



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİNALARDA ISI YALITIMI YOLUYLA ENERJİ
TASARRUFU MKÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BİNASI ÖRNEĞİ

ONUR ÖZUTKU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY
HAZİRAN-2012

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA ISI YALITIMI
YOLUYLA ENERJİ TASARRUFU
MKÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ BİNASI ÖRNEĞİ

ONUR ÖZUTKU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ danışmanlığında hazırlanan bu tez 12 / 06 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ
Başkan

Prof. Dr. Ertuğrul BALTACIOĞLU
Üye

Prof. Dr. Ergül YAŞAR
Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, sekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Isı ve Enerjinin Önemi.....	2
1.2. Yalıtım.....	2
1.3. Binalarda Isı Yalıtımı.....	3
1.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri.....	6
1.5. Isı Yalıtımının Isıl Konfora Etkisi.....	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Giriş.....	16
3.1.1. MKÜ Mühendislik Fakültesi Bina Özellikleri.....	16
3. 2. Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı.....	20
3. 2.1. İZODER TS 825 Hizmet Programı.....	22
3.2.2. TS 825'e Göre Bina Isı Kaybı Hesap Metodu.....	23
3.2.2.1. TS 825'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Hesap Metodu.....	24
3.2.3. İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı.....	26
3.2.4. Havalandırma ile Gerçekleşen Isı Kaybı.....	27
3.2.5. Aylık Ortalama İç Kazançlar.....	28
3.2.6. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları.....	28
3.2.6.1. Kazanç Kullanım Faktörü.....	30
3.3.1. Soğutma Yüğü Hesabı.....	31

3.3.2. ISISAN Isı Kazancı Hesap Metodu.....	32
3.3.2.1. Güneşten Gelen Işınlımla Olan Isı Kazancı.....	32
3.3.2.2. Çatıdan Gelen Isıl Yükler.....	34
3.3.2.3. Duvar ve Saydam Yapı Elemanlarında Gelen Isıl Yükler.....	37
3.3.2.4. Havalandırmadan Dolaylı Gelen Soğutma Yükü.....	44
3.3.2.5. İç Isı Kazançları.....	45
3.3.2.6. İnsandan Gelen Isı Kazancı.....	45
3.3.2.7. Aydınlatmalardan Oluşan Isıl Yükler.....	46
3.3.2.8. Elektrikli Aletler ve Cihazlardan Gelen Isıl Kazançlar.....	47
3.4. Binalarda Cam Kaplama.....	48
3.5. Senaryolar.....	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	51
4.1. Giriş.....	51
4.2. Isıtma Sezonu Enerji Performansı.....	51
4.2.1. Yalıtımsız Durumda Binanın Enerji Performansı.....	51
4.2.2. Yalıtımlı Durumda Binanın Enerji Performansı.....	51
4.2.3. Isı Yalıtım Maliyet Analizi.....	52
4.2.4. Cam Kaplamanın Binalara Etkisi.....	53
4.2.5. Binanın Cam Kaplama Miktarına Göre Enerji Performansı.....	55
4.2.5.1. Cam Kaplama %50 Azaltılmış Durum	55
4.2.5.2. Cam Kaplama %25 Azaltılmış Durum	56
4.2.5.3. Cam Kaplama %25 Artırılmış Durum.....	56
4.3. Soğutma Sezonu Enerji Performansı.....	57
4.3.1. Soğutma İçin Elektrik Giderleri Maliyet Hesabı.....	59
4.4. Cam Kaplama Durumuna Göre Enerji Performansı	
Değerlendirilmesi.....	60
4.5. Bina Yapı Elemanları Sıcaklık Dağılımı.....	62

4.6. Bina Yoğuşma Analizi.....	70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85
TEŞEKKÜR.....	86

ÖZET

BİNALARDA ISI YALITIMI YOLUYLA ENERJİ TASARRUFU MKÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ BİNASI ÖRNEĞİ

Bu çalışmada Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binasının kış sezonu için ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmiş olup TS 825 standardına uygunluğu irdelenmiştir. Yaz sezonunda ise binada oluşan ısı kazançlar tespit edilip, binanın toplam soğutma yükleri hesaplanmıştır. Binanın mevcut yapısal durumunda ısı ekonomisi ve ısı konforu sağlamak için alternatif uygulamalar ve çözüm önerileri sunulmuştur. MKÜ Mühendislik Fakültesi binası için incelenen alternatif uygulamalar ile oluşturulan yeni sistemlerin yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve soğutma yükleri hesaplandıktan sonra tablolar üzerine aktarılmıştır. Tablolarda elde ettiğimiz değerler alternatif durumlara göre incelenip sonuçlar değerlendirilmiştir. İncelenen alternatif durumların başında da cam kaplama oranları gelmektedir. Cam kaplama oranlarının azaltılıp artırılması ile bina enerji performansında gerçekleşen değişimlerin etkisi grafikler üzerinde gösterilmiştir. Yapıda uygulanmış olan ısı yalıtımının, maliyet analizi yapılmıştır ve bina için gerekli olan iklimlendirme enerjisinin maliyeti hesaplanmıştır. Son olarak bina ömrünü ve sağlıklı yaşamı etkilen unsurların başında gelen, yoğunlaşma incelenip, bina yapı elemanları için yoğunlaşma analizi yapılmıştır. Örnek binanın yapı elemanlarında yoğunlaşma riskinin olup oluşmadığı tespit edilmiştir. Hesaplamalarda ısıtma sezonu hesapları ve yapıda yoğunlaşma analizi İZODER TS 825 hizmet programı kullanılarak yapılmıştır. Soğutma sezonu için ise ISISAN'ın soğutma yükü hesap metodu uygulanmıştır. Sonuç olarak gözönüne alınan binaya uygulanan ısı yalıtımından dolayı yıllık iklimlendirme enerjisinde yaklaşık 30.000 kWh'lık enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca cam kaplama miktarına göre yapılan enerji analizlerinden çıkan sonuç incelendiğinde, optimum cam kaplama oranının birinci-derece gün bölgesi için yaklaşık % 30 olduğu tespit edilmiştir.

2012, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Binalarda enerji performansı, ısı yalıtımı ve cam kaplama

ABSTRACT**ENERGY SAVING THROUGH HEAT INSULATION EXAMPLE OF MKÜ
ENGINEERING FAKULTY BUILDING**

In this study, the heating energy need of Mustafa Kemal University (MKU) Engineering Faculty building for winter season is determined and its conformity to Turkish Standards (TS 825) is probed. As for summer season the thermal gain in the building is found out and the total cooling load of the building is calculated. In order to provide thermal conform and heat economy in the present structure of the building, alternative implementations and solution offers are presented. Alternative implementations probed for MKU Engineering Faculty building and annual heating and cooling loads of the new systems are shown in tables in pursuit of their calculations. In the tables the obtained values are analyzed according to the alternative cases and results are assessed. The analyzed primary case is the glass coating rates. The effects from the changes in the building energy performance by increasing or decreasing the glass coating rate were shown in the graphics. The cost analysis of thermal insulation applied to the structure is done and the cost of the air conditioning for the building was calculated. Finally the condensation which is the leading factor that effects the building lifetime and healthy life is probed and condensation analysis for the building elements is done. Whether there is a risk of condensation in the building elements of the sample building was determined. The calculations of heating season and condensation analysis of the building were done with IZODER TS 825 service program. As to the cooling season ISISAN's cooling load calculation method was applied. As a conclusion, in annual air conditioning energy about 30.000 KWh energy was saved due to the heat insulation, applied to the building. Besides when the result stemmed from energy analysis according to the amount of glass covering was examined, it was determined that the optimum amount of glass covering is about 30 % for first degree day zone.

2012, 86 pages

Key Words: Energy performance of buildings, heat insulation and glass coating

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Türkiye’de ve bazı ülkelerde en az yalıtım kalınlığı uygulayan ülkelerin oranları	5
Çizelge 1.2. İç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farka göre konfor şartları.....	11
Çizelge 2.1. Örnek bina metraj değerleri.....	12
Çizelge 2.2. Örnek bina enerji performans değerleri.....	13
Çizelge 2.3. Cam kaplama ve yalıtım durumuna göre enerji performans değerleri.....	14
Çizelge 3.1. Göz önüne alınan binanın yapı bileşeni tipleri ve alanları.....	17
Çizelge 3.2. Bina tabanında kullanılan yapı elemanları.....	18
Çizelge 3.3. Duvar ve açık geçit üzeri tavan yapı elemanları.....	19
Çizelge 3.4. Bölgelere göre Atop / Vbrüt oranlarına bağlı olarak gereken ısıtma enerjisinin hesaplanması.....	24
Çizelge 3.5. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınlı şiddeti değerleri.....	29
Çizelge 3.6. Güneş ışınlımlı yönlere ve saatlere göre gelen ısı akısı.....	32
Çizelge 3.7. Saydam yapı elemanlarında gölgelenme faktörü.....	33
Çizelge 3.8. Çatı yapı elemanına göre ısı geçirgenlik katsayısı.....	34
Çizelge 3.9. Çatı konstrüksiyonun cinsine göre eşdeğer sıcaklık farkı.....	36
Çizelge 3.10. Duvar cinsine göre ısı geçirgenlik katsayıları.....	37
Çizelge 3.11. İç ve dış hava tarafındaki ısı taşınım katsayıları.....	38
Çizelge 3.12. Güneşe maruz ve gölgedeki duvarlara ait eşdeğer sıcaklık farkları.....	39
Çizelge 3.13. Kapı ve pencerenin özelliklerine göre ısı geçirgenlik katsayıları.....	40
Çizelge 3.14. Dış hava sıcaklığına bağlı iç hava sıcaklıkları değerleri.....	41
Çizelge 3.15. Şehirlere bağlı olarak proje sıcaklıkları.....	42
Çizelge 3.16. Mahal türüne göre kişi başına taze hava miktarı.....	45

Çizelge 3.17. Mahal türüne göre insanlardan gelen ısı yük.....	46
Çizelge 3.18. Mahal cinsine göre aydınlatmadan gelen ısı yükler.....	47
Çizelge 4.1. MKÜ Mühendislik Fakültesi yalıtımlı ve yalıtımsız enerji performansı..	52
Çizelge 4.2. MKÜ Mühendislik Fakültesi ısı yalıtımı maliyeti.....	52
Çizelge 4.3. Örnek binanın bölgelere göre durumu.....	55
Çizelge 4.4. Cam kaplamanın enerji ihtiyacına etkisi.....	56
Çizelge 4.5. Farklı senaryolara göre bina enerji performansı.....	57
Çizelge 4.6. Soğutma yükünün elektrik giderleri.....	59
Çizelge 4.7. Farklı durumlara göre bina iklimlendirme enerjisi.....	61
Çizelge 4.8. Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı...	63
Çizelge 4.9. Açık geçit üzeri taban yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı...	65
Çizelge 4.10. Teras çatı yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı.....	67
Çizelge 4.11. Toprak temaslı taban yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı...	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Isı yalıtımı yapılmış konut.....	1
Şekil 1.2 Isı Yalıtım Malzemesi.....	3
Şekil 1.3 Yapıda bulunan elemanlar.....	4
Şekil 1.4 Yapıda oluşana ısı kayıplarının yaklaşık oranları.....	5
Şekil 1.5. Oda sıcaklığının çalışma verimine etkisi	10
Şekil 3.1 MKÜ Mühendislik Fakültesi ön ve yan cephe görüntüsü.....	16
Şekil 3.2 Bina taban yapı bileşenleri.....	18
Şekil 3.3 Açık geçit üzeri tavan yapı bileşenleri.....	19
Şekil 3.4 Dış ortama açık duvar yapı bileşenleri.....	19
Şekil 3. 5 Bina katı model görünümü.....	20
Şekil 3.6 Bina enerji sınıfları.....	22
Şekil 3.7 Cam kaplama yapılmış bina örnekleri	48
Şekil 3.8 Bina katı model görünümü.....	49
Şekil 4.1 Birinci derece gün bölgesi için aylara göre iç ve solar kazançları değişimi....	54
Şekil 4.2 Mevcut binanın soğutma yükü dağılım yüzdesi.....	58
Şekil 4.3 Binanın cam kaplama miktarına göre soğutma sezonu enerji performansı....	59
Şekil 4.4 Binanın yaz sezonunda yalıtımlı ve yalıtımsız durum için elektrik giderleri..	60
Şekil 4.5 Isıtma ve soğutma sezonları için bina durumuna göre enerji performansları..	61
Şekil 4. 6 Farklı durumlara göre bina iklimlendirme enerjisinin değişimi.....	62
Şekil 4.7 Dış hava temaslı duvar kesit görünümü.....	63
Şekil 4.8 Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı.....	64
Şekil 4.9 Açık geçit üzeri taban kesit görünümü.....	65
Şekil 4.10 Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı....	66
Şekil 4.11 Teras çatı kesit görünümü.....	67
Şekil 4.12 Teras çatı yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı.....	68

Şekil 4.13 Toprak temaslı taban kesit görünümü.....	69
Şekil 4.14 Toprak temaslı taban yapı elemanlarının aylara göre sıcaklık dağılımı.....	70
Şekil 4.15 Yapı duvarlarında küf oluşumu.....	71
Şekil 4.16 Donatılarda korozyon oluşması.....	71
Şekil 4.17 Açık geçit üzeri taban için yıllık yoğuşma grafikleri.....	73
Şekil 4.18 Dış hava temaslı duvar için yıllık yoğuşma grafikleri.....	75
Şekil 4.19 Üzeri açık teras için yıllık yoğuşma grafikleri.....	77
Şekil 4.20 Toprak temaslı taban için yıllık yoğuşma grafikleri.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Söz konusu yüzey alanı, (m^2)
AN	:Bina kullanım alanı (m^2)
Atop	:Binanın ısı kaybeden yüzey (m^2)
AD	:Dış duvarın alanı (m^2)
Ap	:Pencere alanı (m^2)
AT	:Tavan alanı (m^2)
At	:Toprak temaslı taban/döşeme alanı (m^2)
Ad	:Dış hava ile temas eden taban/döşeme alanı (m^2)
Adisc	:Düşük sıcaklıktaki ortamları yapı elemanlarının alanı (m^2)
Ai	:“i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2)
A/V	:Isı kaybeden yüzeylerin, bu yüzeyleri çevreleyen hacime oranı (m)
c	:Havanın özgül ısısı (J/kg K)
gi,ay	:“i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
g[⊥]	:Laboratuar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü
H	:Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
Hi	:İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
Hh	:Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
Ii,ay	:“i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
Igüney	:Güney yönündeki ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)

Ikuzey:Kuzey yönündeki ortalama aylık güneş ışınlamı şiddeti (W/m^2)

Idoğu :Doğu yönündeki ortalama aylık güneş ışınlamı şiddeti (W/m^2)

Ibatı :Batı yönündeki ortalama aylık güneş ışınlamı şiddeti (W/m^2)

I :Duyulur soğutma yükü, (W)

Qyıl :Yıllık ısıtma enerjisi (Joule)

Qay :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)

ri,ay :“i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

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

Td :Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}C$)

Td,ay :Aylık ortalama dış hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$)

Ti :Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}C$)

Ti,ay :Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)

U :Yapı toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m^2K)

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

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

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

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

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

Udisc :Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

U_l :Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği (W/m²K)

V_{brüt} :Binanın brüt hacmi (m³)

V_h :Havalandırılan hacim (m³)

η_h :Hava değişim sayısı (h-1)

η_{ay} :Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

Φ_{i,ay} :Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir) (W)

Φ_{g,ay} :Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)

α_i :İç yüzeyin yüzeysel ısıl taşınım direnci (m²K/W)

α_d :Dış yüzeyin yüzeysel ısıl taşınım direnci (m²K/W)

λ :Isıl geçirgenlik direnci (m²K/W)

λ_h :Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK)

ρ :Havanın birim hacim kütlesi (kg/m³)

Δt :iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı (°C)

1. GİRİŞ

Teknolojinin insan hayatına girmesiyle konforlu yaşam, her birey için sürdürülmesi gereken bir standart haline gelmiştir. Doğal olarak, bu konforlu yaşamı sağlamak için kullanılması gereken enerji miktarları da büyük oranda artış göstermiştir. Bu artışı örneklersek, ulaşımdan barınmaya, üretimden iletişime, hatta eğlenceye kadar her sektörde enerji yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Artan dünya nüfusu ile enerji kaynaklarının, özellikle de fosil yakıtların tükenmeye başlaması enerji krizini ve enerjinin üretimi kadar tüketiminin de çok önemli olduğunu tescil etmiştir. Bunun yanı sıra çevre kirliliğinin doğayı ciddi tehdit altına alması enerji verimliliğini, dünya gündeminin ilk sıralarına taşımaktadır. Bu bağlamda ülkemizi ele aldığımızda kullanılan mevcut enerjinin yaklaşık % 30'u konutlarda tüketilmekte olup, konutlarda tüketilen bu enerjinin de % 85' i ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Konutlarda ısı yalıtımı yapılarak kullanılan enerjinin yaklaşık % 50-60'ı tasarruf edilebilmektedir (Paralı, 2009). Buna dayanarak enerjinin konutlarda verimli kullanılması için, uygulanması gereken önlemlerin başında Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere konutların ısı yalıtımının yapılmasıdır.



Şekil 1.1. Isı yalıtımı yapılmış konut (Anonim, 2012a)

1.1. Isı ve Enerjinin Önemi

Binalarda ısı yalıtımının amacı, ısıнын kış şartlarında iç ortamdan dış ortama, yaz şartlarında ise dış ortamdan iç ortama geçişini azaltmaktır. Bilindiği gibi ısı transferinin temel şartı, iki ortam arasındaki sıcaklık farkının olmasıdır. Bu nedenle yaz sezonu ve kış sezonunda, iç ve dış ortam arasında sıcaklık farkı sürekli olduğundan binanın ısı yalıtımı ile ısı transferini kontrol altında tutmak gerekmektedir.

Isı yalıtımı ile ısı transferi tamamen engellenemez fakat birim zamanda olan ısı transfer miktarı azaltılabilmektedir. Bu açıdan iklim sezonuna göre, gün içerisinde kışın ısı kayıpları ve yazın ısı kazançları azaltıldığı takdirde, amaçlanan enerji verimliliği hedefi gerçekleşecektir.

Konutlarda kullanılan ısı enerjisinin bir kısmı elektrik enerjisinden ve bir kısmı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminde ise yine fosil yakıtlar büyük oranda kullanılmaktadır. Fosil yakıtların, elektrik enerjisine ve elektrik enerjisinin konutlarda ısı enerjisine çevrildiği bu teknik çevrimde, enerjinin verimli kullanılmasının temel şartı ısıyı doğru değerlendirmekten geçmektedir. Bu bağlamda enerji tüketiminin öncesinde yapılan çalışmalar düşünüldüğünde, enerjinin üretimi ve üretim tesisleri önemli bir konu olarak karşımıza çıkmakta olup ciddi yatırım ve işletme maliyetlerinin olduğu saptanmaktadır. Yüksek maliyet ile üretilen enerjinin önemi, kullanımı sırasında fark edilmez ise, en verimli enerji santralleri ile çalışılsa dahi verimsiz ve uygun olmayan bir enerji politikası izlenmiş olur. Buna dayanarak enerji politikaları şekillendirilirken üretim aşamasındaki hassasiyetin tüketim aşamasında da gösterilmek zorunda olduğu anlaşılmaktadır.

1.2. Yalıtım

İki farklı sistemi, bir amaç doğrultusunda, birbirinden ayırmaya yarayan teknik sistemlere yalıtım denir. Yalıtım işlemi, kullanılan yalıtım malzemesinin cinsine ve sistemdeki görevine göre sınıflandırılmaktadır. Isı yalıtımı, su yalıtımı, yangın yalıtımı ve ses yalıtımı gibi çeşitleri ile karşımıza çıkmaktadır.

Isı yalıtımı, yapılarda ve tesisatlarda ısı kayıp ve kazançlarının azaltılabilmesi ve istenmeyen enerji geçişlerinin önlenmesi için yapılan işlemlerin geneline

denmektedir. Teknik olarak, ısı yalıtımı: Sıcaklıkları farklı iki ortam arasındaki ısı transferini birim zamanda azaltmak için uygulanmaktadır (Anonim, 2011a).

Isı yalıtım malzemesinin tanımı ise; Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108' e göre;

Taş yünü, Extrude Polistren, Expanded Polistren, Camyünü, Polietilen, Poliüretan, Cam Köpüğü, Fenol Köpüğü gibi ısı iletkenlik değeri (λ) 0,060 kcal/mh°C değerinin altında olan malzemelere ısı yalıtım malzemesi (Şekil 1.2.), bu değerin üstünde kalan malzemelerin tamamına ise yapı malzemesi denmektedir (Anonim, 2011a).

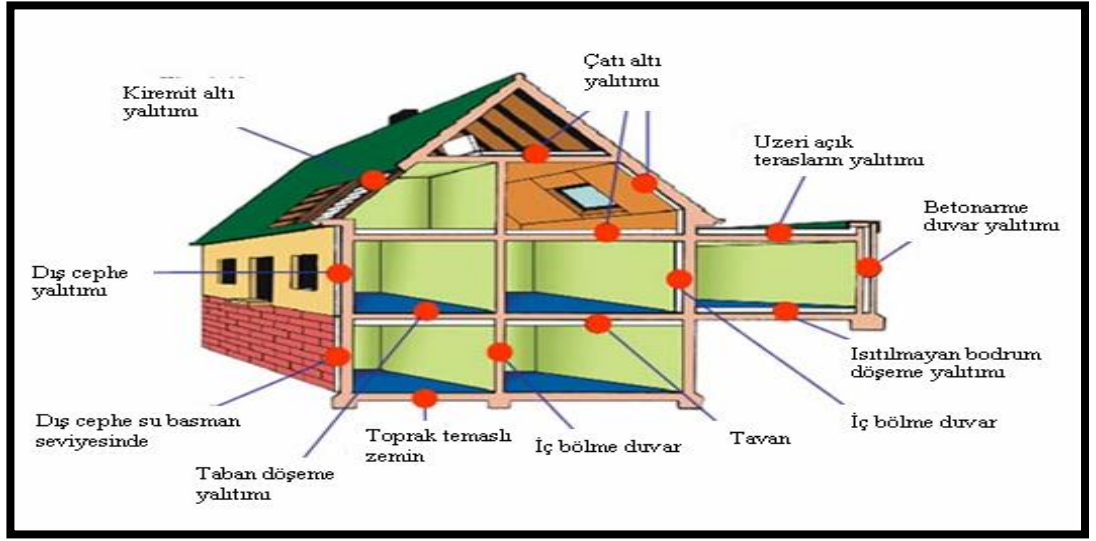


Şekil 1.2. Isı Yalıtım Malzemesi (Anonim, 2011b)

1.3. Binalarda Isı Yalıtımı

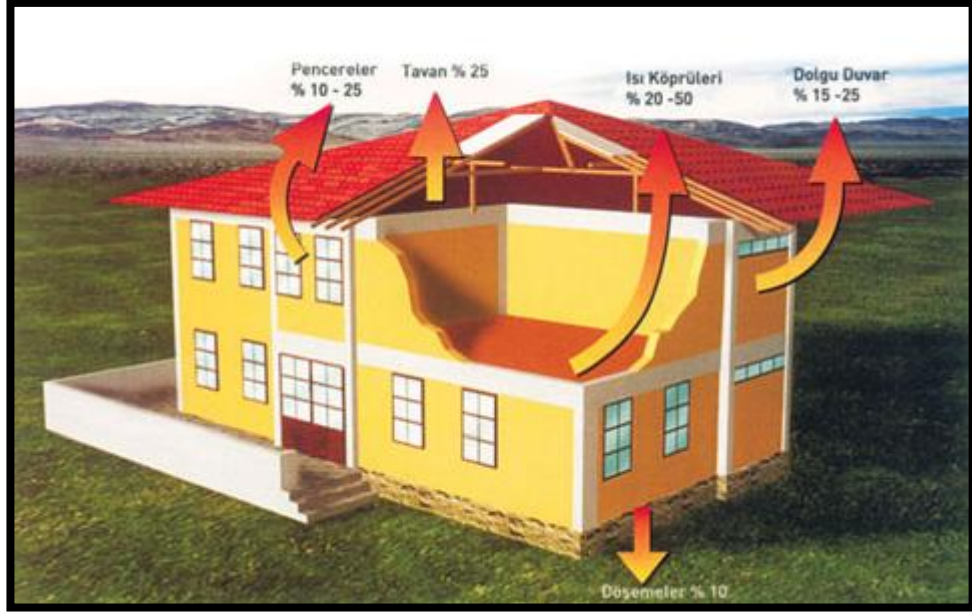
Isı yalıtımı, binalarda iklim koşullarının olumsuz etkilerinden korunma; insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt tasarrufu ve ilk yatırım maliyetleri açısından çok önemlidir. Bu açıdan ısı yalıtımının görevi, binayı iklim koşullarından yeterli olarak koruma ile sağlıklı ve huzur verici yaşam alanlarının oluşmasını sağlamaktır. Yaşam hacimlerinin, ısıtma enerjisi ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri, yapıyı oluşturan elemanlarının birim zamanda ısı iletme özelliklerine bağlıdır ve ısı yalıtımı ile yapının ısı iletme kabiliyeti azalmaktadır. Ayrıca dış ortamın mevsimsel ısı etkilerinden yeterli şekilde korunma ile hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzey ve iç kısımlarında yoğunlaşma olayını, tesisat borularının donmasını ve bunlara bağlı olarak meydana gelebilecek zararları önleyerek, yapının bakım, onarım ve tadilat giderlerini azaltmaktadır.

Isı yalıtımı yapılmayan binalara bakıldığında; dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, zemine oturan döşemeler ve açık geçitler üzerindeki döşemeler gibi elemanlarından ısı kaybetmekte olduğu ve bu yüzden binanın iklimlendirilmesi için tüketilen enerji miktarları artış göstermektedir. Şekil 1.3.'de yapıda bulunan elemanlar şematik olarak gösterilmiştir (Ekinci, 2003).



Şekil 1.3. Yapıda bulunan elemanlar (Ekinci, 2003)

Yapıda oluşabilecek ısı kayıplarının oranları Şekil 1.4.'de görülmekte olup yaklaşık oranları şöyledir: % 10'u döşemelerde (temeller), % 10-25'i pencerelerde, % 25'i tavanlarda, % 15-25'i dolgu duvarlarda, % 20-50'si ısı köprülerinde oluşmaktadır. Isı köprülerinin, ısı kaçaklarının oluşabilmesi açısından dikkat edilmesi gereken en temel yer olduğu görülmektedir (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Yapıda oluşana ısı kayıplarının yaklaşık oranları (Anonim, 2012b)

Isı yalıtımı ile ısı kayıplarının önüne geçildiği gibi yapı elemanlarında nem ve rutubet önlenmekte, ayrıca kolon ve kirişlerin donatılarında oluşabilecek korozyona karşı da korumaktadır. Böylece binada ısı yalıtımı, binanın ömrüne olumlu yönde etki ederek bina ömrünü arttırmaktadır. Isı yalıtımı ile binalarda taşıyıcı sistem elemanları kolon ve kirişlerin iç ve dış yüzeylerinde meydana gelebilecek ısı farklılıklarına bağlı olan termal gerilmelerin önüne geçilerek bu sayede taşıyıcı elemanlarda termal gerilmeye bağlı oluşabilecek olası çatlakların oluşması da önlenmektedir. Bu durum; Türkiye'nin deprem kuşağında olması ve deprem riski taşımamasından dolayı, dikkat ve hassasiyet gösterilmesi gereken önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ülkemizde uygulanan yalıtım ve kullanılan yalıtım malzemesinin kişi başına tüketimine Çizelge 1.1.'den bakıldığında; gelişmiş ülkelere göre çok düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye'de ve bazı AB ülkelerinde kullanılan yıllık kişi başı ısı yalıtım malzemesi tüketimi (Evcil, 2000)

Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi (m ³ / kişi.yıl)	Türkiye	Almanya	İsveç	Fransa	İngiltere	Yunanistan
	0,02	1,03	0,33	0,28	0,16	0,05

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtılacak bölgenin özelliklerine göre seçilip imal edilmektedir. Isı yalıtımı uygulamasının evlerden otomobillere, endüstriyel fırınlardan gökdelenlere kadar birçok alanda uygulandığını düşünürsek bu malzemelerin tasarımı, üretimi ve uygulamasında çok dikkat edilmesi gerektiği aşikârdır. Isı yalıtımı, doğru uygulandığında, iletim, taşınım ve/veya ışıınım ısı geçişi tipleri ile enerji geçişini azaltan, malzemelerdir. Bu yalıtım malzemeleri lifli, taneli, film-tabaka, blok veya tek parçadan yapılmış, açık - kapalı hücreli, kimyasal-mekanik olarak birbirine bağlanmış veya desteklenmiş karma malzemeler olabilmektedir (Paralı, 2009).

