesine yol açmaktadır. ASHRAE konutlar için önerdiği CLTD metodu incelenerek konutlar için uygun soğutma yüklerinin ve TS825’e uygun yalıtım projesinin hesaplanabileceği bir kullanıcı dostu bilgisayar programı hazırlanarak konuyla ilgilenen kişilere yok gösterilmeye çalışılmıştır.

Tez çalışmam süresince desteklerini benden esirgemeyen ve yol gösteren kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU’na teşekkür ederim. Maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ve destekleri için değerli arkadaşlarıma, İngilizce çevirilerdeki yardımlarından dolayı sevgili arkadaşım Hürkan TABANLI’ya teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2006

Berker YURTSEVEN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	viii
TABLO LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv

1. GİRİŞ	1
2. BİNALARDA ISI YALITIMI	2
2.1. Isıl Konfor	3
2.1.1 Isıl Konfor Bileşenleri	3
2.1.1.1. İç Hava Sıcaklığı	3
2.1.1.2. İç Yüzey Sıcaklıkları	3
2.1.1.3. İç Havanın Nemi	3
2.1.1.4. İç Hava Hızı	3
2.1.1.5. Metabolizma düzeyi	3
2.1.1.6 Giysi Türü	3
2.2. Türkiye’de ve Avrupa’da Yalıtım	4
2.3. Türkiye’de Isı Yalıtım Mevzuatı	6
2.3.1. 1970 Yılında Uygulama Konulan ‘TS 825 – Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları’	6
2.3.2. 3 Kasım 1977 Tarihinde Yürürlüğe Gireni “Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Isıtma Ve Buhar Tesislerinde Ekonomi Sağlanması Ve Hava Kirliliğinin zaltılması Yönetmeliği”	7
2.3.3. 16 Ocak 1985 tarihinde Yürürlüğe Giren, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Isı Korunumu Yönetmeliği	7
2.3.4. 1998 Yılında Yayınlanan TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı ve 2000 Yılında Yayınlanan Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, “Binalarda Isı Yalıtım” Yönetmeliği	7
2.3.5. TS 825 Revizyon Çalışmaları, 2005	8

3. TS 825'E GÖRE BİNA ISI KAYBI HESAP METODU	10
3.1. Isı Kaybı Hesabını Etkileyen Faktörler	10
3.2. Yıllık Isıtma Enerjisi Sınır Değerleri	10
3.3. Hesap Metodu	11
3.3.1. Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesap Metodu	12
3.3.2. Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı	12
3.3.2.1. İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı	13
3.3.2.2. Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı	15
3.3.3. Aylık Ortalama İç Kazançlar	15
3.3.4. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları	16
3.3.5. Kazanç Kullanım Faktörü KKO	17
3.4 Örnek Proje	19
3.5 Isı Kaybı Hesabı	22
3.5.1. Binaya Ait Mimari Bilgilerin Belirlenmesi	22
3.5.1.1. Pencere Alanı:	22
3.5.1.2. Dış Duvar Alanı:	22
3.5.1.3. Tavan Alanı:	22
3.5.1.4. Dış Hava Temaslı Taban Alanı	23
3.5.1.5. Toprak Temaslı Taban Alanı:	23
3.5.1.6. Toplam Alan:	23
3.5.1.7. Brüt Hacim:	23
3.5.1.8. Kullanım Alanı:	23
3.5.2. Binanın Özgül Isı Kaybı	23
3.5.2.1. Pencere	23
3.5.2.2. Duvarlar	23
3.5.2.3. Tavan	24
3.5.2.4. Taban	24
3.5.3. Bina Özgül Isı Kaybının Hesaplanması	25
3.5.3.1. İç Ve Dış Isı Taşınım Katsayılarının Hesaplanması	25
3.5.4. İç Isı Kazançları	28
3.5.5. Güneş Enerjisi Isı Kazançları	28
4. HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI YARDIMIYLA	
ÖRNEK TS825 ISI KAYBI HESABI	31
4.1. Programın Tanıtılması	31
4.2. Programın Kullanılması	31
4.3. Program Kullanılarak Örnek Proje Hesaplarının Yapılması	36
4.3.1. Konuta Ait Verilerin Programa Girilmesi	37
4.3.2. Yapı Elemanlarının Detaylarının Belirtilmesi	38

4.3.2.1. Dış Duvar İçin Değerlerin Girilmesi	38
4.3.2.2. Tavan İçin Değerlerin Girilmesi	39
4.3.2.3. Toprak Temaslı Taban İçin Değerlerin Girilmesi	40
4.3.2.4. Dış Hava Temaslı Taban İçin Değerlerin Girilmesi	41
4.3.2.5. Pencereler İçin U Değerinin Girilmesi	42
4.3.2.6. İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Belirlenmesi	43
4.3.2.7. Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybını Belirlenmesi	45
4.3.2.8. Bina Özgül Isı Kaybının Hesaplanması	47
4.3.2.9. Yıllık Isıtma İhtiyacının Hesaplanması	47
4.3.2.10. Projenin TS825'e uygunluğunun kontrol edilmesi	48
4.3.3. Hesapların Kayıt Edilmesi	49
4.3.4. Mevcut Projenin Açılması	50
4.3.5. Projenin Raporlanması	51
5. SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLARININ YAPILMASI	55
5.1 Sınıflandırmalar	55
5.1.1. Ayrı Tek Ev	55
5.1.2. Apartmanlar	56
5.1.3. Diğer Sınıflar	56
5.2 Soğutma Yüğü Bileşenleri	56
5.2.1. Maksimum Yüğü Hesabı	56
5.2.2. Yapı Bileşenlerinden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğü	57
5.2.3. Pencerelerden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yüğüleri	57
5.2.4. Sızma (Enfiltrasyon)	57
5.2.5. Havalandırma	58
5.2.6. İnsan Yoğunluğu	58
5.2.7. Ev Araç ve Gereçleri	58
5.2.8. Gizli Isı Kaynakları	58
5.3 Soğutma Yüğü Hesabı	59
5.3.1. Hesaplamalar	59
5.3.2. Zemin Kat İçin Hesaplamalar.	62
5.3.2.1. Zemin Kat Salon Soğutma Yüğü	62
5.3.2.2. Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yüğü	64
5.3.2.3. Zemin Kat Banyo İçin Soğutma Yüğü	65
5.3.2.4. Zemin Kat Çalışma Odası İçin Soğutma Yüğü	65
5.3.2.5. Zemin Kat Antre İçin Soğutma Yüğü	66
5.3.2.6. Zemin Kat Mutfak İçin Soğutma Yüğü	66
5.3.3. Birinci Kat İçin Hesaplamalar	67
5.3.3.1. Birinci Kat Salon Soğutma Yüğü	67
5.3.3.2. Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yüğü	67

5.3.3.3. Birinci Kat Banyo İçin Soğutma Yüğü	68
5.3.3.4. Birinci Kat Çalışma Odası İçin Soğutma Yüğü	68
5.3.3.5. Birinci Kat Antre İçin Soğutma Yüğü	69
5.3.3.6. Birinci Kat Mutfak İçin Soğutma Yüğü	69
5.3.4. Zemin Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü	70
5.3.5. Birinci Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü	70
5.4. Sadece Güney Duvarında Yalıtım Olmaması Hali	71
5.4.1. Yalıtımsız Güney Duvarı İçin Toplam Isı Geçiş Katsayısı	71
5.4.1.1. Zemin Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yüğüleri	72
5.4.1.2. Birinci Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yüğüleri	73
5.4.2 Soğutma Yüğü Toplamları	75
5.5. Sadece Kuzey Duvarında Yalıtım Olması Hali	75
5.5.1. Zemin Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yüğüleri	76
5.5.2. Birinci Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yüğüleri	77
5.5.3. Soğutma Yüğü Toplamları	79
6. SOĞUTMA YÜĞÜ HESABININ BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE YAPILMASI	80
6.1. Programa Giriş ve Ana Ekran	80
6.2. Detay Formu	81
6.3. Hesabın Kayıt Edilmesi	83
6.4. Hesabın Tekrar Programa Yüğülenmesi	83
6.5. Rapor Alma	84
6.6. Örnek Hesabın Program Yardımı İle Yapılması	85
6.6.1. Programa Veri Giriş	85
6.6.2. Raporun Alınması	87
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	92

KISALTMALAR

ACH	: Air Change per Hour
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CLTD	: Cooling Load Temperature Difference
DIN	: Deutsches Institut für Normung
EURIMA	: European Insulation Manufacturers Association
GLF	: Glass Load Factors
ISO	: International Organization For Standardization
KKO	: Kazanç Kullanım Faktörü
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak gereken ısıtma enerjisinin hesaplanması.....	11
Tablo 3.2. Bütün Derece Gün Bölgeleri İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Olan Ortalama Aylık Güneş Işınımı Şiddeti Değerleri [W/m^2] (TS-825,1998).....	16
Tablo 3.3. Yüzeysel Isı Taşınım Dirençleri (TS-825,1998).....	26
Tablo 3.4. Bina Özgül ısı Kaybı Hesabı.....	27
Tablo 3.5. Binanın yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplaması.....	29
Tablo 5.1. Hesaplamalarda Kullanılacak Formüller (ASHRAE, 1997).....	59
Tablo 5.2. Ayrı tek evler için CLTD değerleri (ASHRAE, 1997).....	60
Tablo 5.3. Ayrı tek evler için GLF değerleri W/m^2 (ASHRAE, 1997).....	61
Tablo 5.4. Dış ortam hesap sıcaklığının fonksiyonu olarak bir saatteki hava değişimi ACH (ASHRAE, 1997).....	61
Tablo 5.5. Zemin Kat Salonu İçin İletim Ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü	64
Tablo 5.6. Zemin Yatak Odası İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü.....	65
Tablo 5.7. Zemin Kat Banyo İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü	65
Tablo 5.8. Zemin Kat Çalışma Odası İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü.....	65
Tablo 5.9. Zemin Kat Antre İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü..	66
Tablo 5.10. Zemin Kat Mutfak İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü.	66
Tablo 5.11. Birinci Kat Salon İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü..	67
Tablo 5.12. Birinci Kat Yatak Odası İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü.....	68
Tablo 5.13. Birinci Kat Banyo İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü	68
Tablo 5.14. Birinci Kat Çalışma Odası İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma.....	69
Tablo 5.15. Birinci Kat Antre İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü..	69
Tablo 5.16. Birinci Kat Mutfak İçin İletim ve Taşınım Oluşan Soğutma Yüğü	70
Tablo 5.17. Zemin Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü Tablosu.....	70
Tablo 5.18. Birinci Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü Tablosu.....	70
Tablo 5.19. Zemin Kat Salon Soğutma Yüğüleri.....	72
Tablo 5.20. Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yüğüleri.....	72
Tablo 5.21. Zemin Kat Banyo Soğutma Yüğüleri.....	72
Tablo 5.22. Zemin Kat Antre Soğutma Yüğüleri.....	72
Tablo 5.23. Zemin Kat Çalışma Odası Soğutma Yüğüleri.....	73
Tablo 5.24. Zemin Kat Mutfak Soğutma Yüğüleri.....	73

Tablo 5.25.	Birinci Kat Salon Soğutma Yükleri.....	73
Tablo 5.26.	Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri.....	73
Tablo 5.27.	Birinci Kat Banyo Soğutma Yükleri.....	74
Tablo 5.28.	Birinci Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri.....	74
Tablo 5.29.	Birinci Kat Antre Soğutma Yükleri.....	74
Tablo 5.30.	Birinci Kat Mutfak Soğutma Yükleri.....	74
Tablo 5.31.	Zemin Kat Toplam Soğutma Yükleri.....	75
Tablo 5.32.	Birinci Kat Toplam Soğutma Yükleri.....	75
Tablo 5.33.	Zemin Kat Salon Soğutma Yükleri.....	76
Tablo 5.34.	Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri.....	76
Tablo 5.35.	Zemin Kat Banyosu Soğutma Yükleri.....	76
Tablo 5.36.	Zemin Kat Antre Soğutma Yükleri.....	76
Tablo 5.37.	Zemin Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri.....	77
Tablo 5.38.	Zemin Kat Mutfak Soğutma Yükleri.....	77
Tablo 5.39.	Birinci Kat Salon Soğutma Yükleri.....	77
Tablo 5.40.	Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri.....	78
Tablo 5.41.	Birinci Kat Banyo Soğutma Yükleri.....	78
Tablo 5.42.	Birinci Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri.....	78
Tablo 5.43.	Birinci Kat Antre Soğutma Yükleri.....	78
Tablo 5.44.	Birinci Kat Mutfak Soğutma Yükleri.....	79
Tablo 5.45.	Zemin Kat Toplam Soğutma Yükleri.....	79
Tablo 5.46.	Birinci Kat Toplam Soğutma Yükleri.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Duvarlardan Yıllık Enerji Kaybı (Eurima, 2006).....	4
Şekil 2.2 : Çatılardan Yıllık Enerji Kaybı (Eurima, 2006).....	5
Şekil 2.3 : Konutlardan Yıllık Ortalama Enerji Kaybı Yüzdeleri (Eurima, 2006).....	5
Şekil 3.1 : Örnek Proje Temsili Resmi.....	19
Şekil 3.2 : Örnek Proje Bodrum Planı.....	20
Şekil 3.3 : Örnek Proje Zemin Kat Planı.....	20
Şekil 3.4 : Örnek Proje Birinci Kat Planı.....	21
Şekil 3.5 : Yapı Bileşenlerinin Tasarım ve Yerleşimi (TS-825,1998).....	26
Şekil 4.1 : Program Açılış Ekranı.....	31
Şekil 4.2 : Proje Bilgileri Formu.....	32
Şekil 4.3 : Yapı Bileşenleri Formu.....	34
Şekil 4.4 : Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı Formu.....	35
Şekil 4.5 : Yıllık Isıtma Kaybı Formu.....	36
Şekil 4.6 : Proje Bilgileri Formuna Girilen Veriler.....	37
Şekil 4.7 : Dış Duvar Bilgilerinin Girilmesi.....	38
Şekil 4.8 : Tavan Bilgilerinin Girilmesi.....	39
Şekil 4.9 : Taban Bilgilerinin Girilmesi.....	40
Şekil 4.10 : Dış Hava Temaslı Taban Bilgilerinin Girilmesi.....	41
Şekil 4.11 : Pencere İçin U Değerleri Bilgi Formu.....	42
Şekil 4.12 : Pencere İçin U Değerinin Girilmesi.....	43
Şekil 4.13 : İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesaplanması.....	44
Şekil 4.14 : Eklenen Bir Malzemenin Çıkarılması.....	45
Şekil 4.15 : Havalandırma Kaybı Formunun Açılması.....	46
Şekil 4.16 : Havalandırma Kaybı Formu.....	46
Şekil 4.17 : Bina Özgül Isı Kaybının Hesaplanması.....	47
Şekil 4.18 : Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması.....	48
Şekil 4.19 : Projenin Test Edilmesi.....	49
Şekil 4.20 : Projenin Kayıt Edilmesi.....	50
Şekil 4.21 : Mevcut Projenin Açılması.....	51
Şekil 4.22 : Raporlama Düğmesi.....	52
Şekil 4.23 : Proje Bilgileri.....	52
Şekil 4.24 : Bina Özgül Isı Kaybı.....	53
Şekil 4.25 : Bina Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı.....	54
Şekil 6.1 : Program Açılış Ekranı.....	80
Şekil 6.2 : Detay Formu.....	82
Şekil 6.3 : Kayıt Ekranı.....	83
Şekil 6.4 : Dosya Açma Ekranı.....	84
Şekil 6.5 : Örnek Rapor.....	85
Şekil 6.6 : Örnek Hesap Ana Ekran.....	86
Şekil 6.7 : Zemin Kat Salonu İçin Hesaplanmış Değerler.....	86
Şekil 6.8 : Örnek Rapor.....	87

SEMBOL LİSTESİ

A	: Söz konusu yüzey alanı, (m^2)
A_N	: Bina kullanım alanı (m^2)
A_{top}	: Binanın ısı kaybeden yüzey (m^2)
A_D	: Dış duvarın alanı (m^2)
A_p	: Pencere alanı (m^2)
A_T	: Tavan alanı (m^2)
A_t	: Toprak temaslı taban/döşeme alanı (m^2)
A_d	: Dış hava ile temas eden taban/döşeme alanı (m^2)
A_{disc}	: Düşük sıcaklıktaki ortamları yapı elemanlarının alanı (m^2)
A_i	: “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2)
ACH	: Bir saatteki hava değişimi, (h^{-1})
A/V	: Isı kaybeden yüzeylerin, bu yüzeyleri çevreleyen hacme oranı (m)
c	: Havanın özgül ısısı ($J/kg\ K$)
Clo	: Giysi ısı geçiş direnç birimi
CLTD	: Soğutma yükü sıcaklık farkı (Cooling Load Temperature Difference) ($^{\circ}C$)
$g_{i,ay}$	: “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$g_{\perp}$	: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
GLF	: Cam yük faktörü (Glass Loading Factor) (W/m^2)
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
H_i	: İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
H_h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
$I_{i,ay}$	: “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
$I_{güney}$	: Güney yönündeki ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
I_{kuzey}	: Kuzey yönündeki ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
$I_{doğu}$	: Doğu yönündeki ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
$I_{batı}$	: Batı yönündeki ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
KKO_{ay}	: Kazanç kayıp oranı
l	: Isı köprüsü uzunluğu (m)
LF	: Gizli ısı yükü çarpanı
MET	: Metabolizma düzey birimi
q	: Duyulur soğutma yükü, (W)
$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi (Joule)
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
Q	: Kullanım alanı başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/m^2)
Q'	: Bina için kullanım alanı başına olması gereken en yüksek ısı kaybı (kWh/m^2)
Q_H	: Hacimsel hava debisi, (L/s)

$r_{i,ay}$	: “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
t	: Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) (s)
T_d	: Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{d,ay}$	: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)
T_i	: Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
U	: Söz konusu yapı toplam ısı geçiş katsayısı, ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_D	: Dış duvarın toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_p	: Pencerenin toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_T	: Tavanın toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_t	: Toprak temaslı tabanın toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_{disc}	: Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının toplam ısı geçiş katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
U_l	: Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
$V_{brüt}$	: Binanın brüt hacmi (m^3)
V_h	: Havalandırılan hacim (m^3)
V'	: Hacimsel hava değişim debisi (m^3/h)
η_h	: Hava değişim sayısı (h^{-1})
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (Birimsiz)
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)
$\Phi_{g,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
α_i	: İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
α_d	: Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
Λ	: Isıl geçirgenlik direnci ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$)
λ_h	: Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)
ρ	: Havanın birim hacim kütlesi (kg/m^3)
Δt	: iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, ($^{\circ}\text{C}$)

BİLGİSAYAR YARDIMI İLE BİNALARDAN ENERJİ KAYIP VE KAZANÇLARININ HESABI ÖZET

Bir binanın enerji kayıp ve kazançlarının hesaplanması için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler kendi içlerinde ısı transfer metotlarına ve ele aldıkları çevre değişkenlerine göre ayrılmaktadır. Bu çalışmada binalar için enerji kayıp ve kazançları bilgisayar yardımı ile hesaplanacaktır.

Enerji kayıplarının hesaplanması için Türk Standartları Enstitüsünün 1998 tarihli TS825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardında önerdiği metot kullanılmıştır. Metoda uygun bir bilgisayar programı hazırlanarak hesaplamalara kolaylık getirilmiştir. Programın hazırlanmasında Microsoft Visual C# 2005 programlama dili kullanılmıştır. Program bina katman detaylarının belirlenmesi ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması gibi elle yapılması uzun sürecek işlemleri kısaltmakta ve hata olasılığını düşürmektedir. Çalışmada ele alınan örnek binanın yalıtım projesi yapılmış, ısı kayıpları hesaplanmış ve TS825’e uygunluğu önce elle daha sonra bilgisayar programı ile kontrol edilmiş, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bina soğutma yükleri hesaplanırken ASHRAE’nin temel el kitabı’nın önerdiği “Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yüklerinin Hesabı” metodu kullanılmıştır. Bu metot Microsoft Visual C# 2005 dili ile bilgisayar programı haline getirilmiştir. Örnek bir bina ele alınarak soğutma yükleri hesaplanmış, değişik yalıtım senaryolarına göre işlemler tekrar edilmiştir. Soğutma yükü hesabı bilgisayar programı ile tekrar hesaplanmış ve çıkan sonuçların doğruluğu kontrol edilmiştir.

Bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilen hesaplar kullanıcıya hız ve doğruluk sağlamakta ve daha verimli çalışma imkânı sunmaktadır. Geliştirilen bilgisayar programları ile konut olarak kullanılacak binalar için enerji hesaplamaları pratik olarak gerçekleştirilebilir.

CALCULATION OF ENERGY GAIN AND LOSS IN BUILDINGS BY COMPUTER SUMMARY

There are various methods that are suggested for the calculation of energy gain and loss in buildings. These methods are differentiated from one another by their heat transfer methods and the environmental parameters that they use. In this study, the energy gains and losses will be calculated by computer.

For the energy gain calculations, TS825 “Thermal Insulation in Buildings” of the Turkish Standards Institution is utilized. A computer program is developed to help during the calculations. It is written using Microsoft Visual C# 2005 programming language. The program shortens the time consumed when defining layer structures of buildings and the calculation of annual heat energy need. Also it decreases the probability of miscalculation/error. The insulation project of the example considered in this study is initially prepared manually and afterwards re-prepared utilizing computer. Following this, the end results are compared.

For the cooling load calculations of buildings, ASHRAE’s Fundamentals suggested method “Residential Load Calculations” is utilized. Again, a computer program is written with Microsoft Visual C# 2005 programming language that uses this method. An example project is considered and load calculations are made both manually and by the computer program, later the results are compared.

The calculations that are made using a computer provide users with speed and also reduce chances of miscalculation. With the programs that are developed in this study, residential energy calculations can be carried out more practically/more efficiently.

GİRİŞ

Günümüzde giderek azalan enerji kaynaklarına karşın artan bir enerji talebi vardır. Enerjinin etkin kullanılması gitgide daha yüksek miktarlarda önem arz etmektedir. Konutlardan sağlanacak enerji tasarrufu azımsanamayacak ölçüdedir. Uygun yalıtım ve tasarım ile enerji kayıpları minimum seviyeye indirilebilir. Türk standartları enstitüsü bir konutun yıllık ısı ihtiyacının hesaplanması için bir metot önermekte ve bunu TS825 “Binalarda Isı Yalıtım” standardı ile resmileştirmektedir. Standartta önerilen yol ülkemizdeki binalarda kullanılan enerji miktarını ve buna bağlı olarak enerji tasarrufunu arttırmayı amaçlamaktadır.

Tez çalışmasında TS825’in önerdiği metot açıklanmaktadır. Hesaplamaların kolaylıkla gerçekleştirilmesi için bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program yazılırken Visual C# 2005 sürümü kullanılmıştır, **Microsoft (2006)**. Program yardımı ile elle hesap yapılırken oluşacak hatalar minimum seviyeye indirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca program değişik katman detaylarının hızlıca oluşturulması ve katmanlar için toplam ısı geçiş katsayılarının zahmetsizce, kullanıcı dostu bir arabirimde elde edilmesi için düzenlenmiştir. Kullanıcı katman detayını, TS825’in bünyesinde verdiği malzeme listesiyle oluşturarak, kullanacağı yalıtım kalınlıklarının ve dolayısıyla projenin TS825’e uygunluğunu test edebilir. Oluşturduğu projeyi daha sonra tekrar kullanmak üzere kayıt edebilir veya daha sonraki projelerinde kullanmak üzere kendine bir şablon oluşturabilir. Programın raporlama bölümü TS825’e uygun olarak binayla ilgili bilgileri detaylı olarak sunmakta, yapılan hesaplamaları tablo haline getirmektedir. Tablolama aracı olarak Microsoft Excel kullanılmıştır. Böylece hazırlanan rapor üzerinde değişiklik yapılabilecek veya farklı projelerde rahatlıkla kullanılabilir.

ASHRAE’nin, **ASHRAE (1997)**, konutlarda soğutma yükü hesabı için basitleştirilmiş CLTD hesap yöntemi incelenmiştir. Konutlar için doğru soğutma yükü hesaplamak için hesap yöntemi incelenmiş ve hesapları kolaylaştırmak için bir bilgisayar programı yazılarak hesapların kolay gerçekleştirilmesine çalışılmıştır. Farklı yalıtım senaryoları için örnekler üzerinde elle hesaplamalar yapılmış, daha sonra bu hesaplamalar bilgisayar programı vasıtasıyla tekrar yapılarak programın güvenilirliği kontrol edilmiştir. Programın yazılmasında Visual C# 2005 kullanılmıştır, **(Microsoft, 2006)**.

BİNALARDA ISI YALITIMI

Binalarda ısı konforu ve enerji ekonomisi, giderek artan enerji sorunu göz önüne alındığında çok daha önemli konulara gelmektedirler. Ek enerji sistemleriyle konutlarımızda ısı konfor koşullarını sağlamaya çalışmaktayız. Bu enerji sistemlerinin kullanımı; enerji kaynaklarının giderek azalmasına ve kullanılan enerji kaynaklarının çevreyi kirletmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla daha az enerji kaynağı tüketme ve tüketilen enerjinin çevreye daha az zarar vermesi için enerji tasarrufu ve ekonomisi günümüzde çok önem kazanmaktadır. Enerji tasarrufunun sağlanması, binaya ait tasarım parametrelerinin belirlenmesinin yanı sıra bina kabuğu ve tesisatta da uygun yalıtım önlemlerinin alınmasını gerektirmektedir. İç ortamdaki ısı konfor koşulları büyük ölçüde bina kabuğunun ısı davranışına göre değişiklik göstermektedir.

Bina kabuğunun ısı konfor açısından iyi bir performans göstermesi için, uygun tasarımın yanında fiziksel durumunun korunması da gereklidir. Nem dolayısıyla kabukta oluşacak yoğuşma neticesinde bina kabuğunun ısı performansı kötüleşecek ve tasarım değerlerini sağlayamayacaktır. Buna bağlı olarak iç ortam ısı konfor koşulları bozulacaktır. Bina kabuğunun ısı geçiş direncinin azalması, ısıtma yapılması gerektiğinde ısı kaybının artmasına ve dolayısıyla daha fazla ısıtma gereksinimine, soğutma yapılması gerektiğinde ise ısı kazancının artarak daha fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulmasına yol açacaktır.

2.1 Isı Konfor

Isı konforu, “Kişinin çevresi ile sorunu olmaması hali” olarak tanımlanabilir. İnsandan insana göre farklılık gösteren bu tanımın, bir ortamda bulunan kişilerin hepsi için sağlanması her zaman mümkün değildir. Bu yüzden optimum koşulların sağlanması gereklidir. Bu koşulların sağlanmasında enerji tasarrufu mutlaka göz önüne alınmalıdır. Yalıtım seçenekleri minimum yakıt harcaması ile maksimum konfor sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

2.1.1 Isıl Konfor Bileşenleri

2.1.1.1 İç Hava Sıcaklığı

Ortam havasının sıcaklığı, kişinin çevresiyle taşınım yoluyla yaptığı ısı alışverişini belirleyen önemli bir unsurdur. Bu alışveriş vücut sıcaklığı ile ortam sıcaklığı eşitlenene kadar devam eder. İç hava sıcaklığı, vücut sıcaklığı ile etkileşimde olduğu için, ısıl konforun önemli bir parçasıdır.

2.1.1.2 İç Yüzey Sıcaklıkları

Kapalı mekânlar için iç yüzey sıcaklıkları, insanların çevresi ile yaptıkları uzun-dalga-ısıl-ışınım miktarını belirler. Çevre yüzey sıcaklıkları ve vücut sıcaklığımız arasındaki fark nispetinde ışıınım ile ısı alışverişi olur.

2.1.1.3 İç Havanın Nemi

Hava ve yüzey sıcaklıklarından sonra iç hava nemliliği ısıl konforu belirleyen önemli bir faktördür. Havanın tutabileceği su buharı miktarı, vücuttan buharlaşma ile ısı kaybında etkilidir.

2.1.1.4 İç Hava Hızı

İç hava hızı vücuttan buharlaşma ve taşınım ile ısı transferini etkileyen bir parametre olduğu için ısıl konforun sağlanmasında göz önüne alınmalıdır.

2.1.1.5 Metabolizma düzeyi

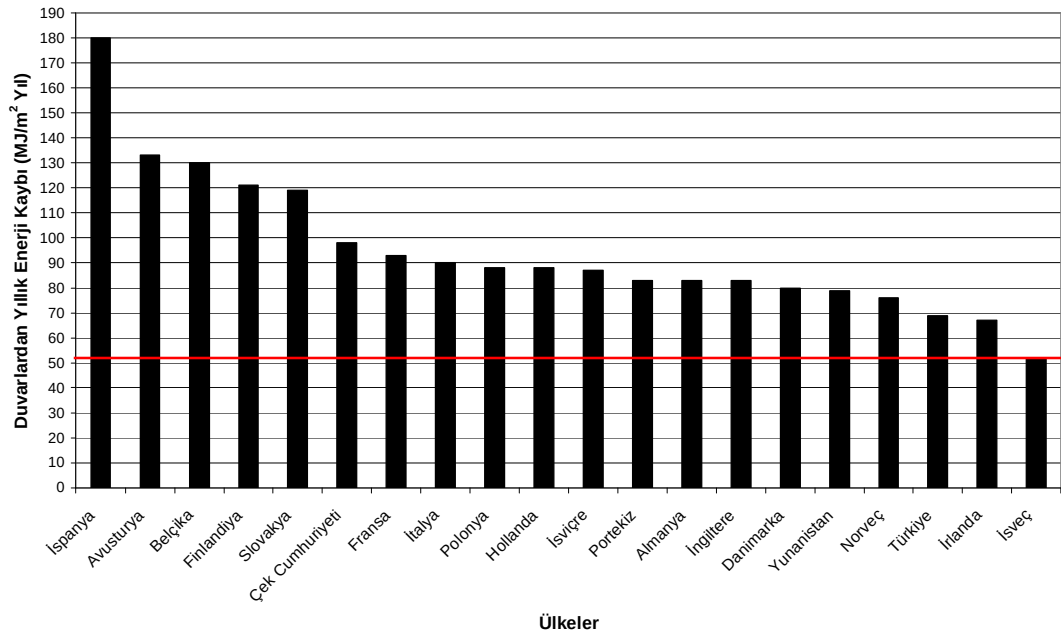
Metabolizma düzeyi insan vücudunun birim yüzey alanında, birim zamanda üretilen enerji miktarıdır. MET birimi ile ifade edilmektedir. Bir MET oturarak dinlenen bir insanın birim vücut yüzey alanından birim zamanda üretilen enerji miktarıdır. Bir MET 58.2 W/m^2 'dir. (Oral ve diğ.,2005)

2.1.1.6 Giysi Türü

Giyilen giyeceklerin ısı geçirme dirençleri farklı olduğu için, insanla çevresi arasındaki ısı alışveriş miktarını etkiler. Giysilerin ısı geçiş direnci Clo birimi ile tanımlanır. 1 Clo $0.155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 'tır. (Oral ve diğ.,2005)

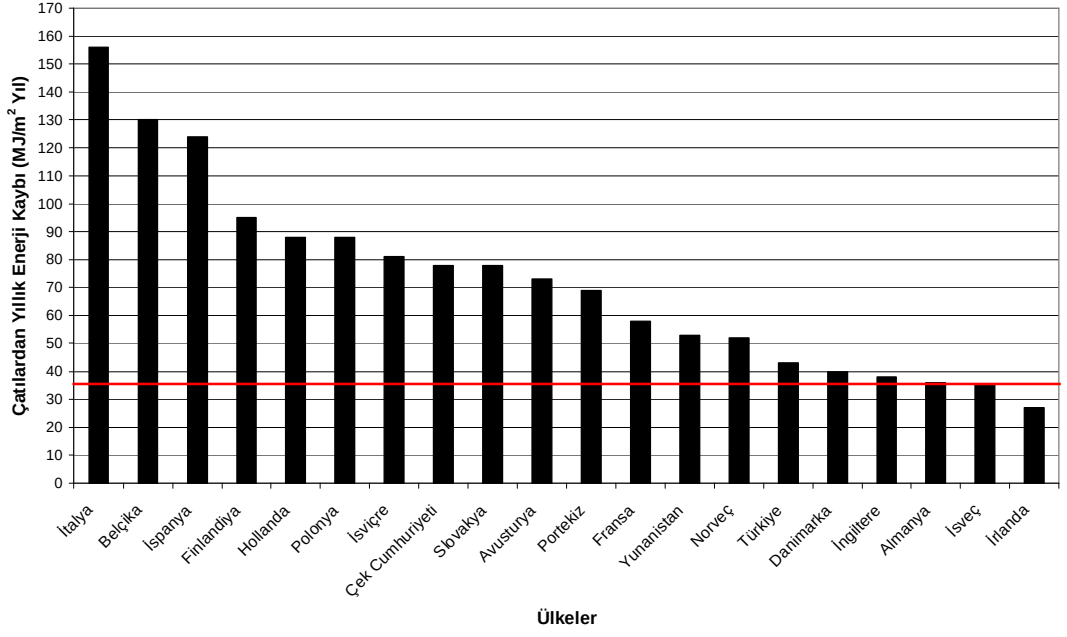
2.2 Türkiye’de ve Avrupa’da Yalıtım

Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Birliği EURIMA’dan alınan verilere göre Şekil 2.1 Avrupa ülkeleri için duvarlarda enerji kaybı miktarları belirtilmiştir. Kırmızı çizgi ile belirtilen değer EURIMA’nın önerdiği maksimum enerji kaybı miktarıdır.



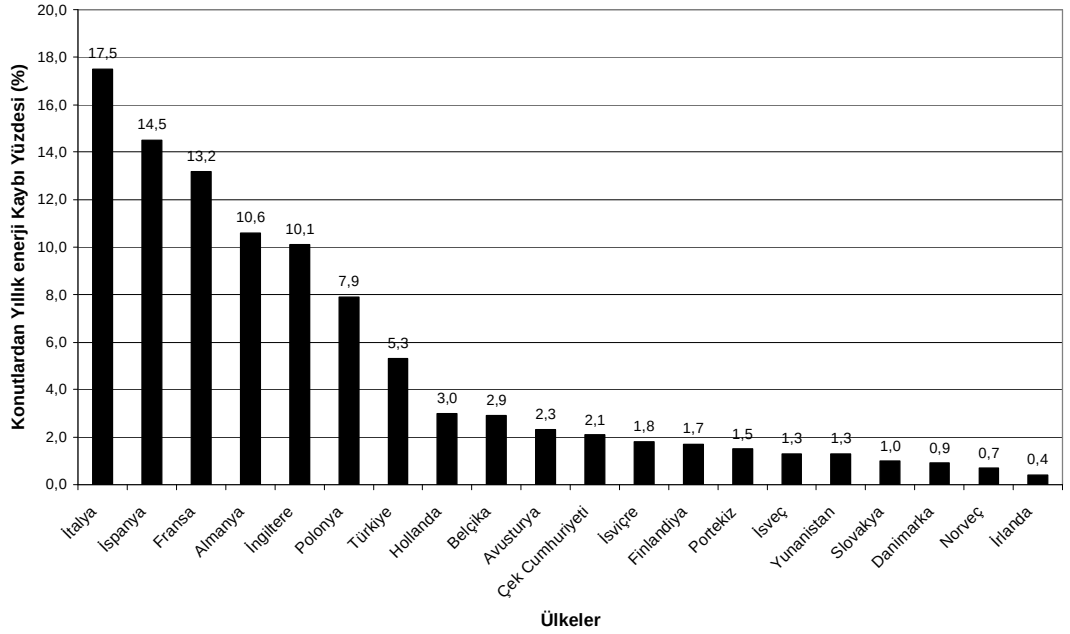
Şekil 2.1: Duvarlardan Yıllık Enerji Kaybı (EURIMA, 2006)

Şekil 2.2’de ise çatılardan olan ısı kaybının Avrupa ortalamalarını gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Çatılardan Yıllık Enerji Kaybı (EURIMA, 2006)

Şekil 2.3, konutlardan gerçekleşen yıllık ortalama ısı enerji kayıplarının Avrupa Ülkeleri bazında yüzdelik değerlerini göstermektedir.



Şekil 2.3: Konutlardan Yıllık Ortalama Enerji Kaybı Yüzdeleri (EURIMA, 2006)

Şekillerden görüleceği gibi duvarlardan ve çatılardan meydana gelen enerji kayıpları, Türkiye için, tavsiye edilen değerlerin üzerindedir. Kuzey Avrupa ülkeleri, yalıtım konusunda –iklim özellikleri de göz önüne alındığında- Güney Avrupa ülkelerinden oldukça ileridedirler. Yalıtım sanayinin gelişmesi ve yalıtım kavramının yaygınlaştırılması ile tasarruf edilecek yüksek miktarda enerji potansiyeli vardır. Bu enerji tasarrufu ile çevreye atılan zararlı maddelerin miktarlarında da azalma olacaktır.

2.3 Türkiye’de Isı Yalıtım Mevzuatı

Türkiye’de ısı yalıtım konusundaki çalışmalar aşağıda listelenmiştir: **(Oral ve diğ.,2005)**

- 1970 yılında uygulamaya konulan ‘TS 825 – Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları’.
- 3 Kasım 1977 tarihinde yürürlüğe giren, Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı tarafından hazırlanan ‘Isıtma ve Buhar Tesislerinde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliğinin Azaltılması Yönetmeliği’.
- 16 Ocak 1985 tarihinde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yayınlanan ‘Isı Korunumu Yönetmeliği’.
- 1998 Nisan ayında yürürlüğe giren ‘TS 825 – Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ standardı.
- TS 825 Revizyon çalışmaları: 2005.

2.3.1 1970 Yılında Uygulama Konulan ‘TS 825 – Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları’

İlk yayınlanan TS 825 standardı, iklim bölgelerine ve yapı bileşenlerinin cinsine göre, bileşenlerin sahip olması gereken minimum ısıl geçirgenlik dirençlerini sadece opak bileşenler için belirlemiştir. Bu standart bileşenlerin baktığı yönü, eğimlerini, cephelerin saydamlık oranlarını, cam türünü ve bina formunu hesaba katmamıştır.

2.3.2 3 Kasım 1977 Tarihinde Yürürlüğe Giren “Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı Isıtma Ve Buhar Tesislerinde Ekonomi Sağlanması Ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği”

Bu yönetmelik bina dış alanları için ortalama toplam ısı geçirme katsayısı tanımlamaktadır. Binanın ısı kaybeden toplam yüzey alanının, bu alanı çevreleyen hacme oranına ve dış dizayn sıcaklıklarına göre bina dış kabuğunun ortalama toplam ısı geçirme katsayısı sınır değerlerini belirlemiştir. Bu belirlemeler yapılırken bina yönelimi ve güneş ışıınımı etkileri göz önüne alınmamıştır.

2.3.3 16 Ocak 1985 tarihinde Yürürlüğe Giren, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Isı Korunumu Yönetmeliği

Bu yönetmelik, iklim bölgelerine göre yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençleri ve pencere dış-duvar için ortalama ısı geçirme katsayılarının değerlerini belirlenmiştir. Ayrıca yönetmelik ile binalarda bu değerlere uyulması zorunluluk haline getirilmiştir. Bu yönetmelik de diğer uygulanan mevzuatlarda olduğu gibi bina yönelimini ve güneş ışıınımı etkisi hakkında eksiktir. Yönetmelik iklim bölgeleri belirlemesine rağmen, aynı iklim bölgesinde olup farklı özelliklerdeki yöreleri için aynı değerleri vermiştir.

2.3.4 1998 Yılında Yayınlanan TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı ve 2000 Yılında Yayınlanan Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, “Binalarda Isı Yalıtım” Yönetmeliği

Bu yönetmelik ve standart binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını, hesaplama kurallarını ve binalarda izin verilebilecek en yüksek ısıtma enerjisi değerlerini tanımlar. Yeni inşa edilecek binalar ile %15 oranı ve üzerinde tadilat yapılacak binalarda, tadil edilen bölümler için ısı kaybı hesabını verir. Bu kurallar güneş enerjisinden pasif olarak yararlanacak binalar için kullanılamamaktadır.

TS 825 amacını ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Bu standart ayrıca aşağıdaki amaçları da hedeflemektedir: (TS-825,1998)

- Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standardda açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,
- Mevcut binanın ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek
- Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,
- Bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını millî seviyede tahmin etmek.

2.3.5 TS 825 Revizyon Çalışmaları, 2005

Revizyon çalışmaları hesaplama metoduna bir farklılık getirmemekle beraber, anlaşılabilirlik yönünde iyileştirmeler getirmiştir. Revizyon çalışmaları ile getirilen değişiklikler aşağıda verilmektedir (**Oral ve diğ.,2005**) :

- Havalandırma yoluyla olan ısı kayıplarının hesaplanmasında kullanılan havalandırma oranı ifadesi yapı malzemelerinde meydana gelen gelişmelere paralel olarak $n_h=1.0 \text{ h}^{-1}$ değerinden $n_h=0.8 \text{ h}^{-1}$ değerine getirilmiştir.
- Mekanik havalandırma yoluyla oluşan kayıpların hesap metodu ek tablo ve bilgiler ile zenginleştirilmiştir.
- 1998 tarihli standartta pencerelerden olan güneş enerjisi kazancının hesaplanmasında kullanılan gölgelendirme faktörünün hesaplanabilmesi için ek tablo ve bilgiler ilave edilmiştir.
- 1998 standardında bulunmayan asmolen vb. boşluklu bitişik yüzeyli yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayısının hesaplanması için gerekli olan formül ve tablolar ilave edilmiştir.
- Isı köprüsü hesaplamaları için daha önce TS 8441 standardına atıfta bulunulurken 2005 revizyonu ile TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2 ve TS EN ISO 14863 standartlarına da atıfta bulunulmuştur.
- Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri meteorolojiden alınan son 20 yılın verileri ışığında yenilenmiştir.

- Farklı amaçlarla kullanılacak binalar için aylık ortalama iç sıcaklık değerleri belirtilmiştir.
- İl ve ilçe bilgileri güncellenmiştir.
- Yalıtım malzemelerinin hesaplama değerlerini gösteren tablo DIN 4108-4:2002 standardı esas alınarak uyarlanmıştır.

2000 yılında yayımlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği ve 1998 yılında yayımlanan TS 825 standardı ile ülkemizde ısı yalıtım uygulamaları gittikçe artmaktadır.

TS 825'E GÖRE BİNA ISI KAYBI HESAP METODU

Bu bölümde TS 825'e göre proje hazırlama esaslarına ve hesap yöntemlerine değinilecektir.

2.4 Isı Kaybı Hesabını Etkileyen Faktörler

TS 825 yani “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre, binanın ısı kaybı hesabına etki eden ve ısıtma enerjisini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır. **(TS–825, 1998)**

- İletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları veya varsa kazanımları ile ısıl kapasite.
- Isıtma sisteminin ve kontrol sistemlerinin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişime cevap verme süreleri.
- Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri ve gün içinde bu sıcaklık değerlerindeki değişimler.
- Dış hava sıcaklığı, hakim rüzgarın yönü ve şiddeti.
- Isıtma sisteminin dışında, ısıtmaya katkıda bulunan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma araçları vs.
- Pencere gibi saydam bina elemanları vasıtası ile direkt olarak hacme ulaşan güneş enerjisi miktarı.