Isı yalıtımı ile ilk yatırım maliyetleri artar, fakat ısı yalıtımı ile ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılan yakıt ve enerji giderleri çok büyük oranlarda düşüş göstermektedir. Bunun yanında ısı yalıtımı ile ısıtma-soğutma sistemlerinde kullanılan ekipmanların kapasiteleri de düşüş göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında iklimlendirme sistemlerinin genel olarak kurulum maliyetleri azalmaktadır. Örneğin, yalıtımsız bir bina kazanı ile yalıtımlı bir bina kazanı arasında yaklaşık % 60 kapasite farkı bulunmakta ve bu oran hem satın alma hem de işletme açısından büyük tasarruf sağlamaktadır (Anonim, 2011a).

Benzer şekilde yalıtımlı binalarda kalorifer petek boyu yalıtımsız binadaki kalorifer petek boyuna göre küçük seçilmektedir. Bundan dolayı iklimlendirme sistemi için harcanan ilk yatırım maliyetlerinin düştüğü görülmektedir. Ayrıca boyutları küçülen iklimlendirme sistemi elemanlarının bina içerisinde işgal ettikleri alanlar azalacağından bina içinde kullanım yerleri artmaktadır. Isı yalıtımı yapılan binalar kullanıcıya her açıdan ekonomik, konforlu ve sağlıklı bir yaşam olanağı sunmaktadır.

1.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri

Isı yalıtım elemanlarının temel çalışma prensibi ısı geçişine karşı direnç oluşturmaktır. Bu açıdan yapıdaki mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip ürünlerden oluşmaktadır ve buna paralel olarak ısı yalıtım ürünleri genellikle heterojen yapıli malzemelerin bir karışımı olarak ele alınmaktadır.

Isı yalıtım malzemelerinin boşluklu yapıya sahip olmalarının neticesi olarak yoğunluklarının düşük olması ($10-1000 \text{ kg/m}^3$) beklenir. Malzeme bünyesindeki boşlukların çokluğu, yalıtımı yapan esas etmendir (Reman, 2000). Dolayısıyla

yoğunlukları düşük olan malzemelerin ısı yalıtım özelliği, yoğunlukları fazla olan malzemelere göre daha iyi olmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin bünyesinde hava boşluklarının olması, yalıtkanlık değerini artırsa da diğer özelliklerini farklı yönlerde etkileyebilmektedir. Örneğin gözeneklerin çok olması ısı tutuculuk değerini artırmakta, ancak basınç dayanımının değerini azaltmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtım malzemelerinin, ısı iletkenlik değerinin küçük olmasının yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli olan niteliklere de sahip olması gerekmektedir. Bu nitelikler, kullanım yerinin koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde ve malzemede aranacak özelliklerin belirlenmesinde, kullanım yerindeki geçerli koşulların birinci derecede etkilemektedir. Isı yalıtım malzemelerinde iyi bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönü ile tanımak ve bu malzemenin uygulama özelliklerini iyi bilmektir (Akıncı, 2007). Isı yalıtım malzemeleri, yalıtım görevlerini yerine getirirken kullanımı sırasında üzerlerine gelecek olan basınç gerilmelerine karşı koyabilecek dayanıma sahip olmalıdırlar. Isı yalıtım malzemesinin yeterli basınç dayanımına sahip olmaması durumunda malzeme, üzerine gelecek kuvvetlerden dolayı hasara uğrayacak ve görevini yerine getiremeyecektir.

Isı yalıtım elemanlarının genellikle plakalar halinde oldukları düşünüldüğünde, özellikle yatay ya da az miktar eğimli yapı elemanlarının oluşturulmasında, yeterli basınç mukavemetine sahip ısı yalıtım malzemelerine gereksinim duyulmaktadır. Mukavemetin yetersiz olduğu durumda ise malzemenin basınç mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler almak gerekmektedir. Dik olarak kullanılan yapı elemanlarında, ısı yalıtım malzemesi kullanılmasında ise düşey bir kuvvet uygulanmadığından dolayı, yalıtım malzemesinin mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler almaya veya yüksek mukavemetli ısı yalıtım malzemesi kullanmaya gerek yoktur.

Isı yalıtım malzemeleri, gerek üretim sürecinin gerekse bu malzemeyi oluşturan ana maddelerin kimyasal bileşimi ve yapısının bir sonucu olarak, kapalı ya da açık boşluklu hava veya gaz içeren maddelerdir. Bu durum, buhar akımı yönünden malzemenin kullanımını etkileyen çok önemli yapısal bir özelliktir. Bilindiği gibi, kapalı gözenekli yalıtkanlar bünyeleri bir süreklilik gösterdiği için gaz ve buharı geçirmez; buna karşılık açık gözenekliler, bir süreklilik söz konusu olmadığından, her türlü gaz ve buharın geçişine izin vermektedir (İzocam, 2002).

Su buharı, sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek ortamdan düşük ortama doğru ilerler ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır. Her malzeme, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı direnç gösterir. Bu direnç ile havanın su buharı difüzyon direnci arasındaki oran bize su buharı difüzyon direnç katsayısını (μ) vermektedir. Malzemenin su buharını tamamen geçirmesi halinde $\mu=1$, hiç geçirmemesi halinde ise $\mu= \infty$ (sonsuz) dur. Buhar difüzyon direnci $\mu=10.000-100.000$ arasındaki malzemelere; buhar kesici malzeme olarak tanımlanmaktadır (MMO Yalıtım, 2005). Buhar direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenmektedir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinde genellikle buhar difüzyon direncinin yüksek olması beklenmektedir (Paralı, 2009). Ayrıca, içine su veya buhar emen yalıtım malzemelerinde küflenme ve bakteriyel canlıların oluşması muhtemeldir. Bu açıdan ısı yalıtım malzemelerinin su ve nem emme özelliklerinin çok düşük olması gerekmektedir.

Yangın ve sıcaklık düşünüldüğü zaman ise ısı yalıtım malzemesinin üzerindeki örtünün ısıya dayanıklı olması gerekmektedir. Kullanılacağı yapı cinsine ve yangın yönetmeliğine uygun olmayan yalıtım malzemesinin kesinlikle montajı yapılmamalıdır.

Diğer bir önemli husus ise ısı yalıtımının uygulanması ve montajıdır. Isı yalıtım malzemesi kullanılan yerlerde, mekanik etkilere açık olmaları ve bitirme malzemeleri olmadıkları için, bu malzemelerinin başka bir malzeme ile korunması gereklidir. Bundan dolayı ısı yalıtım malzemeleri üzerine, kaplama tabakası uygulanmaktadır. Uygulamada genellikle sıva tabakası olarak görülen bu kaplama tabakasının yüzeye tutunması için ısı yalıtım malzemesi kuvvetli bir tutuculuk oluşturmak zorundadır.

Bütün diğer yapı malzemeleri gibi ısı yalıtım malzemeleri de kimyasal etkilere maruz kalır. Ancak ısı yalıtım malzemesinin bu etkilere karşı direnç gösterip özelliğini yitirmeyip sağlam kalması beklenmektedir. Isı yalıtım malzemeleri, özellikle uygulama sürecinde yoğun dış etkenlere maruz kalmaktadır. Isı yalıtımı uygulama takviminin yaz aylarında olması, malzemenin güneş ışınlarına maruz kalmasına neden olmaktadır. Uygulandıktan sonra ise malzeme, mevsim değişikliklerinde, yüksek sıcaklık farklarına maruz kalmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin değişik dış etkenlerde hacim ve şeklini değiştirmemesi gerekmektedir. Ayrıca ıslandığı zaman şişen ve üzerine basıldığı zaman ezilen malzeme, özelliğini yitireceğinden dolayı bu tür durumlara karşı malzeme iyi korunmalıdır. Bunun yanı sıra üretim sonrası ısı yalıtım malzemesi kullanıma hazır

duruma gelene kadar ki aşamaya kadar, deformasyona uğramaması gerekmektedir (Paralı, 2009).

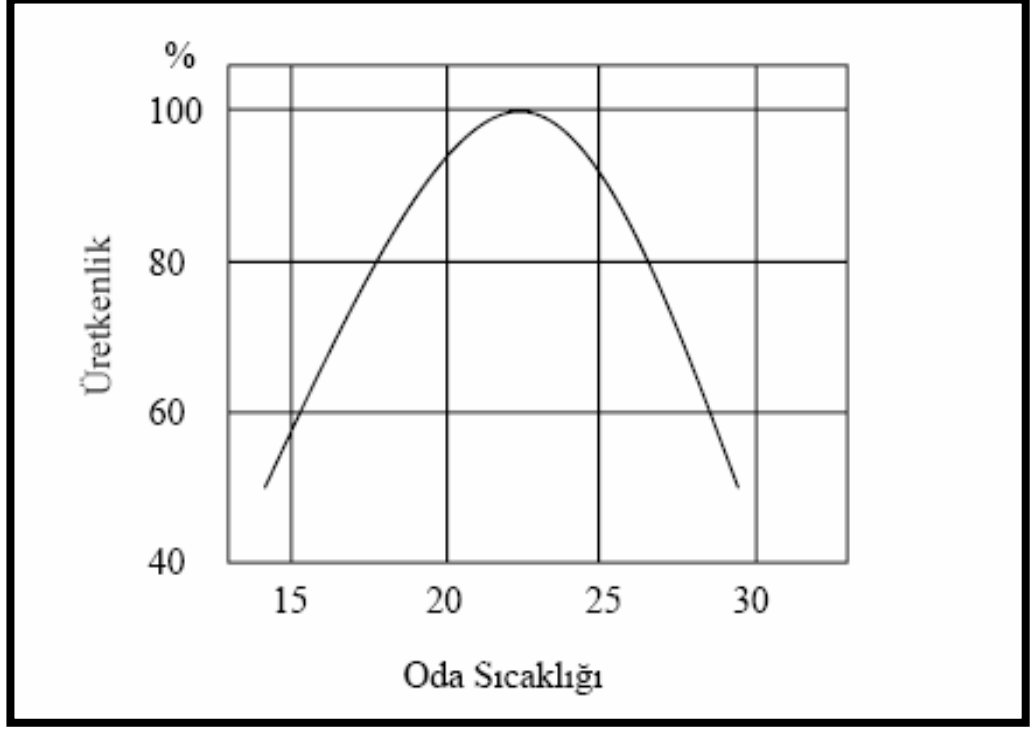
Ayrıca ısı yalıtım malzemelerinin etrafına kötü koku yaymaması hatta kokusuz olması gerekmektedir. Bu bağlamda montajı yapacak personelin ve daha sonra yapıda yaşayacak insanların olumsuz yönde etkilenmemesi amaçlanmaktadır. Bundan dolayıdır ki yalıtım malzemelerinin insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilememesi ve içerisinde parazit, bakteri gibi hastalık yapabilecek canlıların yaşamasına imkân vermeyecek şekilde olması gerekmektedir. Bu tür yalıtım malzemelerinin enerji performansı çok iyi olsa dahi, yapıya montajının yapılmaması gerekmektedir. Montaj öncesinden ısı yalıtımı yapılacak olan bina için, alternatif bütün yalıtım malzemeleri düşünülerek, ekonomiklik ve optimumluk analizlerinin ısı yalıtım kurallarına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Analiz sonucuna göre çıkan en uygun yalıtım malzemesinin seçilip, monte edilmesi gerekmektedir.

1.5. Isı Yalıtımının Isıl Konfora Etkisi

Isıl konfor; insanın bulunduğu ortamda ortamdaki ısısal harekete bağlı olarak hissettiği rahatlık duygusu olarak tanımlanmaktadır. Kişiye göre değişen ısı konfor; insan yaşı, ortama uyum sağlama, cinsiyet, ortamdaki hava akımı ve asimetric ısıtım gibi detay noktalar dışında, konfora etki eden en temel faktörler kişisel ve çevresel parametrelerdir. Isıl konfor bu iki başlık altında toplanmaktadır. Kişisel parametreler; Kişinin metabolik aktivite düzeyi ve kişinin giyinme durumudur. Çevresel parametreler ise; Ortam sıcaklığı, ortamın bağıl nemi, ortamdaki hava hızı ve ortamdaki yüzeylerin sıcaklığına bağlı olarak ortalama ısıtım sıcaklığı olarak sıralanabilmektedir (Yiğit ve Atmaca, 2008).

Dış ortamda gerçekleşen sıcaklık değişimleri ile buna bağlı olarak oturuşan evlerde, çalışma yapılan bürolarda sıcaklıkların değişimi yaşam kalitesini de etkilemektedir. İnsanın sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamda yaşaması ısı konfora bağlıdır. Isıl konfor, insanların bedensel ve zihinsel sağlığını direk olarak etkilemektedir. Çünkü ısı konforu yeterli seviyede olmayan bir ortamda çalışan insan, üzerindeki pozitif veya negatif yöndeki ısı yük ile dikkatinin dağılması ve bu durum neticesi olarak çalışma performansında düşmeye sebep olmaktadır (Karakoç, 1993).

Yapılan çalışmalarda ortam sıcaklığının insan çalışma verimini doğrudan etkilediği savunulmuştur, bu durumu destekleyen grafiksel çalışma Şekil 1.5.' de gösterilmektedir.



Şekil 1.5. Oda sıcaklığının çalışma verimine etkisi (Şen, 2006)

Isıl konforu sağlamak için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının düşürülmesi gerekmektedir. Bu fark ne kadar yüksek olursa konfor da o kadar düşük olacaktır. Konforlu bir mekân için, ortam ile yapı elemanı iç yüzey sıcaklık farkı en az 3°C olması gerekmektedir (Çizelge1.2.). İç yüzey sıcaklıklarının düşük olması durumunda ise ısının, ortam içinde soğuk yüzeylere doğru hareketi, istenmeyen hava akımları oluşturmaktadır. Bu hava akımları da konforu azaltmakta ve hastalıklara neden olmaktadır (Şen, 2006). Oluşan bu problemleri çözmek için, yapının ısı yalıtımının doğru bir biçimde yapılması gerekmektedir. Isı yalıtımı ile yaşam alanında homojen sıcaklık dağılımı oluşacağından istenmeyen hava akımları engellenerek daha konforlu ortamlar sağlanacaktır.

Çizelge 1.2. İç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farka göre konfor şartları (TS 825, 2008)

Duvar ile Ortam arasındaki sıcaklık farkı (°C)	Konfor Durumu
2	Çok Konforlu
3	Konforlu
4	Az Konforlu
6	Konforsuz
8.5	Soğuk
>8.5	Çok Soğuk

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Binalarda enerji yönetimi ve ısısal değerlerin optimum kullanılabilirliği, son zamanlarda araştırmacılar tarafından sıkça incelenen bir konu olmasına rağmen yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Diz (2003), yapmış olduğu çalışmada, örnek yapı olarak her katta 100 m²'lik dört dairenin bulunduğu, kat yüksekliği 2,6 m ve brüt hacmi 6500 m³ olan beş katlı bir binayı ele almıştır. TS 825'e göre yapılan hesaplamalar neticesinde birinci derece-gün bölgesinde yer alan örnek binanın yalıtımsız olması durumunda yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacı 176.946 kWh, yalıtımlı olması durumunda 71.111 kWh olarak hesaplamış olup yaklaşık % 60 oranında enerji tasarrufu sağlandığını belirtmiştir.

Morgül (2004) yaptığı çalışmada, binalarda sık kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtım uygulamalarını teknik ve ekonomik açıdan incelemiştir. Çalışmada örnek bir bina seçilmiş ve bu binaya dört farklı ısı yalıtım uygulaması yapmıştır. Binaya uygulanan dört farklı ısı yalıtım uygulamasının ısı kaybı hesapları yapmış ve yalıtım kalınlıklarını belirlemiştir. Yalıtım kalınlıkları ve yalıtım uygulamalarına göre yakıt tüketimleri baz alınarak ekonomik analizleri yapılmıştır.

Bayer (2006) çalışmasında İstanbul Ümraniye'de ikinci derece-gün bölgesinde klasik kolon-kiriş betonarme yapıya sahiptir, ayrıca konut için uygulanan duvar tasarımı tuğla duvardır. Mevcut durumuna göre konutun enerji performansını hesaplamıştır. Gözönüne alınan bina metraj değerleri Çizelge 2.1.'de verilmiş olup, hesaplamalarda bu değerler kullanılmıştır.

Çizelge 2.1. Örnek bina metraj değerleri

Yapı Elemanı Tipi	Metraj Değeri (m ²)
Duvar	2237
Tavan	281
Taban	580
Pencere	550
Kapı	7,65

Göz önüne alınan binanın yalıtımsız durumu yanında, dolgu duvarlarda 5cm XPS 30 yalıtım yapılmış durumuna göre, toprak temaslı duvar ve tabanda 3 cm XPS 30, çatı tavan kısmında 10 cm cam yünü şilte kullanılması durumları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yukarıda bahsedilen durumlara göre hesaplanan enerji performans sonuçları Çizelge 2.2.’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Örnek bina enerji performans değerleri

Yapı Durumu	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)
Yalıtımsız	690.919
Yalıtımlı	439.002

Sonuç olarak yapılan çalışma neticesinde binanın yalıtımsız durumda elde edilen ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri, TS 825 standardının belirlediği üst limit değerinden daha düşük olduğundan, (439.002 < 690.919) göz önüne alınan yalıtımlı binanın C tipi uygun bir bina sınıfına dahil olduğunu tespit etmiştir.

Yurtseven (2006), örnek binanın yalıtım projesi yapılmış, ısı kayıplarının TS825’e uygunluğunu önce el ile hesaplamış daha sonra bilgisayar programı ile kontrol etmiş ve sonuçları karşılaştırmıştır. Bina soğutma yüklerini hesaplarken ASHRAE’nin temel el kitabı’nın önerdiği “Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yüklerinin Hesabı”

metodunu kullanmıştır. Hem soğutma yükü hem de ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını bulurken Microsoft Visual C# 2005 programlama dili kullanmıştır. Analizi yapılan binanın metraj değerleri Çizelge 2.3.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Analizi yapılan binanın metraj değerleri

Yapı Elemanı Tipi	Metraj Değeri (m²)
Duvar	189
Tavan	90
Toprak Temaslı Taban	57,5
Hava Temaslı Taban	32
Pencere	20

Örnek bina için bulunan ısıtma enerjisi ihtiyacını 46.869 kWh olarak bulmuştur ve TS 825 ile karşılaştırılmasında olumlu sonuç elde etmiştir. Yapılan hesaplamaların daha sonra Excel programı yardımıyla sonuçları rapor halinde alınabileceği ve üzerinde değişiklik yapılabileceği söylenmiştir.

Özel ve Pıhtılı (2008) yaptıkları çalışmada, dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığı, ısıtma ve soğutma derece-gün değerleri birlikte ele alarak belirlemişlerdir. Hesaplamalar Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için yapılmıştır. Dış duvarlara Ekstrüde-polistren yalıtımı uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplamışlardır. İncelenen illere göre optimum yalıtım kalınlığının 0.04 ile 0.084 m arasında değiştiği, yıllık tasarrufun 21.94 ile 97.12 ₺/m² arasında değiştiği ve geri ödeme süresinin ise 1.45 ile 2.05 yıl arasında değiştiği belirlenmiştir.

Özutku ve Karakuş (2011a), yapmış oldukları çalışmada; Mustafa Kemal Üniversitesi (MKÜ) İskenderun Mühendislik Fakültesi binasının TS 825 standardına uygunluğunu irdelemişlerdir. Bina, birinci derece-gün bölgesinde etrafı açık rüzgâr ve güneş alan 2303 m²'lik alana kurulmuş olup yapılan hesaplamalar neticesinde, binanın

yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yalıtımsız durumdaki ısıtma enerjisi ihtiyacına göre % 46,8 daha az olduğu bulunmuş olup B tipi enerji verimli bina olduğu tespit edilmiştir.

Özutku ve Karakuş (2011b)'un yapmış oldukları çalışmada; Akdeniz bölgesinde bulunan MKÜ İskenderun Mühendislik Fakültesi binasının soğutma ve ısıtma sezonu enerji performansı eş zamanlı düşünülüp yalıtımlı, yalıtımsız ve farklı cam kaplama miktarlarına göre hesaplanması yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde ısıtma ve soğutma sezonu enerji performansları değerlendirilip iklimlendirme için harcanan enerji tespiti yapılmıştır. Sonuç olarak optimum cam kaplama miktarı bulunmuştur. Yapılan çalışma neticesinde, farklı durumlara göre elde edilen, iklimlendirme enerjisi değerlerinden, en küçük değerin cam kaplama % 25 azaltılmış durumu olduğu görülmektedir. En az enerji ile gerçekleşen iklimlendirmenin en uygun durum olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Giriş

Yapılan çalışmada Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası gözönüne alınmış olup iklimlendirme enerjisi hesaplaması yapılmıştır. İklimlendirme enerjisinin temel unsurları ısıtma enerjisi ihtiyacı ve soğutma yükü değerleridir. Isıtma enerjisi ihtiyacı İZODER'in TS 825 hizmet programıyla, soğutma yükü ise ISISAN'ın soğutma yükü hesap yöntemine göre yapılmıştır.

3.1.1. MKÜ Mühendislik Fakültesi Bina Özellikleri

Gözönüne alınan bina Hatay'ın İskenderun ilçesinde 144 ofis odasına sahip, birinci derece-gün bölgesinde etrafı açık, rüzgâr ve güneş alan 3070 m²'lik alana kurulmuş üniversite yönetim binasıdır. Binanın ön ve yan görünüşleri Şekil 3.1.'de görülmekte olup brüt hacmi yaklaşık 28.888 m³'dür.



Şekil 3.1. MKÜ Mühendislik Fakültesi ön ve yan cephe görüntüsü

Binanın metraj bilgileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Ayrıca, bina cam kaplama olup, güneye bakan 547,5 m², kuzeye bakan 547,5 m², doğuya bakan 547,5 m², batıya bakan 547,5 m² olup toplam cam alanı 2190 m²'dir.

Çizelge 3.1. Gözönüne alınan binanın yapı bileşeni tipleri ve alanları

Yapı Bileşeni Tipi	Yapı Elemanı Alanı (m ²)
Duvar Dış Havaya Açık	1584
Taban Toprak Temaslı	560
Taban Açık Geçit Üzeri	1080
Tavan Üzeri Açık	1640
Cam Kaplama	2190

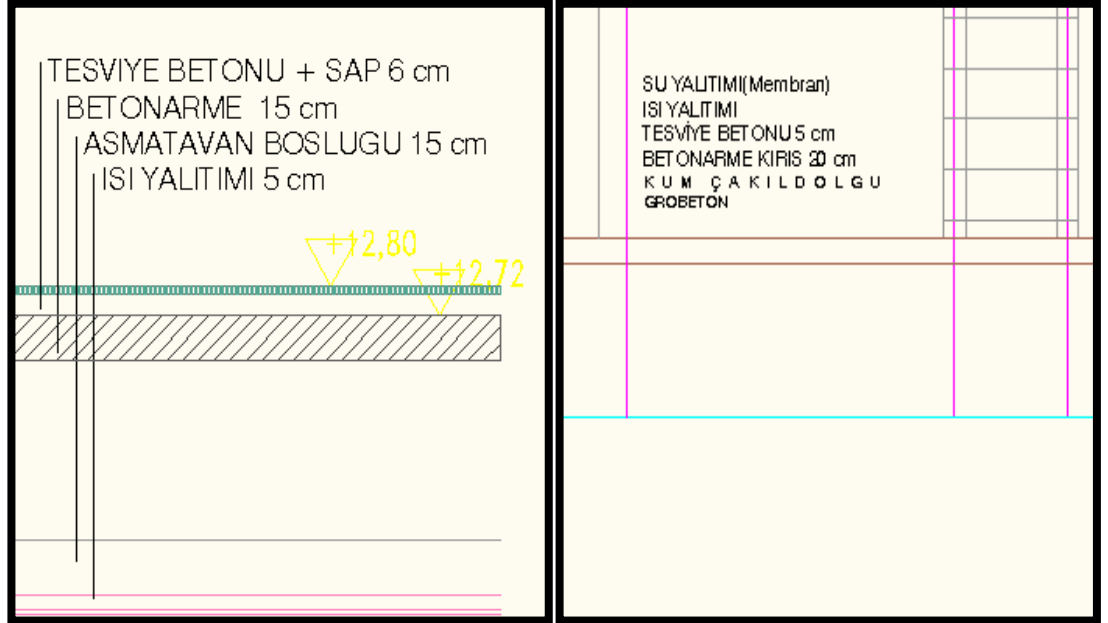
Bina havalandırma şekli doğal ve cebri havalandırma olup, havalandırılan hacim miktarı 23.110 m³'dür. Binada ısı yalıtım malzemesi olarak XPS 30 sıkıştırılmış köpük ve taş yünü kullanılmıştır. Taşıyıcı kolon ve kirişlerde C25 betonu kullanılmış olup, duvarlarda 10cm kalınlığında gaz beton kullanılmıştır. Kat yüksekliği 3 m olup, zemin kat 560 m², ara kat 341,21 m² ve idare katı 3x1640 m² olup bina toplamda beş katlıdır. Bina 7461 m² kullanım alanına sahiptir. Bina dış cephe duvar kısımlarında terra-cotta kaplaması yapılmıştır. Bu yapı malzemesi kil ve kaolen gibi doğal malzemelerin fırınlanması ile elde edilir ve en büyük avantajı bina cephelerinin doğal havalandırmasına olanak sağlamaktadır. Binada cam kaplamalarda açılıp kapanabilen pencereler bulunmaktadır. Kullanıcı ihtiyacına göre, taze hava girişini kendisi ayarlayabilmektedir. Güneş kontrolü için pencere arkalarında jaluziler kullanılmıştır. Islak alanlarda mahremiyetten dolayı cam kaplamanın yerini gaz beton duvar tasarımları almıştır

Binada merkezi iklimlendirme sistemi kullanılmış olup odalara menfezler konulmuştur. Ayrıca, merkezi sıcak su üretimi sağlanarak odalarda bulunan kalorifer petekleri ile ısıtma da yapılabilmektedir. Kullanıcı ortam sıcaklığını duvarlarda bulunan kumanda panelinden istediği konfor derecesine göre ayarlayabilmektedir. Binada kullanılan yapı malzemelerine bakılacak olursa yapı bileşenine göre Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Bina tabanında kullanılan yapı elemanları

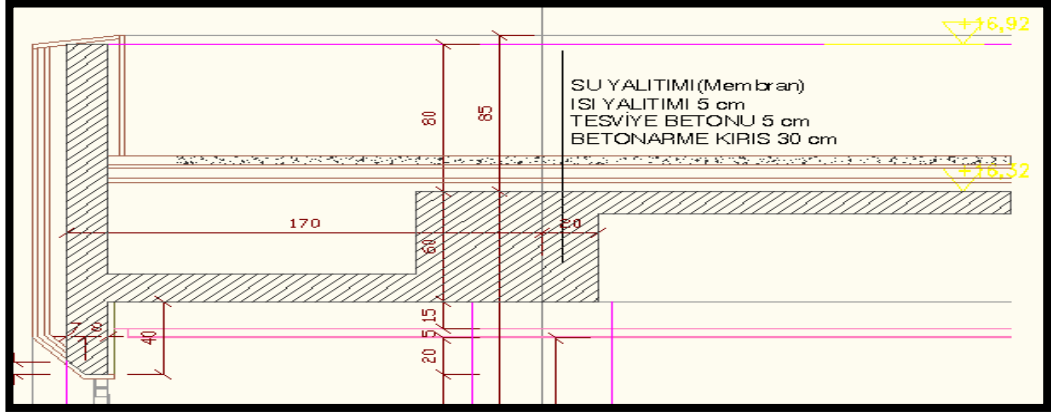
Toprak Temaslı Taban Yapı Elemanları		Alt Geçitli Taban Yapı Elemanları	
Malzeme Türü	Uygulama Kalınlığı (cm)	Malzeme Türü	Uygulama Kalınlığı (cm)
Seramik	3	Seramik	3
Tesviye Betonu	5	Tesviye Betonu	5
C25 Beton	20	C25 Beton	15
Cüruf	35	Isı Yalıtımı	5
Blokaj (Mıcır)	15	Kireçli Alçı Harcı	2

Yapı elemanlarının proje üzerindeki gösterimleri Şekil 3.2., Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'de gösterilmektedir. Bina yapısı Şekil 3.5.'de görüldüğü gibi toprak temaslı taban miktarı açık geçit üzeri taban miktarından oldukça az miktardadır ve ısıtılan hacimlerin büyük çoğunluğu açık geçit üzeri tabanın üstünde kalan hacimlerdir.