2.5 Yıllık Isıtma Enerjisi Sınır Değerleri

TS825 yıllık ısı kaybının hesabı için bir metot önermektedir. Bu metoda göre göz önüne alınacak olan oran, binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanının, binanın brüt hacmine bölünmesi ile hesaplanır. Bu oran tablo 3.1'de verilen sınırları aşmamalıdır. **(TS-825, 1998)**

Tablo 3.1: Bölgelere göre $A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$ oranlarına bağlı olarak gereken ısıtma enerjisinin hesaplanması

A_N ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	$46,62 A/V + 17,38 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$
$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	$14,92 A/V + 5,56 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$
A_N ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	$68,59 A/V + 32,30 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$
$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	$21,95 A/V + 10,34 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$
A_N ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	$67,29 A/V + 50,16 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$
$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	$21,74 A/V + 16,05 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$
A_N ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	$82,81 A/V + 87,70 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$
$V_{\text{brüt}}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	$26,5 A/V + 28,06 \text{ [kWh/m}^3\text{]}$

2.6 Hesap Metodu

Gerekli ısı yalıtımı yapılmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamdaki belirli bir iç sıcaklığı sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı güneşten ve iç kaynaklardan sağlanır. Geri kalan enerjinin ise iç ortama verilmesi gereklidir. TS825, verilmesi gereken enerjiyi, toplam ısı kayıplarından güneş enerjisi ve iç kazançları çıkartarak hesaplar. Yıllık ısı enerjisi miktarı, ısıtma dönemini kapsayan aylar temel alınarak hesaplanır.

TS825'e göre ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan veya ısıtılmayan ortamdan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencerelerden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılmalıdır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılacak veya ortamlar arasındaki fark 4 Kelvin'den az olarsa, bina tek bölge olarak ele alınır ve hesaplar buna göre yapılır. Aksi halde farklı bölgeler için daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

2.6.1 Tek Bölge İçin Yıllık Isıtma Enerjisi Hesap Metodu

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma ihtiyacı hesabı yaparken aşağıdaki formül kullanılır; (TS-825, 1998)

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (3.1)$$

$$Q_{ay} = [H (T_i - T_d) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \cdot t \quad (3.2)$$

Burada;

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi (Joule),

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule),

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K),

T_i : Aylık ortalama iç sıcaklık (°C),

T_d : Aylık ortalama dış sıcaklık (°C),

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (Birimsiz),

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W),

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),

t : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30) (s),

3.2 no.'lu formülde, sadece köşeli parantezin içinin pozitif olduğu aylar dikkate alınacaktır. Diğer aylar dikkate alınmamalıdır.

2.6.2 Binanın Özgül Isı Kaybının Hesabı

Binanın özgül ısı kaybı iki bileşenden oluşur,

1. İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_i),
2. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_h),

Bunların toplanması ile binanın özgül ısı kaybı hesaplanır.

$$H = H_i + H_h \quad (3.3)$$

2.6.2.1 İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır; **(TS-825, 1998)**

$$H_i = \Sigma AU + l U_l \quad (3.4)$$

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d + 0,5 U_{disc} A_{disc} \quad (3.5)$$

Burada;

U_D : Dış duvarın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_p : Pencerenin toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_T : Tavanın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_t : Toprak temaslı tabanın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_{disc} : Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_l : Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği (W/m^2K)

l : Isı köprüsü uzunluğu (m)

A_D : Dış duvarın alanı (m^2)

A_p : Pencere alanı (m^2)

A_T : Tavan alanı (m^2)

A_t : Toprak temaslı taban/döşeme alanı (m^2)

A_d : Dış hava ile temas eden taban/döşeme alanı (m^2)

A_{disc} : Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının alanı (m^2)

Burada verilen U , toplam ısı geçiş katsayılarını hesaplamak için, TS825 aşağıda verilen yöntemi kullanmaktadır. **(TS-8442, 1990)**

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{a_d} \quad (3.6)$$

Burada;

$1/U$: Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik direnci (m^2K/W),

$1/\alpha_i$: İç yüzeyin yüzeysel ısıl taşınım direnci (m^2K/W),

$1/\alpha_d$: Dış yüzeyin yüzeysel ısıl taşınım direnci (m^2K/W),

$1/\Lambda$: Isıl geçirgenlik direnci (m^2K/W)

olarak tanımlanır.

Tek tabakalı yapı bileşenleri için $1/\Lambda$ değeri;

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{l_h} \quad (3.7)$$

denklemini ile hesaplanır.

Burada;

$1/\Lambda$: Isıl geçirgenlik direnci (m^2K/W),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK),

dir.

Çok tabakalı yapı bileşenleri için ise;

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{l_{h1}} + \frac{d_2}{l_{h2}} + \frac{d_3}{l_{h3}} + \dots + \frac{d_n}{l_{hn}} \quad (3.8)$$

formülü ile hesaplanır. Farklı tipteki malzemelerin ısı iletkenlik değerleri ve kalınlıkları formüle dahil edilmiştir.

2.6.2.2 Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabı aşağıdaki formülle hesaplanır; (TS-825, 1998)

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V' = \rho \cdot c \cdot \eta_h \cdot V_h = 0,33 \eta_h \cdot V_h \quad (3.9)$$

Burada;

ρ : Havanın birim hacim kütlesi (kg/m^3),

c : Havanın özgül ısısı (J/kg K),

V' : Hacimsel hava değişim debisi (m^3/h),

η_h : Hava değişim sayısı (h^{-1}),

V_h : Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{\text{brüt}}$) (m^3),

dür.

2.6.3 Aylık Ortalama İç Kazançlar

İç kazançlar aşağıdaki maddeleri kapsamaktadır; (TS-825, 1998)

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları,

A_n , kullanım alanı = $V_{\text{brüt}} \times 0,32$ olmak üzere;

Konutlarda $\Phi_{i,ay}$ değeri $\leq 5 A_n$ (W)

Ticari Binalarda $\Phi_{i,ay}$ değeri $\leq 10 A_n$ (W) olarak alınabilir.

2.6.4 Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

TS825 aylık güneş enerjisi miktarlarını göz önüne alırken sadece direkt ışıınımı hesaba katmaktadır. TS825'in hesap yöntemine göre aylık güneş enerjisi kazancı aşağıdaki formüle göre hesaplanır; **(TS-825, 1998)**

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} + \sum g_{i,ay} + \sum I_{i,ay} + A_i \quad (3.10)$$

Burada;

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

$g_{i,ay}$: “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2),

A_i : “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2),

$I_{i,ay}$ değerleri Tablo 3.2'den yönlerle göre alınabilir;

Tablo 3.2: Bütün Derece Gün Bölgeleri İçin Hesaplamalarda Kullanılacak Olan Ortalama Aylık Güneş ışıınımı Şiddeti Değerleri [W/m^2] **(TS–825,1998)**

	$I_{günev}$	I_{kuzey}	$I_{batı/doğu}$
Ocak	72	26	43
Şubat	84	37	57
Mart	95	52	77
Nisan	83	66	90
Mayıs	92	79	114
Haziran	95	83	122
Temmuz	93	81	118
Ağustos	93	73	106
Eylül	89	57	81
Ekim	82	40	59
Kasım	67	27	41
Aralık	64	22	37

$r_{i,ay}$ ’ın seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulur;

Ayrık (müstakil) ve az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim

bölgeleri için $r_{i,ay} = 0,8$

Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz kalınıyorsa $r_{i,ay} = 0,6$

Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için $r_{i,ay} = 0,5$

değerleri kullanılmalıdır.

$g_{i,ay}$ değerinin seçiminde ise aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulur;

$$g_{i,ay} = 0,80 g_{\perp}$$

Burada;

$g_{\perp}$: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

$g_{\perp}$ için elde ölçüm değerlerinin bulunmaması halinde aşağıdaki değerler kullanılabilir;

Tek cam için $g_{\perp} = 0,85$

Çok katlı cam (berrak) için $g_{\perp} = 0,75$

Isıl geçirgenlik değeri $\leq 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan ısı yalıtım birimleri için $g_{\perp} = 0,50$

2.6.5 Kazanç Kullanım Faktörü KKO

Güneş kazançları ve iç kazançlar toplamının, direkt faydalı enerji olarak ısıtma enerjisi ihtiyacından düşülmesi her zaman için doğru olmaz. Zira yapı elemanları bünyesinde, binanın termal kütlesine bağlı olarak bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle kazançlar belirli bir oranda azaltılır ve Kazanç Kullanım Faktörü, KKO tanımlanır. Bu faktör kazançların ve kayıpların bağlı büyüklüğü ile binanın termal kütlesine bağlıdır. (TS-825, 1998)

Aylık ortalama KKO aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(1-KKO_{ay})} \quad (3.11)$$

Burada;

KKO_{ay} kazanç/kayıp oranıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})/H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (3.12)$$

Burada;

$T_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı [Konutlar için 19°C alınır]

$T_{d,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, (°C)

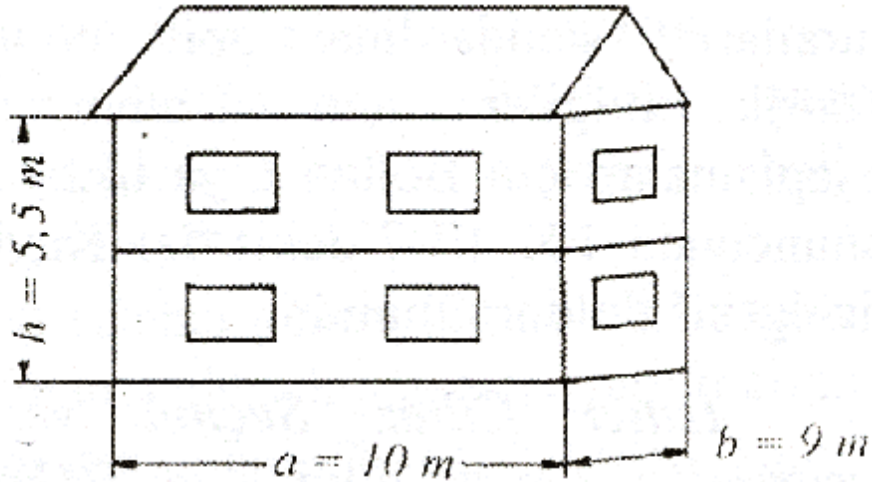
$\Phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar, (W)

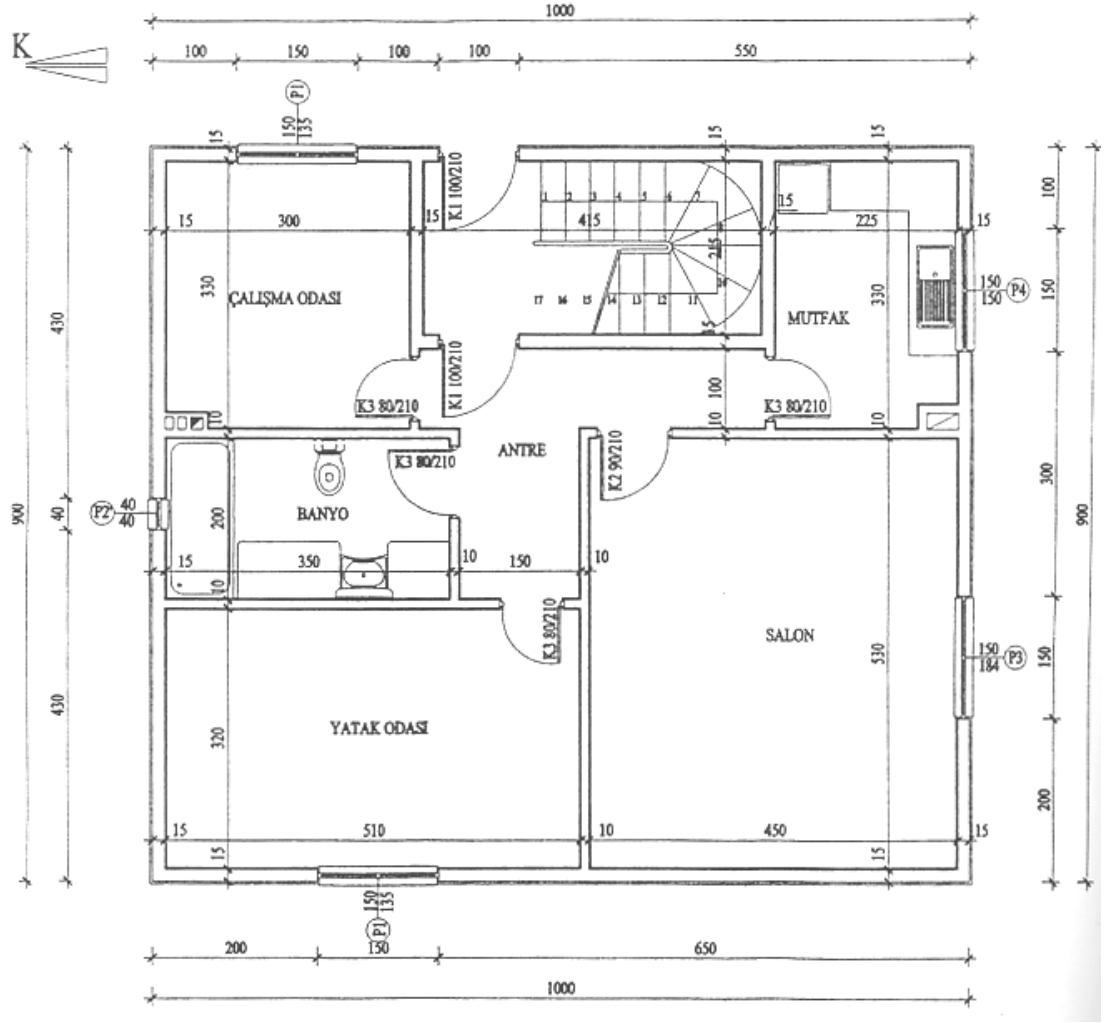
$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı, (W)'dır.

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde ise, o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

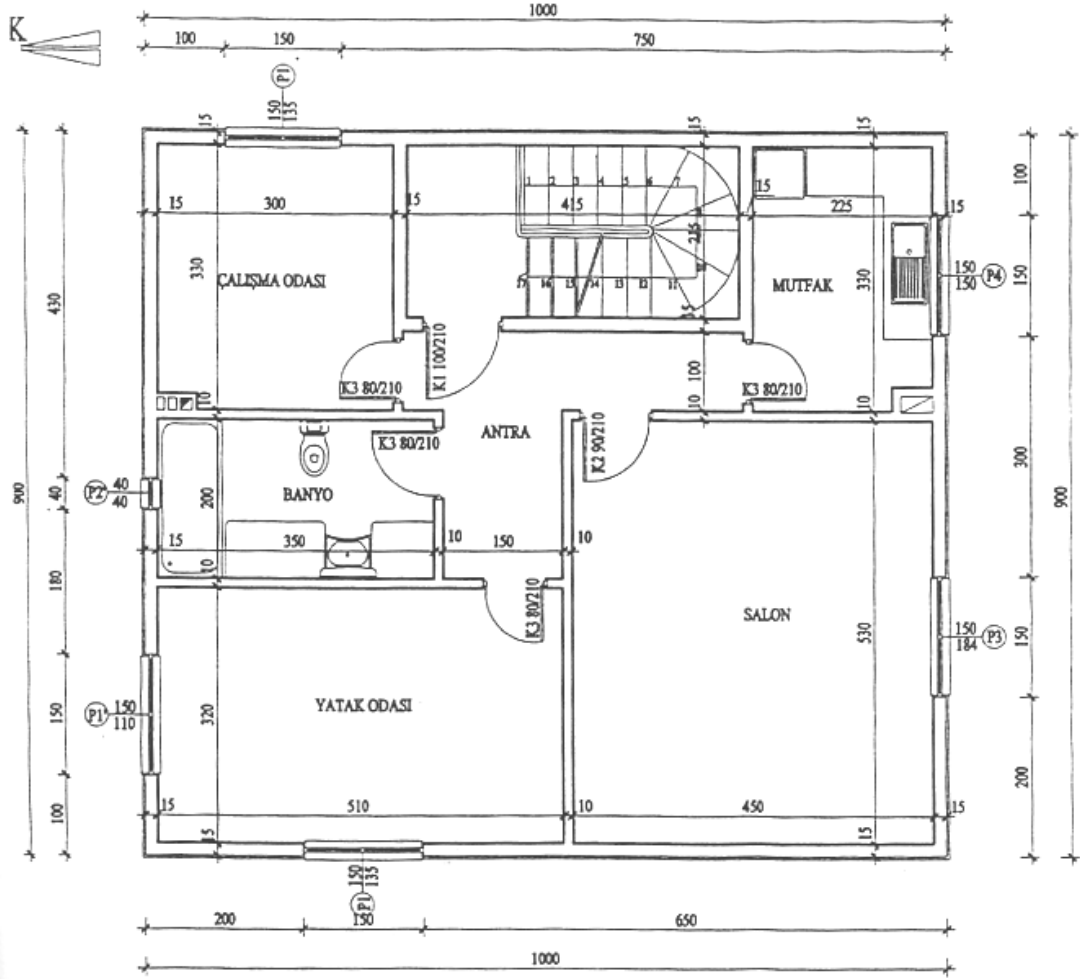
2.7 Örnek Proje

TS-825'e uygunluğu kontrol edilecek bina projesi Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verildiği gibidir. (Genceli ve Parmaksızoğlu, 2004)





Şekil 3.3: Örnek Proje Zemin Kat Planı



Şekil 3.4: Örnek Proje Birinci Kat Planı

2.8 Isı Kaybı Hesabı

2.8.1 Binaya Ait Mimari Bilgilerin Belirlenmesi

Binaya ait dış duvar, pencere, tavan, taban/döşeme alanları hesap edilmelidir.

2.8.1.1 Pencere Alanı:

$$A_p = A_{p, \text{güney}} + A_{p, \text{kuzey}} + A_{p, \text{doğu}} + A_{p, \text{batı}} \quad (3.13)$$

Güney Tarafındaki Pencereleler $A_{p, \text{güney}} = (2 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ m} \times 1,84 \text{ m}) + (2 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 10 \text{ m}^2$

Kuzey Tarafındaki Pencereleler $A_{p, \text{kuzey}} = (2 \text{ ad.} \times 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}) + (1,5 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}) = 2 \text{ m}^2$

Batı Tarafındaki Pencereleler $A_{p, \text{batı}} = 2 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$

Doğu Tarafındaki Pencereleler $A_{p, \text{doğu}} = 2 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$

$$A_p = A_{p, \text{güney}} + A_{p, \text{kuzey}} + A_{p, \text{doğu}} + A_{p, \text{batı}} = 10 + 2 + 4 + 4 = 20 \text{ m}^2$$

$A_p = 20 \text{ m}^2$ olarak hesaplanabilir.

2.8.1.2 Dış Duvar Alanı:

$$A_D = \Sigma \text{ Dış Duvar Alanı} - A_p \quad (3.14)$$

$A_D = (2 \times 9 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}) + (2 \times 10 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}) - 20 \text{ m} = 189 \text{ m}^2$ olarak hesaplanabilir.

2.8.1.3 Tavan Alanı:

$$A_T = 9 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 90 \text{ m}^2$$

2.8.2.3 Tavan

Tavan betonarme yapılmış olup, 6 cm kalınlığında polistiren köpük kullanılmıştır.

2.8.2.4 Taban

Toprak temaslı taban için hafif beton ve 6 cm kalınlığında polistiren köpük kullanılmıştır.

Bina özgül ısı kaybı hesaplanırken aşağıdaki formülden yararlanılacaktır.

$$H = H_i + H_h \quad (3.17)$$

H: Bina özgül ısı kaybı [W/K]

H_i: Binanın ısı kaybeden yüzeylerinden olan ısı kaybı [W/K]

H_h: Binadan havalandırma ile olan kayıplar [W/K]

Binanın ısı kaybeden yüzeylerinden olan ısı kaybı, H_i:

$$H_i = \Sigma AU \times U_l \quad (3.18)$$

formülü ile hesaplanır. Formülün birinci yarısı ΣAU ;

$$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + 0,8 U_T A_T + 0,5 U_t A_t + U_d A_d + 0,5 U_{disc} A_{disc} \quad (3.19)$$

U_D: Dış duvarın toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_p: Pencerenin toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_T: Tavanın toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_t: Toprak temaslı tabanın toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_d: Dış ortama açık tabanın toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_{disc}: Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının toplam ısı geçiş katsayısı [W/m²K]

U_l: Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği [W/mK]

l : Isı köprüsü uzunluğu [m]

A_D : Dış duvarın alanı [m^2]

A_p : Pencere alanı [m^2]

A_T : Tavan alanı [m^2]

A_t : Toprak temaslı taban/döşeme alanı [m^2]

A_d : Dış ortama açık taban/döşeme alanı [m^2]

A_{disc} : Düşük sıcaklıktaki ortamları yapı elemanlarının alanı [m^2]

$$H_h = 0,33 \times \eta_h \times V_h \quad (3.20)$$

η_h : Hava değişim sayısı [h^{-1}]

V_h : Havalandırılan hacim [m^3]

$$V_h = 0,8 \times V_{brüt} \quad (3.21)$$

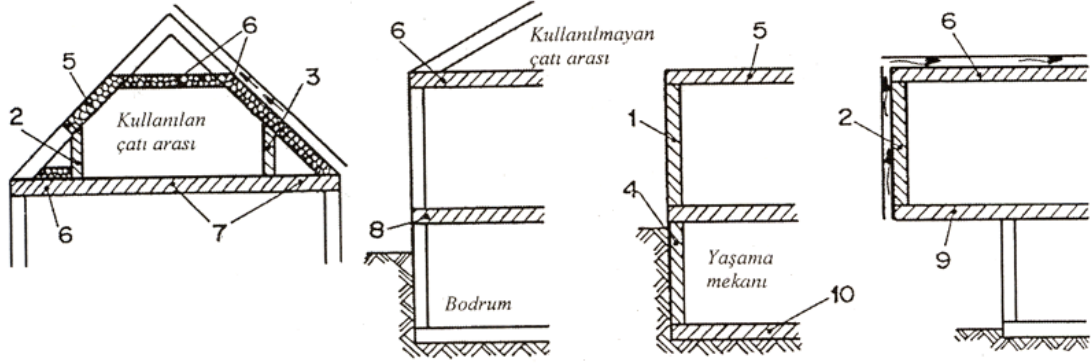
olarak hesaplanabilir.