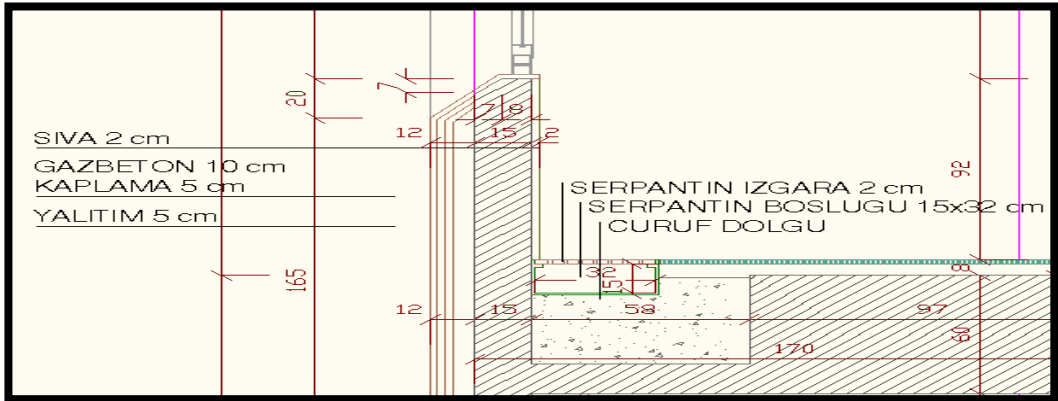
**Şekil 3.2** Bina taban yapı bileşenleri

Çizelge 3.3. Duvar ve açık geçit üzeri tavan yapı elemanları

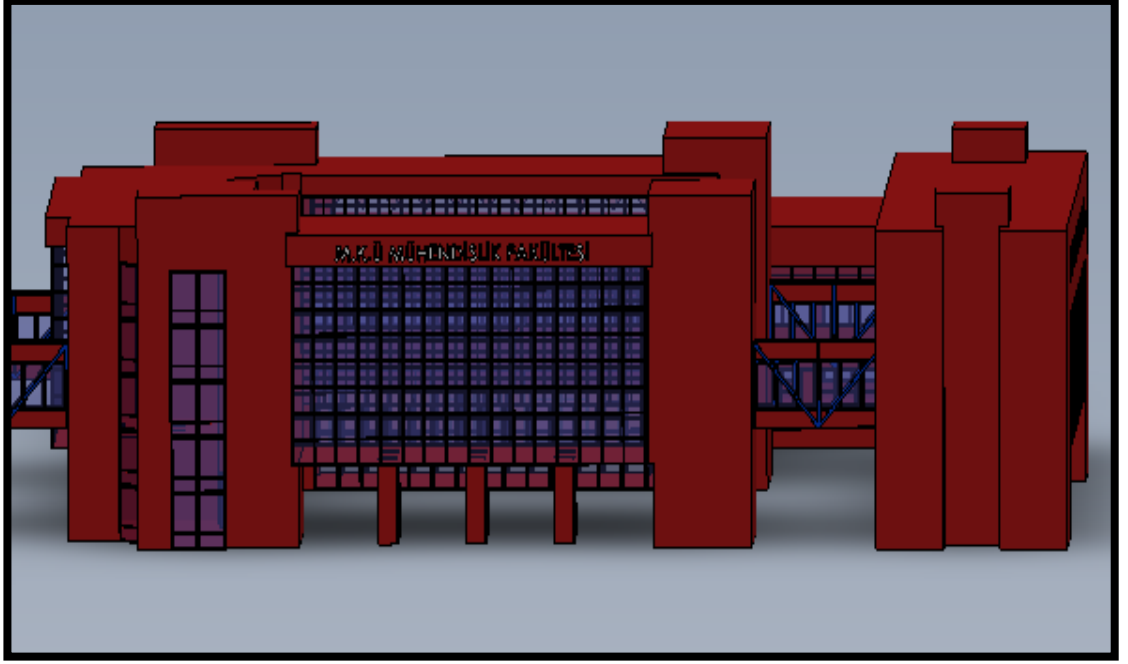
Duvar (Dış Ortama Açık) Yapı Elemanları		Tavan (Üzeri Açık) Yapı Elemanları	
Malzeme Türü	Uygulama Kalınlığı (cm)	Malzeme Türü	Uygulama Kalınlığı (cm)
Alçı Harcı, Kireçli	1	Kireç-Çimento Harcı	1
Gazbeton	10	C25 Beton	30
XPS30	5	XPS 30	5
Alçı Harcı, Kireçli	1	Kireç-Çimento Harcı	1
Terra-Cotta	3	Membran	1



Şekil 3.3. Açık geçit üzeri tavan yapı bileşenleri



Şekil 3.4. Dış ortama açık duvar yapı bileşenleri



Şekil 3.5. Bina katı model görünümü

3.2. Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı

TS 825'in hazırlanma ve uygulanma hedefi Türkiye'deki binaların ısıtma sezonunda kullandığı enerji miktarlarını belli sınırlar içine alarak enerji tasarrufu sağlamaktır. Ayrıca, kullanılan standart ile: hesap metodu ve sabit değerler içererek tasarımcı için, binanın en uygun enerji analizinin yapılabilmesi sağlanmaktadır. Yeni yapılan binalara tasarım seçeneklerini belirleyebilmenin yanı sıra mevcut binaların da net ısıtma ihtiyaçları belirlenebilmektedir. Bu standart ile ülkedeki tüm binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını milli seviyede tutmak temel amaçlardan bir tanesidir.

TS 825 standardı insanların dış iklim şartlarından korunduğu, barındığı, çalıştığı ve eğlendiği, konutlardan hastanelere, müzelere hatta yüzme havuzlarına kadar ülkedeki tüm kamu ve özel binalara uygulanmak zorundadır. Bu standart doğrudan, yakıt ekonomisi, ilk yatırım giderleri, insan sağlığı ve onarım giderlerini etkilemekte olup binaları tek bir yapı olarak ele almaktadır. TS 825'in uygulandığı hesaplamalarda ise ısıtması yapılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan veya ısıtılmayan hacimlerden ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşmaktadır. Ayrıca hesaplamalarda dıştan dışa alınan ölçüler kullanılmaktadır.

Yeni yapılan binalarda TS 825 standardında verilen hesaplama metoduna göre birim alan veya birim hacim başına ihtiyaç duydukları ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri olarak belirlenmekte olup bu değerlerin üzerindeki değerler uygun değer sınıfına girememektedir.

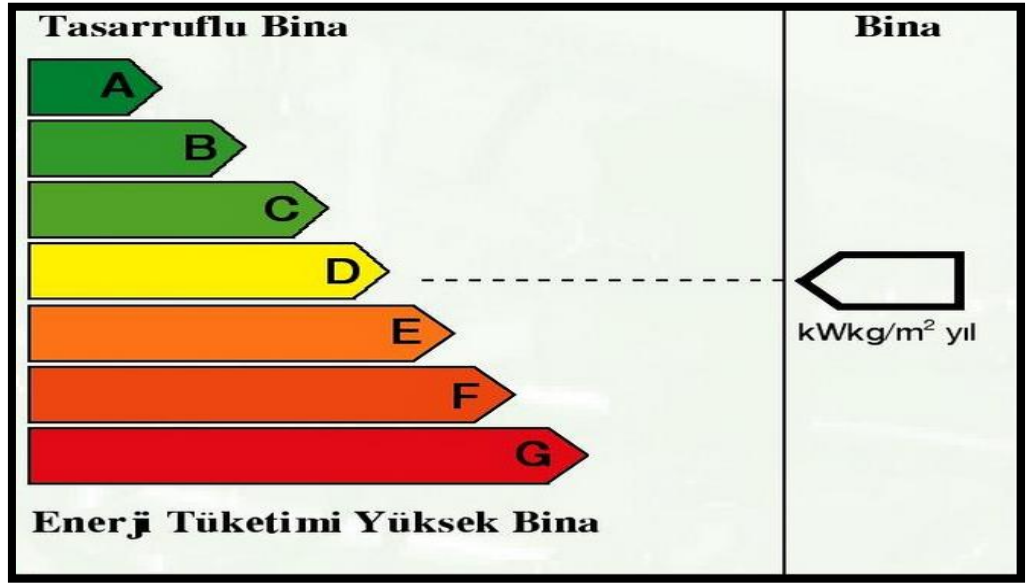
TS 825’de binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen temel faktörler; bina özellikleri ve binada kullanılan yapı elemanlarıdır. Binanın standarda uygun olabilmesi için en temel şart, doğru yapı elemanı kullanımıdır. Ayrıca ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi kazançları olarak belirtilmiştir. İletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve solar kazançları da dikkate alınmıştır. Bu etkenlerin hesaba katılmasıyla daha hassas sonuçlar elde edilmiştir. Bina ısıtma enerji ihtiyacının sınır değerlerinin altında olacak şekilde malzeme seçimi ve ısı yalıtımı açısından da ısı transfer hesap ayrıntılarına ait çözümlerin projelendirilmesi ve raporlanması yapılmaktadır.

Yeterli kalınlıkta ısı yalıtımı yapılmamış bir binada, ısıtma sezonunda konfor için gerekli iç sıcaklığa ulaşmak için, ihtiyaç duyulan ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanmaktadır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekmektedir. TS 825 standardında belirlenen hesap yöntemi kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenmekte ve bu değer yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanmıştır. Bu değer toplam ısıtma enerjisi ihtiyacından güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanmaktadır. Böylece, binanın ısıtma sezonu enerji performansının gerçeğe daha yakın bir değer ile bulunması mümkün olmaktadır. Ayrıca analizi yapan teknisyene, ısıtma sezonunda güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkanı sunmaktadır.

Bir diğer önemli husus olan binanın dış ortam ile temas halinde bulunan tüm yapı elemanlarında meydana gelen buhar difüzyonunun analiz edilmesi ve TS 825 standardında verilen şartları her bir yapı elemanının yoğuşma şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Buna göre TS 825 standardı yapı elemanlarında yoğuşan su miktarının, yoğuşmanın meydana geldiği kesitteki yapı malzemelerine zarar vermeyecek değerde olması gerektiğini ve bu sınır değerini aşılmasını ve kuruma periyodunda tamamen buharlaşması gerektiğini belirtmektedir. Isıtma sezonu bina

enerji performansı sınır değerleri içerisinde kalacak şekilde tasarlanan bir binada bulunan tüm yapı elemanları yoğuşma kriterlerini de sağlıyorsa, yapılan tasarımın uygun olduğu rapor haline getirilmektedir. Yoğuşma miktarları veya ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825 sınır değerlerinden herhangi birisini sağlayamayacak şekilde tasarlanan binaların standarda uygun olmadığından, yapı ruhsatı almaları engellenmiştir.

Bina ruhsatı alınırken bina enerji performans değerine göre binanın sınıflandırılmasının yapılması gerekmektedir. Bu sınıflandırmaya göre A-G arasında binalar enerji performansı göz önüne alınarak kategoriye ayrılmaktadır (Şekil 3.6.), A-B-C sınıfı binalar enerji performansı açısından uygun olan binalardır ve ruhsat alabilecek enerji performansına sahip bina sınıfındadır. Diğer sınıflara giren binalar ise enerji verimliliği düşük olan sınıfları temsil etmektedir ve yapı ruhsatı alamamaktadırlar.



Şekil 3.6. Bina enerji sınıfları (Anonim 2012c)

3.2.1.İZODER TS 825 Hizmet Programı

İZODER tarafından hazırlanan, TS 825 Hizmet programı binalarda ısı yalıtım kurallarını ve Devlet Meteoroloji İşlerinin son 20 yıllık bilgilerini esas alarak çalışmaktadır. Bu program kullanılarak TS 825 standardına göre tanımlanan özgül ısı kaybı hesabı ve yoğuşma analizi yapılmaktadır. Bulunan değer ile TS 825 standardının

sınır şartlarını mukayese ederek, tasarlanan yapının enerji verimliliği ile ilgili ulusal mevzuatlara uygunluğunu değerlendirilmektedir.

Bu değerlendirme sonucunda yapı ve yalıtım elemanlarının, uygun malzeme ve kalınlıkta olup olmadığı, net ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yapı üzerinde oluşabilecek ısı köprülerini, hangi yapı elemanının üzerinde yoğunlaşma olabileceği program tarafından tespit edilebilmektedir.

Ayrıca, 08 Mayıs 2000 tarih ve 24043 sayılı resmi gazetede yayımlanan Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği kapsamında yer alan ve belediyelerce aranan ısı İhtiyacı Kimlik Belgesi, hesaplama verileri kullanılarak program tarafından oluşturulmakta ve programda kullanıcıların yalıtım maliyetlerinin geri ödeme sürelerini hesaplamalarına olanak tanıyan ilave bir hesaplama modülü bulunmaktadır (İZODER, 2011).

İZODER Programı temel olarak TS 825 Standardına paraleldir. İZODER TS 825 hizmet programı tasarımcının analizi kolay yapabilmesi için hazırlanmış bir programdır. Bu açıdan tüm bilgi ve çizelgelere programın ağaç yapısı sayesinde ulaşmak mümkündür.

3.2.2. TS 825'e Göre Bina Isı Kaybı Hesap Metodu

TS 825'e göre bina ısı kaybı hesabına etki eden ve ısıtma enerjisi ihtiyacını belirleyen faktörler dikkate alınarak, raporlama yapılmakta olup direk olarak etkileyen başlıca faktörler;

Bina yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları, bina taze ihtiyacından dolayı havalandırmadan dolayı oluşan ısı kayıpları, binayı kullanan insanların konforu için ihtiyaç duydukları sıcaklık değeri, iklim ve mevsime göre gün içerisinde dış ortam sıcaklık değerlerinin değişimleri, hakim rüzgar yönü ve şiddeti, binadaki ısıtma sistemi dışındaki ısı kazançları, aydınlatmadan gelen ısı kazançları ve saydam bina elemanlarından ışıınım ile gelen solar kazançlardır.

TS 825 yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını belirleme için çözüm yöntemi önermektedir. Bu yöntemde göre incelenecek oran, mevcut binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanının binanın brüt hacmine bölünmesiyle elde edilir (Yurtseven,

2006). Çizelge 3.4.'de verilen değerler sınır değerlerdir ve bina ısı kayıplarının bu değerleri aşmaması gerekmektedir.

Çizelge 3.4. Bölgelere göre Atop/Vbrüt oranlarına bağlı olarak gereken ısıtma enerjisinin hesaplanması (TS 825, 2008)

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

Ayrıca TS 825' e göre bina ısıtma enerjisi ihtiyacı için sınır değerler Çizelge 3.4.'e göre belirlenirken, binanın kullanım alanı (AN) veya ısıtılacak yapı hacmi (Vbrüt) ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu ilişkilendirmedeki temel durum bina kat yüksekliğidir. Kat yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda AN ile ilişkili, 2,60 m'den yüksek olan binalarda ise Vbrüt ile ilişkili değerlerin Çizelge 3.4.'den seçilmesi gerekmektedir.

Isı yalıtımı uygulaması yapılmış bir binada, ısıtma sezonunda, iç ortamda sağlanması gereken konfor sıcaklığına, ulaşmak için gerekli ısıtma enerjisinin bir bölümü güneşten gelen solar kazançlardan ve aydınlatma vb. iç kaynaklardan sağlanmaktadır. Isıtma enerjisi ihtiyacının geri kalan kısmı ise iç ortama ısıtma sistemiyle verilmesi gerekmektedir. TS 825, ısıtma sistemiyle binaya verilmesi gereken enerji miktarını, toplam ısı kayıplarından güneş enerjisi ve iç kazançları çıkartarak hesaplamaktadır. Ayrıca, İZODER TS 825 hizmet programı yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını, ısıtma sezonundaki ayları baz alarak hesaplamaktadır.

3.2.2. TS 825'e Göre Yıllık Isıtma Enerjisi Hesap Metodu

Binalar için ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılırken binanın bulunduğu bölgede, hangi aylarda ısıtma yapıldığına dikkat edilmelidir. Bölgelere göre ısıtma enerjisi büyük farklılık göstermektedir. Çünkü 4. derece gün bölgesinde ısıtma yapılırken 1. derece gün soğutma yapıyor olabilmektedir.

Binalarda tek bölge için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılırken, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır (TS 825, 2008);

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı Eşitlik 3.1'den hesaplanmaktadır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (3.1)$$

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanırken ısıtma sezonundaki ayların, aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanıp toplanması gerekmektedir. Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

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

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
- $\Phi_{i,ay}$: 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)

Binanın ısıtma enerjisi hesaplanırken özgül ısının bulunması gerekmektedir. Özgül ısının temel iki bileşeni vardır. Bunlardan birincisi iletim yoluyla gerçekleşen ısı

kaybı (H_i), ikinci ise havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_h), bu iki değerin toplanması sonucu çıkan değer de binanın özgül ısı kaybını vermektedir.

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

3.2.3. İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybını hesaplamak için Eşitlik 3.4 kullanılmaktadır (TS 825, 2008).

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

Burada;

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

L : Isı köprüsü uzunluğu (m)

ΣAU :Yapı elemanlarında gerçekleşen iletim yolu ile gerçekleşen toplam ısı kaybı

İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybını hesabında bina yapı elemanlarında gerçekleşen ısı kaybı Eşitlik 3.5 kullanılarak bulunmaktadır.

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

Burada;

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

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

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

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

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

U_{dsic} :Düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarının toplam ısı transfer Katsayısı (W/m^2K)

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)
 $Adsic$:Düşük sıcaklıktaki ortamları yapı elemanlarının alanı (m^2)

Toplam ısı transfer katsayısı (U), binayı oluşturan elemanların kalınlıkları, ısı iletim katsayıları, bina dışındaki havanın ısı taşınım katsayısına ve bina iç ortam taşınım katsayısına bağlıdır. Kartezyen koordinatta ısı transferi prensibine göre koordinat düzlemine eklenen her eleman ısı transferine karşı direnç oluşturmaktadır. Bu açıdan mevcut yapı bileşeninde kullanılan eleman sayısı arttıkça toplam ısı iletim katsayısı (U) düşmektedir, Burada verilen toplam ısı transfer katsayısını hesaplamak için, aşağıda verilen eşitlikler kullanılmaktadır (TS 8442, 1990).

Toplam ısı transfer katsayısı Eşitlik 3.6'dan hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \dots + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3.6)$$

Burada;

- $1/\alpha_i$:İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (m^2K/W)
 $1/\alpha_d$:Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (m^2K/W)
 d :Yapı elemanın kalınlığı (m)
 λ :Yapı elemanın ısı iletim katsayısı (W/mK),

Yapı bileşeni üzerinde kaç adet yapı elemanı kullanılmışsa Eşitlik 3.6'da hepsinin kalınlıklarının ve ısı iletim katsayılarının girilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde eksik girilen her yapı malzemesi çözüm hassasiyetini olumsuz yönde etkilemektedir.

3.2.4. Havalandırma ile Gerçekleşen Isı Kaybı

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı Eşitlik 3.7'den hesaplanmaktadır (TS 825, 2008).

$$H_h = \rho \cdot c \cdot V = \rho \cdot c \cdot \eta h \cdot V_h = 0,33 \eta h \cdot V_h \quad (3.7)$$

Burada;

H_h :Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

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

c :Havanın özgül ısısı (J/kg K)

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

ηh :Hava değişim sayısı ($h-1$)

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

3.2.5. Aylık Ortalama İç Kazançlar

İç kazançlar aşağıdaki maddeleri kapsamaktadır; (TS 825, 2008)

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

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar değeri, kullanıma alanına bağlı olarak aşağıdaki durumlara göre alınabilmektedir.

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.

3.2.6. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

TS 825 aylık güneş enerjisi miktarlarını göz önüne alırken direkt ışıınımı hesaba katmaktadır. TS 825'in hesap yöntemine göre aylık güneş enerjisi kazancı Eşitlik 3.8' e göre hesaplanmaktadır (TS 825, 2008).

$$\Phi_{g,ay} = \Sigma r_{i,ay} + \Sigma g_{i,ay} + \Sigma I_{i,ay} + A_i \quad (3.8)$$

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 Çizelge 3.5.'de yönlerle göre alınmaktadır.

Çizelge 3.5. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıınımı şiddeti değerleri [W/m^2] (TS 825, 2008)

Aylar	Igüney	Ikuzey	Ibatı/doğu
Ocak	72	26	43
Şubat	84	27	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

Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$)’nün seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulur (TS 825, 2008).

1. Ayrık (müstakil) ve az katlı (üç kata kadar) binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay} = 0,8$
 2. Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmeye maruz bölgeler için; $r_{i,ay} = 0,6$
 3. Bitişik nizam ve/veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri için; $r_{i,ay} = 0,5$
- Değerleri kullanılmalıdır.

“i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) değerinin seçiminde ise aşağıdaki iki faktör ve onları etkileyen durumlar göz önünde bulundurulur (TS 825, 2008).

1. $g_{i,ay} = 0,80 g^\perp$ Burada; $g^\perp$: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.
 2. $g^\perp$ 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 $g^\perp = 0,50$
- (TS 825, 2008)

3.2.6.1. Kazanç Kullanım Faktörü

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 depolanmaktadır. Bu nedenle kazançlar belirli bir oranda azaltılır ve kazanç kullanım faktörü, KKO tanımlanmaktadır.

Bu faktör kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğü ile binanın termal kütlesine bağlıdır (TS 825, 2008).

Aylık ortalama KKO değeri Eşitlik 3.9'a göre hesaplanmaktadır.

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})/H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (3.9)$$

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.

KKOay oranı 2,5 ve üzerinde ise, o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilmektedir.

KKOay kazanç/kayıp oranıdır ve Eşitlik 3.10 'a göre hesaplanmaktadır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(1-/KKO_{ay})} \quad (3.10)$$

Burada;

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörüdür (Birimsiz).

3.3.1.Soğutma Yüğü Hesabı

Soğutma yüğü, oturulacak veya soğutulacak ortamı istenen konfor şartlarına getirebilmek ve bu şartlarda tutabilmek için ortam havasından çekilmesi gereken ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır (Hüsamettin ve ark. 2006).

Bina soğutma yüğü bulunurken, hesaplanması gereken değer bina ısı kazançlarıdır. Bu sebeple bina ısı kazançları iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bir binanın ısı kazancı hesabı yapılırken dikkate alınması gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Dış Isı Kazancı; İklimlendirilecek yapının dış kabuğundan iç ortama transfer edilen ısı enerjisinin toplamına denir. Bunlar da;
 - Saydam yapı elemanlarından ışıınım ile gerçekleşen solar kazançları
 - Yapı elemanlarından iletim ve taşınım ile gerçekleşen ısı kazançları
 - Yapının taze hava ihtiyacını karşılamak için havalandırmayla gerçekleşen ısı kazançlarından oluşmaktadır.

2. İç Isı Kazancı; İklimlendirilecek yapı içerisinde dış etkilere bağımsız olarak oluşan ısı kazançlarıdır. Bunlar;

- Aydınlatmalardan
- İnsanlardan
- Makinelere
- Komşu mahallerden gelen ısı kazançları kapsamaktadır.

3.3.2. ISISAN Isı Kazancı Hesap Metodu

3.3.2.1. Güneşten Gelen Işınım ile Olan Isı Kazancı

Güneşten gelen ışınlar yapının sadece saydam elemanlarından geçer ve saydam yapı elemanlarının bulunduğu mahallerde ısı yük oluştururlar. Bu açıdan baktığımızda güneşten gelen solar kazançların olduğu bölgeler: Pencereler ve dış yüzeyi cam kaplama olan mahallerdir. Solar kazançların etki derecesini saydam yapı elemanının baktığı yön ve alanı belirlemektedir. Ayrıca solar kazancın etkisi saydam yapı elemanının baktığı yöne bağlı olarak, gün içerisindeki saat değerine göre de değişmektedir. Saat değerlerinin yönler ile ilgili etkisi Çizelge 3.6.' da gösterilmektedir.

Çizelge 3.6. Güneş ışınımıyla yönler ve saatlere göre gelen ısı akısı
(W/m², 40° Kuzey Enlemi İçin Geçerlidir) (ISISAN, 2011)

Yön	Saat 08:00	Saat 12:00	Saat 16:00
Batı	50	50	500
Doğu	500	50	50
Güney	50	200	50
Kuzey	50	50	50
Kuzey Doğu	350	50	50
Güney Doğu	350	150	50
Güney Batı	50	150	350
Kuzey Batı	50	50	350

Solar yüklerin hesabı yapılırken, kullanılacak en temel parametre pik saattir. Mahalin baktığı yöne göre en yüksek ısı akısının olduğu saat, pik yükünün olduğu saattir. Saydam yapı elemanlarının baktığı yönler göre alanları hesaplanmalıdır ve pik saatin oluştuğu saat baz alınarak Çizelge 3.6.'ya göre işlemler yapılmaktadır.

Saydam yapı elemanlarından gelen ısı yükler Eşitlik 3.11 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_R = Q_G \times F \quad (3.11)$$

Burada;

Q_R : Saydam yapı elemanlarından gelen ısı kazancı (W)

Q_G : Pik saatin ışınlama ile gelen ısı akısı (W/m^2)

F : Saydam yapı elemanın alanı (m^2)

Saydam yapı elemanlarından ışınlama ile olan ısı kazancı hesaplandıktan sonra Çizelge 3.7. kullanılarak cam özelliği ve gölgelenme faktörü de hesaplamalara eklenerek, saydam yapı elemanlarında oluşan net ısı kazancı hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.7. Saydam yapı elemanlarında gölgelenme faktörü (ISISAN, 2011)

Cam Durumu	Gölgelenme	İçte Jalûzi veya Perde, Açık Renk	İçte Jalûzi veya Perde, Koyu Renk	Dışta Jalûzi/Tente
Normal Cam	1.0	0,6	0,75	0,15-0,20
Çift Cam	0,9	0,5	0,65	0,15-0,20
Renkli Cam	0,40-0,6			

Saydam yapı elemanlarında gölgelenmeye bağlı oluşan net ısı kazancı, Eşitlik 3.12 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q_{RN} = Q_R \times K \quad (3.12)$$

Burada;

K :Gölgelenme Faktörü (Çizelge 3.7.)