2.8.3 Bina Özgül Isı Kaybının Hesaplanması

Bu bölümde seçilen model binamız için katmanlaşma detayı verilecek ve TS825'e uygun olarak bir çizelge oluşturulacaktır.

2.8.3.1 İç Ve Dış Isı Taşınım Katsayılarının Hesaplanması

TS825'e göre yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Yapı Bileşenlerinin Tasarım ve Yerleşimi (TS-825,1998)

Şekil 3.5'te verilen elemanlar için TS825'in önerdiği Isı Taşınım Katsayıları değerleri Tablo 3.3'te belirtilmiştir.

Tablo 3.3: Yüzeysel Isı Taşınım Dirençleri (TS-825,1998)

Sıra No	Yapı Bileşeni Tipi ²⁾	Yüzeysel Isı Taşınım Direnci	
		1/α _i (m ² W/K)	1/α _d (m ² W/K)
1	Dış Duvar (Sıra No. 2 de verilenin dışındaki duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cephe ³⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışmna odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekanlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar.		⁵⁾
4	Tabana bitişik duvar		0
5	Bir yaşama mekanının dış hava ile sınırlarını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekan altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu).		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı geçişi olması halinde	0,13	⁵⁾
7.2	Yukarıdan aşağı ısı geçişi olması halinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	⁵⁾
9	Bir yaşama mekanının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama zeminine oturan taban.		0

1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda 1/α_i =0,13 m²K/W ve 4 ve 10’uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere 1/α_d = 0,04 m²K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.

2) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 3.1 ‘e bakınız.

3) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 ‘de verilen değerler kullanılır.

4) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı taşınım dirençleri değerleri aynı kabul edilmelidir.

Tablo 3.4: Bina Özgöl ısı Kaybı Hesabı

Binadaki yapı elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı L (m)	Isı İletim Katsayısı λ_h (W/mK)	L/λ , $1/a$, (m ² K/W)	Toplam Isı Geçiş Katsayısı, U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey, A (m ²)	Isı Kaybı A x U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$	-	-	0,130			
	Sıva	0,020	0,870	0,023			
	Yatay delikli tuğla	0,190	0,450	0,422			
	Isı yalıtım malzemesi	0,060	0,040	1,500			
	Sıva	0,030	1,400	0,021			
	$1/\alpha_d$	-	-	0,040			
Toplam				2,130	0,47	189	88,83
Tavan	$1/\alpha_i$	-	-	0,130			
	Sıva	0,020	0,870	0,023			
	Betonarme	0,150	1,300	0,012			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,060	0,040	1,500			
	$1/\alpha_d$	-	-	0,080			
Toplam				1,850	0,54x0,8	90	38,90
Toprak Temaslı Taban	$1/\alpha_i$	-	-	0,170			
	PVC yer döşemesi	-	-	-			
	Şap	0,030	1,400	0,021			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,060	0,040	1,500			
	Tesviye Şapı	0,020	1,400	0,014			
	Hafif Beton	0,100	1,100	0,090			
	Blokaj	0,150	1,740	0,086			
	$1/\alpha_d$	-	-	0			
Toplam				1,880	0,53x0,5	57,5	15,24
Dış Hava Temaslı Taban	$1/\alpha_i$	-	-	0,170			
	PVC yer döşemesi	-	-	-			
	Şap	0,030	1,400	0,021			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,060	0,040	1,500			
	Betonarme	0,150	1,300	0,115			
	Sıva	0,020	0,870	0,023			
	$1/\alpha_d$	-	-	0,170			
Toplam				2	0,5 x 0,8	32,5	8,13
Pencere					2,8	20	56
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							207,10

Denklem 3.8 kullanılarak ‘Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı Tablo 3.4’te hesaplanmıştır.

Havalandırma yoluyla ısı kaybı H_h , denklem 3.20 yardımıyla hesaplanacaktır.

$$H_h = 0,33 \times \eta_h \times V_h$$

$$V_h = 0,8 \times V_{brüt} = 0,8 \times 495 = 396 \text{ m}^3$$

$\eta_h = 1,0 \text{ h}^{-1}$ olarak alınmıştır. Buna göre H_h ;

$$H_h = 0,33 \times 1 \times 396 \text{ m}^3 = 130,68 \text{ W/K olarak hesaplanabilir.}$$

Bina toplam özgül ısı kaybı H ;

$$H = H_i + H_h = 207,1 + 130,68 = 337,8 \text{ W/K olarak hesaplanır.}$$

2.8.4 İç Isı Kazançları

Bina konut olarak kullanılacağı için, TS825'e göre iç ısı kazançları 5 W/m^2 alınabilir. Buna göre örnek binamız için iç ısı kazançları, Φ_i ;

$$\Phi_i = A_n \times 5 = 158,4 \times 5 = 792 \text{ W olarak hesaplanır.}$$

2.8.5 Güneş Enerjisi Isı Kazançları

Güneş enerjisi kazançları TS825'e göre aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} + \sum g_{i,ay} + \sum I_{i,ay} + A_i \quad (3.22)$$

$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı [W]

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

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

$I_{i,ay}$: i yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti [W/m^2]

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı [m^2]

Aylık ortalama kazançlar bulunduğundan sonra, kazanç kayıp oranı (KKO) hesaplanmalıdır. KKO aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H \times (T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (3.23)$$

η_{ay} , kazanç kullanım faktörü ise;

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1 / KKO_{ay})} \quad (3.24)$$

olarak tanımlanır. Yukarıdaki bilgiler esas alınarak hazırlanan çizelge Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Binanın yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplaması

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü η_{ay}	Isıtma Enerjisi İhtiyacı Q_{ay} (kJ)
	Özgül Isı Kaybı $H=H_i+H_h$ (W/K)	Sıcaklık Farkı T_i-T_d (K, °C)	Isı Kayıpları $H(T_i-T_d)$ (W)	İç Isı Kazancı Φ_i (W)	Güneş Enerjisi Kazancı Φ_g (W)	Toplam $\Phi_i=\Phi_i+\Phi_g$			
Ocak	337,8	15,7	5303,5	792	401,76	1193,8	0,23	0,988	10.688.745
Şubat		14,5	4898,1		493,2	1285,2	0,26	0,978	9.438.332
Mart		11,8	3986,0		601,2	1393,2	0,35	0,943	6.927.228
Nisan		6,4	2161,9		605,52	1397,5	0,65	0,787	2.752.500
Mayıs		1,2	405,4		716,4	1508,4	3,72	0,000	0
Haziran		T_d yüksek	-		-	-	-	-	-
Temmuz		T_d yüksek	-		-	-	-	-	-
Ağustos		T_d yüksek	-		-	-	-	-	-
Eylül		T_d yüksek	-		-	-	-	-	-
Ekim		4,9	1655,2		493,92	1285,9	0,78	0,724	1.877.316
Kasım		9,9	3344,2		378,72	1170,7	0,35	0,943	5.808.095
Aralık		14,1	4763,0		352,8	1144,8	0,24	0,984	9.424.610
Q _{yıl} =ΣQ _{ay}									46.916.827

Toplam Isı Kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 46916827 \text{ kJ} = 13042,9 \text{ kW}$ hesaplanmıştır.

Binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl} / A_n = 13042,9 / 224 = 82,34 \text{ W}$ olarak hesaplanır.

$A_{top} / V_{brüt} = 389 / 495 = 0,786$ oranı 2. bölge için TS825'e göre;

$Q' = 68,29 \times A_{top} / V_{brüt} + 32,3$ formülünde yerine konduğunda;

$Q' = 68,69 \times 0,786 + 32,3 = 86,28 \text{ kWh/m}^2$ değerine ulaşılır.

Binada $Q < Q'$ ($82.34 < 86.28$) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. Bina örneğimiz TS825'e göre uygundur.

HAZIRLANAN BİLGİSAYAR PROGRAMI YARDIMIYLA ÖRNEK TS825 ISI KAYBI HESABI

Bu bölümde hazırlanan bilgisayar programının kullanılması anlatılacak ve üçüncü bölümde ele alınan konuta ait örnek proje hesapları bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilecektir.

2.9 Programın Tanıtılması

Kullanacağımız program Visual C# kullanılarak hazırlanmıştır, **Microsoft (2006)**. Program hazırlanırken en son sürüm .Net geliştirme platformu olan .Net Framework 2.0 kullanılmıştır. Bu yüzden program sadece .Net Framework sürüm 2.0 yüklü bilgisayarlarda çalışacaktır. Program Visual Studio 2005 arabirimi ile geliştirilmiş ve raporlama kısmı Microsoft Excel ile oluşturulmuştur. Programda kullanılan tablolar Microsoft Access 2003 ile oluşturulmuştur.

2.10 Programın Kullanılması

The screenshot shows the 'Ana Menü' (Main Menu) window of the TS825 Heat Loss Calculation Program. The window is divided into several sections:

- Oluştur** (Create): Contains buttons for 'Yeni Hesap' (New Calculation), 'Düzenle' (Edit), 'Kaydet' (Save), and 'Aç' (Open).
- Hesaplanan Değerler** (Calculated Values): Contains input fields for 'İletim Yoluyla Isı Kaybı' (Heat Loss by Conduction), 'Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı' (Heat Loss by Ventilation), 'Bina Özgül Isı Kaybı' (Building Specific Heat Loss), and 'Toplam Isı Kaybı' (Total Heat Loss). Each field has a corresponding button: 'Yapı elemanları' (Building Elements), 'Havalandırma' (Ventilation), 'Hesapla' (Calculate), and 'Yıllık Isıtma' (Annual Heating).
- Sonuçlar** (Results): Contains input fields for 'Kullanım Alanı Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı' (Annual Heating Energy Requirement per Unit Area) and 'TSE825'e göre olması gereken' (Required according to TSE825). Each field has a 'Göster' (Show) button.
- Rapor** (Report) and **Çıkış** (Exit) buttons are located at the bottom right.

Şekil 4.1: Program Açılış Ekranı

Program ilk çalıştırıldığında karşımıza Şekil 4.1'deki ekran gelecektir. Burada öncelikle Yeni Hesap düğmesine tıklanarak yeni bir hesap için verileri gireceğimiz, Proje Bilgileri formu açılır. Proje bilgi formu Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Proje Bilgileri

Proje İsmi : Derece-Gün Bölgesi :

Bulunduğu İl :
ADAPAZARI
ADİYAMAN
AFYON
AĞRI

Bulunduğu İlçe :
POZANTI

Boyut Bilgileri

Brüt hacim, $V_{brüt}$: m^3

Dış duvar alanı, A_D : m^2

Tavan alanı, A_t : m^2

Taban/Döşeme alanı, $A_ç$: m^2

Dış hava temaslı taban alanı, A_g : m^2

Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanları alanı, A_{dsc} : m^2

Havalandırılan hacim, V_h : m^3

Toplam Alan, A_{top} : m^2

Bina Kullanım Alanı, A_n : m^2

Pencereler

Kuzey, A_{kuzey} : m^2

Güney, $A_{güney}$: m^2

Doğu, $A_{doğu}$: m^2

Batı, $A_{batı}$: m^2

Toplam, A_p : m^2

Net Oda Yüksekliği

☒ ≤ 2.6 m.

☐ > 2.6 m

Kaydet Çıkış

Şekil 4.2: Proje Bilgileri Formu

Formla ilgili açıklamalar aşağıdaki gibidir.

1. Proje İsmi: Hesap edeceğimiz projeyi tanımlamak için buradan proje ismi belirlenir.
2. Bulunduğu İl: Hesap edeceğimiz konutun bulunduğu il seçilir.
3. Bulunduğu İlçe: Eğer TS825'e göre il sınırları içinde farklı bölgeler belirtilmişse buradan ilçe göre, ilçe bilgisi girilir.
4. Derece-Gün Bölgesi: TS825' göre seçtiğimiz il, ilçe için derece-gün bölgesi otomatik olarak bu kutuda belirir. Doldurulmasına gerek yoktur.
5. Brüt Hacim: Binanın brüt hacmi m^3 cinsinden bu alana girilir.
6. Dış Duvar Alanı: Bina dış duvar alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.

7. Tavan Alanı: Bina tavan alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 8. Taban/Döşeme Alanı: Toprak temaslı taban/döşemenin alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 9. Dış Hava Temaslı Taban Alanı: Dış hava temaslı taban alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 10. Düşük Sıcaklıklardaki İç Ortamlar İle Temas Eden Yapı Elemanları Alanı: Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanları alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 11. Havalandırılan Hacim: Bu bölüme bilgi girişi yapılmaz, program Brüt Hacim değerini kullanarak bu bölümü otomatik olarak doldurur.
 12. Toplam Alan: Program girilmiş alan değerlerini toplayarak bu bölümü otomatik doldurur.
 13. Bina Kullanım Alanı: Bu bölüme bilgi girişi yapılmaz. Program Brüt Hacim değerini kullanarak otomatik olarak doldurur.
 14. Kuzey: Kuzeye doğru yönelmiş pencere alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 15. Güney: Güneye doğru yönelmiş pencere alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 16. Doğu: Doğuya doğru yönelmiş pencere alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 17. Batı: Batıya doğru yönelmiş pencere alanı m^2 cinsinden bu alana girilir.
 18. Toplam: Toplam pencere alanı bölümü otomatik olarak program tarafından doldurulur, veri girişi yapılmaz.
 19. Net Oda Yüksekliği: Net oda yüksekliği seçilir.
- Kaydet düğmesine basılarak girdiğimiz verilerin kalıcı olması sağlanır, değişiklik yapılmadan çıkılmak isteniyorsa Çıkış düğmesine basılır.

Şekil 4.3: Yapı Bileşenleri Formu

Yapı içinde kullanılacak bileşenleri belirlemek için Şekil 4.1’de gösterilen Ana Form’dan Yapı Elemanları düğmesine basılarak Şekil 4.3’te gösterilen Yapı Bileşenleri formu açılır. Burada öncelikle yapılması gereken, bileşenleri belirtilecek olan yapı elemanının seçilmesidir. Eleman Seçin yazılı kutudan, bileşenleri belirlenecek yapı elemanı seçilir. Bu eleman ile ilgili iç ve dış ısı taşınım katsayıları ilgili kutucuklara girilir ($1/\alpha_i$ ve $1/\alpha_d$). Daha sonra en aşağıda bulunan tablodan, TS825’e ait tablolarda bulunan elemanların üzerlerine çift tıklanarak projeye dahil edilirler. Aşağıdaki tablodan çift tıklanarak seçilen bileşenler sağ üst köşedeki tablo içine yazdırılırlar. Bu bileşenlerin kalınlık değerleri klavye ile sağ üst köşedeki tabloya girilmelidir. Yanlışlıkla eklenen bir kayıt tablodan seçilerek Delete tuşu ile silinebilir. Herhangi bir yapı elemanı için katman detayları ve ısı taşınım katsayıları girildikten sonra ekle düğmesine basılarak, o eleman için toplam ısı geçiş katsayısının hesaplanması sağlanır. Form içindeki alan değerleri otomatik olarak, yeni bir proje oluşturduğumuzda açılan Şekil 4.2’deki bilgiler kullanılarak doldurulur. Her eleman için bileşen detayları doldurulduktan sonra, Hesapla düğmesine basılarak yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır. Daha sonra form kapatılarak bir sonraki adıma geçilebilir.

Program açılış ekranından havalandırma düğmesine basılarak, Şekil 4.4'te gösterilen havalandırmadan olan ısı kaybı hesap penceresine ulaşılır.

Hacimdeki Kapı ve Pencere Durumu	Saatteki hava değişimi, n (defa/h)
Dışarıya bakan ya da açılan pencere ve dış kapı yok	0,75
Pencere ve kapılar bir duvarda	1
Pencere ve kapılar iki duvarda	1,5
Pencere ve kapılar üç ya da dört duvarda	2
Mağazalar	2

Hava Değişim Sayısı Tamam

Havalandırılan Hacim

Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı

Şekil 4.4: Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı Formu

Burada tek yapılması gereken tablodan bir değer seçilmesidir. Tablodaki verilerin üzerine çift tıklanarak binanın durumuna göre havalandırmadan olan ısı kaybı hesaplanır. Havalandırılan hacim değeri, ilk başta girdiğimiz verilerden otomatik olarak hesaplanır. Kutular doldurulduktan sonra Tamam düğmesi ile form kapatılır.

Bina özgül ısı kaybının hesaplanması için giriş formundaki hesapla düğmesine tıklanır. Program iletim ve havalandırma yoluyla olan ısı kayıplarını toplayarak bina özgül ısı kaybını hesaplar.

Yıllık ısıtma kaybı Ana Formdaki Yıllık Isıtma düğmesine basılarak hesaplanır. Açılan form üzerinden gerekli değişiklikler yapılarak Tekrar Hesapla düğmesine basılabilir veya kaydet düğmesi ile formdan çıkılır. Yıllık Isıtma Kaybı formu Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Yıllık Isıtma Kaybı Hesabı

Aylar	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıplan	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam Kazanç	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü
Ocak	315,68	15,7	4956	792	402	1194	0,24	0,98
Şubat	315,68	14,5	4577	792	493	1285	0,28	0,97
Mart	315,68	11,8	3725	792	601	1393	0,37	0,93
Nisan	315,68	6,4	2020	792	606	1398	0,69	0,77
Mayıs	315,68	1,2	379	792	716	1508	3,98	0
Haziran	315,68	0	0	792	0	0	0	0
Temmuz	315,68	0	0	792	0	0	0	0
Ağustos	315,68	0	0	792	0	0	0	0

Aylık Ortalama Gölgeleme Faktörü

☐ Aynk ve az katlı binalar
☒ Ağaçlardan kaynaklanan gölgelemeye maruz binalar
☐ Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgesi
 Diğer:

Saydam Elemanların Güneş Enerjisi Geçirime Faktörü

☐ Tek Cam
☒ Çok Katlı Cam (berrak)
☐ Isıl geçirgenlik değeri $\leq 2.0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Özel Değer:

Toplam Isı Kaybı kJ
 kWh

Şekil 4.5: Yıllık Isıtma Kaybı Formu

Yıllık ısıtma kaybı değeri hesaplandıktan sonra ana form üzerindeki kullanım alanı başına düşen toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı göster düğmesine basılarak hesaplanır ve uygun kutucuğa yazılır. Seçilen derece gün bölgesine ve net oda yüksekliğine göre hesaplanan değer ise alttaki kutuya yazdırılır. Bu iki değer girildikten sonra program TS825'e uygunluğunu kontrol ederek sonucu belirler.

2.11 Program Kullanılarak Örnek Proje Hesaplarının Yapılması

Bölüm 3.5'te klasik hesap metodu ile hazırlanan proje bu bölümde bilgisayar programı vasıtası ile hazırlanacaktır.

2.11.1 Konuta Ait Verilerin Programa Girilmesi

Program çalıştıktan sonra karşımıza gelen ana formdan Yeni Hesap düğmesine basarak konuta ait verileri girebileceğimiz form açılır. Buraya bölüm 3.5’te belirtilen değerler ve bina özellikleri girilir. Formun son hali Şekil 4.6’da belirtilmiştir. Veriler girildikten sonra Kaydet düğmesine basarak girilen verilerin kalıcı olması sağlanır.

Proje Bilgileri		
Proje İsmi :	Ömek Proje	Derece-Gün Bölgesi : 2
Bulunduğu İl :	HATAY İÇEL İĞDIR ISPARTA İSTANBUL	Bulunduğu İlçe : MERKEZ
		Kaydet
		Çıkış

Boyut Bilgileri		
Brüt hacim, $V_{brüt}$:	495	m^3
Dış duvar alanı, A_D :	189	m^2
Tavan alanı, A_T :	90	m^2
Taban/Döşeme alanı, A_t :	57,5	m^2
Dış hava temaslı taban alanı, A_d :	32,5	m^2
Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanları alanı, A_{dsic} :	0	m^2
Havalandırılan hacim, V_h :	396	m^3
Toplam Alan, A_{top} :	389	m^2
Bina Kullanım Alanı, A_n :	158,4	m^2

Pencereler	
Kuzey, A_{kuzey} :	2 m^2
Güney, $A_{güney}$:	10 m^2
Doğu, $A_{doğu}$:	4 m^2
Batı, $A_{batı}$:	4 m^2
Toplam, A_p :	20 m^2

Net Oda Yüksekliği	
☒ $\leq 2.6 m.$	
☐ $> 2.6 m$	

Şekil 4.6: Proje Bilgileri Formuna Girilen Veriler

Veriler girildikten sonra ana forma dönülür. İkinci adım, konutun iletimle olan ısı kayıplarının hesaplanması için Yapı Elemanları düğmesine basılmasıdır. Yapı elemanları düğmesine basılarak her yapı elemanı için bileşen detayları girilmelidir.

2.11.2 Yapı Elemanlarının Detaylarının Belirtilmesi

Dış Duvar, Tavan, Taban ve Pencere için uygun değerler tek tek forma girilir.