Q_{RN} :Saydam yapı elemanından gelen net ısı kazancı (W)

3.3.2.2. Çatıdan Gelen Isıl Yükler

Bina çatısından oluşan ısı kazançları bina çatısını oluşturan yapı elemanlarına ve çatı tasarım şekline bağlı olarak değişmektedir. Çatıdan oluşan ısı kazançlarını hesaplamak için öncelikle çatıyı oluşturan yapı elemanların toplam ısı transfer katsayısının bulunması gerekmektedir. Fakat ISISAN, çatının ısı geçirgenlik katsayısını çatı şekline bağlı olarak pratik değerler şeklinde Çizelge 3.8.'de göstermektedir.

Çizelge 3.8. Çatı Yapı elemanına göre ısı geçirgenlik katsayısı (ISISAN, 2011)

Çatı Durumu	Isı Geçirgenlik Katsayısı, U W/m ² .K
Yalıtımsız Düz veya Eğimli Çatı	2,20
Yalıtımlı (2,5 cm) Düz veya Eğimli Çatı	1,0
Yalıtımlı (5 cm) Düz veya Eğimli Çatı	0,6

Toplam ısı transfer katsayısı formülü, Eşitlik 3.13 kullanılarak hesaplanmaktadır. Doğru sonuç alınabilmesi için, yapı tipini oluşturan tüm malzemelerin, kalınlık ve iletim katsayı değerlerinin Eşitlik 3.13'e girilmesi gerekmektedir.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \dots + \frac{1}{\alpha_d} \quad (3.13)$$

Burada;

U :Çatı yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m².K)

$1/\alpha_i$:İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (m²K/W) (Çizelge 3.11.)

$1/\alpha_d$:Dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (m^2K/W) (Çizelge 3.11.)

d :Yapı elemanın kalınlığı (m)

λ :Yapı elemanın ısı iletim katsayısı (W/mK)

Çatıdan gelen ısı yükler ise Eşitlik 3.14'e göre hesaplanmaktadır.

$$Q_{\text{ÇATI}} = U \times F \times \Delta t_{\text{eş}} \quad (3.14)$$

Burada;

$Q_{\text{ÇATI}}$:Çatıdan gelen ısı yükler (W)

$\Delta t_{\text{eş}}$:Eşdeğer sıcaklık farkı.(Çizelge3.9.)

F :Çatı ve teras alanı (m^2)

Güneşe maruz ve gölgedeki çatılara ait ısı kazancının hesaplanması için kullanacak olan eşdeğer sıcaklık farkı ısı transferinin gerçekleştiği iki farklı sistemin sıcaklıklarının arasındaki mutlak değer olarak nitelendirilmektedir. Bilindiği üzere sıcaklık farkı, ısı transferinin olmazsa olmaz şartıdır. Bu açıdan hesaplamalarda kullanılan eşdeğer sıcaklık farkı ($\Delta t_{\text{eş}}$) değeri, bina yapı elemanları kalınlığına, yapı elemanının malzeme cinsine ve yapının güneş zamanına göre Çizelge 3.9. kullanılarak seçilmektedir. Seçilen eşdeğer sıcaklık ile yapı elemanı üzerinden geçen ısı miktarı bulunmaktadır.

Çizelge 3.9. Çatı konstrüksiyonun cinsine göre eşdeğer sıcaklık farkı (ISISAN, 2011)

Çatı Konstrüksiyonun Cinsi	Güneş Zamanı								
	Öğleden Önce			Öğleden Sonra					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Hafif Konstrüksiyonlu Çatılar-Güneşe Maruz									
2,5 cm tahta veya 2,5 cm tahta + 5 cm yalıtım	6,7	21,1	30	34,4	28	14,4	5,6	2,2	0
Orta Konstrüksiyonlu Çatılar- Güneşe Maruz									
5 cm Betonarme veya 5 cm betonarme + 5 cm yalıtım	3,3	17	27	28	32	18	7,8	3,3	1,1
5 cm Alçı veya 5 cm Alçı + 2,5 cm yalıtım	0	11,1	22	28,9	30	23,3	11,1	5,6	3,3
5 cm Tahta veya 5 cm Betonarme + 10 cm cam yünü kaplı tavan									
Ağır Konstrüksiyonlu Çatılar - Güneşe Maruz									
15 cm Betonarme	2,2	3,3	13	21,1	24	24,4	17,8	10	6,7
15 cm Betonarme + 5cm yalıtım	3,3	3,3	11	18,9	23	24,4	18,9	11	7,8
Gölgedeki Çatılar									
Hafif Konstrüksiyonlar	-3,2	0	3,3	6,7	7,8	6,7	4,4	1,1	0
Orta Konstrüksiyonlar	-2,2	-1,1	1,1	4,4	6,7	6,7	5,6	3,3	1,1
Ağır Konstrüksiyonlar	-1,1	-1,1	0	2,2	4,4	5,6	5,6	4,4	2,2

3.3.2.3. Duvar ve Saydam Yapı Elemanlarında (Pencerelerden) Gelen Isıl Yükler

Duvar ve saydam yapı elemanlarının ısı kazancının hesabı için, yapı elemanları ve eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır. Duvar ve saydam yapı elemanlarında oluşan ısı yüklerinin hesabında Eşitlik 3.14 kullanılarak hesaplanmaktadır. Ayrıca, yapı elemanların toplam ısı geçirgenlik katsayısı ise Eşitlik 3.13'e göre bulunmaktadır. Bina duvarının yapı bileşenleri bilinmiyorsa, duvarın ısı geçirgenlik katsayısı, pratik olarak Çizelge 3.10. kullanılarak bulunmaktadır.

Çizelge 3.10. Duvar cinsine göre ısı geçirgenlik katsayıları
(ISISAN, 2011)

Duvar Cinsi	Isı Geçirgenlik Katsayısı(m^2K/W)
İzoleli 20 cm delikli tuğla duvarlarda	0.75
20 cm izobims duvarlarda	0,75
20 cm gaz beton duvarlarda	0,75
İzolesiz 20 cm delikli tuğla duvarlarda	1,6
İzolesiz 20 cm betonarme duvarlarda	2,9
İzolesiz 20 cm dolgu tuğla duvarlarda	2,3

Toplam ısı transfer geçirgenliğini bulurken kullanılan, iç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (α_i) ve dış yüzeyin yüzeysel ısı taşınım katsayısı (α_d) Çizelge 3.11.'den bulunmaktadır. Yapılan çalışmada bina bir bütün olarak analiz edildiğinden bina içi ısı taşınım katsayısı ortalama bir değer olan ve ISISAN tarafından belirlenen $8 m^2K/W$ taşınım katsayısı olarak belirlenmiştir. Fakat kullanım amacına göre odaların ayrı olarak soğutma yükünün hesaplanması yapılırken, Çizelge 3.11.'deki değerlerin hesaba katılması gerekmektedir.

Çizelge 3.11. İç ve dış hava tarafındaki ısı taşınım katsayıları (ISISAN, 2011)

Yüzey ve Isı Akım Yönü	Isı Taşınım Katsayısı(m²K/W)
Duvar yüzeyleri iç tarafında	7
Dış pencere yüzeyleri iç tarafında	10
Isı akımı aşağıdan yukarıya olan döşeme yüzeylerinde	7
Isı akımı yukarıdan aşağıya olan döşeme yüzeylerinde	5
Dış yüzeylerde	20

Duvarlar için ısı yük hesabı yapılırken eşdeğer sıcaklık farkı, Çizelge 3.8.'den uygun değer alınarak yapılmaktadır. Eşdeğer sıcaklık farkı seçilirken duvar alanlarının hangi yönde fazla olduğu tespit edilmektedir ve buna bağlı olarak eşdeğer sıcaklık farkı en çok hangi saatte oluşuyorsa, söz konusu değer hesaplamalarda kullanılacak değerdir.

Ayrıca, ısıtım ile olan ısı transferinde en temel etkenin renk olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı bina duvarlarının rengi muhakkak göz önüne alınmalıdır. Çizelge 3.12.' de duvar renginin seçenekleri yoktur. Fakat duvar renginin koyu veya açık olmasının önemi, eşdeğer sıcaklık farklarına etkisi ile gösterilmiştir. Çizelge 3.12.'ye bakıldığında koyu renk duvarların, açık renk duvarlara göre daha yüksek eşdeğer sıcaklık farkının çıktığı görülmektedir.

Çizelge 3.12. Güneşe maruz ve gölgedeki duvarlara ait eşdeğer sıcaklık farkları
(ISISAN, 2011)

Kuzey yarım küre duvar yönleri	Güneş Zamanı																		Güney yarım küre duvar yönleri
	Öğleden Önce								Öğleden Sonra										
	8		10		12		14		16		18		20		22		24		
	Duvar Rengi K = koyu A= Açık																		
	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	
23 cm boşluklu tuğla veya 20 cm briket																			
KD	0	0	0	0	11,1	5,6	8,9	5,6	5,6	3,3	6,7	5,6	7,8	6,7	6,7	5,6	4,4	4,4	KD
D	2,2	1,1	6,7	2,2	10,5	6,7	14,4	7,8	11,1	6,7	6,7	5,6	7,8	6,7	7,8	5,6	5,6	4,4	D
GD	1,1	0	1,1	0	8,9	4,4	11,1	6,7	11,1	7,8	7,8	6,7	7,8	6,7	6,7	5,6	4,4	3,3	GD
G	0	0	0	0	1,1	0	6,7	3,3	13,3	14,4	14,4	8,9	11,1	7,8	6,7	5,6	4,4	3,3	G
GB	1,1	0	1,1	0	1,1	0	3,3	2,2	6,7	14,4	10	16,7	12,2	17,8	12,2	10	4,4	3,3	GB
B	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	3,3	2,2	5,6	10	10	7,8	16,7	12,2	17,8	12,2	10	7,8	B
KB	0	0	0	0	1,1	0	2,2	1,1	4,4	6,7	6,7	5,6	12,2	10	16,7	12,2	5,6	4,4	KB
K(gölge)	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	0	3,3	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	3,3	3,3	K(gölge)
23 cm dolu tuğla veya 35 cm boşluklu tuğla veya 30 cm briket																			
KD	1,1	1,1	1,1	1,1	5,6	1,1	8,9	4,4	7,8	4,4	5,6	3,3	5,6	4,4	5,6	5,6	5,6	4,4	KD
D	4,4	5,3	4,4	4,4	7,8	4,4	1	5,6	10	5,6	7,8	4,4	7,8	5,6	7,8	5,6	6,7	5,6	D
GD	4,4	2,2	3,3	3,3	3,3	2,2	7,8	5,6	10	6,7	8,9	6,7	6,7	5,6	6,7	5,6	6,7	5,6	GD
G	2,2	1,1	2,2	2,2	2,2	1,1	2,2	1,1	5,6	3,3	8,9	5,6	8,9	6,7	6,7	5,6	5,6	4,4	G
GB	4,4	2,2	3,3	3,3	3,3	2,2	4,4	2,2	5,6	3,3	8,9	5,6	8,9	6,7	6,7	5,6	5,6	4,4	GB
B	4,6	2,2	3,3	3,3	3,3	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	7,8	4,4	11,1	8,9	13,3	8,9	13,3	8,9	B
KB	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	1,1	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	9,9	7,9	10	7,8	KB
K(gölge)	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	3,3	3,3	4,4	4,4	4,4	4,4	3,3	3,3	K(gölge)
33 cm tuğla duvar																			
KD	4,4	3,3	4,4	3,3	4,4	2,2	4,4	2,2	5,6	2,2	6,7	3,3	6,7	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	KD
D	6,7	4,4	6,7	4,4	6,7	4,4	5,6	3,3	6,7	4,4	7,8	5,6	7,8	5,6	7,8	4,4	7,8	4,4	D
GD	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	7,8	5,6	7,8	5,6	6,7	4,4	GD
G	4,4	3,3	4,4	3,3	3,3	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	2,2	5,6	3,3	6,7	4,4	6,7	4,4	G
GB	3,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	4,4	5,6	4,4	6,7	4,4	7,8	5,6	GB
B	6,7	4,4	6,7	4,4	6,7	4,4	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	8,9	5,6	B
KB	4,4	3,3	4,4	3,3	4,4	2,2	4,4	2,2	4,4	2,2	4,4	2,2	4,4	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	KB
K(gölge)	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	K(gölge)
20 cm betonarme veya taş veya 15-20 cm beton bloklar																			
KD	2,2	1,1	2,2	0	8,9	4,4	7,8	4,4	5,6	3,3	6,7	4,4	6,7	5,6	5,6	4,4	4,4	3,3	KD
D	3,3	2,2	7,8	4,4	13,3	6,7	13,3	6,7	10	5,6	7,8	5,6	7,8	5,6	6,7	5,6	5,6	4,4	D
GD	3,3	1,1	3,3	3,3	8,9	5,6	10	6,7	10	6,7	7,8	6,7	6,7	5,6	6,7	5,6	5,6	4,4	GD
G	1,1	0,6	1,1	1,1	2,2	0,6	6,7	3,3	8,9	6,7	10	6,7	7,8	6,7	5,6	4,4	4,4	3,3	G
GB	3,3	1,1	2,2	2,2	3,3	1,1	4,4	2,2	7,8	5,6	12,2	8,9	13,3	8,9	12,2	8,9	5,6	4,4	GB
B	3,3	2,2	3,3	3,3	3,3	2,2	4,4	3,3	6,7	4,4	11,1	7,8	15,6	10	14,4	10	7,8	5,6	B
KB	4	1,1	2,2	2,2	2,2	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	6,7	5,6	11,1	7,8	12,2	8,9	4,4	3,3	KB
K(gölge)	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	4,4	4,4	3,3	3,3	2,2	2,2	K(gölge)
30 cm betonarme veya taş																			
KD	3,3	2,2	3,3	1,1	3,3	1,1	7,8	4,4	7,8	4,4	5,6	4,4	5,6	4,4	6,7	5,6	5,6	4,4	KD
D	5,6	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	10	5,6	10	6,7	8,9	5,6	6,7	5,6	7,8	5,6	7,8	5,6	D
GD	4,4	2,2	4,4	2,2	3,3	2,2	7,8	4,4	8,9	5,6	8,9	5,6	7,9	5,6	6,7	5,6	6,7	5,6	GD
G	3,3	2,2	2,2	1,1	2,2	1,1	2,2	1,1	5,6	3,3	7,8	5,6	8,9	6,7	7,9	5,6	5,6	4,4	G
GB	4,4	2,2	4,4	2,2	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	10	7,8	11,1	7,8	10	6,7	GB
B	5,6	3,3	4,4	3,3	4,4	3,3	5,6	3,3	5,6	3,3	6,7	4,4	8,9	5,6	13,3	7,8	12,2	7,8	B
KB	3,3	2,2	3,3	1,1	3,3	1,1	3,3	2,2	3,3	2,2	4,4	3,3	5,6	4,4	10	6,7	11,1	7,8	KB
K(gölge)	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1	1,1	2,2	2,2	3,3	3,3	4,4	4,4	3,3	3,3	K(gölge)

Pencereler ve kapılardan gelen ısı yüklerde, duvarlardan gelen ısı yüklerinin hesabına benzer şekilde yapılmaktadır. Pencere ve kapılar için ısı transfer katsayıları Çizelge 3.13.'de verilmektedir.

Pencerelerden gerçekleşen ısı kaybı Eşitlik 3.15 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q_{\text{pen}} = U \times F \times \Delta t \quad (3.15)$$

Burada;

Δt : İç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkı (Çizelge 3.14, Çizelge 3.15)

U : Pencere ısı iletim katsayısı (Çizelge 3.13)

F : Pencere alanı (m^2)

Çizelge 3.13. Kapı ve pencerenin özelliklerine göre ısı geçirgenlik katsayıları
(ISISAN, 2011)

Pencereler ve Kapılar	Isı Geçirme Katsayısı, U ($\text{m}^2\text{K/W}$)
Ahşap Pencereler ve Kapılar	
Basit tek camlı pencereler ve kapılar	4,5
Çift camlı pencere ve kapılar (6 mm boşluklu)	2,8
Çift camlı pencere ve kapılar (12 mm boşluklu)	2,5
Camsız dış kapı	2,2
Metal Pencereler ve Kapılar	
Basit tek camlı pencereler ve kapılar	5
Çift camlı pencere ve kapılar (6 mm boşluklu)	3,4
Çift camlı pencere ve kapılar (12 mm boşluklu)	3,1
Kasalı ve çift kanatlı pencere ve dış kapı	2,8
Plastik (PVC) Pencereler	
Basit tek camlı pencereler	4,3
Çift camlı pencereler	2,2

Saydam yapı elemanlarından gelen ısı yük hesabında iç ve dış sıcaklık farkı (Δt) pratikte 8°C olarak alınmaktadır. Fakat bu değer bölgeye ve konfora bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan farklı şehirlerin hesaplamalarında kullanılan, kullanılan kuru termometre sıcaklığı (KT) ve yaş termometre sıcaklığı (YT) Çizelge 3.14. ve Çizelge 3.15.' de verilmiştir. Gerekli olan verilerin tamamı elde edildikten sonra, Eşitlik 3.15 kullanılarak ısı kazancı hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.14. Dış hava sıcaklığına bağlı iç hava sıcaklıkları değerleri (ISISAN, 2011)

Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Oda Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nemi (%)
20	20	80
22	21	75
24	22	72
25	22,5	70
26	23	68
28	24	64
30	25	60
32	26	50
34	27	45
36	28	40-30
38	29	40-30
40	30	35-30

Çizelge.3.15. Şehirlere bağlı olarak proje sıcaklıkları (ISISAN, 2011)

Şehirler	Kış	Yaz	
	Dış sıcaklık (°C)	KT Sıcaklığı (°C)	YT Sıcaklığı (°C)
Adana	0	38	26
Adapazarı	-3	35	25
Afyon	-12	34	21
Ankara	-12	34	20
Antakya	0	37	28
Antalya	3	39	28
Aydın	-3	40	26
Balıkesir	-3	37	25
Bandırma	-6	34	25
Bilecik	-9	34	23
Bolu	-15	33	23
Burdur	-9	36	21
Bursa	-6	37	25
Çanakkale	-3	34	25
Çankırı	-15	37	23
Çorum	-15	35	22
Denizli	-6	38	24
Diyarbakır	-9	43	23
Edirne	-9	37	25
Elazığ	-12	38	21
Erzincan	-18	36	22

Çizelge.3.15. (Devam) Şehirlere bağlı olarak proje sıcaklıkları (ISISAN, 2011)

Şehirler	Kış	Yaz	
	Dış sıcaklık (°C)	KT Sıcaklığı (°C)	YT Sıcaklığı (°C)
Erzurum	-21	30	19
Eskişehir	-12	34	22
Gaziantep	-9	39	23
Giresin	-3	29	25
Iğdır	-18	36	25
Isparta	-9	34	21
İskenderun	3	37	29
İstanbul	-3	33	24
İzmir	0	37	24
Kars	-27	30	20
Kastamonu	-12	34	22
Kayseri	-15	36	22
Kırşehir	-12	35	21
Kocaeli	-3	36	25
Konya	-12	34	21
Kütahya	-12	33	21
Malatya	-12	38	21
Manisa	-3	40	25
Mardin	-6	38	23
Mersin	3	35	29
Muğla	-3	37	22
Niğde	-15	34	20
Rize	-3	30	26
Samsun	-3	32	25
Siirt	-9	40	23
Sinop	-3	30	25
Sivas	-18	33	20
Tekirdağ	-6	33	25
Trabzon	-3	31	25
Urfa	-6	43	24
Uşak	-9	35	22
Van	-15	33	20
Yozgat	-15	32	20
Zonguldak	-3	32	25

3.3.2.4. Havalandırmadan Dolayı Gelen Soğutma Yüğü

Kapalı yaşam alanlarında kullanılan tekstil ürünlerinden, elektronik eşyalardan, kâğıtlardan ve insanlardan kaynaklı kirlilik, sağlık ve konfor şartlarını etkilemektedir. Bu açıdan insanların yaşamını sürdürdüğü kapalı mahallere mutlaka havalandırma işlemi uygulanmak zorundadır. İnsanlar için gerekli taze hava ihtiyacı ve havalandırma, soğutma sezonu için ısı yük olarak karşımıza çıkmaktadır.

Havalandırmadan dolayı oluşan soğutma yükü kazancı iki şekildedir; birincisi olan duyulur ısı kazancı Eşitlik 3.16 kullanılarak, gizli ısı kazancı ise Eşitlik 3.17 kullanılarak bulunmaktadır.

Sıcaklık farkından dolayı oluşan ısı kazancına duyulur ısı denmektedir.

$$\text{Duyulur ısı kazancı } Q_d = 4 \times n \times v \quad (3.16)$$

Faz değişiminden dolayı oluşan ısı kazancına gizli ısı denmektedir.

$$\text{Gizli ısı kazancı } Q_g = 3 \times n \times v \quad (3.17)$$

Toplam havalandırma yükü Eşitlik 3.18 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q_{\text{Top}} = Q_g + Q_d = 3 \times n \times v \quad (3.18)$$

Burada;

n :İnsan sayısı

v :İnsan başına gerekli hava miktarı (m³/h) (Çizelge 3.16.)

Çizelge 3.16. Mahal türüne göre kişi başına taze hava miktarı (ISISAN, 2011)

Mahaller	Kişi Başına Min. Taze Hava Mik. (m³/h)
Restorantlar	50-60
Kokteyl Salonu	50-60
Konferans ve Toplantı Salonu	35
Ofisler	35
Kumarhaneler	50
Mağazalar	20
Süpermarket	25
Tiyatro/Sinemalar	25
Sınıflar (Okullar)	25
Spor Salonları	50
Ocak başı	50-60
Berber/ Kuaför	50

3.3.2.5. İç Isı Kazançları

İç ısı kazançları, binanın dış ortamla izole edilmiş iç kısmında elektrikli aletler, insanlar, pişirme cihazları gibi etrafına ısı yayan etkenlerden dolayı iklimlendirilen ortama verilen ısı yükleridir.

3.3.2.6. İnsandan Gelen Isı Kazancı

İnsanlar metabolizmaları gereği bulundukları ortama ısı yayarlar ve bu yayılan ısı bina iklimlendirilmesi açısından iç kazanç olarak nitelendirilmektedir. İnsandan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli ısı olmak üzere iki çeşittir. Genel olarak insandan gelen ısı, aktivite durumuna göre değişmektedir. Bu durumda insandan gelen ısı için temel parametrenin insanların bulundukları mahal olduğu ortaya çıkmaktadır. İnsanlar

bulundukları mahallere göre etrafına yaydıkları ısı miktarı Çizelge 3.17. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Mahal türüne göre insanlardan gelen ısı yük (ISISAN, 2011)

Mahaller	Duyulur Isı (W/Kişi)	Gizli Isı (W/Kişi)	Toplam (W/Kişi)
Okullar, Tiyatro, Sinema	70	40	110
Ofisler, Konutlar, Oteller	70	60	130
Mağaza ve Dükkânlar	70	60	130
Bankalar	75	70	145
Restorantlar	80	80	160
Diskotekler, Barlar	95	150	245
Spor Salonları	150	275	425

3.3.2.7. Aydınlatmalardan Oluşan Isıl Yükler

Bina içinde aydınlatma yapan elemanlar, enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin büyük çoğunluğunu ışıık enerjisine, bir bölümünü de ısı enerjisine çevirmektedirler. Bu durumdan kaynaklı ortamda istenmeyen ısı kazançları oluşmaktadır, oluşan bu ısı kazançlarına, aydınlatmadan oluşan ısı yükler denmektedir.

Aydınlatmadan gelen ısı kazancı:

$$Q_A = Q_{TA} \times k_1 \times k_2 \quad (3.19)$$

Q_{TA} :Mahaldeki toplam aydınlatma yükü

k_1 :Kullanma faktörü

k_2 :Özel armatür kullanımı (1,0-1,2)

Aydınlatmadan gelen ısı kazancının hesabında en temel parametre kullanma faktörünün tespiti. Ofis, mağaza, dükkân, konferans ve toplantı salonları gibi ticari

binalarda kullanma faktörü $k_1=1$ olarak alınmalıdır. Hesaplamalarda, mahal cinsine göre m^2 'ye gelen aydınlatma yükleri olarak Çizelge 3.18.'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Mahal cinsine göre aydınlatmadan gelen ısı yükleri (ISISAN, 2011)

Mahaller	Aydınlatmadan Gelen Yükler (W/m²)
Konutlar, Oteller	20
Ofisler, Konferans Salonları	30-50
Mağazalar ve Showroomlar	100-150
Süper Marketler	
Yiyecek, İçecek Bölümü	60-80
Avize Bölümü	600-900
Elektronik Eşya Bölümü	300-500

3.3.2.8. Elektrikli Aletler ve Cihazlardan Gelen Isıl Kazançlar

Elektrikli aletlerden olan ısı kazançlarında temel faktör cihazın elektriği hangi amaçla kullandığı, eğer kullanılan alet; ütü, su ısıtıcı, gibi elektrik enerjisini ısıya çeviriyorsa cihaz ciddi anlamda ısı yük oluşturur ve gün içerisindeki aktiflik durumuna göre de hesaba katılmalıdır. Çok kullanılan ve sürekli açık olan cihazlardan TV, bilgisayar gibilerinin yaydıkları ısı miktarı ise üretici verilerinden yani kataloglarından bakılıp hesaplanmalıdır. Ofis, yönetim binaları gibi çokça soğutma yükü hesabı yapılan mahallerde, bilgisayar için 116 W/adet, fotokopi makinesi için 290 W/adet değerleri belirlenmiştir. Hassas çözümler üretmek için muhakkak üretici firma katalog değerleri hesaplamalara uygulanmalıdır (ISISAN, 2011).

3.4.Binalarda Cam Kaplama

Cam kaplama binalarda iç ortam ile dış ortam arasında kabuk görevi gören ve dış iklim koşullarının etkisinden iç ortamı korumaya yarayan yapı elemanıdır. Son yıllarda cam kaplama özellikle iş merkezleri, hastaneler, üniversite binaları gibi yapılarda sıkça kullanılmaya başlanmış, mimari estetik bakımından insanların tercihi haline gelmiştir. Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi mimarı açıdan insanların gözüne hitap eden cam kaplama yapıların enerji verimliliği, yaşam konforu, işletme ömrü ve bakım maliyeti açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir.