2.11.2.1 Dış Duvar İçin Değerlerin Girilmesi

Eleman seçim bölümünden Dış Duvar seçilerek Tablo 3.1’de gösterilen malzemeler ile liste oluşturulur. Ekle düğmesine basılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanır. Formun tamamlanmış hali Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Malzeme	Kalınlık	Isı İletim Katsayısı
ç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	0,87
ay delikli tuğlalarla duvarlar (TS ...	0,19	0,45
stiren - partiküler köpük (TS 73...	0,06	0,04
ento harcı	0,03	1,4

	U	A	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
Dış duvar	0,468 W/m²K	189 m²	0 W/K
Tavan	0 W/m²K	90 m²	
Taban	0 W/m²K	57,5 m²	
Dış sıcaklık temaslı taban	0 W/m²K	32,5 m²	
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0 W/m²K	0 m²	
Pencere	? 0 W/m²K	20 m²	

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütlesi
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	< 200
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	< 200
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15
3.9	Testere ve plânya talaşı	200
3.10	Saman	150

Şekil 4.7: Dış Duvar Bilgilerinin Girilmesi

2.11.2.2 Tavan İçin Değerlerin Girilmesi

Eleman seçim bölümünden Tavan seçilerek Tablo 3.1’de gösterilen malzemeler ile liste oluşturulur. Ekle düğmesine basılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanır. Formun tamamlanmış hali Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Yapı Bileşenleri

Yapı Elemanları

Eleman Seçin: Tavan

$1/\alpha_i$ 0,13 m²K/W

$1/\alpha_d$ 0,08 m²K/W

Ekle

Temizle Çıkış

Malzeme	Kalınlık	Isı İletim Katsayısı
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	0,87
Gözenekli hafif agregalar kullanılarak...	0,15	1,3
Polistiren - partiküler köpük (TS 73...	0,06	0,04
*		

U Değerleri

	U	A	m ²
Dış duvar	0,468 W/m ² K	189	m ²
Tavan	0,541 W/m ² K	90	m ²
Taban	0 W/m ² K	57,5	m ²
Dış sıcaklık teması taban	0 W/m ² K	32,5	m ²
Düşük sıcaklık teması eleman	0 W/m ² K	0	m ²
Pencere	? 0 W/m ² K	20	m ²

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı

0 W/K Hesapla

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütle	Isı K
10	ISI YALITIM MALZEMELERİ		
10.1	ODUN TALAŞI LEVHALARI (TS 305)		
10.1.1	levha kalınlığı > 25 mm	360-480	0,1
10.1.2	levha kalınlığı = 10 mm	570	0,1

Şekil 4.8: Tavan Bilgilerinin Girilmesi

Liste oluşturulduktan sonra mutlaka ekle düğmesine basılıp, onaylanmalıdır. Aksi halde program otomatik olarak Isı Geçiş Katsayısı yani U değeri hesaplamayacaktır.

2.11.2.3 Toprak Temaslı Taban İçin Değerlerin Girilmesi

Eleman seçim bölümünden Taban seçilerek Tablo 3.1’de gösterilen malzemeler ile liste oluşturulur. Ekle düğmesine basılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanır. Formun tamamlanmış hali Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

The screenshot shows the 'Yapı Bileşenleri' (Building Components) software interface. The 'Yapı Elemanları' (Building Elements) section on the left has 'Taban' (Foundation) selected. Below it, the 'U Değerleri' (U Values) section shows a table with columns for 'U' (W/m²K) and 'A' (m²) for various building components. The 'İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı' (Heat Loss by Conduction) section shows a calculation for 'İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı' (W/K) with a 'Hesapla' (Calculate) button.

Malzeme	Kalınlık	Isı İletim Katsayısı
Çimento harçlı şap	0,03	1,4
Polistiren - partiküler köpük (TS 73...	0,06	0,04
Çimento harçlı şap	0,02	1,4
Gözeneksiz agregalar kullanılarak y...	0,1	1,4
Normal beton (TS 500'e uygun) d	0,16	1,74

	U	A
Dış duvar	0,468 W/m²K	189 m²
Tavan	0,541 W/m²K	90 m²
Taban	0,537 W/m²K	57,5 m²
Dış sıcaklık temaslı taban	0 W/m²K	32,5 m²
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0 W/m²K	0 m²
Pencere	? 0 W/m²K	20 m²

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütle	Isı İletim Katsayısı
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	1000	0,38
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakalar	400	0,14
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakalar	500	0,16
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakalar	600	0,2
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakalar	700	0,24

Şekil 4.9: Taban Bilgilerinin Girilmesi

2.11.2.4 Dış Hava Temaslı Taban İçin Değerlerin Girilmesi

Eleman seçim bölümünden Taban seçilerek Tablo 3.1’de gösterilen malzemeler ile liste oluşturulur. Ekle düğmesine basılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanır. Formun tamamlanmış hali Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

Yapı Bilgileri

Eleman Seçimi: Dış Hava Temaslı Taban

$1/\alpha_i$: 0.17 m²K/W $1/\alpha_d$: 0.17 m²K/W **Ekle**

Malzeme **K (W/mK)** **R (m²K/W)**

Çimento harç	0.03	1.1
Polistiren - perlitler köpük (TS 7316)	0.06	0.04
Gönemeli hafif ağırlıklı lauhunluk ve lauhunluk	0.15	1.3
Kiremitler, kiremitler	0.12	0.87

U Değerleri

	U (W/m²K)	A (m²)
Dış duvar	0.468	100
Tavan	0.041	80
Taban	0.537	57.5
Dış sıcaklık temaslı taban	0.0	52.5
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0	0
Döner	0	20

Malzeme Adı **R (m²K/W)** **İletim Katsayısı**

Küçük toprak	2000	2.1
DOKYME MALZEMELER (HAVA KIRILISINDA UZERİGEÇTİĞİ DÜŞÜNDÜ)		
Kiremit, çakıl, kiremit (mm)	1000	0.7

Şekil 4.10: Dış Hava Temaslı Taban Bilgilerinin Girilmesi

2.11.2.5 Pencere İçin U Değerinin Girilmesi

Pencere bölümünde bulunan ? işareti düğmesine basılarak açılan formdan kullanılan pencere için uygun U değeri seçilir. Bilgi ekranı şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Pencere Tipleri									
PENCERE TİPİ	Tek Camlı Pencere	Çift Camlı Pencere				Çift Camlı Low-E Kaplamalı Pencere			
		Ara Boşluk (mm)				Ara Boşluk (mm)			
		6	9	12	16	6	9	12	16
DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
AHŞAP DOĞRAMA (Meşe, Dişbudak)	5,1	3,3	3,1	3	2,8	2,8	2,3	2,2	2
AHŞAP DOĞRAMA (İğne Yapraklı Ağaçlar)	4,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2	1,8
PLASTİK DOĞRAMA (2 Gözlü ve Destek Saçlı)	5,2	3,4	3,2	3	2,9	2,3	2,4	2,3	2,1
PLASTİK DOĞRAMA (2 Gözlü ve Destek Saçsız)	5	3,2	3	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
PLASTİK DOĞRAMA (3 Gözlü ve Destek Saçlı)	5	3,2	3	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
PLASTİK DOĞRAMA (3 Gözlü ve Destek Saçsız)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2	1,8
ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3	2,8
ALÜMİNYUM DOĞRAMA (Yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3	2,3	2,9	2,4	2,3	2,1

Şekil 4.11: Pencere İçin U Değerleri Bilgi Formu

Seçilen uygun U değeri Pencere bölümündeki U kutucuğuna girilir. Alan bölümü otomatik olarak doldurulacaktır. Seçtiğimiz pencere tipine göre belirlenen U uygun kutucuğa yazılır. Şekil 4.12’ de yazılmış hali gösterilmektedir.

Yapı Bileşenleri

Yapı Elemanları
 Eleman Seçin: Dış Duvar

$1/a_i$ 0,13 m^2K/W
 $1/a_d$ 0,04 m^2K/W Ekle

Temizle Çıkış

Malzeme	Kalınlık	Isı İletim Kats.
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0,19	0,45
Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,06	0,04
Çimento harcı	0,03	1,4

U Değerleri

	U		A	
Dış duvar	0,468	W/m^2K	189	m^2
Tavan	0,541	W/m^2K	90	m^2
Taban	0,537	W/m^2K	57,5	m^2
Dış sıcaklık temaslı taban	0,5	W/m^2K	32,5	m^2
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0	W/m^2K	0	m^2
Pencere	?	W/m^2K	20	m^2

İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
 0 W/K Hesapla

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütlesi	Isı İletim Kats.
2.2	Kıl,sıkı toprak	2000	2,1
3	***** DÖKME MALZEMELER (HAVA KURUSUNDA, ÜZERİ ÖRTÜLÜ DURUMDA) *****		
3.1	Kum, çakıl, kuma taş (micir)	1800	0,7
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	< 1000	0,1

Şekil 4.12: Pencere İçin U Değerinin Girilmesi

2.11.2.6 İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Belirlenmesi

Bütün detay bilgileri forma girildikten sonra İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı kutucuğunun yanında duran hesapla düğmesine basılarak, iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanabilir. Şekil 4.13'te hesaplanmış hali görülmektedir.

Yapı Bileşenleri

Yapı Elemanları

Eleman Seçin: Dış Duvar

$1/\alpha_i$ 0,13 m^2K/W Ekle

$1/\alpha_d$ 0,04 m^2K/W Temizle Çıkış

Malzeme	Kalınlık
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0,19
Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,06
Çimento harcı	0,03

U Değerleri

	U	A	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
Dış duvar	0,468 W/m^2K	189 m^2	206,9 W/K Hesapla
Tavan	0,541 W/m^2K	90 m^2	
Taban	0,537 W/m^2K	57,5 m^2	
Dış sıcaklık temaslı taban	0,5 W/m^2K	32,5 m^2	
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0 W/m^2K	0 m^2	
Pencere	? 2,8 W/m^2K	20 m^2	

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütlesi
2.2	Kil,sıkı toprak	2000
3	***** DÖKME MALZEMELER (HAVA KURUSUNDA, ÜZERİ ÖRTÜLÜ DURUMDA) *****	

Şekil 4.13: İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesaplanması

Çıkış düğmesine basılarak çıkılabilir. Temizle düğmesi ile formdaki bütün veriler silinip baştan hesaplamalar yapılabilir. Eğer yapı elemanına eklenen malzeme silinmek isteniyorsa sol üstte bulunan malzeme tablosundan silinecek malzeme seçilerek, klavyeden Delete tuşuna basmak yeterlidir. Malzemenin silinebilmesi için bütün bir satırın seçili olması gerekmektedir. Şekil 4.14'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Yapı Bileşenleri

Yapı Elemanları

Eleman Seçin:

$1/\alpha_i$ m^2K/W

$1/\alpha_d$ m^2K/W

Seçmek için tıkla

Malzeme	Kalınlık
Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0,19
Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,06
Çimento harcı	0,03

U Değerleri

	U	A	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
Dış duvar	0,468 W/m^2K	189 m^2	206,96775 W/K Hesapla
Tavan	0,541 W/m^2K	90 m^2	
Taban	0,537 W/m^2K	57,5 m^2	
Dış sıcaklık temaslı taban	0,5 W/m^2K	32,5 m^2	
Düşük sıcaklık temaslı eleman	0 W/m^2K	0 m^2	
Pencere	? 2,8 W/m^2K	20 m^2	

Sıra	Malzeme Adı	Birim Hacim Kütlesi
2.2	Kil,sıkı toprak	2000
3	***** DÖKME MALZEMELER (HAVA KURUSUNDA, ÜZERİ ÖRTÜLÜ DURUMDA) *****	

Şekil 4.14: Eklenen Bir Malzemenin Çıkarılması

Satır seçili hale geldikten sonra Delete tuşu ile eklenen malzemeler rahatlıkla silinebilir.

Eğer tek tek malzemeler girilmek istenmiyor veya bazı elemanlara ait Toplam ısı geçiş katsayısı değerleri belli ise, malzeme eklemesi yapmadan uygun elemana ait U kutucuğuna istenilen değer el ile girilebilir. Bu takdirde katman detayı oluşturulmayacaktır.

Çıkış tuşu ile bu formdan çıkılıp ana forma dönülür.

2.11.2.7 Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybını Belirlenmesi

Yapı bileşenleri formunu kapattıktan sonra hesaplanan İletim yoluyla kayıp değeri ana forma uygun kutucuğa yerleşir daha sonra ana formdaki havalandırma düğmesine tıklanarak havalandırma yoluyla ısı kaybı formu açılır. Açılan formdaki Havalandırılan Hacim ve Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı alanları otomatik olarak dolacaktır. Açılan formdaki tablodaki değerlere çift tıklayarak hava değişim sayısı belirlenir ve forma ilave edilir. Tamam denilerek form kapatılır. Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir.

Ana Menü

Oluştur

Yeni Hesap

Düzenle

Kaydet

Aç

Hesaplanan Değerler

İletim Yoluyla Isı Kaybı 206,9 Yapı elemanları

Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı 0 Havalandırma

Bina Özgül Isı Kaybı 0 Hesapla

Toplam Isı Kaybı 0 Yıllık Isıtma

Sonuçlar

Kullanım Alanı Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Göster

TSE825'e göre olması gereken

Göster

Rapor

Çıkış

Şekil 4.15: Havalandırma Kaybı Formunun Açılması

Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı

Hacimdeki Kapı ve Pencere Durumu	Saatteki hava değişimi, n (defa/h)
Dışarıya bakan ya da açılan pencere ve dış kapı yok	0,75
Pencere ve kapılar bir duvarda	1
Pencere ve kapılar iki duvarda	1,5
Pencere ve kapılar üç ya da dört duvarda	2
Mağazalar	2
*	

Hava Değişim Sayısı 1 Tamam

Havalandırılan Hacim 396

Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı 130,68

Şekil 4.16: Havalandırma Kaybı Formu

2.11.2.8 Bina Özgöl Isı Kaybının Hesaplanması

İletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları hesaplandıktan sonra Bina Özgöl Isı Kaybı değeri kutucuğun yanında bulunan hesapla düğmesine basılarak hesaplanabilir. Havalandırma ve iletim kayıpları toplanarak bina özgöl ısı kaybı bulunur. Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

Şekil 4.17: Bina Özgöl Isı Kaybının Hesaplanması

2.11.2.9 Yıllık Isıtma İhtiyacının Hesaplanması

Kayıplar hesaplandıktan sonra Yıllık Isıtma düğmesine basılarak yıllık ısıtma kaybı hesap tablosu açılır. Bu tablo hesaplanan kayıplar, girilen bölge ve kabul edilen güneş enerjisi geçirme faktörü, aylık ortalama gölgelenme faktörü için hesaplamayı otomatik olarak yaparak tabloyu oluşturur.

Hesaplanan değerler şekil 4.18’de gösterilmiştir. Eğer farklı gölgelenme faktörü ve güneş enerjisi geçirme faktörü seçilmek isteniyorsa formdan gerekli ayarlamalar yapılarak tekrar hesaplama yapılır.

Yıllık Isıtma Kaybı Hesabı

Ay	Ortalama Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kaybı	İç Isı Kazanımı	Güneş Enerjisi Kazanımı	Toplam Kazanım	KMD	Kazanım Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
Mar	337,64775	11,8	3984	792	607	1399	0,35	0,91	6932611
Nisan	337,64775	0,4	2161	792	006	1000	0,65	0,70	2730655
Mayıs	337,64775	1,2	405	792	716	1508	3,72	0	0
Haziran	337,64775	0	0	792	0	0	0	0	0
Temmuz	337,64775	0	0	792	0	0	0	0	0
Ağustos	337,64775	0	0	792	0	0	0	0	0
Eylül	337,64775	0	0	792	0	0	0	0	0
Ekim	337,64775	4,9	1654	792	434	1246	0,78	0,72	1887143

Aylık Ortalama Güçlendirme Faktörü

☐ Aylık ve az kullandıkları

☒ Açık alanlardan kaynaklanan güçlendirilmeye maruz binalar

☐ Dışık ortam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgesi

Değer:

Seyahat Demanların Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü

☐ Tek Cam

☒ Çok Katlı Cam (Bersak)

☐ Isıl geçirgenlik değeri < 2,0 W/m² K

Özel Değer:

Toplam Isı Kaybı: kJ
 kWt

Şekil 4.18: Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Kaydet düğmesine basılarak formdan çıkılır ve ana forma dönülür.

2.11.2.10 Projenin TS825'e uygunluğunun kontrol edilmesi

Hesaplamalar tamamlandıktan sonra farklı gün derece bölgeleri için müsaade edilen maksimum ısı kaybı ana formdaki TS825'e göre olması gereken kutucuğunun yanındaki düğmeye basarak hesaplanır. Daha sonra, hesapladığımız değerler için Kullanım Alanı Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacındaki göster düğmesine basılarak hesaplanır. İki kutudaki hesaplamalar tamamlanınca program bize bir mesaj kutusu aracılığıyla projenin olması gereken değerleri sağlayıp sağlamadığını belirtecektir. Her halükarda bizim hesapladığımız değer, TS825'in standart değerinin altında olmalıdır. Şekil 4.19'da sonuçlar gözükmemektedir.

Hesaplanan Değerler	
İletim Yoluyla Isı Kaybı	206,79525
Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı	130,68
Bina Özgöl Isı Kaybı	337,47525
Toplam Isı Kaybı	13.029

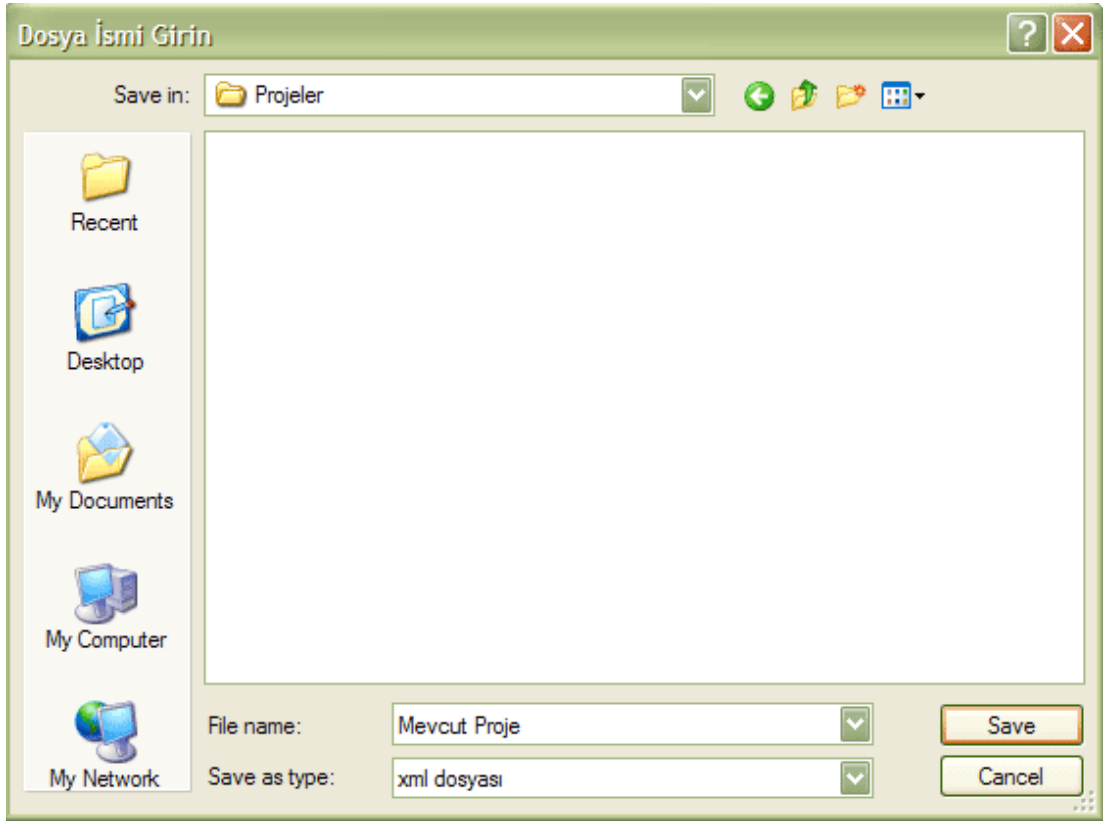
Sonuçlar	
Kullanım Alanı Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	82,25378787879
TSE825'e göre olması gereken	86,2

Şekil 4.19: Projenin Test Edilmesi

Bölüm 3'te hesaplanan değerler, bilgisayar programı ile hesaplanan değerler ile paralellik göstermektedir. Aradaki küçük mertebedeki bilgisayarın yuvarlama hassasiyetinden kaynaklanmaktadır.

2.11.3 Hesapların Kayıt Edilmesi

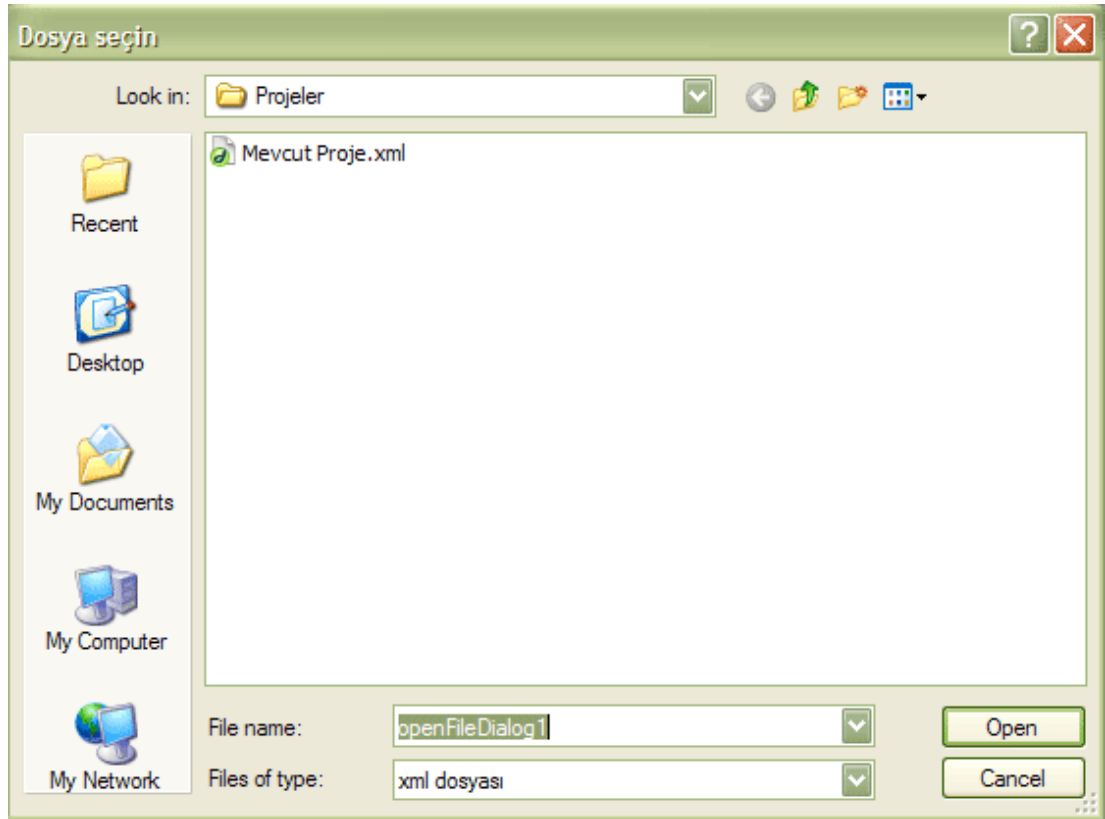
Hesaplama sürecinde veya tamamlandıktan sonra projeyi kayıt etmek için Ana formdaki Kaydet düğmesine tıklanır. Açılan pencereden dosyanın kayıt edileceği yer seçilir. Dosya ismi girilerek kaydet tuşuna basılır. Şekil 4.20'de açılan diyalog kutusu gösterilmiştir.