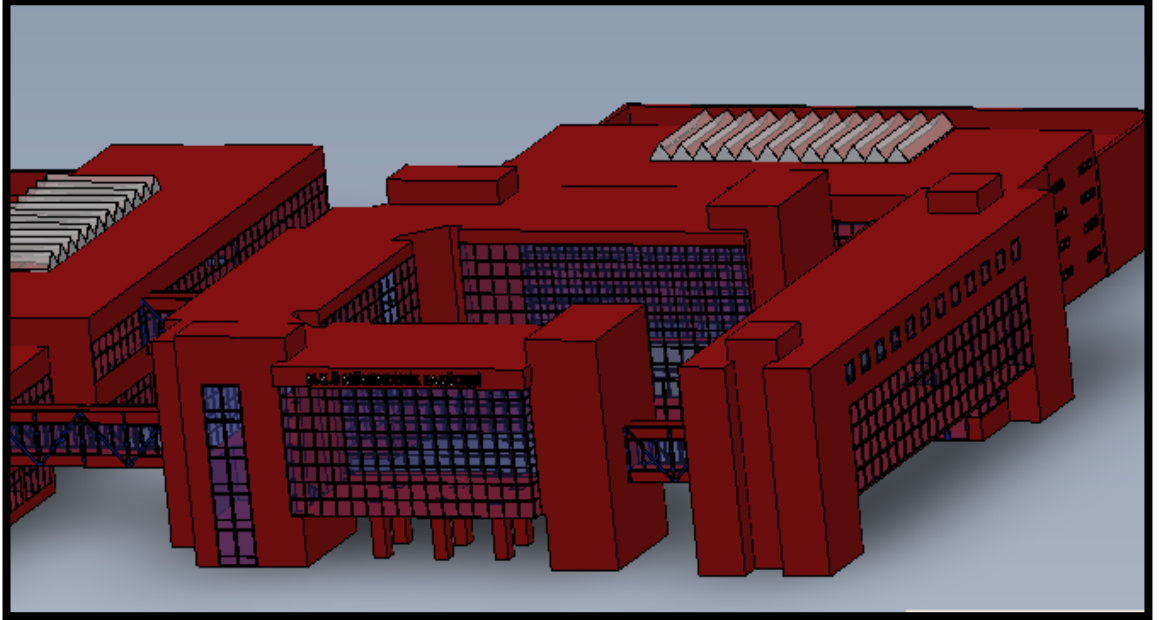


Şekil 3.7. Cam kaplama yapılmış bina örnekleri (Sezer, 2005)

Binalarda uygulanan cam kaplama alanı arttıkça, binanın güneş enerjisi kazançları da doğru orantılı olarak artmaktadır. Bunun neticesinde ısıtma enerjisi ihtiyacı azalmaktadır. Göz önüne alınan binanın birinci derece gün bölgesi için aylara göre iç ve solar kazançlar değişimi Şekil 4.1.'de verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi tüm yıl boyunca iç kazançlar sabit kalırken solar kazançlar yaz aylarında artış göstermektedir. Yıl boyunca sadece aralık ayındaki solar kazanç ile iç kazançlar yaklaşık eşit olur iken diğer aylarda solar kazançlar iç kazançlardan daha yüksek değer çıkmaktadır.

3.5. Senaryolar

Yapılan çalışmada, örnek bina olan Şekil 3.8.'de katı model görünümü gösterilen MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının farklı durumlara göre bina enerji performansları incelemesi yapılmıştır. İlk olarak binanın mevcut yalıtımlı durumunun yaz sezonu için soğutma yükünün, kış sezonu için ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması ve incelenmesi yapılmıştır. Daha sonra binada kullanılan ısı yalıtım malzemeleri çıkartılarak, yaz dönemi için soğutma yükü, kış dönemi için ise ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplaması yapılmıştır. Çıkan bu değerlerin karşılaştırılması yapılarak ısı yalıtımının MKÜ Mühendislik Fakültesi binasına etkisi incelenmiştir.



Şekil 3.8. Bina katı model görünümü

MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının cam kaplama oranının yüksek olması sebebiyle cam kaplama miktarının, iklimlendirme enerjisine etkisi, kış sezonu ve yaz sezonu için incelenmiştir. Cam kaplamanın etkisi incelenirken farklı senaryolara göre, çalışma yapılmıştır, ilk etapta cam kaplama miktarındaki artış durumuna göre sonuçlar düşünülmüştür ve bu sebeple cam miktarında % 25 artışa gidilerek hesaplamalar yapılmıştır, bu artışın soğutma yükü ve ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi incelenmiştir. Cam kaplama miktarının azaltılması sonucu oluşabilecek durumun, değerlendirilmesi yapılmıştır. İlk olarak cam kaplama miktarında % 25 azalmanın sonuçları ne derece

etkilediği düşünölmüş ve hesaplamalar tekrar yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra cam kaplama oranı % 50 azaltılarak soğutma yükü ve ısıtma enerjisi ihtiyacı sonuçları elde edilmiş olup cam kaplama miktarının etkisine göre elde edilen yaz sezonu soğutma yükü, kış sezonu ısıtma enerjisi ihtiyacı sonuçları, iki sezon için eşzamanlı olarak düşünölerek, karşılaştırma yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu çalışmada, MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının ısıtma ve soğutma sezonu açısından enerji performans değerleri kıyaslama yapabilmek amacıyla ilk olarak yalıtımsız durum için hesaplanmış, ardından binanın yalıtımlı durumdaki performans değerlerinin analizi yapılmıştır. Daha sonra bina cam kaplama miktarlarının azaltılıp artırılmasının, bina enerji performansına etkisi incelenmiştir

4.2. Isıtma Sezonu Enerji Performansı

Isıtma sezonu enerji performans değerleri, binanın yalıtımsız durumu, yalıtımlı durumu ve cam kaplama miktarlarını baz alan farklılıklara göre hesaplamalar yapılmış olup sonuçlar irdelenmiştir.

4.2.1. Yalıtımsız Durumda Binanın Enerji Performansı

Binada ısı yalıtımı olmadığı düşünülerek yapılan çalışmada, kış sezonu için binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl} = 155.569$ kWh olarak hesaplanmış olup, binanın özgül ısı kaybı $12.185,5$ W/K olarak bulunmuştur. Bina yalıtımsız halde $Q_{Bina} = Q_{yıl} / V_{brüt} = 9,74$ kWh/m³ hacim başına ısıtma enerjisine ihtiyaç duymaktadır. TS 825 standardı, birim hacim başına uygun gördüğü en yüksek ısı kaybını $Q_{TS\ 825} = 8,00$ kWh/m³ olarak kabul etmiştir. Bu kritere göre $Q_{Bina} > Q_{TS\ 825}$ olduğundan örnek binanın yalıtımsız durumda TS 825 standardına uygun olmadığı ve bu sebeple binanın ısı yalıtımının TS 825 standardına uygun şekilde yapılmasının gerekliliği belirlenmiştir.

4.2.2. Yalıtımlı Durumda Binanın Enerji Performansı

Binanın mevcut durumu olan yalıtımlı hali için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl} = 135.235$ kWh olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak binanın özgül ısı kaybı $11.206,6$ W/K olduğu tespit edilmiştir. TS 825 Standardı bina için olması gereken en

büyük ısı kaybı $Q = 8,00 \text{ kWh/m}^3$ kabul etmiştir. Gözönüne alınan binanın, hacim başına düşen ısı kaybı değerinin ($Q_{\text{Bina}} = 6,24 \text{ kWh/m}^3 < Q_{\text{TS 825}} = 8,00 \text{ kWh/m}^3$) TS 825'in sınır değerinden küçük çıktığından dolayı, binanın yalıtımlı durumdaki enerji performansı TS 825 standardına uygun olduğu bulunmuştur. Yapılan değerlendirmeye göre de bina B tipi iyi enerji verimli bina sınıfına dahil olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.1. MKÜ Mühendislik Fakültesi yalıtımlı ve yalıtımsız enerji performansı

Bina Durumu	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Özgül Isı (W/K)
Yalıtımsız	155.569	12.185,5
Yalıtımlı	135,235	11.206,6

4.2.3. Isı Yalıtımın Maliyet Analizi

TS 825 standardı ile binalarda zorunlu hale gelen ısı yalıtımı, binaların ilk yatırım maliyetlerini artırmaktadır. Bu açıdan bakıldığında örnek bina olan MKÜ Mühendislik Fakültesinin ısı yalıtım maliyet analizi yapılmıştır. Çizelge 4.2.'de ısı yalıtımı uygulamasının maliyeti gösterilmektedir (Özutku ve Karakuş, 2011a) .

Çizelge 4.2. MKÜ Mühendislik Fakültesi ısı yalıtımı maliyeti

Malzeme Adı	Miktar	Birim	Birim Fiyatı (₺)	Toplam Bedel (₺)
Isı Yalıtım Malzemesi	4304	m ²	6,5	27.976
Mantolama Dübeli	25824	Adet	0,08	2.066
Fileli Köşebent	1076	Metre	1,25	1.345
Isı Levha Sıvası	21520	kg	0,4	8.608
İşçilik	4304	m ²	12	51.648
Isı Yalıtımı Toplam Maliyeti				91.643

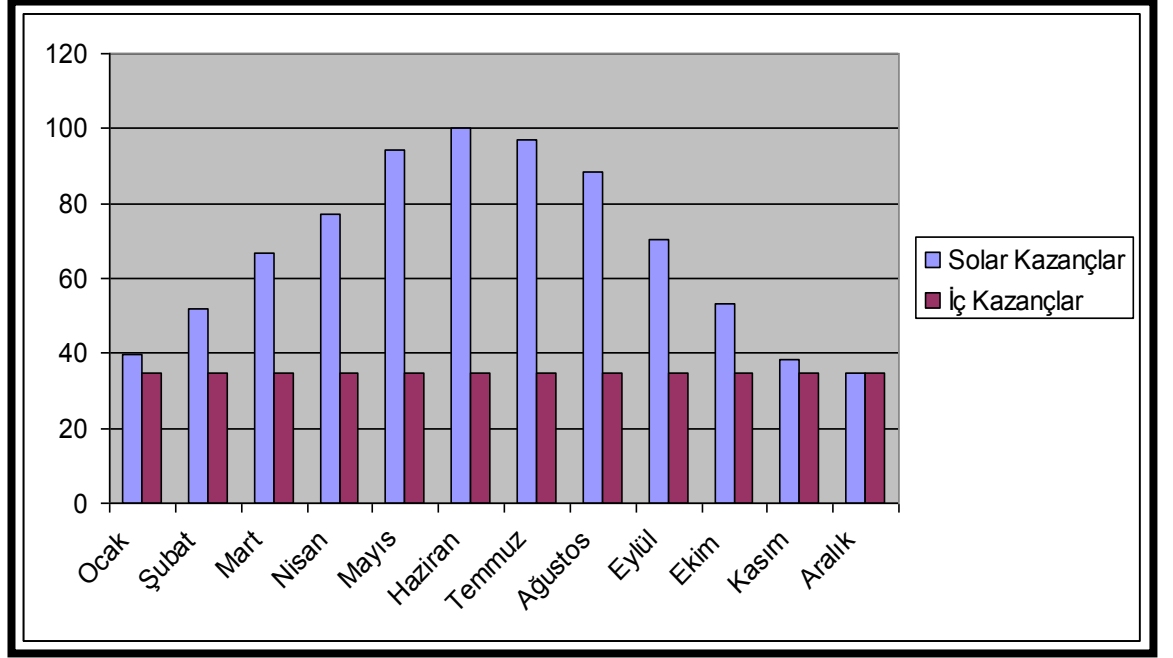
Günümüz koşullarında uygulanan ısı yalıtımının maliyetinin yüksek olması insanları ekonomik olarak endişelendirmektedir. Isı yalıtımının uygulanması konusunda pahalı olan ithal yalıtım malzemesinin yerini, son yıllarda üretiminde artış görülen yerli yalıtım malzemesi almıştır. Buna dayanarak piyasada, daha az maliyetle ısı yalıtımın yapılabileceği sinyalleri verilmektedir.

4.2.4.Cam Kaplamanın Binalara Etkisi

Binalarda uygulanan cam kaplama doğal aydınlatma sağladığından dolayı aydınlatma yükünü düşürerek enerji tasarrufu sağlar. Gözönüne alınan MKÜ Mühendislik Fakültesi binasında 144 adet doğal aydınlanma ile aydınlanan oda mevcuttur. Eğer binanın cam kaplama olmayıp opak yapı elemanı ile yapılmış olması durumunda mevcut odaların mesai saatleri dahilinde aydınlatılması ihtiyacı doğacaktır. Her odada aydınlatma lambası olarak 8 adet 18 W'lık floresan lamba bulunmaktadır. Toplamda 1152 adet floresan lambanın, cam kaplama olmasından dolayı, gereksiz kullanılmasının önüne geçilerek enerji tasarrufu yapılmış olmaktadır. Bunun neticesinde doğal aydınlatmadan sağlanan tasarrufu hesaplandığında; 1152 adet 18 Watt'lık floresan lamba ile toplamda harcanacak 20.736 kW'lık enerjinin gereksiz kullanımı cam kaplama sayesinde engellenmiş olmaktadır. Ayrıca, cam kaplama ile azalan enerji kullanımı sayesinde atmosfere atılacak karbondioksit emisyonları azalacak ve çevre korunmasına da katkı sağlayacaktır.

Bir diğer önemli nokta ise cam kaplamalarda hem enerji performansı hem de kullanım ömrü açısından olumlu sonuç almak için montajın uygun, montajı yapacak elemanlarının bilgili ve tecrübeli olması gerekmektedir. Örneğin cam kaplamaların montajı için kullanılan metal profiller maruz kaldıkları sıcaklık farkından dolayı kısılma, uzama gösterirler ve bu durumun sonunda cam kaplamalarda hava sızıntısı oluşmaktadır. Bunun neticesinde konfor şartları sağlanmak istenen sisteme, iklimlendirilmemiş hava girişi gerçekleşir ve enerji kaybı oluşmaktadır. Ayrıca, hava giriş hızına bağlı olarak cam kaplama aralarında havanın türbülansa girmesiyle titreşim meydana gelmekte olup, ortaya çıkan titreşim ile gürültü oluşmaktadır. Bu durumunun neticesinde çalışma ortamında insanlarda konsantre bozukluğu ve baş ağrısı meydana getirmektedir. Sonuç olarak istenmeyen bu durumu önlemek için cam kaplamasının

iskeletinde bulunan düşey diklerde iki katta bir dilatasyon derzi yatay profillerin birleşim yerlerinde ise genleşme lastiği kullanılması gerekmektedir.



Şekil 4.1. Birinci derece gün bölgesi için aylara göre iç ve güneş enerjisi kazançlar değişimi

Mevsimlere göre cam kaplamanın bina enerji performansına etkisini incelemek için güneş enerjisi kazançlarını incelemek gerekir. Bu açıdan bakıldığında, mevcut durum için binada ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplandığında solar kazançların aylara göre etkisi Şekil 4.1.'de görülmekte olup en yüksek solar kazançların yaz sezonunda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, göz önüne alınan binanın farklı gün-derece bölgelerinde enerji performansları hesaplanmış olup TS 825'e uygunluğu incelenmiştir. Sonuçlar ve TS 825'e uygunluk Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir. Yapılan hesaplamalar neticesinde göz önüne alınan cam kaplama binanın birinci ve ikinci derece-gün bölgesi için TS 825 standardına uygun olduğu, fakat üçüncü ve dördüncü derece-gün bölgesi için TS 825 standardına uygun olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Örnek binanın bölgelere göre durumu

Bina Durumu	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)	TS 825 Durumu
1. Bölge	135.235	UYGUNDUR
2. Bölge	337.341	UYGUNDUR
3. Bölge	476.208	UYGUN DEĞİLDİR
4. Bölge	643.621	UYGUN DEĞİLDİR

4.2.5. Binanın Cam Kaplama Miktarına Göre Enerji Performansı

Yapılan çalışmada, bina cam kaplama miktarlarının en uygun cam kaplama oranını belirlemek amacıyla % 25 azaltma, % 50 azaltma ve % 25 artırma durumlarına göre enerji performans değerleri hesaplanmış olup farklı durumlara göre sonuçlar irdelenmiştir.

4.2.5.1. Cam Kaplama % 50 Azaltılmış Durumu

Yapılan çalışmada birinci senaryo olarak binada kullanılan cam kaplama miktarını yarıya indirilmesi (2190 m^2 'den 1095 m^2 'ye), binanın dış cepheye bakan cam kaplamanın yarısının binada mevcut olan dış hava temaslı duvara benzer duvar örülmesi halinde binanın yıllık toplam ısı kaybı 141.823 kWh olmaktadır. Binanın 2190 m^2 cam alanına sahipken yıllık toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 135.235 \text{ kWh}$ iken, cam kaplama miktarının 2190 m^2 'den 1095 m^2 'ye düşmesi ile bu değer 141.823 kWh 'e yükselmektedir. Bu durumda cam kaplama miktarı azaldıkça solar kazançlar da azaldığından bina ısıtma enerjisi ihtiyacı artmaktadır (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Cam kaplamanın enerji ihtiyacına etkisi

Cam Kaplama miktarı (m²)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh)	Güneş enerjisi kazancı (kWh)
2190	135,235	13,176
1095	141,823	6,588

4.2.5.2.Cam Kaplama % 25 Azaltılmış Durumu

Binada kullanılan cam kaplama miktarını % 25 azaltılması durumu için (2190 m²'den 1642 m²'ye), ve azalan cam kaplama yerine mevcut dış hava temaslı duvar örülmesi halinde binanın yıllık toplam ısı kaybı 131.203 kWh olmaktadır. Bina duvarlarının ısı iletim katsayısının düşük olması sebebiyle azalan solar kazançları, önlenen ısı kayıpları ile kapatmıştır ve mevcut duruma göre çok az bir farkla yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı azalmıştır.

4.2.5.3. Cam Kaplama % 25 Artırılmış Durumu

Binada kullanılan cam kaplama miktarını % 25 artırılmış durumu için (2190 m²'den 2737 m²'ye), ve azalan cam kaplama yerine mevcut dış hava temaslı duvar örülmesi halinde binanın yıllık toplam ısı kaybı 128.126 kWh olmaktadır. Solar kazançların cam kaplama oranıyla orantılı olarak artmasıyla mevcut durum olan $Q_{yıl} = 135.235$ kWh ısıtma enerjisi değerinden daha düşük bir değer çıkması, cam kaplama miktarının ısıtma sezonunda çok önemli bir etken olduğu belirlenmiştir.

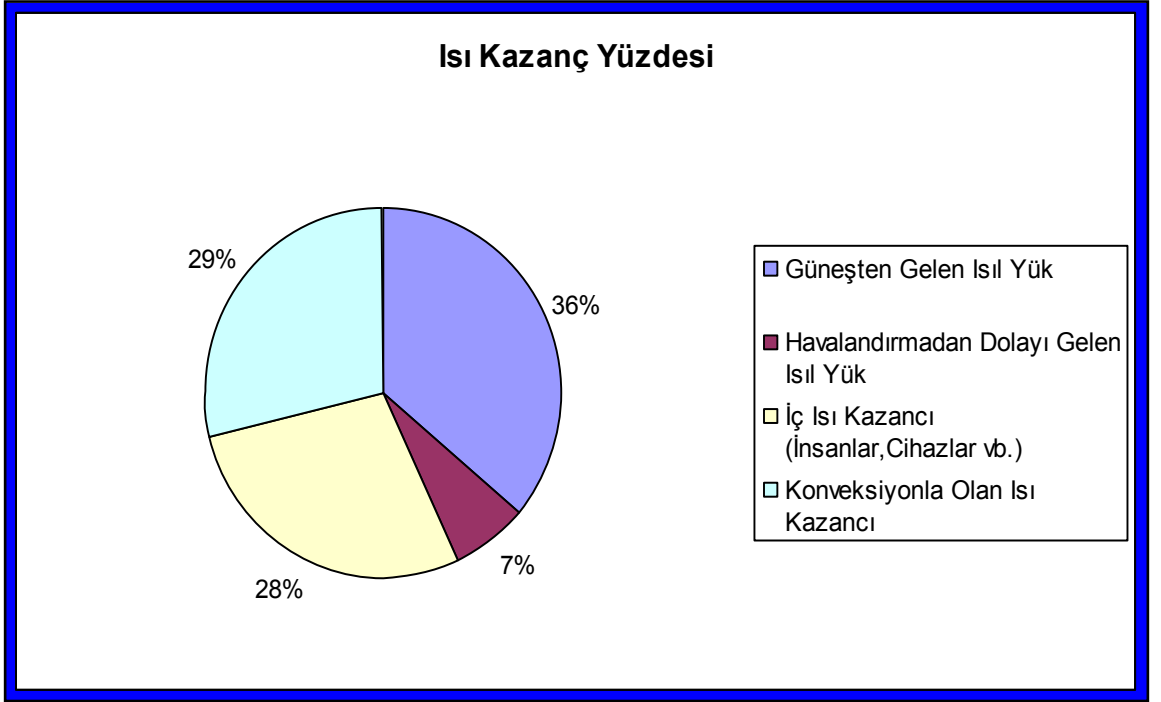
Çizelge 4.5. Farklı senaryolara göre bina enerji performansı

Bina Durumu	Isıtma Sezonu (kWh)
Yalıtımsız	155.569
Yalıtımlı	135.235
Cam Kaplama % 25 Artırılmış	128.176
Cam Kaplama % 25 Azaltılmış	131.203
Cam Kaplama % 50 Azaltılmış	141.823

4.3. Soğutma Sezonu Enerji Performansı

Bina soğutma yükü hesaplamaları ISISAN'ın ısı kazancı hesap yöntemine göre yapılmıştır. Örnek binanın enerji analizinden önce yapı elemanlarının metrajlarına göre hesaplama yapılmıştır. Soğutma yükü hesabı yapılırken ilk aşama güneşten gelen solar kazançların oluşturduğu ısı yük; güney, kuzey, doğu ve batı yönleri için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır. Birinci derece gün bölgesinde bulunan örnek bina hesaplamaları için; bina bölgesi ve cam kaplama miktarlarının yönlerle göre durumu göz önüne alınarak, ortaya çıkacak olan maksimum ısı akısının olduğu saat olan 08:00 değerlerine göre yapılmıştır.

Soğutma sezonu analizi yapılırken, binada oluşan ısı yüklerinin nereden ve nasıl geldiğinin incelenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda örnek binanın soğutma yükü hesabı yapılırken: güneşten ışıyım ile gelen solar ısı yükleri, insanlardan ve elektrikli cihazlardan kaynaklı oluşan iç kazançlar, bina yapı elemanlarında oluşan taşınım ve iletimle olan ısı kazançları ve son olarak da taze hava ihtiyacından kaynaklı havalandırmadan gelen ısı yükleri olduğu gözönüne alınmaktadır. Örnek bina olan MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının mevcut durumda, soğutma sezonu içinde oluşan yıllık soğutma yükü 44.550 kWh olarak hesaplanmıştır. Ortaya çıkan sonucu irdelediğimizde örnek binanın soğutma yükünün dağılımı Şekil 4.2.'deki gibi olduğu ortaya çıkmaktadır.

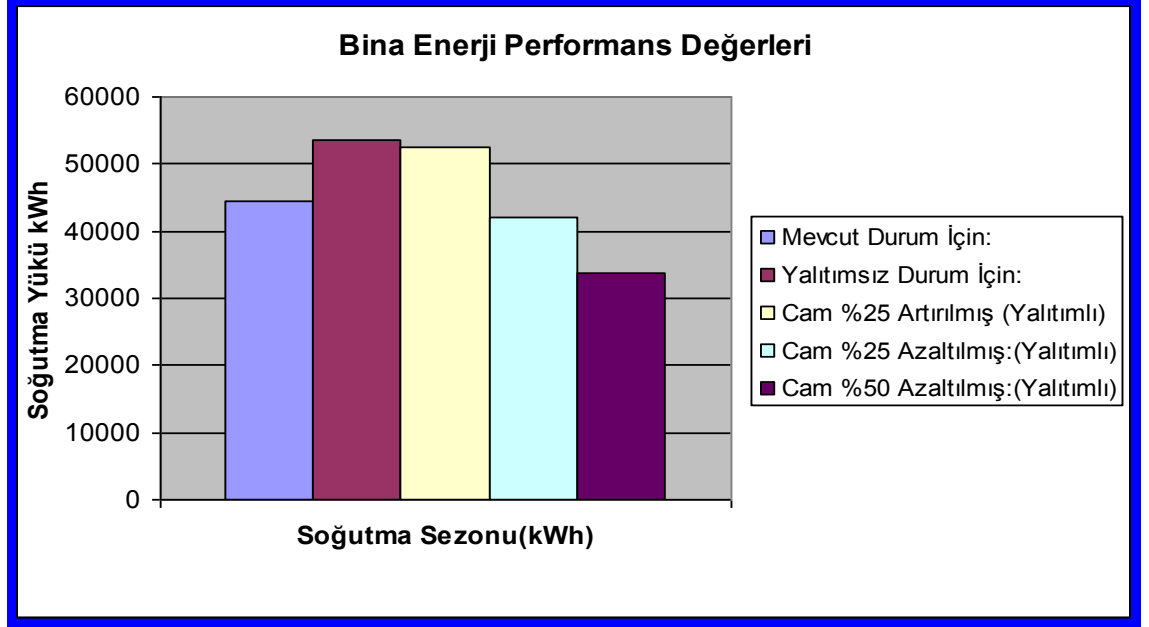


Şekil 4.2. Mevcut binanın soğutma yükü dağılım yüzdesi

Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi, göz önüne alınan binanın mevcut durumda soğutma sezonu için toplam soğutma yükünün, % 36'sını güneşten gelen solar yükler, % 29'unu konveksiyonla ısı transferi sonucu oluşan ısı yükler, % 28'ini insanlardan, aydınlatmalardan, elektrikli cihazlardan kaynaklı oluşan ısı yükler ve % 7'lik kısmını ise havalandırmadan dolayı oluşan ısı yükler oluşturmaktadır. Soğutma sezonunda cam kaplama miktarının ve ısı yalıtımının soğutma yüküne etkisini Şekil 4.3.'deki grafikte görülmektedir. Farklı durumlara göre soğutma yükü incelendiğinde; ilk olarak ısı yalıtımının soğutma sezonu için bina enerji performans değeri; yalıtımlı durumdaki MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının soğutma yükü 44.550 kWh olarak hesaplanmıştır. Mevcut yapının yalıtımsız durumdaki soğutma yükü 53.523 kWh olarak hesaplanmıştır. Buradan çıkan sonuç incelendiğinde, ısı yalıtımından dolayı soğutma yükü % 20,14 azalmaktadır. Bu değer ciddi anlamda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Cam kaplama miktarlarının soğutma yüküne etkisi ise cam kaplama miktarlarının değiştirilmesi sonucu çıkan değerler Çizelge 4.5.'de irdelenmiştir. Bu açıdan bakıldığında ilk olarak bina cam kaplama miktarı % 50 oranında azaltıldığında soğutma sezonu için oluşan soğutma yükü 33.753 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu durumda soğutma yükünde % 24,2 azalma meydana gelmektedir. Cam kaplama % 25

azaltıldığında 42.069 kWh olarak hesaplanmış olup soğutma yükü % 6 azalmıştır. Cam kaplama miktarının artırılması durumunda ise soğutma yükünün de arttığı görülmüştür. konusudur. Cam kaplama miktarını % 25 arttırıldığında ortaya çıkan soğutma yükü 52.374 kWh olarak hesaplanmış olup mevcut duruma göre % 17,56 artış göstermektedir.



Şekil 4.3. Binanın cam kaplama miktarına göre soğutma sezonu enerji performansı

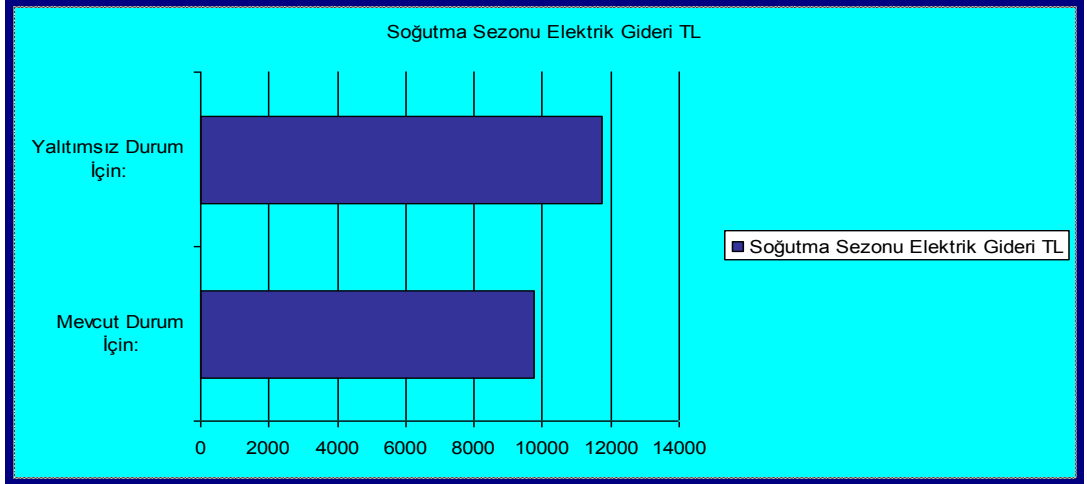
4.3.1. Soğutma İçin Elektrik Giderleri Maliyet Hesabı

Bina yalıtımsız durumda yıllık soğutma için 53.523 kWh elektrik giderine, olup yalıtımlı durumda ise yıllık 44.550 kWh elektrik giderine sahiptir. Elektrik enerjisinin birim fiyatı 0.219 ₺/kWh olduğuna göre (Anonim 2011c); Binanın soğutma giderlerine göre elektrik maliyetleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir

Çizelge 4.6. Soğutma yükünün elektrik giderleri

Bina Durumu	Soğutma Yüğü (kWh)	Elektrik Gideri (₺)
Yalıtımsız	53.523	11.721,5
Yalıtımlı	44.550	9.756,45

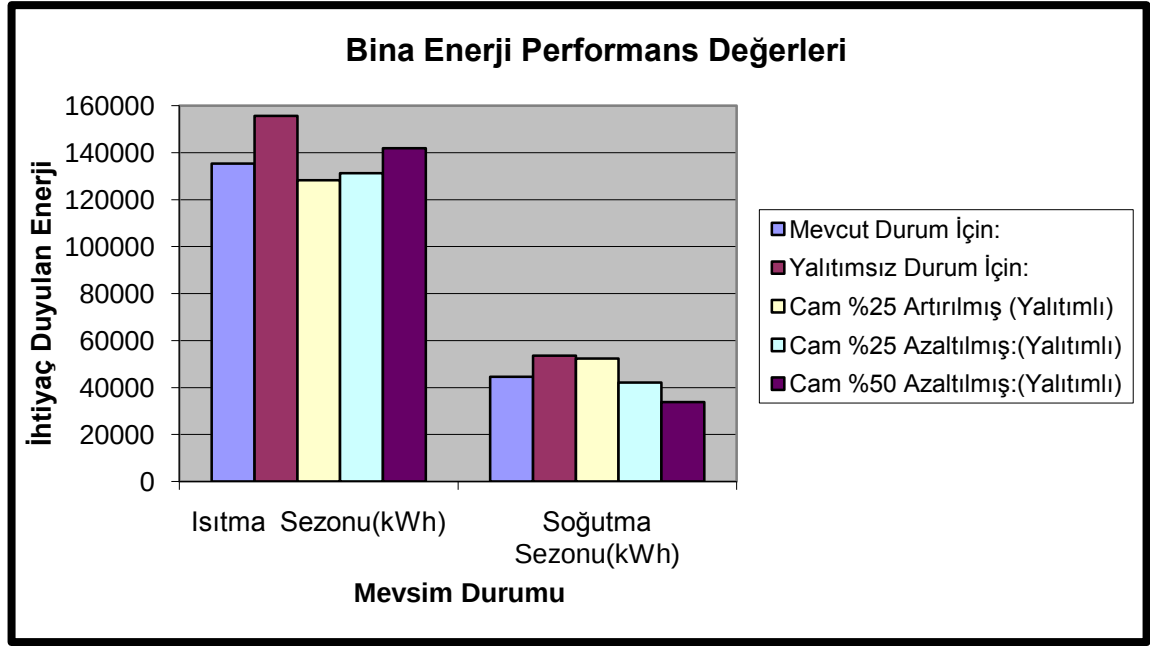
Çizelge 4.6.'de görüldüğü üzere binada ısı yalıtımı uygulaması yapılarak yıllık 1.965,00 ₺ tasarruf sağlanmış olup ısı yalıtımı yapılarak soğutma yükü için harcanan enerjinin, % 16'lık kısmı tasarruf edilmiştir. Şekil 4.4.'de soğutma sezonunda yalıtımlı ve yalıtımsız durum için elektrik giderlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.4. Bina yaz sezonunda yalıtımlı ve yalıtımsız durum için elektrik giderleri

4.4. Cam Kaplama Durumuna Göre Enerji Performansı Değerlendirilmesi

Bina cam kaplama miktarı değiştirildiğinde yazın soğutma yükü artacak ve kışın da ısıtma enerjisi ihtiyacı azalacaktır. Cam kaplama miktarı solar kazançların yapıya ne kadar etkiyeceğini belirleyen temel parametre olup Şekil 4.5.'de bu etki çok açık bir şekilde görülmektedir. Bu açıdan cam kaplama miktarının optimum oranda belirlenebilmesi için hem soğutma sezonu hem de ısıtma sezonu beraber düşünülmeli ve yıllık iklimlendirme enerjisinin toplam değerine göre yorum yapılması gerekmektedir. Buna göre incelendiğinde MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının, hem ısıtma hem de soğutma sezonu için toplam iklimlendirme enerjisi Çizelge 4.7.'de görülmektedir.

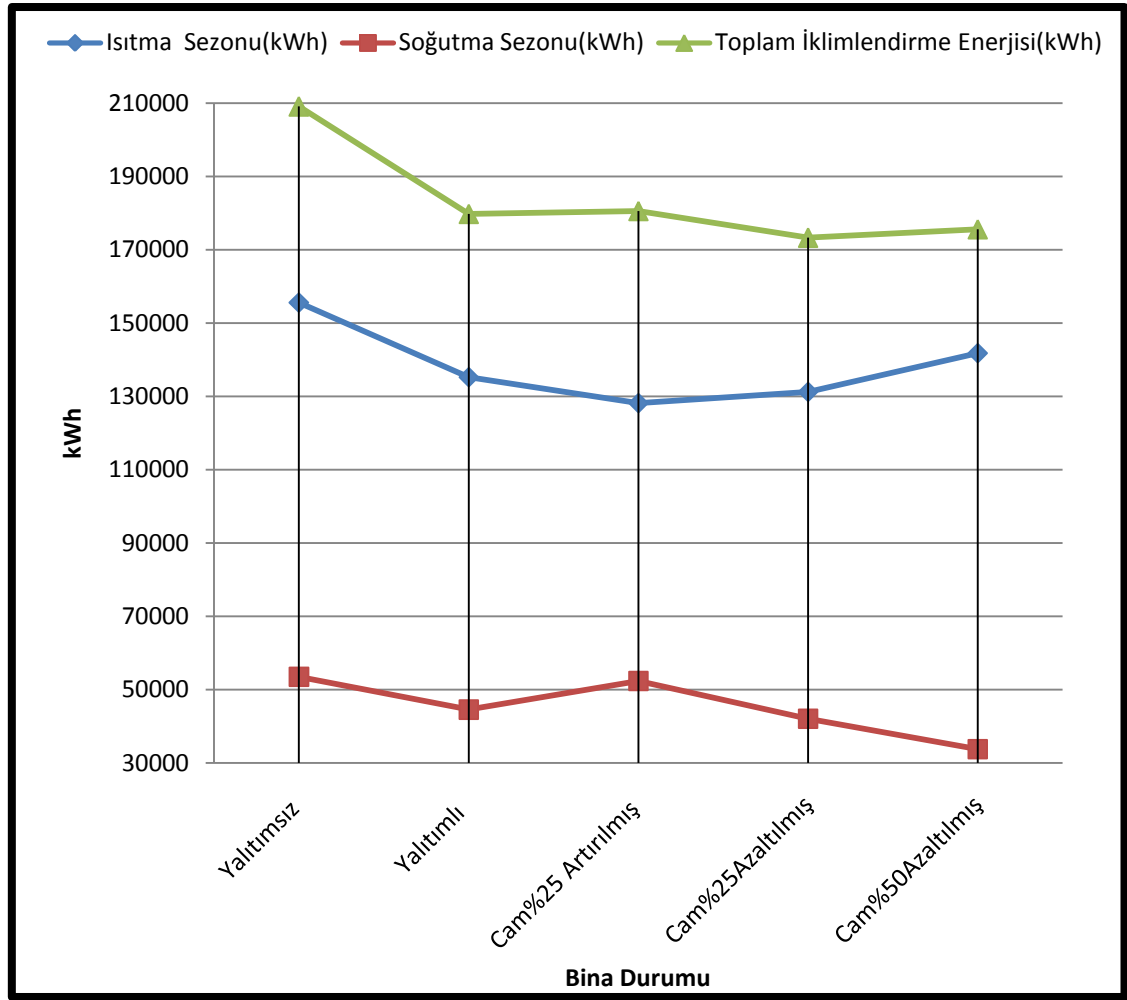


Şekil 4.5. Isıtma ve soğutma sezonları için bina durumuna göre enerji performansları

Çizelge 4.7. Farklı durumlara göre bina iklimlendirme enerjisi

Bina Durumu	Isıtma Sezonu (kWh)	Soğutma Sezonu (kWh)	Toplam İklimlendirme Enerjisi (kWh)
Yalıtımsız	155.569	53.523	209.092
Mevcut Yalıtımlı	135.235	44.550	179.785
Cam%25 Artırılmış (Yalıtımlı)	128.176	52.374	180.550
Cam%25Azaltılmış:(Yalıtımlı)	131.203	42.069	173.272
Cam%50Azaltılmış:(Yalıtımlı)	141.823	33.753	175.576

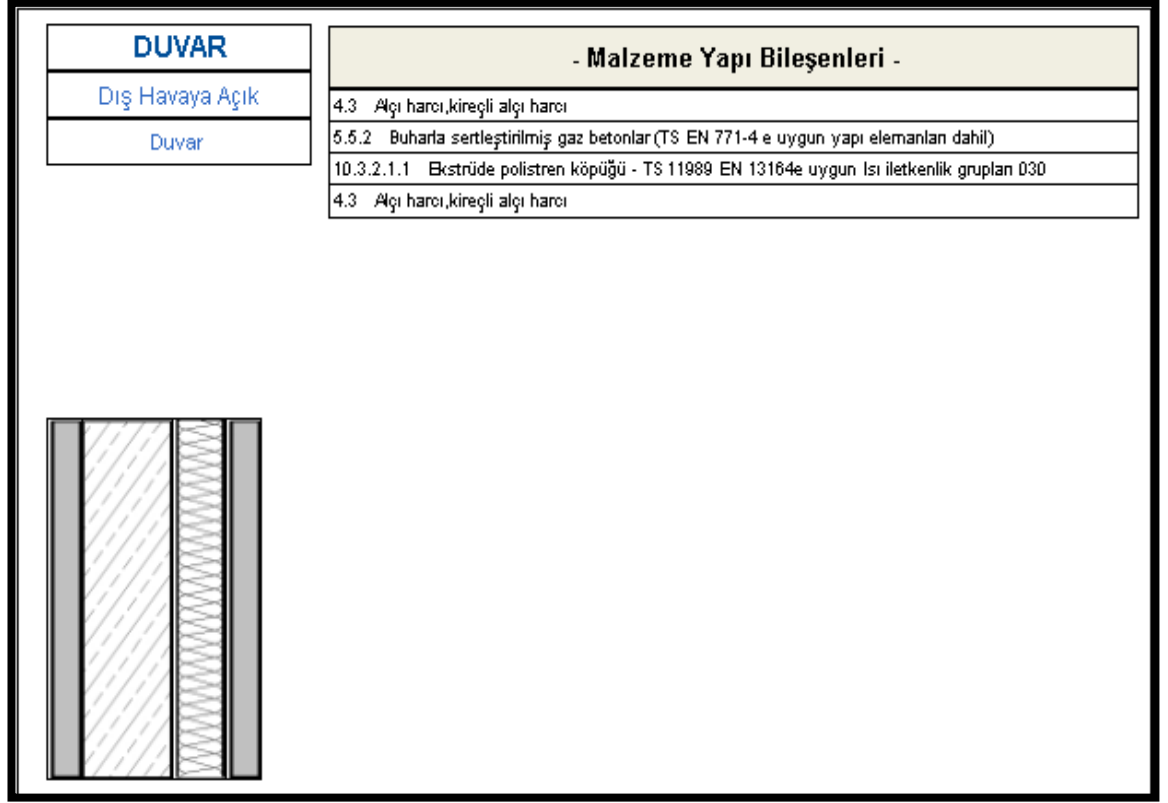
Çizelge 4.7.'de görüldüğü üzere binanın iklimlendirilmesi için yıllık iklimlendirme enerjisi en düşük durum cam kaplama miktarının % 25 azaltılmış halidir. Mevcut durumda % 41'i cam kaplama olan binanın optimum cam kaplama miktarı Şekil 4.6.'daki eğride de görüldüğü üzere cam kaplamanın % 25 azaltılmış halidir. Bu durumda sadece iklimlendirme enerjisi ihtiyacı göz önüne alındığında optimum cam kaplama alanı cephe alanının % 31'i kadar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı durumlara göre bina iklimlendirme enerjisinin değişimi

4.5. Bina Yapı Elemanları Sıcaklık Dağılımı

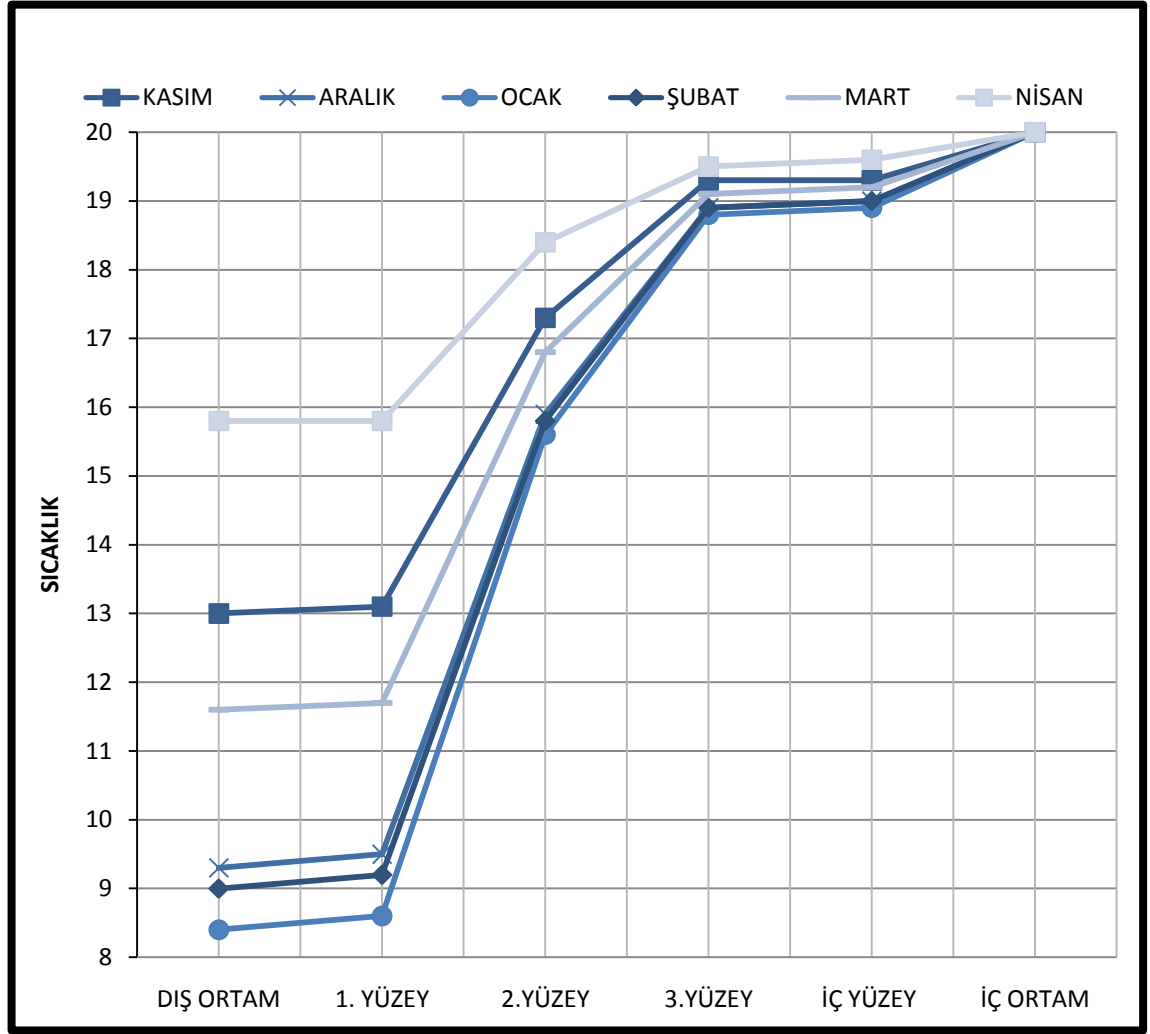
Yoğuşma ve küflenme kontrolü açısından bina yapı bileşenlerindeki sıcaklık dağılımı iyi bir şekilde incelenip hesaplanmalıdır. Bundan dolayı örnek binayı (MKÜ Mühendislik Fakültesi) oluşturan yapıların üzerindeki katmanların sıcaklık dağılımı hesaplanmıştır. Bina yapı elemanlarının kesitlerindeki sıcaklık dağılımı kullanılarak yapıda yoğuşma analizi yapılmıştır. Dış hava temaslı duvarın kesit görünümü Şekil 4.7.'de verilmiş olup yapı kesitindeki yüzeylere göre sıcaklıkları Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir. Buna dayanarak yapı yüzeylerindeki sıcaklığın dağılımı Şekil 4.8.'de grafik olarak elde edilmiştir. Isıl konfor açısından da önem arz eden iç yüzey sıcaklığı iç ortam sıcaklığından en fazla 3 °C az olabilmektedir.



Şekil 4.7. Dış hava temaslı duvar kesit görünümü

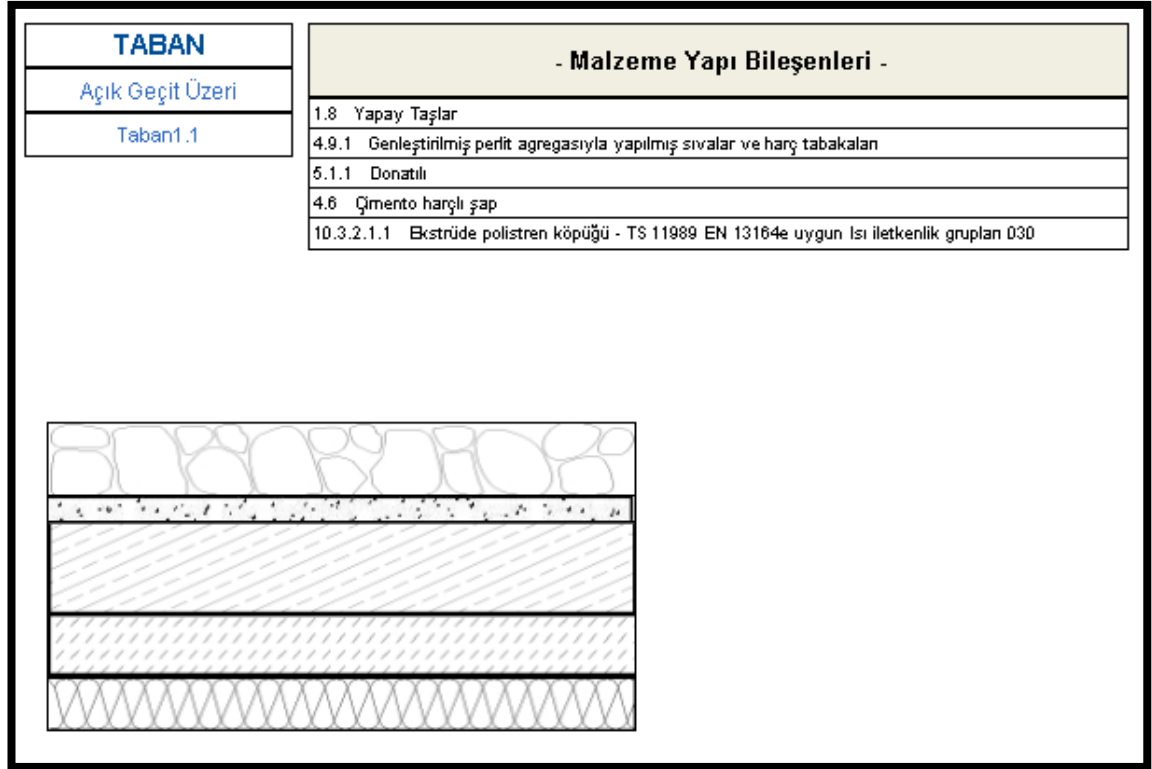
Çizelge 4.8. Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

Dış Hava İle Temas Eden Duvar Yapı Bileşenleri Sıcaklık Dağılımı						
	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
DIŞ ORTAM	13	9,3	8,4	9	11,6	15,8
DIŞ YÜZEY	13,1	9,4	8,5	9,1	11,7	15,8
1. YÜZEY	13,1	9,5	8,6	9,2	11,7	15,8
2.YÜZEY	17,3	15,9	15,6	15,8	16,8	18,4
3.YÜZEY	19,3	18,9	18,8	18,9	19,1	19,5
İÇ YÜZEY	19,3	19	18,9	19	19,2	19,6
İÇ ORTAM	20	20	20	20	20	20



Şekil 4.8. Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

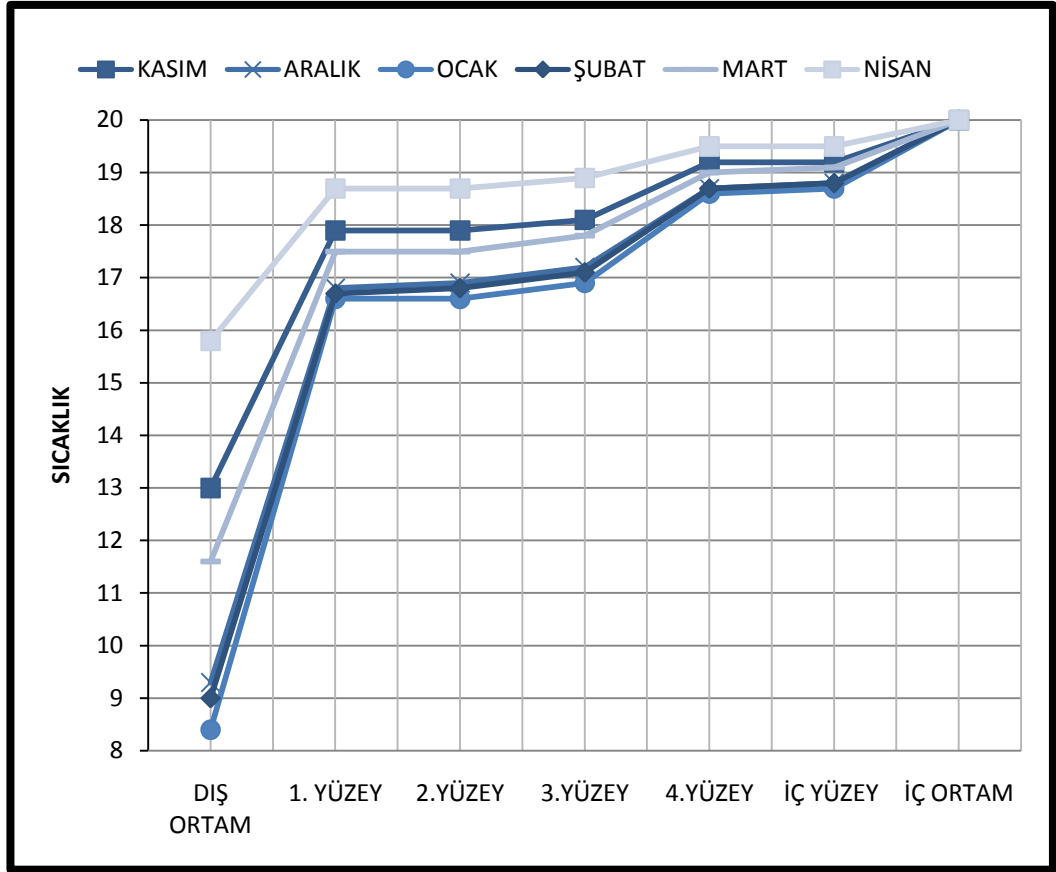
Açık geçit üzeri tabanın kesit görünümü Şekil 4.9.'da verilmiş olup, yapı kesitindeki yüzeylere göre sıcaklıkları Çizelge 4.9.'da gösterilmiştir. Buna dayanarak, yapı yüzeylerindeki sıcaklığın dağılımı Şekil 4.10.'da grafik olarak elde edilmiştir. Tabanda bulunan betonarme elemanların içindeki donatının korozyona karşı korunması gerektiğinden, yoğunlaşma analizinin deprem riski açısından yapılması son derece önemli olmaktadır.