Şekil 4.20: Projenin Kayıt Edilmesi

2.11.4 Mevcut Projenin Açılması

Daha önceden kayıt edilen projeleri açmak için ana form üzerindeki aç düğmesine basılır. Diyalog kutusu yardımı ile kayıt edilen proje gösterilir ve aç komutu ile proje açılır. Diyalog kutusu şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21: Mevcut Projenin Açılması

2.11.5 Projenin Raporlanması

Hesap edilen proje, Ana Formdaki Rapor düğmesine basılarak yazıcıdan çıktı almaya müsait hale getirilebilir. Şekil 4.22’de rapor düğmesi gösterilmektedir.

Şekil 4.22: Raporlama Düğmesi

Raporlama düğmesine basıldıktan sonra, Program kendisi bir Excel dosyası oluşturarak raporu formatlar. Raporun oluşturulacağı bilgisayarda mutlaka Microsoft Office programı yüklü olmalıdır. Bölüm 3'te hesap edilen örnek proje ile ilgili rapor sayfaları aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.23'te ilk sayfa olan proje bilgileri sayfası gösterilmiştir

	A	B	C	D
1	Proje Bilgileri			
2				
3	Proje Adı:	Örnek Proje		
4	Proje İl:	İSTANBUL		
5	Proje İlçesi:	MERKEZ		
6	Proje Bölgesi:	2		
7				
8	Bina Hacmi:	496	m ³	
9	Havalandırılan Hacim:	386	m ³	
10				
11	Bina Alanları			
12	Diş Duvarları:	189	m ²	
13	Tavan:	90	m ²	
14	Totoprak Temaslı Tavan:	17,5	m ²	
15	Diş duvarlık Temaslı Tavan:	32,5	m ²	
16	Düşük Sıcaklık Temaslı Eleman:	0	m ²	
17				
18	Pencere Alanları			
19	Kuzey:	2	m ²	
20	Güney:	10	m ²	
21	Doğu:	4	m ²	
22	Batı:	4	m ²	
23	Toplam:	20	m²	
24				
25	Toplam Alan:	389	m²	
26	Kullanım Alanı:	158,4	m²	
27				

Şekil 4.23: Proje Bilgileri

Şekil 4.24'te bina özgül ısı kaybı gösterilmiştir.

Binadaki yapı elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı L (m)	Isı İletim Katsayısı λ_s	L/λ_s , $1/a_s$ (m^2K/W)	Toplam Isı Geçiş Katsayısı , U (W/m^2K)	Isı Kaybeden Yüzey, A (m^2)	Isı Kaybı A x U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/a_i$			0,130			
	$1/a_g$			0,040			
	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 454)	0,190	0,450	0,422			
	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,060	0,040	1,500			
	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
Toplam				2,137	0,468	189	88,46
Tavan	$1/a_i$			0,130			
	$1/a_g$			0,080			
	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,060	0,040	1,500			
	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak yapılmış	0,150	1,300	0,115			
Toplam				1,848	0,541	90	38,95
Toprak Temaslı Taban	$1/a_i$			0,170			
	$1/a_g$			0			
	Çimento harçlı şap	0,030	1,400	0,021			
	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,060	0,040	1,500			
	Çimento harçlı şap	0,020	1,400	0,014			
	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış	0,100	1,100	0,091			
	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal	0,150	1,740	0,086			
Toplam				1,883	0,531	57,5	15,27
Dış Hava Temaslı Taban	$1/a_i$			0,170			
	$1/a_g$			0,17			
	Çimento harçlı şap	0,030	1,400	0,021			
	Polistiren - partiküler köpük (TS 7316)	0,060	0,040	1,500			
	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak yapılmış	0,150	1,300	0,115			
	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
Toplam				2,000	0,500	32,5	8,13
Düşük Sıcaklık Temaslı Eleman	$1/a_i$			0,000			
	$1/a_g$			0			
Toplam				0,000	0,000	0	0,00
Pencere					2,8	20	56
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							206,8
Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı							130,7
Bina Özgül Isı Kaybı							337,5

Şekil 4.24: Bina Özgül Isı Kaybı

Şekil 4.25'te bina yıllık ısıtma enerjisi tablosu gösterilmiştir.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü η_{ay}	Isıtma Enerjisi İhtiyacı Q_{ay} (kJ)
	Özgül Isı Kaybı $H=H_i+H_n$ (W/K)	Sıcaklık Farkı T_i-T_o (K, °C)	Isı Kayıpları $H(T_i-T_o)$ (W)	İç Isı Kazancı Φ_i (W)	Güneş Enerjisi Kazancı Φ_g (W)	Toplam $\Phi_T=\Phi_i+\Phi_g$			
Ocak	206,80	15,7	5298,0	792	402	1194,0	0,23	0,990	10.668.516
Şubat		14,5	4893,0		493	1285,0	0,26	0,980	9.418.550
Mart		11,8	3982,0		601	1393,0	0,35	0,940	6.927.327
Nisan		6,4	2160,0		606	1398,0	0,65	0,790	2.736.063
Mayıs		1,2	405,0		716	1508,0	3,72	0,000	0
Haziran		0	0,0		0	0	0	0	0
Temmuz		0	0,0		0	0	0	0	0
Ağustos		0	0,0		0	0	0	0	0
Eylül		0	0,0		0	0	0	0	0
Ekim		4,9	1654,0		494	1286,0	0,78	0,720	1.887.183
Kasım		9,9	3341,0		379	1171,0	0,35	0,940	5.806.754
Aralık		14,1	4758,0		353	1145,0	0,24	0,980	9.424.253
$Q_{yıl}=\Sigma Q_{ay}$									46.868.646

Şekil 4.25: Bina Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

Tablolar TS825'in önerdiği metoda göre hazırlanmıştır.

SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLARININ YAPILMASI

Bu bölümde ASHRAE (**ASHRAE, 1997**) temel el kitabı 25. bölümde anlatıldığı üzere örnek proje için soğutma yükü hesapları yapılacaktır.

ASHRAE konutları diğer binalardan ayıran özellikler olarak aşağıdakileri belirtmektedir;

- Isıtma ve soğutma sezonlarının hemen her gününde konutlarda 24 saat insan bulunur ve iklimlendirme yapılır.
- Konut yükleri temel olarak yapı bileşenlerinden olan ısı kayıp veya kazançlarından, havalandırma ve sızmalardan kaynaklanır. İnsanlardan ve aydınlatmadan kaynaklanan iç yükler, endüstriyel ve ticari binalara oranla çok daha azdır.
- Konutların çoğu tek bölge olarak iklimlendirilir ve hesapları ona göre yapılır. Isıtma ve soğutma yükü kapasiteleri yükler zamanla değişirken bir bölümden öbürüne kaydırılmaz.
- Konut sistemlerinin çoğu göreceli olarak küçük kapasiteye sahip birimler tarafından iklimlendirilirler. Yükler en çok dış şartlara bağlı olarak değiştiği ve tasarım sıcaklığı mevsimin sadece birkaç gününde gerçekleştiği için, sürenin büyük bölümünde kısmi yüklerde çalışırlar.

2.12 Sınıflandırmalar

ASHRAE konutları aşağıdaki gibi sıralar, (**ASHRAE, 1997**):

2.12.1 Ayrı Tek Ev

Bu sınıftaki konutların her yönde dışa açık duvarları, birden fazla katı ve çatısı vardır. Soğutma sistemi tek bölgesel ve bir termostatı olan tekli bir sistemdir. İki katlı

evlerde her kat için ayrı soğutma sistemi kullanılabilir. Odalar yeterince açıktır ve merkezi bir hava dönüşü vardır. Bu konutlarda odaların ısı yükleri birbirine karışır.

2.12.2 Apartmanlar

Ayrı tek evlerden farklı olarak dairelerin her yönde dış yüzeyi yoktur. Her dairenin genellikle bir ya da iki dış duvarı ve çatısı olur. Genelde bir dairede hem doğu hem de batı yönünde dış duvar olmaz. Odalar genellikle birbirine açıktır.

2.12.3 Diğer Sınıflar

Birçok yapı yukarıdaki sınıflandırmalara girmeyebilir. Ayrı tek evlerin sınıflandırmasında ana unsur her yöne bakan duvarlarının bulunmasıdır. Bu nedenle dış duvarları belirli yönlerde bakan apartman daireleri de ayrı tek ev gibi ele alınmalıdır. Örnek olarak:

1. Doğu, batı ve güney,
2. Doğu, batı ve kuzey dış duvarları bulunan çift katlılar,
3. Küçük apartmanlar,
4. Batı, doğu veya kuzey, güney dış duvarları olan apartmanlar
5. Toplu konutlar sayılabilir.

2.13 Soğutma Yüğü Bileşenleri

Soğutma yüğü hesaplarında:

1. Yapı bileşenlerinden (duvarlar, döşemeler, tavanlar),
2. Pencereleden,
3. Sızma ve havalandırmadan,
4. İnsan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarının oluşturduğu toplam duyulur soğutma yüğü belirlenir. Ayrıca soğutma yükünün gizli ısı ile ilişkili bölümü ayrıca ele alınır.

2.13.1 Maksimum Yüğü Hesabı

Bir merkezi ısıtma veya soğutma sistemi olan ayrı tek evler için toplam yüğü, toplam oda yüklerinin toplamıdır. Çok daireli yapılarda, her oturma bölümünün zon yüğü,

oda yüklerinin toplamına eşittir. Ayrı sistemleri olan apartmanlarda, her bölümün toplam yükü, sistem büyüklüğünü belirler. Merkezi sistemi olan apartmanlarda ise tüm yapının toplam yükü bulunmalıdır.

2.13.2 Yapı Bileşenlerinden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükü

Her odanın duvar, döşeme ve tavanlarından olan ısı kazancına bağlı duyulur soğutma yükü, yaz koşulları için uygun soğutma yükü sıcaklık farkı (CLTD, Cooling Load Temperature Difference) ve U toplam ısı geçiş katsayısını kullanarak hesaplanır **(ASHRAE, 1997)**. Konut duvar rengi koyu varsayılarak tablolar hazırlanmıştır. Günlük sıcaklık değişimleri yük hesaplarını önemli ölçüde etkiler. Bu yüzden günlük sıcaklık aralıkları yüksek, orta ve düşük olarak sınıflandırılmıştır. Düşük sıcaklık değişimleri 9°C altında olan farkları, orta sıcaklık değişimleri 9°C - 14°C arasında olan farkları ve yüksek sıcaklık değişimleri ise 14°C üzerindeki farkları temsil eder.

2.13.3 Pencerelerden Olan Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükleri

Tek ev ve apartmanlar için soğutma yükü hesapları için düzeltilmiş, güneş ısı yükü ile havadan havaya iletimi göz önüne alan, pencere camı soğutma yükü faktörleri (GLF, Glass Load Factors) **(ASHRAE, 1997)**, verilmiştir. Hesaplama her pencerenin alanı uygun GLF değerleri ile çarpılır. Soğutma yükü hesaplarında ayrıca gölgeleme elemanları etkileri de göz önüne alınmalıdır. Gölge cam kuzeye bakan cam gibi alınabilir. Gölge uzunluk faktörü (SLF, Shade Line Factor) gölgenin çıkıntının altındaki uzunluğunun, çıkıntının genişliğine oranıdır. Gölge uzunluğu, SLF ile çıkıntı genişliğinin çarpımına eşittir.

2.13.4 Sızma (Enfiltrasyon)

Konutlarda doğal hava sızmaları yaz aylarında kışa oranla daha azdır, çünkü birçok yerde rüzgar hızları daha düşüktür. ASHRAE saatlik hava değişim değerlerini (ACH) aşağıdaki gibi sınıflandırmaktadır **(ASHRAE, 1997)**:

- **Sıkı:** Yerlerine iyi oturan kapılar, pencereler ve sızdırmaz duvarlardan oluşan evler sıkı kabul edilir. Buhar geçirmez duvarları, yerlerine iyi oturan pencereleri ve dış ortamdan korunmuş kapıları olan, şöminesiz, tek katlı ve 140 m² değerinin altında döşeme alanına sahip evler bu sınıfa girer.
- **Orta:** Yeni iki katlı ahşap evler veya on yaşını aşmış, 140 m² oturma alanından büyük, bakımı orta derecede yapılmış, pencere ve kapıları orta derecede uyan, cam kapaklı şömineli evler girer.

- **Gevşek:** Pencere ve kapıları iyi oturmamış, kötü inşa edilmiş yapılardır. Örnek olarak 20 yaşını aşmış, bakımı orta derecede yapılmış konutlardır.

2.13.5 Havalandırma

Doğal hava sızması ASHRAE' e göre saatte 0,5 hava değişiminde az ise havalandırma yapılması düşünülmelidir (**ASHRAE, 1997**).

2.13.6 İnsan Yoğunluğu

İnsan yoğunluğunun az olduğu durumlarda bile insanlardan kaynaklanan yükler göz önüne alınmalıdır. Dinlenme durumundaki bir kişi için duyulur ısı kazancı kişi başına 67W varsayılır, (**ASHRAE, 1997**). Evdeki toplam kişi sayısının, bir yatak odası için iki kişi, diğer yatak odaları için ise birer kişi göz önüne alınarak bulunabileceği önerilmiştir. İnsan yoğunluğu oturma odalarına düzgün bir biçimde dağıtılmalıdır.

2.13.7 Ev Araç ve Gereçleri

Konutlar için bu tür araçlar genelde mutfak ve banyoda bulunur. Ayrı tek evler için 470W değerinde duyulur ısı yükü, mutfak, banyo ve yakın odalar arasında paylaştırılmalıdır. Apartmanlar için ise duyulur ısı kazancı her birim için 350W alınabilir, (**ASHRAE, 1997**).

2.13.8 Gizli Isı Kaynakları

Gizli ısı yükünün üç kaynağı vardır:

- Dış hava
- İnsanlar
- Pişirme, yıkama, banyo gibi diğer ek kaynaklar.

2.14 Soğutma Yüğü Hesabı

Bu bölümde; bölüm 3.4'te verilen örnek projenin öncelikle TS825'e uygun olarak hazırlanan yalıtım projesine uygun soğutma yüğü hesabı yapılacak. Daha sonra yalıtım seçenekleri değiştirilerek farklar incelenecektir.

2.14.1 Hesaplamalar

Hesaplamalarda kullanılacak formüller Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1: Hesaplamalarda Kullanılacak Formüller (ASHRAE, 1997).

Yük	Denklem
Cam ve pencere alanları	$q=(GLF) \times A$
Kapılar	$q=U_{kapı} \times A \times CLTD$
Zemin üstü dış duvarlar	$q=U_w \times A \times CLTD$
İklimlendirilmeyen bölümlerle ayırıcı duvarlar	$q=U_p \times A \times CLTD$
Tavanlar ve Çatılar	$q=U_t \times A \times CLTD$
Dışa Bakan Döşeme	$q=U_f \times A \times CLTD$
Sızma	$q=1.2 \times Q \times \Delta t$ $Q_H= ACH \times V_{oda} \times 1000 / 3600$
İç Yüğü (insanlar, cihazlar ve aydınlatma)	Her insan için 67W
Toplam Yüğü	Toplam Soğutma Yüğü= LF x (ayrı ayrı soğutma yüğü bileşenlerini toplamaları)

q: Duyulur soğutma yüğü, (W)

Δt : iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, ($^{\circ}C$)

A: Söz konusu yüzey alanı, (m^2)

U: Söz konusu yapı toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m^2K)

Q_H : Hacimsel hava debisi, (L/s)

ACH: Bir saatteki hava değişimi, (1/h)

GLF: Cam yüğü faktörü (Glass Loading Factor), (W/m^2)

CLTD: Soğutma yüğü sıcaklık farkı (Cooling Load Temperature Difference), ($^{\circ}C$)

LF: Gizli ısı yüğü çarpanı

Ayrı tek evler için kullanılacak CLTD değerleri Tablo 5.2’de GLF değerleri Tablo 5.3’te verilmiştir.

Tablo 5.2: Ayrı tek evler için CLTD değerleri (ASHRAE, 1997).

	Hesap Sıcaklığı °C											
	29		32			35			38		41	43
Günlük Sıcaklık Aralığı °C	D	O	D	O	Y	D	O	Y	O	Y	O	Y
K	4	2	7	4	2	10	7	4	10	7	10	13
KD ve KB	8	5	11	8	5	13	11	8	13	11	13	16
D ve B	10	7	13	10	7	16	13	10	16	13	16	18
GD ve GB	9	6	12	9	6	14	12	9	14	12	14	17
G	6	3	9	6	3	12	9	6	12	9	12	14
<i>Çatılar ve Tavanlar</i>												
Tavan arası veya çatı katı	23	21	26	23	21	28	26	23	28	26	28	31
<i>Döşeme ve tavanlar</i>												
İklimlendirilmiş bölgenin altında veya galeri üzerinde iklimlendirilmemiş oda	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
<i>Bölmeler</i>												
İç veya gölgelenmiş	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11

Tablo 5.2’de verilen değerler hem doğu hem batı duvarları dışa bakan veya sadece kuzey ve güney duvarları dışa bakan tek ayrı evler, iki katlı evler veya apartmanlar için kullanılabilir.

D: Düşük sıcaklık değişimi (9°C ‘den az)

O: Orta sıcaklık değişim (9°C–14°C arası)

Y: Yüksek sıcaklık değişimi (14°C ‘den fazla)

Tablo 5.3: Ayrı tek evler için GLF değerleri W/m² (ASHRAE, 1997).

	Normal tek cam						Normal Çift Cam						Isı Yutan Çift Cam						Saydam Üçlü Cam		
Hesap sıcaklığı °C	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35
<i>İç gölgeleme olmadan</i>																					
K	107	114	129	148	151	158	95	95	107	117	120	129	63	63	73	79	82	88	85	85	95
KD ve KB	199	205	221	237	243	262	173	177	186	196	199	208	114	117	123	132	139	139	158	158	167
D ve B	278	284	300	315	322	337	243	246	255	265	268	278	161	161	170	177	186	186	221	221	230
GD ve GB	249	255	271	287	290	309	218	221	230	240	243	252	142	145	155	161	170	170	196	199	205
G	167	173	189	205	211	227	145	148	158	167	170	180	98	98	107	114	123	123	132	132	142
Yatay güneşiği	492	492	508	524	527	539	432	435	442	451	454	464	284	287	293	300	303	309	391	394	401
<i>Perde, panjur ve tümü çekilmiş yarı geçirgen sarı perdeler</i>																					
K	57	60	73	85	91	104	50	50	60	69	73	82	41	44	50	57	60	66	47	50	57
KD ve KB	101	104	120	132	136	148	91	95	101	110	114	123	76	76	85	91	91	101	88	88	95
D ve B	142	145	158	170	173	186	126	129	139	145	148	158	104	104	114	120	120	129	123	123	129
GD ve GB	126	129	145	155	161	173	114	117	123	132	136	145	91	95	101	107	110	117	110	114	120
G	85	88	104	117	120	132	76	79	88	98	98	107	63	66	73	79	82	88	73	76	82
Yatay güneşiği	246	249	262	271	274	284	224	224	233	240	243	249	183	186	192	199	199	205	218	218	224
<i>Tümü ile çekilmiş, ılık geçirmeyen sarı perdeler</i>																					
K	44	47	63	73	79	91	41	44	54	60	63	73	38	38	47	54	54	63	41	41	47
KD ve KB	79	82	98	107	114	126	73	76	85	95	95	104	66	69	76	85	85	91	73	73	82
D ve B	107	114	126	139	142	155	101	104	114	120	123	132	91	95	101	110	110	117	101	101	110
GD ve GB	98	101	114	126	132	145	91	95	104	110	114	123	82	85	91	101	101	107	91	91	98
G	66	69	85	95	101	114	63	63	73	82	85	95	57	60	66	76	76	82	60	63	69
Yatay güneşiği	189	192	202	214	218	227	180	180	189	196	199	205	164	164	173	180	180	186	177	180	186

Tablo 5.4'te verilen değerler hem doğu hem batı duvarları dışa bakan veya sadece kuzey ve güney duvarları dışa bakan tek ayrı evler, iki katlı evler veya apartmanlar için kullanılabilir. Değerler 40. enlem için verilmiştir.

Tablo 5.4'te dış ortam hesap sıcaklığının fonksiyonu olarak bir saatteki hava değişim miktarları verilmiştir. Değerler 3,4 m/s rüzgar hızı ve 24°C iç ortam sıcaklığı içindir.

Tablo 5.4: Dış ortam hesap sıcaklığının fonksiyonu olarak bir saatteki hava değişimi ACH (ASHRAE, 1997).

	Dış Hesap Sıcaklığı °C					
Sınıf	29	32	35	38	41	43
Sıkı	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38
Orta	0,46	0,48	0,5	0,52	0,54	0,56
Gevşek	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78

Örnek proje için hesaplamalar her oda için yapılacak ve toplam soğutma yükü belirlenecektir. Örnek proje ile ilgili elemanlara ait U katsayıları üçüncü bölümde hesaplanmıştır. Buna göre hesaplanmış proje için konutun zemin kat ve birinci katlarına ait soğutma yükü hesabı yapılacaktır. Örnek proje için dış tasarım sıcaklığı 35°C, iç hava sıcaklığı 24°C ve günlük sıcaklık aralığı 12°C kabul edilmiştir. Kat başına iki kişinin kaldığı kabul edilmiştir. Konutun 40° kuzey enleminde olduğu varsayılmıştır. Pencereelerde gölgelik olmadığı ve panjur bulunduğu varsayılmıştır.