Şekil 4.9. Açık geçit üzeri taban kesit görünümü

Çizelge 4.9. Açık geçit üzeri taban yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

Açık Geçit Üzeri Taban Yapı Bileşenleri Sıcaklık Dağılımı						
	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
DIŞ ORTAM	13	9,3	8,4	9	11,6	15,8
DIŞ YÜZEY	13,1	9,4	8,5	9,1	11,7	15,8
1. YÜZEY	17,9	16,8	16,6	16,7	17,5	18,7
2.YÜZEY	17,9	16,9	16,6	16,8	17,5	18,7
3.YÜZEY	18,1	17,2	16,9	17,1	17,8	18,9
4.YÜZEY	19,2	18,7	18,6	18,7	19	19,5
İÇ YÜZEY	19,2	18,8	18,7	18,8	19,1	19,5
İÇ ORTAM	20	20	20	20	20	20



Şekil 4.10. Dış hava temaslı duvar yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

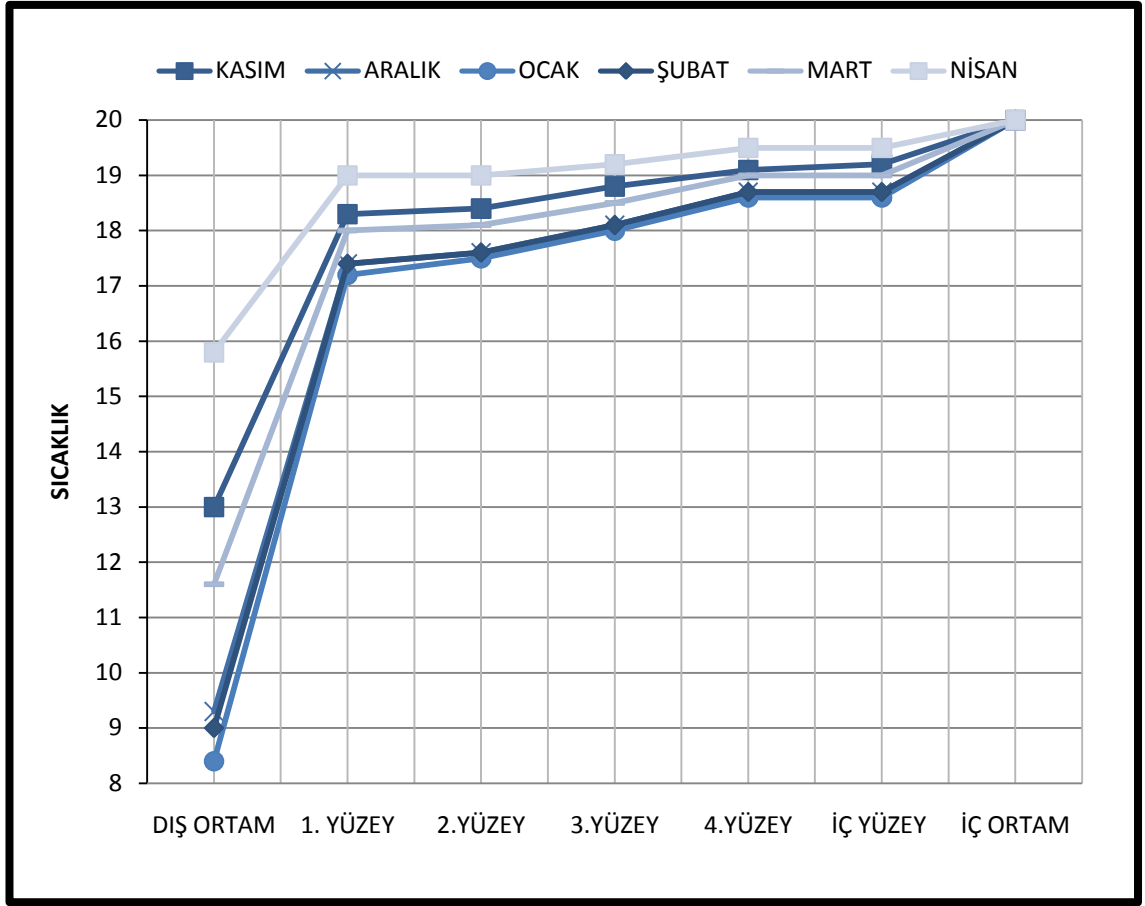
Üzeri açık teras çatının kesit görünümü Şekil 4.11.'de verilmiş olup, yapı kesitindeki yüzeylere göre sıcaklıkları Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir. Buna dayanarak, yapı yüzeylerindeki sıcaklığın dağılımı Şekil 4.12.'de grafik olarak elde edilmiştir. Teras çatının yapısında da taban gibi donatı bulunmaktadır ve bu donatının korozyona karşı korunması gerekmektedir, bu açıdan yoğunlaşmanın gerçekleşmeyeceği sıcaklık aralığının olması gereklidir. Ayrıca teras çatı için diğer bir önemli hususta su izolasyonunun uygulanmasıdır. Ayrıca izolasyon malzemesinin mevsimsel sıcaklık farklarından olumsuz etkilenmemesi sağlanmalıdır. Bu iki hususa uygun izolasyon malzemesinin seçilip ve uygulanması gerekmektedir.

TAVAN	- Malzeme Yapı Bileşenleri -
Teras Çatı	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı
Tavan1.1	5.1.1 Donatılı
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11989 EN 13164e uygun ısı iletkenlik grupları D30

Şekil 4.11. Teras çatı kesit görünümü

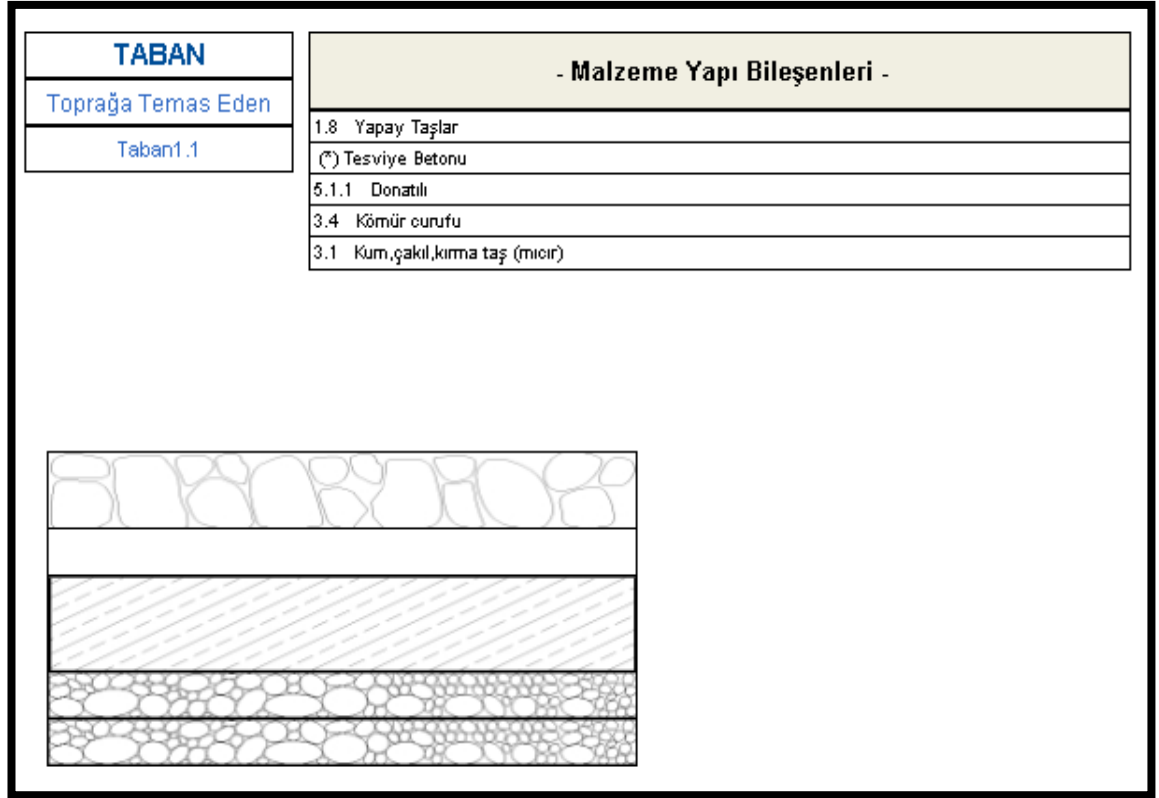
Çizelge 4.10. Teras çatı yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

Teras Çatı Yapı Bileşenleri Sıcaklık Dağılımı						
	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
DIŞ ORTAM	13	9,3	8,4	9	11,6	15,8
DIŞ YÜZEY	13,1	9,4	8,6	9,1	11,7	15,8
1. YÜZEY	18,3	17,4	17,2	17,4	18	19
2.YÜZEY	18,4	17,6	17,5	17,6	18,1	19
3.YÜZEY	18,8	18,1	18	18,1	18,5	19,2
4.YÜZEY	19,1	18,7	18,6	18,7	19	19,5
İÇ YÜZEY	19,2	18,7	18,6	18,7	19	19,5
İÇ ORTAM	20	20	20	20	20	20



Şekil 4.12. Teras çatı yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

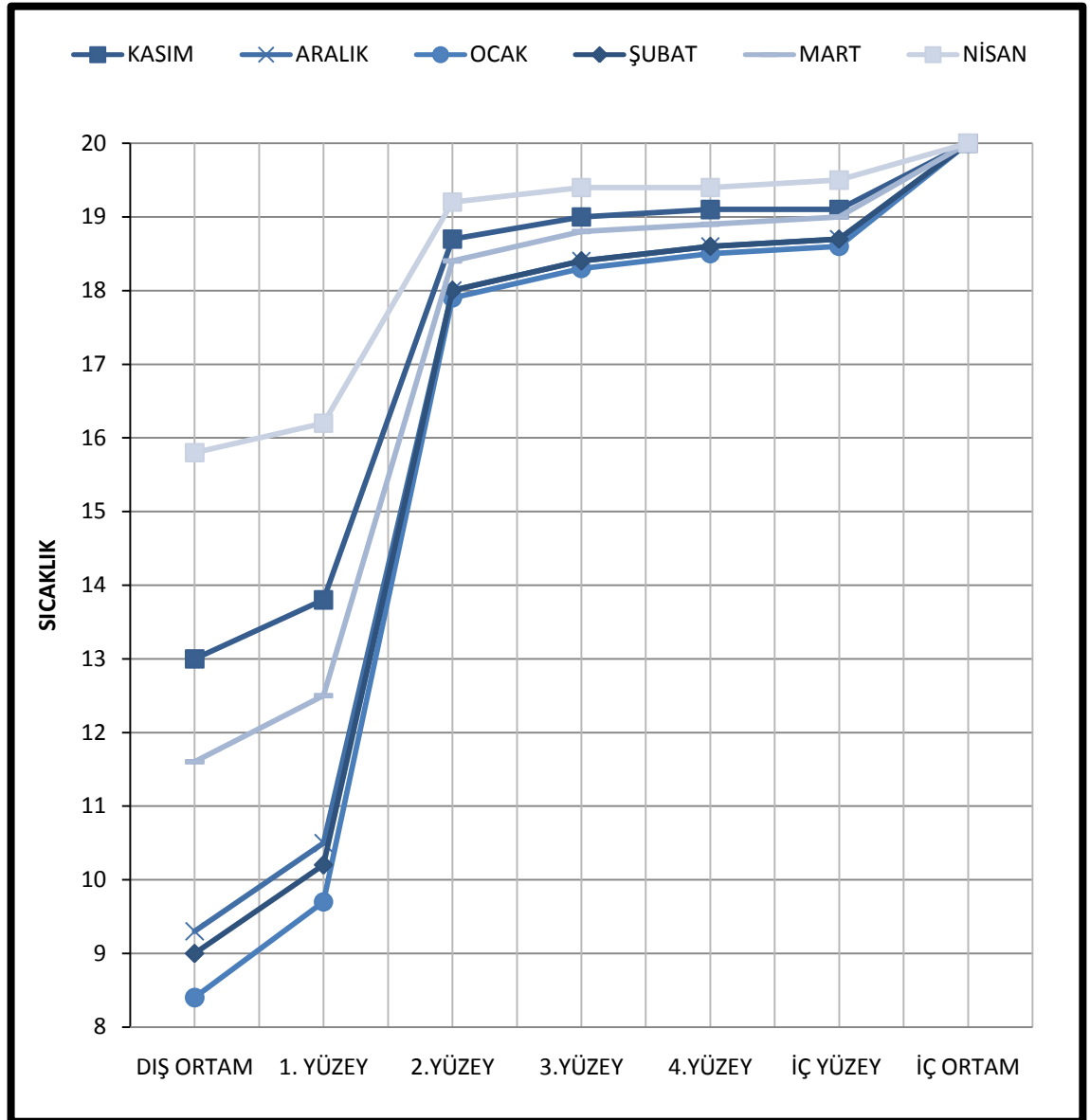
Toprak temaslı tabanın kesit görünümü Şekil 4.13.'de verilmiş olup, yapı kesitindeki yüzeylere göre sıcakları Çizelge 4.11.'de gösterilmiştir. Buna dayanarak, yapı yüzeylerindeki sıcaklığın dağılımı Şekil 4.14.'de grafik olarak elde edilmiştir. Toprak temaslı tabanın yapısında bulunda beton içinde donatı bulunmaktadır ve bu donatının korozyona karşı korunması gereklidir, bu açıdan yoğuşmanın gerçekleşmeyeceği sıcaklık aralığının olması gerekmektedir.



Şekil 4.13. Toprak temashlı taban kesit görünümü

Çizelge 4.11. Toprak temashlı taban yapı bileşenlerinin aylara göre sıcaklık dağılımı

Toprak Temashlı Taban Yapı Bileşenleri Sıcaklık Dağılımı						
	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
DIŞ ORTAM	13	9,3	8,4	9	11,6	15,8
DIŞ YÜZEY	13,1	9,4	8,6	9,2	11,7	15,8
1. YÜZEY	13,8	10,5	9,7	10,2	12,5	16,2
2.YÜZEY	18,7	18	17,9	18	18,4	19,2
3.YÜZEY	19	18,4	18,3	18,4	18,8	19,4
4.YÜZEY	19,1	18,6	18,5	18,6	18,9	19,4
İÇ YÜZEY	19,1	18,7	18,6	18,7	19	19,5
İÇ ORTAM	20	20	20	20	20	20



Şekil 4.14. Toprak temalı taban yapı elemanlarının aylara göre sıcaklık dağılımı

4.6 Bina Yoğuşma Analizi

Yapı bileşenleri, hava ve su buharı geçirebilme özelliğine sahiptir, fakat su buharı yapı bileşeni içerisinde geçerken yapıyı oluşturan elemanların sıcaklığına bağlı olarak yoğuşabilmektedir. Bu açıdan yapı bileşeni sıcaklık dağılımına bakıldığında, geçen buharın çiğlenme noktasının sıcaklık değeri, yapı elemanlarının sıcaklık dağılımındaki değere eşit veya daha büyükse, yapıda yoğuşma meydana gelmektedir.



Şekil 4.15. Yapı duvarlarında küf oluşumu(Anonim, 2012d)

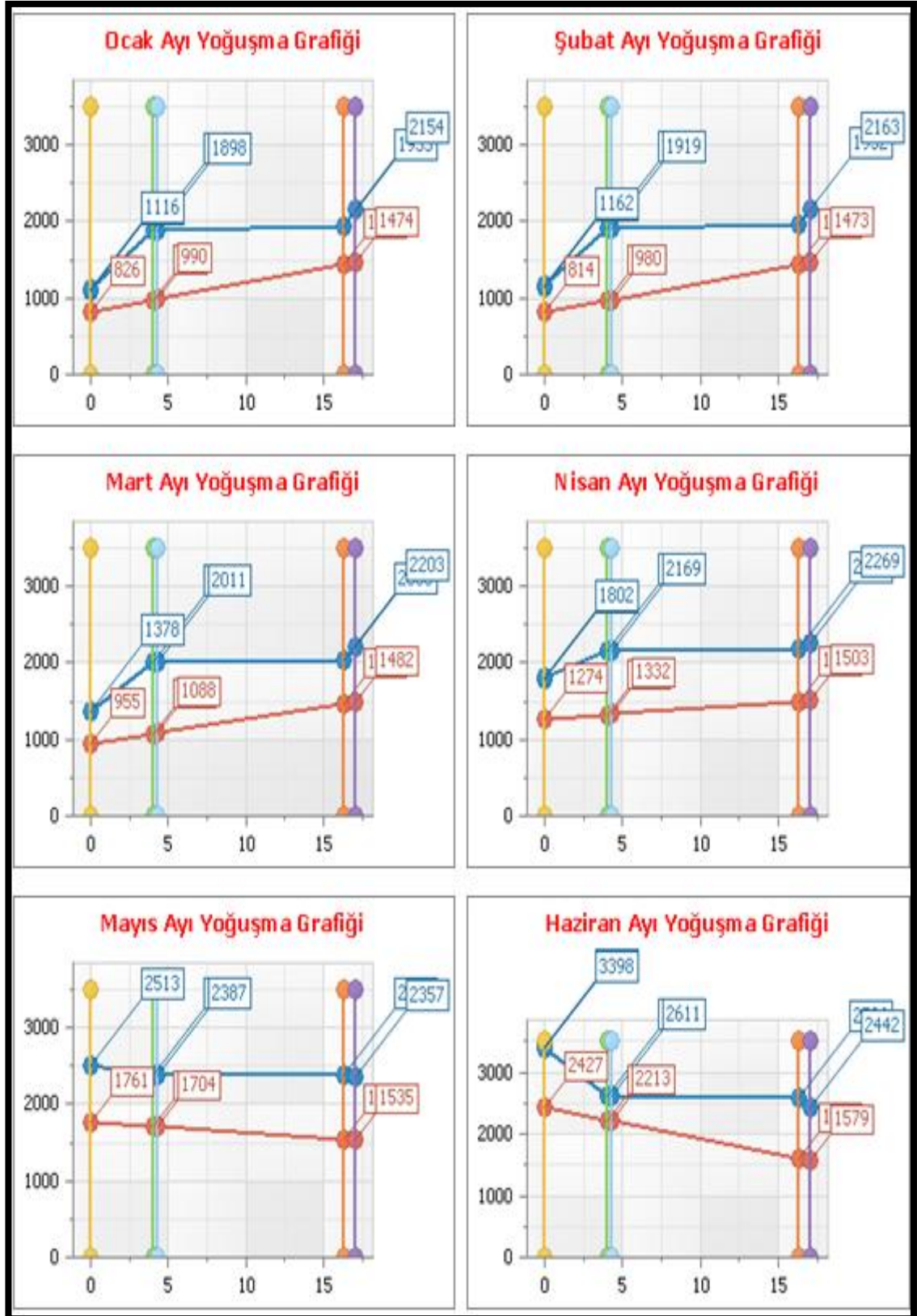
Yoğuşma suyunun yapı bileşeni içinde kalması ve yerçekimi etkisiyle Şekil 4.15.'de görüldüğü gibi suyun akma veya damlamasıyla; bakteri, küf ve mantar oluşmasına ayrıca betonarme elemanların donatılarında oluşan yoğuşma sebebiyle Şekil 4.16.'da görüldüğü gibi korozyon meydana gelmektedir.



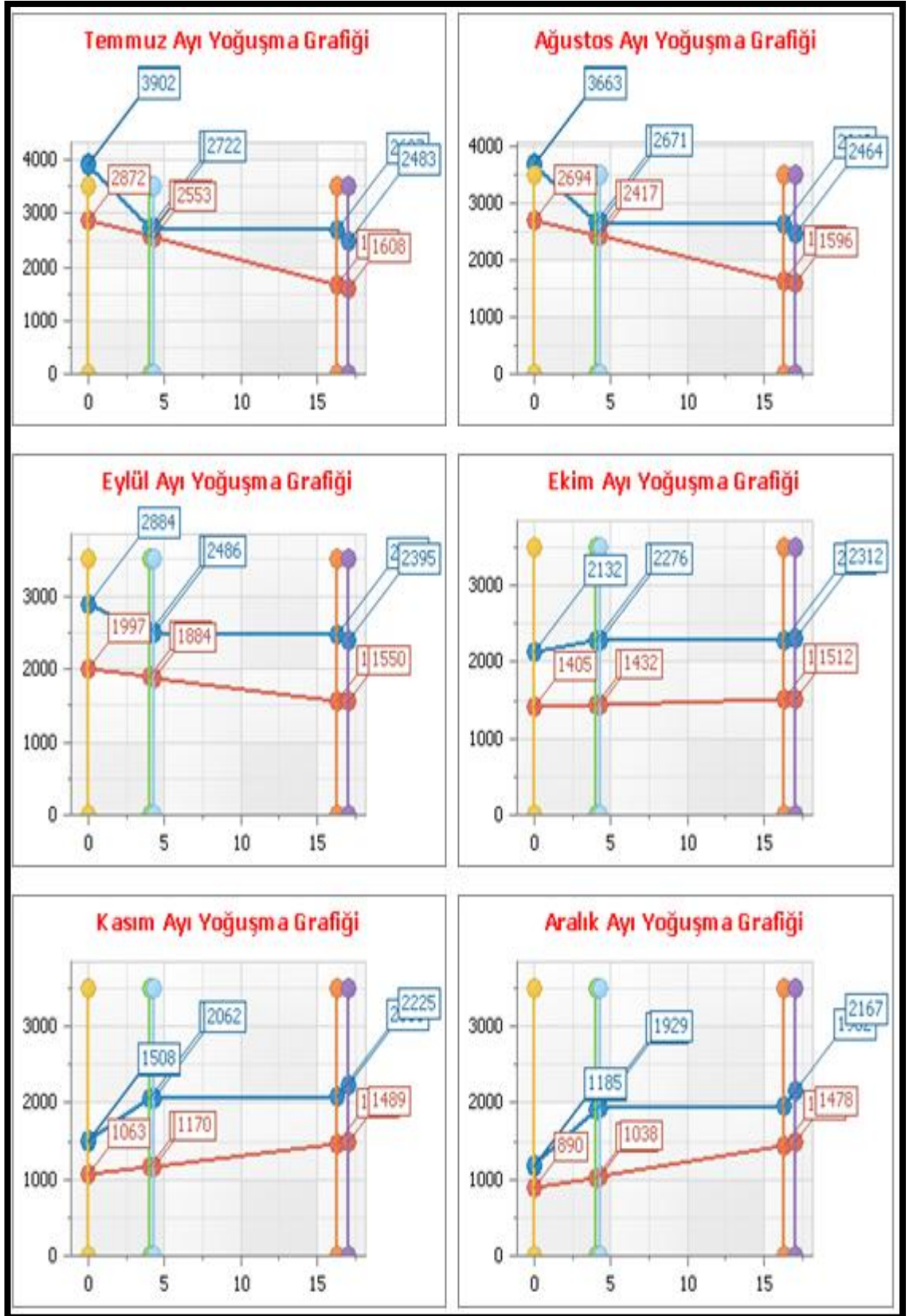
Şekil 4.16. Donatılarda korozyon oluşması (Anonim, 2012e)

Bu nedenle yapı elemanı içerisinde yoğuşabilecek su miktarının hesaplanıp belli bir sınırın altında kalması sağlanmalıdır. Bundan dolayı TS 825 binalarda yoğuşma kontrolünü zorunlu hale getirip; tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesi, 1 kg/m^2 'den ve buharlaşan suyun kütlesinden küçük olması gerektiğini belirtmiştir (TS 825, 2008).

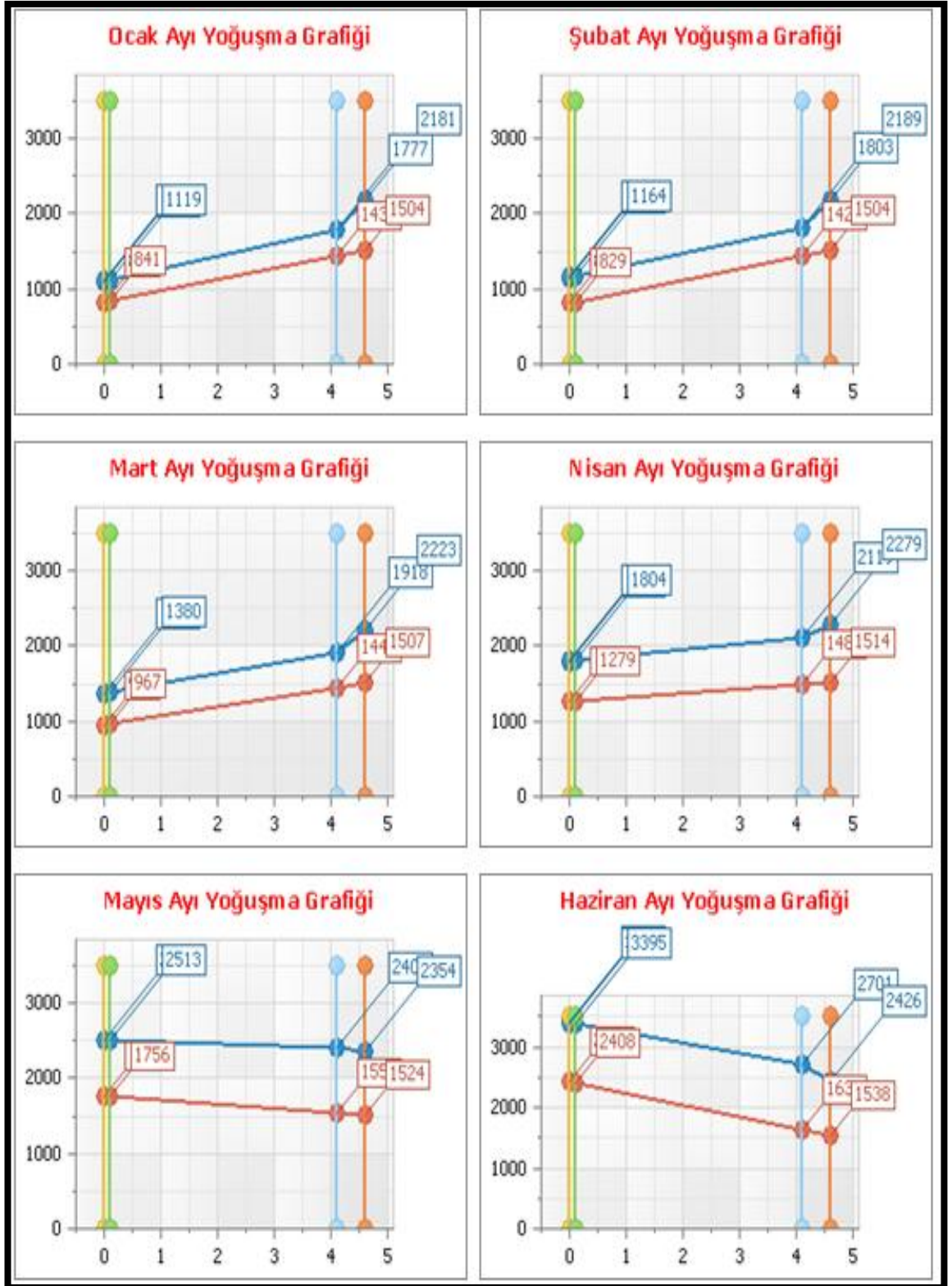
Örnek binanın açık geçit üzeri taban, dış hava temaslı duvar, toprak temaslı taban ve üzeri açık teras kısımlarının yoğuşma analizi yapılmış olup 12 ay için yoğuşma grafikleri Şekil 4.17-18-19-20'da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde gözönüne alınan MKÜ Mühendislik Fakültesi binasında yoğuşma olmadığı tespit edilmiştir.



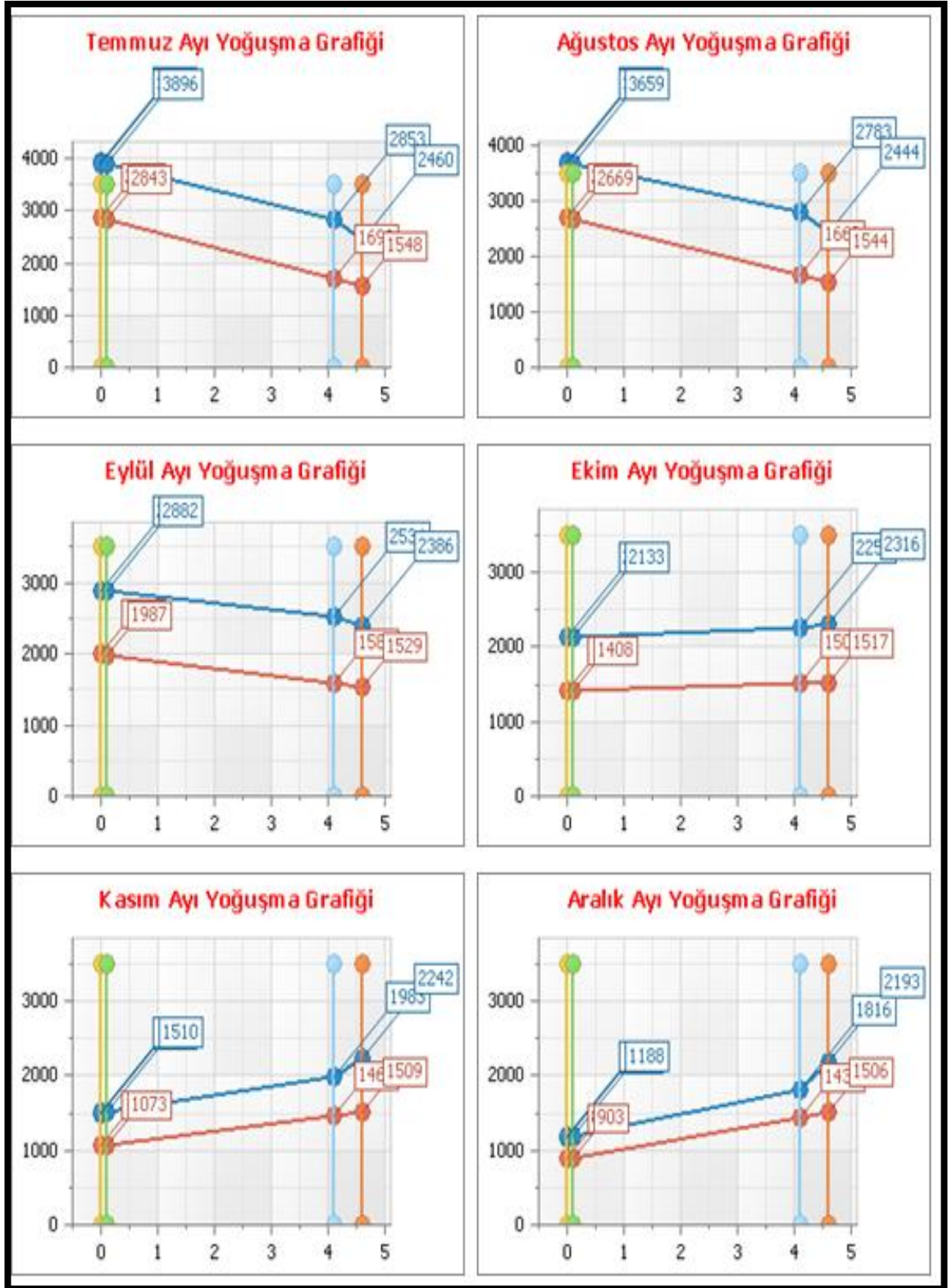
Şekil 4.17. Açık geçit üzeri taban için yıllık yoğuşma grafikleri



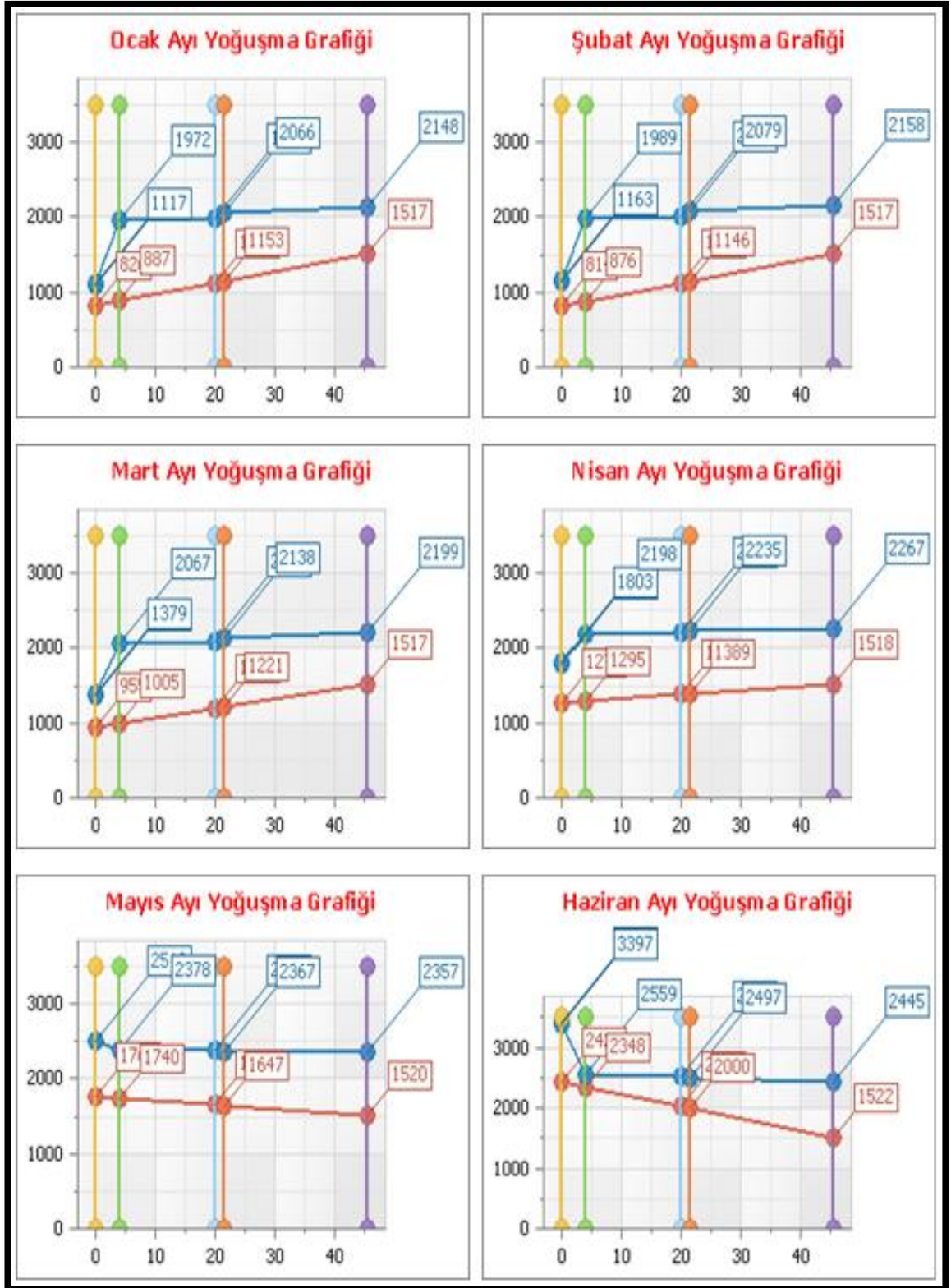
Şekil 4.17. (Devam) Açık geçit üzeri taban için yıllık yoğuşma grafikleri



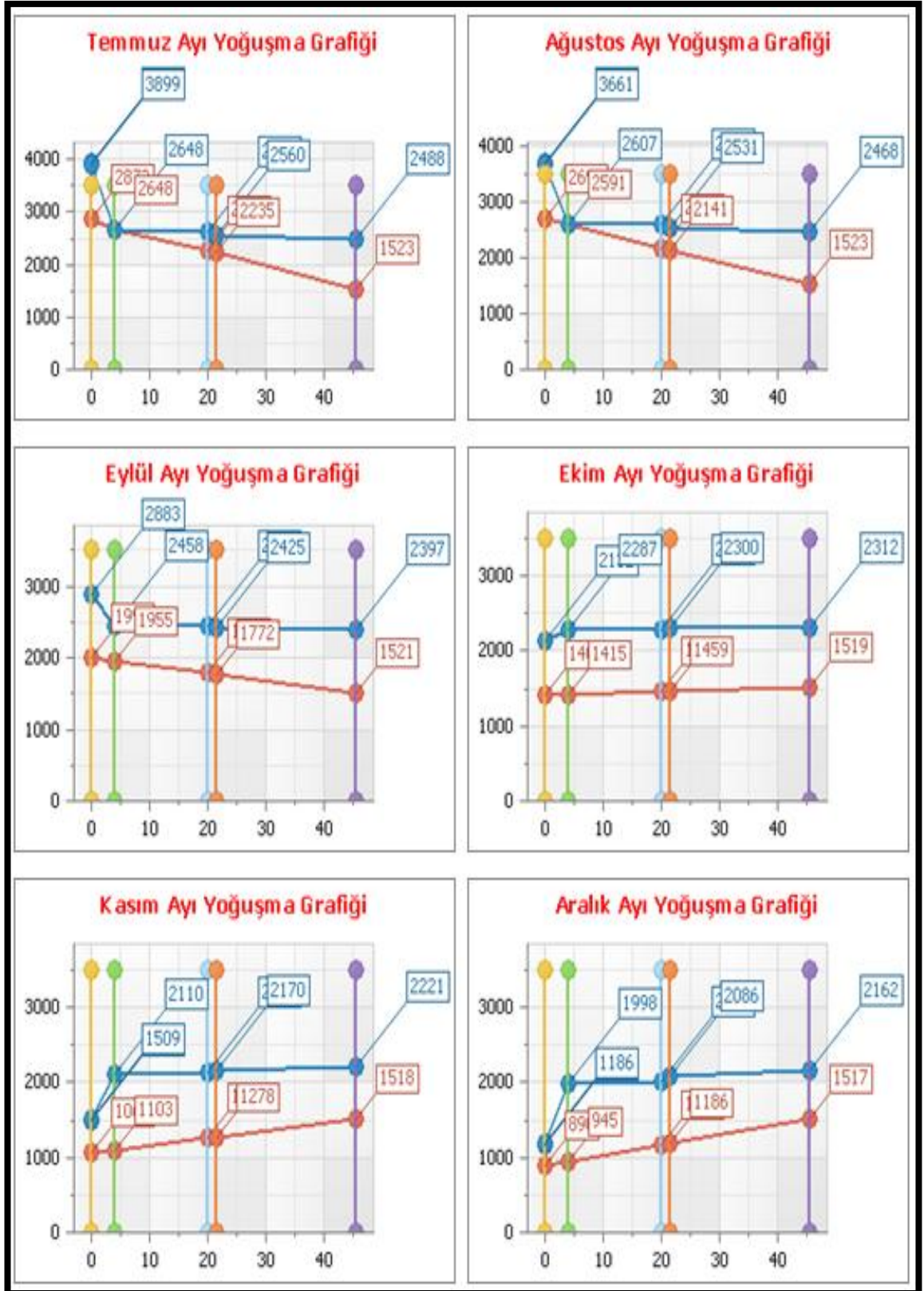
Şekil 4.18. Dış hava temaslı duvar için yıllık yoğuşma grafikleri



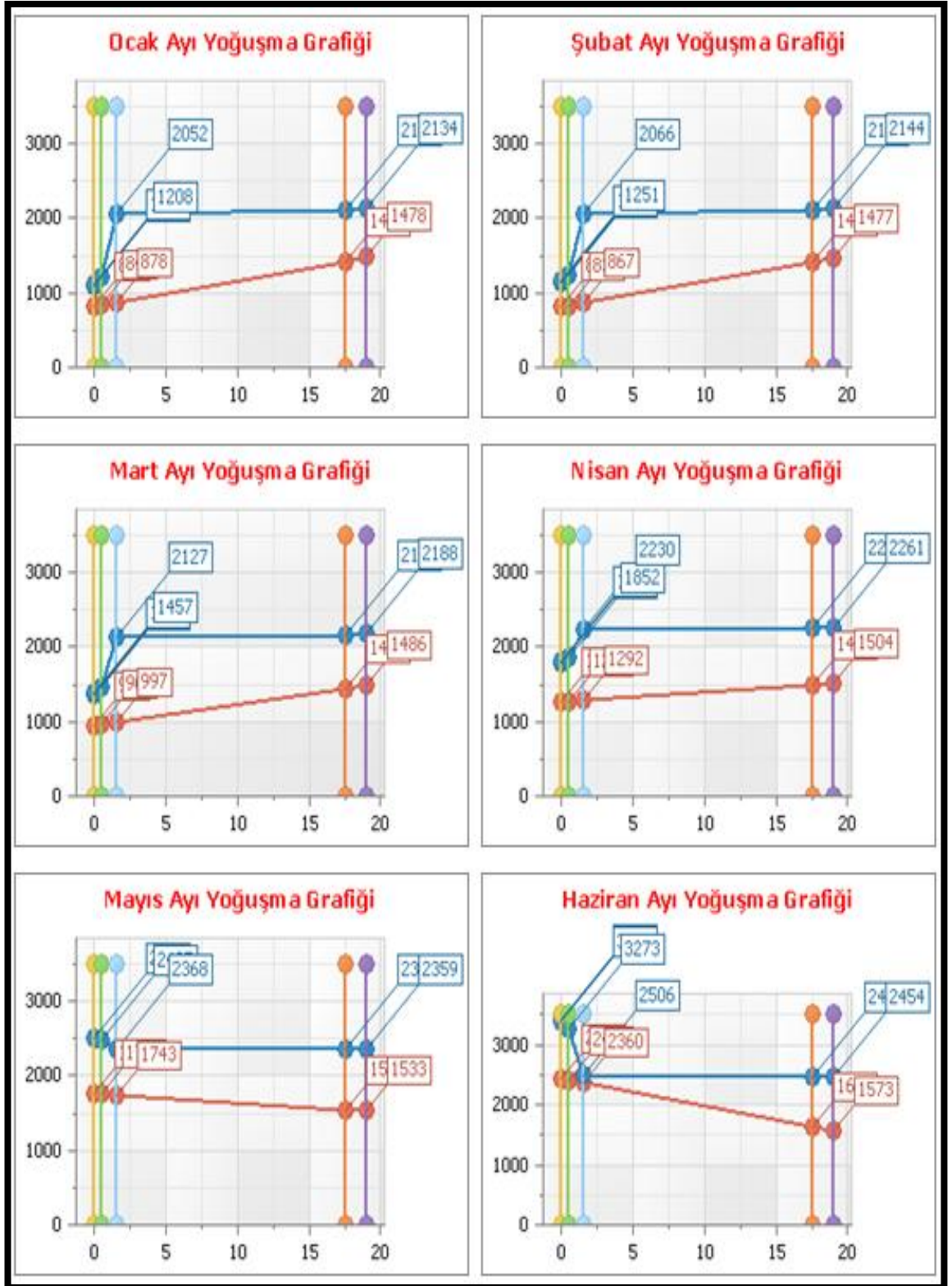
Şekil 4.18. (Devam) Dış hava temaslı duvar için yıllık yoğuşma grafikleri



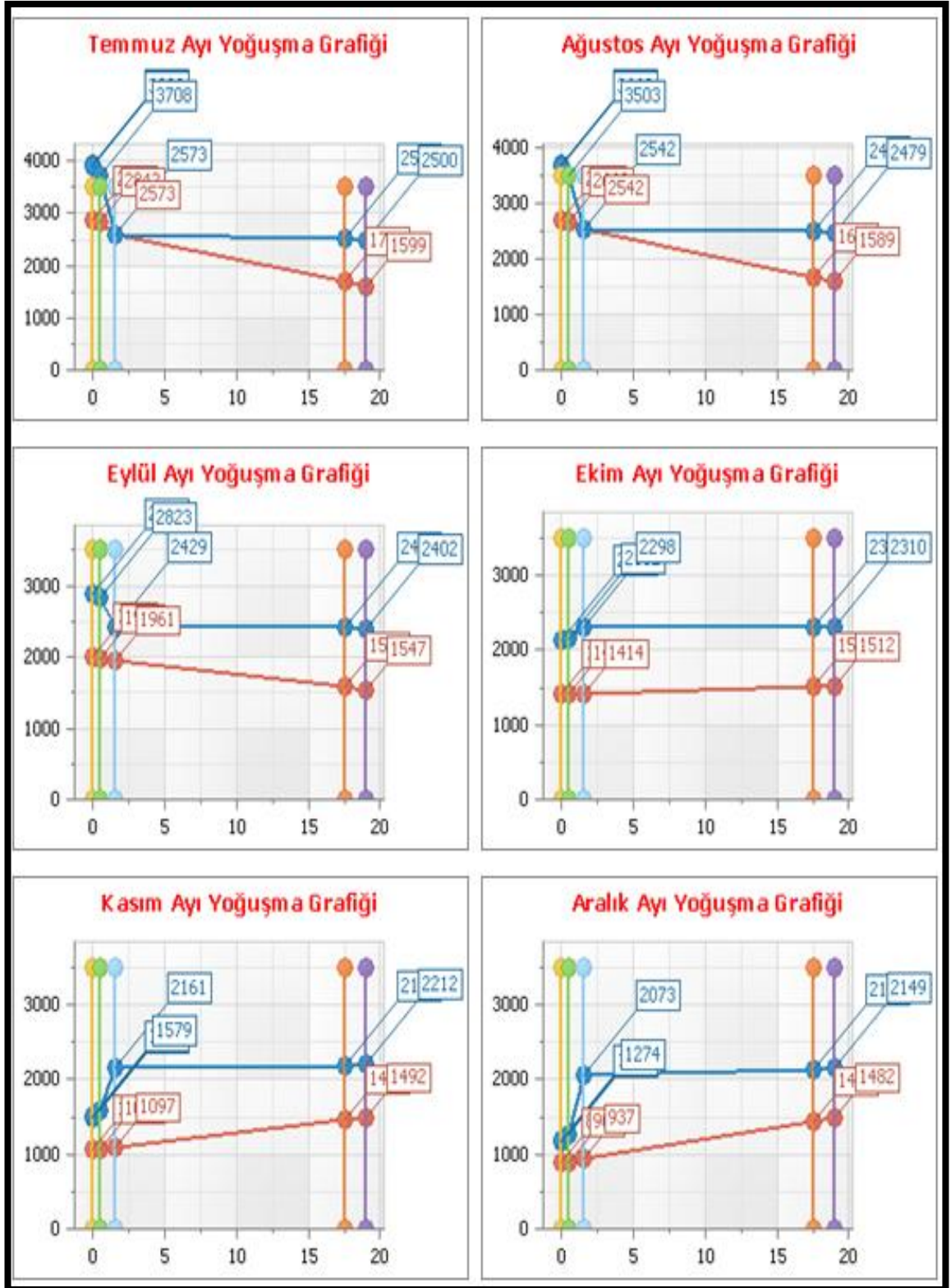
Şekil 4.19. Üzeri açık teras için yıllık yoğuşma grafikleri



Şekil 4.19. (Devam) Üzeri açık teras için yıllık yoğuşma grafikleri



Şekil 4.20. Toprak temaslı taban için yıllık yoğuşma grafikleri



Şekil 4.20. (Devam) Toprak temaslı taban için yıllık yoğuşma grafikleri

5.1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada enerjinin en yaygın kullanım alanlarından biri olan konutların enerji verimliliği ve enerji performansı incelenmiştir. Farklı durum ve senaryolara göre yapılan enerji performans hesapları sonucunda, enerji performansını doğrudan veya dolaylı etkileyen parametreler irdelenmiş olup tespit edilen en temel parametrenin cam kaplama oranı ve yalıtım malzemesi olduğu bulunmuştur. Cam kaplama oranının farklılıklarına ve yalıtımsız duruma göre yapılan hesaplamalarda enerji performansındaki değişiklikler analiz edilmiştir. Bu analiz neticesinde: Cam kaplama miktarının artması ile ısıtma sezonunda bina ısıtma enerjisi ihtiyacı düşüş gösterirken, soğutma sezonunda ısı yük oluşacağından bina enerji performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Cam kaplama miktarının azalması neticesinde ise ısıtma sezonunda bina ısıtma enerjisi ihtiyacı artış gösterirken, soğutma sezonunda ısı yük azalacağından bina enerji performansını olumlu yönde etkilemiştir. Optimum cam kaplamanın tespiti için farklı durumların değerlendirilmesi yapılmış olup % 25 cam kaplama azaltılmış halinin, mevcut duruma ve diğer senaryolara göre en uygun durum olduğu tespit edilmiştir.

Kış sezonunda ise ısıtma enerjisi ihtiyacı tespiti için günümüzde TS 825 standardı oluşturulmuş ve yürürlüğe konulmuştur. Bu bağlamda kış sezonu için konutlarda enerji sarfiyatının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Fakat Akdeniz ve Ege'nin kıyı kesimlerinde, yaz mevsiminde soğutma yüklerinin, ciddi anlamda yüksek değerlere ulaştığı bilinmektedir. Bu açıdan örnek bina olan MKÜ Mühendislik Fakültesi binasının enerji performansı hesaplandığında, kış sezonu ısıtma enerjisi ihtiyacı 135.235 kWh, yaz sezonunda soğutma yükü 44.550 kWh olarak bulunmuştur. İklimlendirme için kullanılan toplam enerjinin yaklaşık % 25'i soğutma sezonunda kullanılmaktadır. Bu sonuca göre soğutma sezonunda oluşabilecek ısı yüklerinde standartlaştırılmasının ve soğutma yüklerinin de milli seviyede tutulmasının gerektiği gözönüne çıkmaktadır.

Bir diğer göz önüne alınması gereken durum ise bina cam kaplama miktarlarıdır. Bina estetiği açısından, insanlar tarafından beğenilen cam kaplamalar, bina enerji performansı ve iklimlendirme enerjisi açısından, değerleri hangi yönde etkilediği sorgulanmalıdır. Bu açıdan güneşlenme şiddetine göre bölgesel olarak en uygun cam kaplama oranı; iklimlendirme enerjisinin cam kaplama miktarına göre gösterdiği reaksiyona göre belirlenmelidir. Bu yöntem ile farklı bölgelere göre cam kaplama

oranlarını üst ve alt sınırlar ile belirlenebilmektedir. Buna dayanarak örnek bina üzerinde cam kaplama oranlarını azaltılarak ve artırılarak, enerji performansları ayrı olarak hesaplanmış olup örnek bina için % 31 cam kaplama oranı en düşük iklimlendirme enerjisini sağladığı tespit edilmiştir.

Ayrıca, yapılarda hem ısıtma sezonu, hem de soğutma sezonu için enerji performansları, yapı ve yalıtım elemanlarının montajının uygun olarak yapıldığı varsayımı ile hesaplanmaktadır. Fakat ülkemizde yetişmiş ara eleman sıkıntısından dolayı yapılan uygulamalarda hatalar gözönüne çıkabilmektedir. Buna bağlı olarak da yaptığımız hesaplardaki değerlerin, üzerinde ısı yükleri ve ısıtma enerjisi ihtiyaçları çıkmaktadır. Bu nedenle uygulanan yalıtımın uygun ve eksiksiz yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Fakat her şantiyede kamu veya kontrolcü firma işin başından sonuna kadar personel bekletemeyeceğinden, bu tarz sıkıntılar olması muhtemel görülmektedir. Bu tür sıkıntıları ve montaj hatalarını, tespit etmenin yolu ise termal kamera kullanımından geçmektedir. Termal kamera ile yalıtımın uygun ve hatasız olup olmadığı, ısı kaçakları ve ısı köprüleri rahatça tespit edilebilmesi mümkün olmaktadır

KAYNAKLAR

- Akıncı H., “**Günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzeme özellikleri uygulama teknikleri ve fiyat analizleri**”, FBE yüksek lisans tezi Sakarya Üniversitesi, Ocak 2007.
- BAYER G., “**Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve örnek bir projede ısı yalıtım maliyet analizi**”, Sakarya Üniversitesi FBE yüksek lisans tezi, Nisan 2006.
- Bulut H., Durmaz A.F., Aktacir M.A., “İklimlendirme sistemleri için soğutma yükü hesap yöntemlerinin karşılaştırılması”, **Türk Tesisat Mühendisliği Derneği VII Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu**, 2006 İstanbul.
- Diz T., “Isı yalıtımı ile enerjinin verimli kullanılması”, **Doğalgaz ve Enerji Yönetimi Kongresi**, Gaziantep 2003 Sayı 331 pp 208-318.
- Ekinci C.E., “**Yalıtım teknikleri**”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.
- Evcil, N., “**Isı izolasyon ve dış duvarların enerji etkin yenilenmesi**”, İTÜ FBE Yüksek lisans Tezi İstanbul 2000.
- ISISAN Çalışmaları, No: 351 “**Enerji Ekonomisi**”, İstanbul, 2007.
- İzocam A.Ş., “**Isı + Ses +Yangın İzolasyon**”, Turuncu kitap izocam yayınları 2002.
- Karakoç. H., “**Enerji ekonomisi**”, Demirdöküm yayınları, Ankara, 1993.
- Özutku, O. , C. Karakuş “Binalarda ısı yalıtımı yolu ile enerji tasarrufunu ısıtma sezonunda incelenmesi”, **X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, İzmir 2011a.
- Özutku, O. , C. Karakuş “Binalarda ısı yalıtımı yolu ile enerji tasarrufunu İklimlendirme enerjisi açısından incelenmesi ve optimum cam kaplama alanı belirlenmesi ”, **III Ulusal İklimlendirme Kongresi**, Antalya, 2011b.
- Paralı D., “**Bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtımı**”, Sakarya Üniversitesi FBE yüksek lisans tezi Haziran 2009.
- Reman, O., “**Isı-su izolasyon malzemelerinin sınıflandırılması özellikleri, soru ve seçim Kriterleri**”, Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, FBE, yüksek lisans tezi, 2000.
- SEZER Şenkal F., **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 10, Sayı 1, 2005.

- Şen A.O., “**Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri Dünyada ve Türkiyede yalıtım**”, Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi FBE Haziran 2006.
- TMMOB “**Yalıtım**” MMO Yayın no: 2005/399/2005.
- TS 825, “**Binalarda Isı Yalıtım Kuralları**”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
- TS 8442, “**Isı Yalıtımı Hesaplama Metotları-Binalarda Yapı Bileşenlerinin ve Elemanların Kararlı Durumda Isıl Özellikleri**”, Ankara, 1990.
- Ünal S., “**Bina duvar ısı yalıtım sistemleri ve ekstrudepolistren ile TS 825 ‘e uygun bina yalıtım çözümleri üzerine incelenmesi**”, Yüksek Lisans Tezi İTÜ FBE İstanbul 2002.
- Yiğit A., Atmaca İ., “Dünyada ve Türkiye’de ısı konfor çalışmaları” , **VIII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**, İZMİR 2008.
- Yurtseven B., “**Bilgisayar yardımıyla binalarda enerji kayıp ve kazançları hesabı**” İTÜ FBE Yüksek lisans tezi, Mayıs 2006.
- <http://www.izoder.org.tr/Izoder.asp?ID=171&ID2=175>, Erişim tarihi 12 Mart 2011a.
- <http://www.yalitimrehberi.net>, Erişim tarihi 07 Şubat 2011b.
- <http://www.bursaicdekorasyon.com/montalama-isi-yalitim.html>, Erişim tarihi 15 Ocak 2012a.
- http://www.tedas.gov.tr/268,2011_Yili_Tarifeler.html, Erişim tarihi 18 Ocak 2011c.
- <http://www.catifirması.net>, Erişim tarihi 11 2012b.
- <http://www.etikevd.com/tr/index.html>, Erişim tarihi 22 Mart 2012c.
- <http://uyumluyasam.com/b/1547/kuf-olusumu-nemin-sagliga-zararlari-ve-nemi-azaltma-yollari/>, Erişim tarihi 22 Mart 2012d.
- http://insaatekno.com/haber_detay.asp?haberID=132, Erişim tarihi 22 Mart 2012e.
- <http://www.terrathermmanto.com.tr/teknik-destek/termal-kamera-cekimleri.aspx>, Erişim tarihi 28 Mart 2012f.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında, büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yoğun idari ve akademik görevlerine rağmen her fırsatta ilgisini ve desteğini esirgemeyen, yol gösteren, tez danışmanım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ' a en derin saygılarımı ve minnettarlığımı iletmek isterim.

Tez çalışmamda yanımda olan, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli abilerim Makine Yüksek Mühendisi Hüseyin Turan ARAT ve Makine Mühendisi Salih Çelik'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve yardımlarını hiç unutmayacağım arkadaşlarım İnşaat Müh. Mahmut BAŞSÜRÜCÜ, Makine Müh. Halil CEBECİ, Makine Müh. M. Akif DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak hayatımın her aşamasında bana maddi ve manevi destek olan babam, annem ve özellikle İng. Okutmanı abim Rıza ÖZUTKU'ya minnettarlığımı iletmek isterim.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Ankara’da doğdum. İlköğretim ve lise öğrenimimi Hatay’da tamamladım. Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünden “Makine Mühendisi” ünvanıyla 2010 yılında mezun oldum. Mezun olduktan sonra, özel bir şirkette atölye mühendisliği ve şantiye şefliği görevlerinde bulundum. 2010-2011 Öğretim yılı Güz döneminde Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Yaklaşık üç dönemdir MKÜ Dört Yol Meslek Yüksekokulu ve Mühendislik Fakültesinde yarı zamanlı öğretim görevlisi olarak çalışmaktayım.