2.14.2 Zemin Kat İçin Hesaplamalar.

Zemin kat bir salon, bir yatak odası, bir banyo, bir çalışma odası ve bir antreden oluşmaktadır. Ayrı ayrı her oda için yük hesapları yapılacaktır. Sadece tek bir oda için ayrıntılı hesap yapılacak diğerleri için aynı işlemler bir tabloda gösterilecektir.

2.14.2.1 Zemin Kat Salon Soğutma Yüğü

Sızma yükü Tablo 5.4'teki ACH değerleri kullanılarak hesaplanacaktır. Konut 5.2.4 maddesine göre orta olarak kabul edilecektir. Tablo 5.1'deki sızma formülünden yararlanılarak;

$$q=1,2 \times Q \times \Delta t \quad (5.1)$$

$$Q= ACH \times V_{oda} \times 1000/3600 \quad (5.2)$$

olmak üzere:

$$V_{oda} = 4,5m \times 5,3m \times 2,5m = 59,63 \text{ m}^3$$

ACH değeri 35°C dış hesap sıcaklığı ve orta tipte yapılar için 0,5 alınır. Buna göre:

$$Q = 0,5 \times 59,63 \times 1000 / 3600 = 8,28 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 8,28 \times (35-24) = 109,3 \text{ W}$$

Sızmadan kaynaklanan soğutma yükü 109,3 W olarak hesaplanır.

Kişilerden kaynaklanan soğutma yükü, kişi başına 67W olmak üzere:

$$2 \times 67 = 134 \text{ W olarak hesaplanır.}$$

Kişilerden kaynaklanan soğutma yükü 134 W olarak hesaplanır.

Aletlerden kaynaklanan soğutma yükü için 5.2.7’de belirtilen 470W yükün %50 sinin salonu etkileyeceği varsayılmıştır. Buna göre, aletlerden kaynaklanan soğutma yükü $470 / 2 = 235 \text{ W}$ olarak hesaplanır.

Salonun dış havaya bakan cepheleri güney ve batı cepheleridir.

Batı Duvarı:

$$\text{Batı Duvarı Alanı} = 4,5\text{m} \times 2,5\text{m} = 11,25 \text{ m}^2$$

Tablo 5.2’den CLTD değeri, 35°C dış sıcaklık, Batı yönü, orta sıcaklık değişimi değerleri ve duvarlar için: 13°C olarak okunur.

Buna göre duvarlar için Tablo 5.1 deki formüllerden yararlanarak:

$$q = A \times U_w \times \text{CLTD} \quad (5.3)$$

$$q = 11,25 \times 0,47 \times 13 = 68,74 \text{ W}$$

Güney Duvarı:

$$\text{Güney Duvarı Alanı} = 5,3\text{m} \times 2,5\text{m} = 13,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Güney Pencere Alanı} = 1,5\text{m} \times 1,84\text{m} = 2,76 \text{ m}^2$$

$$\text{Güney Duvarı Net Alanı} = 13,25 - 2,76 = 10,5 \text{ m}^2$$

$$\text{CLTD (Tablo 5.1)} = 9^\circ\text{C}$$

$$q = 10,5 \times 0,47 \times 9 = 44,42 \text{ W}$$

U değeri bölüm 3’te $0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ olarak hesaplanmıştır.

Güney Pencere:

$$q = \text{GLF} \times A \quad (5.4)$$

Tablo 5.3 ten GFL değeri normal çift cam ve 35°C hesap sıcaklığı için 88 W/m^2 olarak belirlenir.

$$q = 88 \times 2,76 = 242,9 \text{ W} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Taban:

Tablo 5.1 kullanılarak:

$$q = U_f \times A \times CLTD \quad (5.5)$$

formülü ile taban için soğutma yükü hesabı bulunur.

$$\text{Taban alanı} = 5,3\text{m} \times 4,5\text{m} = 23,9 \text{ m}^2$$

CLTD değeri tablo 5.2'den 7°C olarak okunur.

U değeri tüm taban için 0,5 W/m² K alınacaktır.

$$q = 23,9 \times 0,5 \times 7 = 83,7 \text{ m}^2$$

Özet Sonuçlar Tablo 5.5 ve 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.5: Zemin Kat Salonu İçin İletim Ve Taşınım Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	0,47	9	44,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Taban	23,9	-	0,5	7	83,7	Tablo 5.2

2.14.2.2 Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yükü

Yük hesapları salon hesaplarında olduğu gibi yapılacak Tablo 5.2, 5.3 ve 5.4 kullanılacaktır.

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (5,1 \times 3,2 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 5,7 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 5,7 \times (35-24) = 75,2 \text{ W}$$

Yatak odası için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6: Zemin Yatak Odası İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	10,73	-	0,47	13	65,6	Tablo 5.2
Kuzey Duvarı	8	-	0,47	7	26,3	Tablo 5.2
Batı Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Taban	16,3	-	0,5	7	57,1	Tablo 5.2

2.14.2.3 Zemin Kat Banyo İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (2 \times 3,5 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 2,4 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 2,4 \times (35-24) = 31,7 \text{ W}$$

Banyo için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7: Zemin Banyo İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12,0	Tablo 5.3
Taban	7	-	0,5	7	24,5	Tablo 5.2

2.14.2.4 Zemin Kat Çalışma Odası İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (3,3 \times 3 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 3,4 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 3,4 \times (35-24) = 44,9 \text{ W}$$

Çalışma Odası için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.8: Zemin Çalışma Odası İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	0,47	13	33,6	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Taban	9,9	-	0,5	7	34,7	Tablo 5.2

2.14.2.5 Zemin Kat Antre İçin Soğutma Yüğü

Sızma Yüğü:

$$Q = 0,5 \times [(2,8 \times 1,5 \times 2,5) + (1 \times 2,1 \times 2,5)] \times 1000 / 3600 = 2,2 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 2,2 \times (35-24) = 29 \text{ W}$$

Antre için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yüğü tablo 5.9’da verilmiştir.

Tablo 5.9: Zemin Antre İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yüğü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W	Kaynak
Doğru Duvarı	12,8	-	0,47	7	42,1	Tablo 5.2
Taban	6,3	-	0,5	7	22,1	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	4	7	154,0	Tablo 5.2

2.14.2.6 Zemin Kat Mutfak İçin Soğutma Yüğü

Sızma Yüğü:

$$Q = 0,5 \times (3,3 \times 2,25 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 2,6 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 2,6 \times (35-24) = 34,3 \text{ W}$$

$$\text{Aletlerden Kaynaklanan Yüğü } 470\text{W} \times \%50 = 235 \text{ W}$$

Mutfak için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yüğü tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.10: Zemin Mutfak İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yüğü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	0,47	9	25,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Doğru Duvarı	5,6	-	0,47	13	34,2	Tablo 5.2
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	0,47	7	18,4	Tablo 5.2
Taban	7,4	-	0,5	7	25,9	Tablo 5.2

2.14.3 Birinci Kat İçin Hesaplamalar

Yukarıda zemin kat için yapılan hesaplar tekrar edilecektir. Taban yerine tavan değerleri kullanılacaktır. Tavan için U değeri bölüm 3 te hesaplandığı gibi 0,54 W/m²K'dir.

2.14.3.1 Birinci Kat Salon Soğutma Yüğü

Sızma Yüğü:

$$Q = 0,5 \times 59,63 \times 1000 / 3600 = 8,28 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 8,28 \times (35-24) = 109,3 \text{ W}$$

Kişilerden kaynaklanan soğutma yüğü 2x67W=134W

Aletlerden kaynaklanan soğutma yüğü 470 / 2 =235W

Salon için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yüğü tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11: Birinci Kat Salon İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yüğü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	0,47	9	44,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Tavan	23,9	-	0,54	26	335,6	Tablo 5.2

2.14.3.2 Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yüğü

Sızma Yüğü:

$$Q = 0,5 \times (5,1 \times 3,2 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 5,7 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 5,7 \times (35-24) = 75,2 \text{ W}$$

Yatak odası için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.12: Birinci Kat Yatak Odası İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	6,4	-	0,47	7	21,1	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	1,7	60	-	-	102,0	Tablo 5.3
Batı Duvarı	10,7	-	0,47	13	65,4	Tablo 5.2
Batı Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Tavan	16,3	-	0,54	7	61,6	Tablo 5.2

2.14.3.3 Birinci Kat Banyo İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (2 \times 3,5 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 2,4 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 2,4 \times (35-24) = 31,7 \text{ W}$$

Banyo için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.13’te verilmiştir.

Tablo 5.13: Birinci Kat Banyo İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12	Tablo 5.3
Tavan	7	-	0,5	26	91	Tablo 5.2

2.14.3.4 Birinci Kat Çalışma Odası İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (3,3 \times 3 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 3,4 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 3,4 \times (35-24) = 44,9 \text{ W}$$

Çalışma Odası için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.14’te verilmiştir.

Tablo 5.14: Birinci Kat Çalışma Odası İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	0,47	13	33,6	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Tavan	9,9	-	0,54	26	139	Tablo 5.2

2.14.3.5 Birinci Kat Antre İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times [(2,8 \times 1,5 \times 2,5) + (1 \times 2,1 \times 2,5)] \times 1000 / 3600 = 2,2 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 3,4 \times (35-24) = 44,9 \text{ W}$$

Antre için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.15’te verilmiştir.

Tablo 5.15: Birinci Kat Antre İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yükü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Doğu Duvarı	12,8	-	0,47	7	42,1	Tablo 5.2
Tavan	6,3	-	0,54	26	88,5	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	4	7	154,0	Tablo 5.2

2.14.3.6 Birinci Kat Mutfak İçin Soğutma Yükü

Sızma Yükü:

$$Q = 0,5 \times (3,3 \times 2,25 \times 2,5) \times 1000 / 3600 = 2,6 \text{ L/s}$$

$$q = 1,2 \times 2,6 \times (35-24) = 34,3 \text{ W}$$

$$\text{Aletlerden Kaynaklanan Yük } 470\text{W} \times \%50 = 235 \text{ W}$$

Mutfak için iletim ve taşınım ile oluşan soğutma yükü tablo 5.16’da verilmiştir.

Tablo 5.16: Birinci Kat Mutfak İçin İletim ve Taşınım ile Oluşan Soğutma Yüğü

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	0,47	9	25,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Doğu Duvarı	5,6	-	0,47	13	34,2	Tablo 5.2
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	0,47	7	18,4	Tablo 5.2
Tavan	7,4	-	0,54	26	103,9	Tablo 5.2

2.14.4 Zemin Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü

Zemin kat için hesaplanan toplam soğutma yükü Tablo 5.17’de verilmiştir.

Tablo 5.17: Zemin Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü Tablosu

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	196,8	242,9	134,0	235,0	109,3	0,918
Yatak Odası	127,7	290,0			75,2	0,493
Banyo	40,3	12,0			31,7	0,084
Çalışma Odası	122,9	278,0			44,9	0,446
Antre	218,2				29,0	0,247
Mutfak	103,9	202,4		235,0	34,3	0,576
Toplam	809,7	1025,3	134,0	470,0	324,4	2,763

Zemin kat için hesaplanan toplam soğutma yükü 2,763 kW’tır.

2.14.5 Birinci Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü

Birinci Kat için hesaplanan toplam soğutma yükü Tablo 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5.18: Birinci Kat İçin Toplam Soğutma Yüğü Tablosu

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	448,7	242,9	134,0	235,0	109,3	1,170
Yatak Odası	148,0	380,0			75,2	0,603
Banyo	114,1	12,0			31,7	0,158
Çalışma Odası	227,2	278,0			44,9	0,550
Antre	284,6				29,0	0,314
Mutfak	181,9	202,4		235,0	34,3	0,654
Toplam	1404,5	1115,3	134,0	470,0	324,4	3,448

Birinci kat için hesaplanan toplam soğutma yükü 3,45 kW’tır.

2.15 Sadece Güney Duvarında Yalıtım Olmaması Hali

Önceki başlıklarda yapılan hesaplar, güney duvarı yalıtımsız bırakılarak tekrarlanacak ve toplam soğutma yükü hesabı yapılacaktır.

2.15.1 Yalıtımsız Güney Duvarı İçin Toplam Isı Geçiş Katsayısı

Tablo 3.4'te belirtilen duvar yüzeylerine ait katman detaylarından yalıtım çıkartılarak güney duvarı için U katsayısı bulunacaktır. U katsayısının hesaplanmasında 5.6 ve 5.7 formüllerinden yararlanılacaktır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{a_d} \quad (5.6)$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{l_{h1}} + \frac{d_2}{l_{h2}} + \frac{d_3}{l_{h3}} + \dots + \frac{d_n}{l_{hn}} \quad (5.7)$$

$$1/\alpha_i : 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$1/\alpha_d : 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{İç sıva için } L/\lambda \text{ oranı} : 0,023 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Yatay delikli tuğla için } L/\lambda \text{ oranı} : 0,422 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Dış sıva için } L/\lambda \text{ oranı} : 0,021 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{U} = 0,13 + 0,04 + 0,023 + 0,422 + 0,021 = 0,636 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,57 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Buna göre hesaplanmış yeni soğutma yükleri oda oda hesaplanarak aşağıda sunulmuştur.

2.15.1.1 Zemin Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yükleri

Zemin kat salonu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.19’da verilmiştir.

Tablo 5.19: Zemin Kat Salon Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	1,57	9	148,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Taban	23,9	-	0,5	7	83,7	Tablo 5.2

Zemin kat yatak odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20: Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Batı Duvarı	14,3	-	0,47	13	87,4	Tablo 5.2
Batı Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Taban	7	-	0,5	7	24,5	Tablo 5.2

Zemin kat banyosu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.21’de verilmiştir.

Tablo 5.21: Zemin Kat Banyo Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12	Tablo 5.3
Taban	7	-	0,5	7	24,5	Tablo 5.2

Zemin kat antresi hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.22’de verilmiştir.

Tablo 5.22: Zemin Kat Antre Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Doğu Duvarı	12,8	-	0,47	7	42,1	Tablo 5.2
Taban	6,3	-	0,5	7	22,1	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	0,47	7	18,1	Tablo 5.2

Zemin kat çalışma odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.23’te verilmiştir.

Tablo 5.23: Zemin Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	0,47	13	33,6	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Taban	9,9	-	0,5	7	34,7	Tablo 5.2

Zemin kat çalışma odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.24'te verilmiştir.

Tablo 5.24: Zemin Kat Mutfak Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	1,57	9	84,8	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Doğu Duvarı	5,6	-	0,47	13	34,2	Tablo 5.2
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	0,47	7	18,4	Tablo 5.2
Taban	7,4	-	0,5	7	25,9	Tablo 5.2

2.15.1.2 Birinci Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yükleri

Birinci kat salon için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.25'te verilmiştir.

Tablo 5.25: Birinci Kat Salon Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	1,57	9	148,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Tavan	23,9	-	0,54	26	335,6	Tablo 5.2

Birinci kat yatak odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.26'da verilmiştir.

Tablo 5.26: Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	6,4	-	0,47	7	21,1	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	1,7	60	-	-	102,0	Tablo 5.3
Batı Duvarı	10,7	-	0,47	13	65,4	Tablo 5.2
Batı Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Tavan	16,3	-	0,54	7	61,6	Tablo 5.2

Birinci kat banyo için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.27’de verilmiştir.

Tablo 5.27: Birinci Kat Banyo Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12	Tablo 5.3
Tavan	7	-	0,54	26	98,28	Tablo 5.2

Birinci kat çalışma odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.28’de verilmiştir.

Tablo 5.28: Birinci Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GFL W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	0,47	13	33,6	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Tavan	9,9	-	0,54	26	139,0	Tablo 5.2

Birinci kat antre için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.29’da verilmiştir.

Tablo 5.29: Birinci Kat Antre Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Doğu Duvarı	12,8	-	0,47	7	42,1	Tablo 5.2
Tavan	6,3	-	0,54	26	88,5	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	4	7	154,0	Tablo 5.2

Birinci kat mutfak için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.30’da verilmiştir.

Tablo 5.30: Birinci Kat Mutfak Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	1,57	9	84,8	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Doğu Duvarı	5,6	-	0,47	13	34,2	Tablo 5.2
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	0,47	7	18,4	Tablo 5.2
Tavan	7,4	-	0,54	26	103,9	Tablo 5.2

2.15.2 Soğutma Yüğü Toplamları

Zemin kat ve birinci kat için toplam soğutma yükleri Tablo 5.31 ve 5.32’de sunulmuştur.

Tablo 5.31: Zemin Kat Toplam Soğutma Yüğüleri

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	300,8	242,9	134,0	235,0	109,3	1,022
Yatak Odası	127,7	278,0			75,2	0,481
Banyo	40,3	12,0			31,7	0,084
Çalışma Odası	122,9	278,0			44,9	0,446
Antre	218,2				29,0	0,247
Mutfak	137,4	202,4		235,0	34,3	0,609
Toplam	947,2	1013,3	134,0	470,0	324,4	2,889

Tablo 5.32: Birinci Kat Toplam Soğutma Yüğüleri

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	552,7	242,9	134,0	235,0	109,3	1,274
Yatak Odası	148,0	380,0			75,2	0,603
Banyo	114,1	12,0			31,7	0,158
Çalışma Odası	227,2	278,0			44,9	0,550
Antre	284,6				29,0	0,314
Mutfak	241,3	202,4		235,0	34,3	0,713
Toplam	1567,9	1115,3	134,0	470,0	324,4	3,612

2.16 Sadece Kuzey Duvarında Yalıtım Olması Hali

Önceki başlıklarda yapılan hesaplar, sadece kuzey duvarı yalıtılarak tekrarlanacak ve toplam soğutma yükü hesabı yapılacaktır. Yalıtımsız duvarlar için U değeri Bölüm 5.4.1’de hesaplandığı üzere 1,57 W/m²K alınacaktır.

2.16.1 Zemin Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yükleri

Zemin kat salonu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.33'te verilmiştir.

Tablo 5.33: Zemin Kat Salon Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	1,57	13	229,6	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	1,57	9	148,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Taban	23,9	-	0,5	7	83,7	Tablo 5.2

Zemin kat yatak odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.34'te verilmiştir.

Tablo 5.34: Zemin Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12,0	Tablo 5.3
Taban	7	-	0,5	7	24,5	Tablo 5.2

Zemin kat banyosu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.35'te verilmiştir.

Tablo 5.35: Zemin Kat Banyosu Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12	Tablo 5.3
Taban	7	-	0,5	7	24,5	Tablo 5.2

Zemin kat antresi için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.36'da verilmiştir.

Tablo 5.36: Zemin Kat Antre Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Doğu Duvarı	12,8	-	1,57	7	140,7	Tablo 5.2
Taban	6,3	-	0,5	7	22,1	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	0,47	7	18,1	Tablo 5.2

Zemin kat çalışma odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.37’de verilmiştir.

Tablo 5.37 Zemin Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	1,57	7	91,2	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	1,57	13	112,3	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	1,57	7	91,2	Tablo 5.2
Taban	9,9	-	0,5	7	34,7	Tablo 5.2

Zemin kat mutfak için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.38’de verilmiştir.

Tablo 5.38: Zemin Kat Mutfak Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	1,57	9	84,8	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	1,57	7	61,5	Tablo 5.2
Taban	7,4	-	0,5	7	25,9	Tablo 5.2

2.16.2 Birinci Kat İçin Hesaplanmış Soğutma Yükleri

Birinci kat salonu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.39’da verilmiştir.

Tablo 5.39: Birinci Kat Salon Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7	Tablo 5.2
Güney Duvarı	10,5	-	1,57	9	148,4	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9	Tablo 5.3
Tavan	23,9	-	0,54	26	335,6	Tablo 5.2

Birinci kat yatak odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.40'ta verilmiştir.

Tablo 5.40: Birinci Kat Yatak Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	6,4	-	0,47	7	21,1	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	1,7	60	-	-	102,0	Tablo 5.3
Batı Duvarı	10,7	-	1,57	13	218,4	Tablo 5.2
Batı Pencere	2	139	-	-	278,0	Tablo 5.3
Tavan	16,3	-	0,54	7	61,6	Tablo 5.2

Birinci kat banyosu için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.41'de verilmiştir.

Tablo 5.41: Birinci Kat Banyo Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8	Tablo 5.2
Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12	Tablo 5.3
Tavan	7	-	0,54	26	98,28	Tablo 5.2

Birinci kat çalışma odası için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.42'de verilmiştir.

Tablo 5.42: Birinci Kat Çalışma Odası Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GFL W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Kuzey Duvarı	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Doğu Duvarı	5,5	-	0,47	13	33,6	Tablo 5.2
Doğu Pencere	2	139	-	-	278	Tablo 5.3
Bölme (Merdiven Boşluğu)	8,3	-	0,47	7	27,3	Tablo 5.2
Tavan	9,9	-	0,54	26	139,0	Tablo 5.2

Birinci kat antresi için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.43'te verilmiştir.

Tablo 5.43: Birinci Kat Antre Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yükü W	Kaynak
Doğu Duvarı	12,8	-	0,47	7	42,1	Tablo 5.2
Tavan	6,3	-	0,54	26	88,5	Tablo 5.2
Kapı	5,5	-	0,47	7	18,1	Tablo 5.2

Birinci kat mutfuğı için hesaplanmış soğutma yükleri Tablo 5.44'te verilmiştir.

Tablo 5.44: Birinci Kat Mutfak Soğutma Yükleri

Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W	Kaynak
Güney Duvarı	6	-	1,57	9	84,8	Tablo 5.2
Güney Pencere	2,3	88	-	-	202,4	Tablo 5.3
Doğu Duvarı	5,6	-	1,57	13	114,3	Tablo 5.2
Bölme (Merdiven Boşluğu)	5,6	-	1,57	7	61,5	Tablo 5.2
Tavan	7,4	-	0,54	26	103,9	Tablo 5.2

2.16.3 Soğutma Yüğü Toplamları

Zemin kat ve birinci kat için toplam soğutma yükleri Tablo 5.45 ve 5.46'da sunulmuştur.

Tablo 5.45: Zemin Kat Toplam Soğutma Yükleri

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	461,6	242,9	134,0	235,0	109,3	1,183
Yatak Odası	301,8	278,0			75,2	0,655
Banyo	40,3	12,0			31,7	0,084
Çalışma Odası	329,4	278,0			44,9	0,652
Antre	316,7				29,0	0,346
Mutfak	286,5	202,4		235,0	34,3	0,758
Toplam	1736,3	1013,3	134,0	470,0	324,4	3,678

Tablo 5.46: Birinci Kat Toplam Soğutma Yükleri

Oda	Duvar ve Kapılar	Cam	İnsanlar	Cihazlar	Sızma	Toplam kW
Salon	713,5	242,9	134,0	235,0	109,3	1,435
Yatak Odası	301,1	380,0			75,2	0,756
Banyo	114,1	12,0			31,7	0,158
Çalışma Odası	369,8	278,0			44,9	0,693
Antre	369,8				29,0	0,399
Mutfak	364,5	202,4		235,0	34,3	0,836
Toplam	2232,7	1115,3	134,0	470,0	324,4	4,276

SOĞUTMA YÜKÜ HESABININ BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE YAPILMASI

Bu bölümde, örnek proje için bölüm 5’te el ile hesaplanan değerlerin hazırlanan bilgisayar programı vasıtasıyla bulunması anlatılacaktır. Program Visual C# 2005 ile hazırlanmıştır, **Microsoft (2006)**. Program ASHRAE temel el kitabı 25. bölüm, “Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yüklerinin Hesaplanması”, temel alınarak hazırlanmıştır. (ASHRAE, 1997).

2.17 Programa Giriş ve Ana Ekran

Program açılış ekranı Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

Şekil 6.1: Program Açılış Ekranı

Formla ilgili açıklamalar aşağıdaki gibidir:

1. Hesap Sıcaklığı: Derece santigrat cinsinden dış hesap sıcaklığıdır.
2. Günlük Sıcaklık Aralığı: Günlük sıcaklık aralığı değışim değeridir.
 - D: Düşük sıcaklık değışimi (9°C 'den az)
 - O: Orta sıcaklık değışim (9°C–14°C arası)
 - Y: Yüksek sıcaklık değışimi (14°C 'den fazla)
3. Yapı Sınıfı: Yapı malzemeleri durumuna göre yapı sınıfı seçilir.
4. Kaydet: Yapılan hesabı bilgisayara kaydeder.
5. Aç: Mevcut bir hesabı forma yükler.
6. Çıkış: Programdan çıkar.
7. Oda İsmi: Soğutma yükü hesabı yapılacak oda için isim belirlenir.
8. Oda Hacmi: Soğutma yükü hesabı yapılacak odanın hacmi belirlenir.
9. Kişi Sayısı: Odada bulunacak kişi sayısı girilir.
10. Cihaz Yüğü: Oda için hesaplanan cihaz yüğü girilir.
11. Oda Ekle: Bilgileri girilen oda için detay formunu açar.
12. Rapor: Yapılan hesaplamalar için rapor oluşturur.

2.18 Detay Formu

Ana formda Oda Ekle düğmesine bastıktan sonra açılan formdur. Şekil 6.2 de gösterilmiştir.

Salon

Yapı Elemanı Ekle

Yapı Elemanı: Duvar veya kapı

Açıklama: Tüm duvar ve kapılar

Yön: Kuzey

Alan: U

Ekle

Pencere Ekle

Yön: Kuzey

Alan: Ekle

	Alan	GLF	U
*			

Şekil 6.2: Detay Formu

Formla ilgili açıklamalar aşağıdaki gibidir:

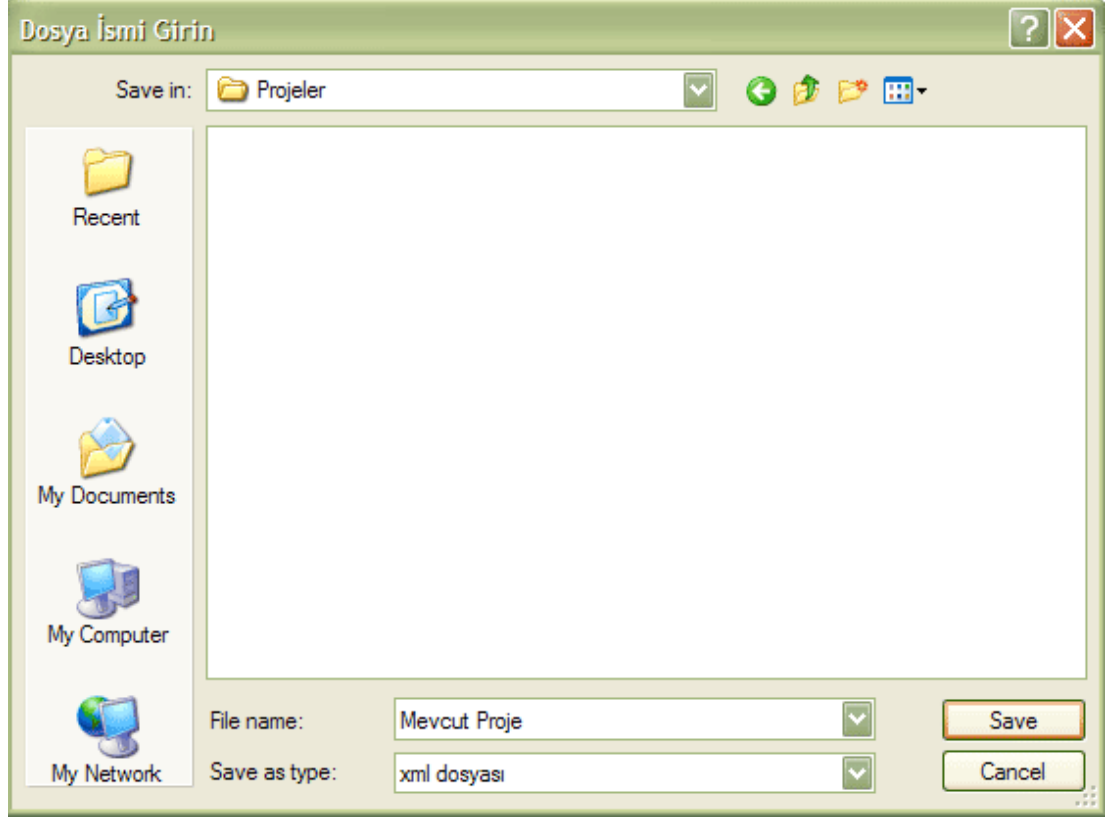
1. Yapı Elemanı: Bilgileri girilecek yapı elemanı açılır listeden seçilir
2. Açıklama: Yapı elemanı ile ilgili açıklamalar görülebilir.
3. Yöne: Yapı elemanın veya pencerenin baktığı yön seçilir.
4. Alan: Yapı Elemanın veya pencerenin alanı seçilir.
5. U: Yapı elemanının toplam ısı geçiş katsayısı belirlenir
6. Ekle: Pencere veya yapı elemanı detay bilgilerine eklenir.

Yapı elemanı veya pencere, yönü ile birlikte açılır listelerden seçilir. Alan ve yapı elemanları için U değerleri girildikten sonra ekle düğmesine basılarak veri girişi yapılır. Program yapı elemanı veya pencere için uygun CLTD ve GFL değerlerini tablolardan bularak, formumuzdaki tablonun ilgili kısımlarını otomatik olarak dolduracaktır.

Oda için yönlere göre bütün elemanlar ve pencereler forma girildikten sonra form kapatılabilir. Bu esnada yanlış girilen değerler direkt tablo üzerinden düzeltilebilir. Eklenen bir kaydın komple silinmesi için tüm satır seçilmeli ve klavyeden Delete tuşuna basılmalıdır. Kullanıcı isterse tabloya direkt olarak elle de veri girebilir.

2.19 Hesabın Kayıt Edilmesi

Ana form üzerindeki kaydet düğmesine basılarak hesap bilgisayar üzerinde herhangi bir konuma kayıt edilebilir. Şekil 6.3'te kayıt etme işlemi görülmektedir.

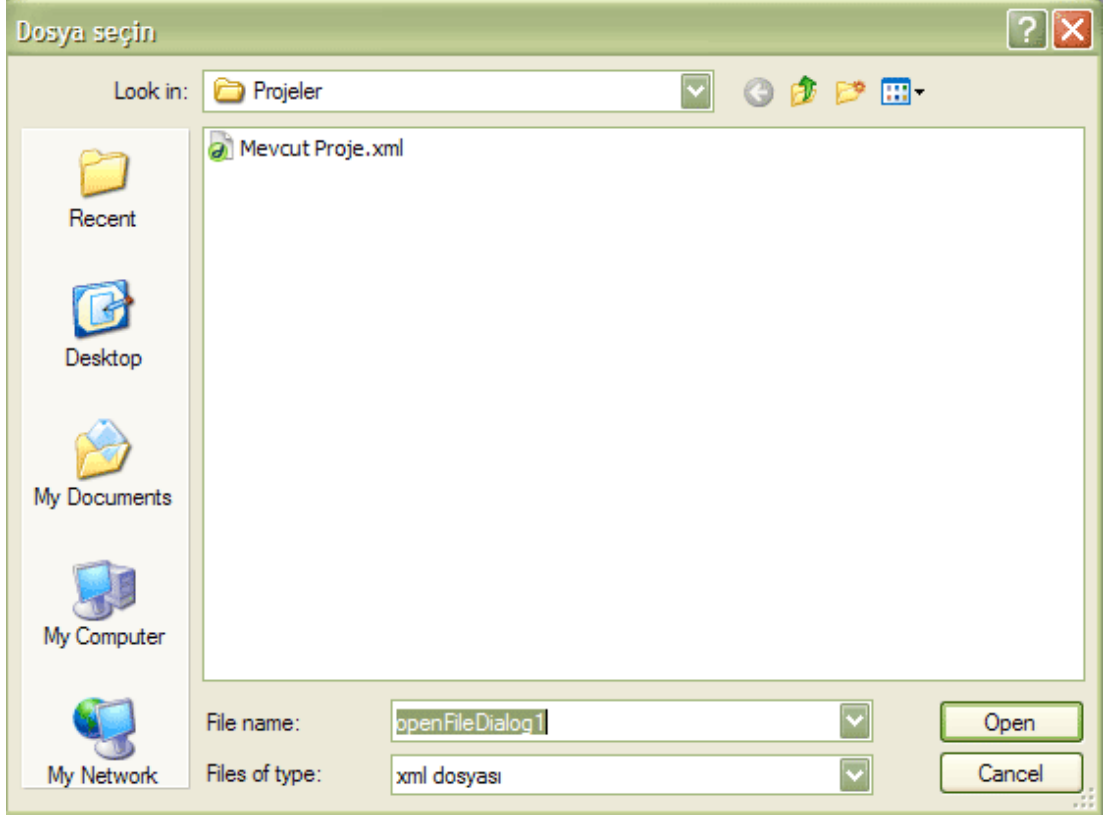


Şekil 6.3: Kayıt Ekranı

Dosya ismi girildikten sonra Save tuşuna basılarak mevcut proje daha sonra tekrar açılmak üzere kayıt edilir.

2.20 Hesabın Tekrar Programa Yüklmesi

Kayıt edilen bir hesap daha sonra tekrar çağırılabilir. Bunun için ana form üzerindeki Aç düğmesine basarak daha önce bilgisayara kaydettiğimiz dosyayı yüklememiz gerekmektedir. Dosya aç diyalog kutusu Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4: Dosya Açma Ekranı

Daha önce bilgisayara kayıt edilen dosya seçilerek Open düğmesine basılır ve daha önceki bilgiler programa yüklenir.

2.21 Rapor Alma

Hazırlanan veya daha önceden hazırlanmış bir hesabın verilerini görmek için ana formdan Rapor düğmesine basılır. Rapor program tarafından Microsoft Excel (xls) formatında oluşturulacaktır. Daha sonra oluşturulan rapor üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilir. Örnek bir rapor şekil 6.5'te gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	F
	Madde	Net Alan m²	GLF W/m²	U W/m²K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W
1						
2	Batı Duvarı	11,25	-	0,47	13	68,7
3	Güney Duvarı	10,5	-	0,47	9	44,4
4	Güney Pencere	2,76	88	-	-	242,9
5	Döşeme veya Tavan	23,9	-	0,5	7	83,7
6						
7						

Şekil 6.5: Örnek Rapor

2.22 Örnek Hesabın Program Yardımı İle Yapılması

Burada bölüm 5'te hesaplanan soğutma yükleri bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplanacaktır. Hesaplama detayı sadece zemin kat salon için gösterilecek, birinci kat içinde aynı şekilde tekrarlanacaktır.

2.22.1 Programa Veri Girişi

Ana form üzerinde zemin kat salon için gerekli bilgiler girilir ve oda ekle düğmesine tıklanır. Dış hesap sıcaklığı, günlük sıcaklık aralığı ve yapı durumu değerleri, bölüm 5'te seçilen değerlerdir. Veriler Şekil 6.6'daki gibi girilmiştir.

Soğutma Yüklü Hesap Formu

Konut Bilgileri

Hesap Sıcaklığı: 35

Günlük Sıcaklık Aralığı: Orta

Yapı Sınıfı: Orta

Açıklama: 9-14 derece arası farklar

Kaydet Aç Çıkış

Oda Ekle

Oda İsmi: Zemin Kat Salonu

Oda Hacmi: 59,6

Kişi Sayısı: 2

Cihaz Yüklü: 235

Oda Ekle Rapor

Şekil 6.6: Örnek Hesap Ana Ekran

Veriler girildikten sonra Oda Ekle düğmesine basılarak zemin kat salonu için detayların belirtileceği detay formuna geçiş yapılır. Zemin kat salonu için detay bilgileri girilir. Bilgilerin işlenmiş hali şekil 6.7’de gösterilmiştir.

Zemin Kat Salonu

Yapı Bilgileri

Yapı Hacmi: 59,6

Yön: Kuzey

Alan: 23,8

Plan Bilgileri

Yön: Kuzey

Alan: 23,8

Ekle

Alan	GLF	U	CLTD	Soğutma Yüklü
11,3	0	0,47	10	60,7
10,5	0	0,47	9	44,4
2,8	03	0	0	242,9
23,0	0	0,5	7	60,7
%				

Şekil 6.7: Zemin Kat Salonu İçin Hesaplanmış Değerler

Salon için bütün değerler girildikten sonra form kapatılarak diğer odalara geçilebilir.

Diğer oda ve katlar içinde aynı işlemler tekrar edilerek toplam soğutma yükü hesaplarına ilave edilir. Girilmek istenen bütün değerler programa girildikten sonra veriler kayıt edilmek isteniyorsa bölüm 6.3'te gösterildiği gibi hesap veriler kayıt edilebilir.

2.22.2 Raporun Alınması

Hesaplar tamamlandıktan veya belirli bir noktaya geldikten sonra hesaplarla ilgili yazılı bilgi almak için rapor tuşuna basılabilir. Bu sayede o ana kadar hesaplanmış olan veriler düzgün bir formatta gösterilecektir.

Rapor tuşu ile alınan Rapor örneği şekil 6.8'de gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	F
	Madde	Net Alan m ²	GLF W/m ²	U W/m ² K	CLTD °C	Soğutma Yüğü W
3	Kuzey Duvarı	4,8	-	0,47	7	15,8
4	Kuzey Pencere	0,2	60	-	-	12
5	Döşeme veya Tavan	7	-	0,5	7	24,5

Şekil 6.8: Örnek Rapor

Projeye girilen oda isimlerine göre rapor Microsoft Excel Formatında oluşturulacaktır. Daha sonra üzerinde istenilen biçimlendirme ve düzenleme işlemleri rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Bilgisayar kullanılarak veya klasik tarzda yapılan hesaplar aşağı yukarı aynı bulunmuştur. Aradaki farklar yuvarlama hatalarından kaynaklanmaktadır. Sonuçlar bilgisayar yardımı ile daha hassas olarak bulunabilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geliştirilen iki bilgisayar programı ile konutlar için ısı kaybı hesabı ve soğutma yükü hesabı kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. Isıtma kaybı hesabı için geliştirilen program TS825'in önerdiği yöntemi kullanmaktadır, **TSE (1998)**. Program yardımı ile katmanlara ait detaylar hızlıca oluşturularak elle yapılması uzun süre alacak işlemler kolaylıkla gerçekleştirilebilir. TS825 hesap programı, standartta belirtilen metoda uygun olarak hesaplamaları gerçekleştirmekte ve seçilen malzeme tip, kalınlık ve özelliklerine göre gerçekleşen ısı kayıplarını hesaplamaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını otomatik olarak hesaplayarak kullanıcıyı tablolarla uğraşmaktan kurtarmaktadır. Programın geliştirilmesinde kullanıcının girdiği veriler tablolar üzerinde gösterilerek hata düzeltmesinin diğer tablolama programlarında (Microsoft Excel vs.) olduğu gibi, direkt tablo üzerinden gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Buda programa büyük esneklik katmaktadır. Program ayrıca kullanıcıya detaylı bir rapor sunmaktadır. TS825'in öngördüğü sonuç tabloları birebir olarak program tarafından Microsoft Excel formatında oluşturulabilmektedir. Oluşturulan raporlar daha sonra kolaylıkla düzenlenebilir. Microsoft Excel programı tablolar üzerinden hesap yapabildiği için programı tekrar açmaya gerek kalmadan hazırlanan rapor üzerinde düzeltmeler yapılarak istenilen sonuçlara ulaşılabilir.

Geliştirilen soğutma yükü hesaplama programında ASHRAE'nin temel el kitabı 25. bölümde anlatılan **ASHRAE (1997)**, "Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yüğü Hesapları" temel alınmıştır. Burada verilen tablolar programa eklenerek kullanıcının seçtiği elemana göre değerlerin otomatik olarak tablolardan okunmasını esas alır. Böylece kullanıcıyı tablolarla uğraşmaktan kurtarmaktadır. Program hesap yapılan alana göre oluşturulan detay tablolarla, her oda için soğutma yükü ihtiyacını otomatik olarak hesaplamakta, gerekli CLTD ve GLF değerlerini, belirtilen yöne göre otomatik olarak seçmektedir. Yapılan hesaplar daha sonra raporlama seçeneği ile Microsoft Excel programına aktararak çıktı alınabilir veya üzerinde gerekli değişiklikler yapılabilir.

Program kodları arasına açıklamalar yazılarak daha sonra geliştirmek isteyenler için her kodun ne işe yaradığı anlatılmıştır. Böylece programı geliştirmek/değiştirmek isteyenler için kolaylık sağlanmıştır.

İleride yapılması düşünülen alışmalar;

TS825 hesap programı için buhar geçişini yapı bileşenlerine bağlı olarak hesaplayan bir ek program yazılabilir.

TS825 hesap programı için binayı ayrı bölgelere ayırmak ve bölge bölge hesap yapmak için ek program geliştirilebilir.

TS825 2005 revizyonu ile yapılan değişiklikler programa yansıtılabilir.

ASHRAE soğutma yükü hesap programı için konut dışı yapılarda oluşacak soğutma yüklerini hesaplayan bir modül eklenebilir.

KAYNAKLAR

- Algan, S.**, 2003. Her Yönüyle C#, Pusula Yayıncılık, Ayhan Matbaası, İstanbul.
- ANON**, 2006. EURIMA (European Insulation Manufacturers Association), www.eurima.org
- ANON**, 2006. Microsoft, <http://msdn.microsoft.com/vcsharp/>
- ASHRAE**, 1997. ASHRAE Temel El Kitabı, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar, Alaş Ofset, İstanbul
- Chand, M. ve Talbot, D.**, 2003. Applied ADO.NET: Building Data-Driven Solutions, APress, Newyork, USA.
- Deitel, H. M.**, 2005. Visual C# 2005 How To Program, Deitel & Ass. Inc.,Upple Saddle River, New Jersey, USA
- Demirli, İ., İnan Y.**, 2006. Visual C# 2005 Veri Tabanı, Palme Yayıncılık, Fersa Matbaacılık, İstanbul.
- Genceli, O.F., Parmaksızoğlu İ.C.**, 2004. Kalorifer Tesisatı, TMMOB Yayınları, Can Matbaacılık, İstanbul.
- Köseoğlu, K.**, 2005. Veritabanı Mantığı, Pusula Yayıncılık, Şefik Matbaası, İstanbul.
- Malik, S.** 2005. Pro Ado.Net 2.0, APress, NewJersey, USA.
- Oral, G. K. ve diğerleri**, 2005. Yalıtım, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Can Matbaacılık, İstanbul
- Sharp, J.**, 2006. Microsoft Visual C# Step By Step, Microsoft Press, USA.
- Taşdelen, A.**, 2004. C# ile Veritabanı Programlama ve Ado.Net, Pusula Yayıncılık. Şefik Matbaası İstanbul.
- TS-825**, 1998. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS-8442 1990. Isı Yalıtımı Hesaplama Metotları-Binalarda Yapı Bileşen ve Elemanların Kararlı Durumda Isıl Özellikleri, Ankara

Wildermuth, S., 2002. Pragmatic ADO.NET: Data Access for the Internet, Addison Wesley Publishing, USA.

ÖZGEÇMİŞ

M.Berker YURTSEVEN, 1980 yılında Libya’da doğdu. 1992 yılında İstanbul Özdemiroğlu İlkokulunu, 1998 yılında İstanbul Adile Mermerci Anadolu Lisesi’ni bitirdi. 1999 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2003 yılında mezun oldu. Aynı yıl İTÜ, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilimi ve Teknolojileri programında yüksek lisansa başladı. 2005 yılı Nisan ayında Selnikel Isıtma ve Klima Cihazları A.Ş.’nde makine mühendisi olarak çalışmaya başlayan M.Berker YURTSEVEN 2006 yılı Ocak ayında bu görevinden ayrılmıştır.