

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. İbrahim AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ

Nisan 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. İbrahim AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 08/04/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

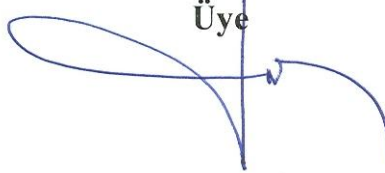
**Prof. Dr. Kemalettin
YILMAZ**

Jüri Başkanı



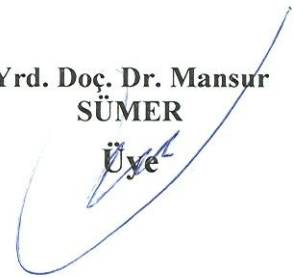
**Prof. Dr. Recep
İLERİ**

Üye



**Yrd. Doç. Dr. Mansur
SÜMER**

Üye



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam süresince çok değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ'a eğitimimde emeği geçen tüm hocalarıma, hayıtım boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve hep yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İbrahim AYDIN

Nisan 2010

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xviii
ÖZET.....	xxviii
SUMMARY.....	xxix

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

ISI VE ISI GEÇİŞİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR.....	4
2.1. Isı ve Sıcaklık Kavramlarının Tanımı.....	4
2.2. Isının Elde Edilmesi.....	5
2.3. Isı İletimi.....	6
2.3.1. Kondüksiyonla (iletimle) ısı iletimi.....	6
2.3.2. Konveksiyonla (taşınım) ısı iletimi.....	7
2.3.3. Radyasyonla (ışınım).....	8
2.3.4. Buharlaşma.....	9
2.4. Isı İletim Hesaplarında Kullanılan Büyüklüklerin Tanımı.....	9
2.4.1. Isı iletkenliği ($\lambda, W/mK$).....	9
2.4.2. Isı iletkenliği hesap değeri ($\lambda_h, W/mK$).....	10
2.4.3. Isı geçirgenlik değeri ($\Lambda, W/m^2K$).....	10
2.4.4. Isı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda, m^2K/W$).....	11
2.4.5. Yüzeysel ısı iletim katsayısı ($\alpha, W/m^2K$).....	11

2.4.6. Yüzeysel ısı iletim direnci ($1/\alpha$, m^2K/W).....	11
2.4.7. Isı geçirgenlik katsayısı (U).....	11
2.4.8. Isı geçirme direnci.....	11
2.4.9. Isı akısı (q , W/m^2).....	12
2.4.10. Isı iletim rejimleri.....	12
2.5. Sabit Rejim Şartlarında Isı İletiminin Hesaplanması.....	12
2.6. Yapı Elemanlarında Yüzey ve Kesit Sıcaklıklarının Tespiti.....	14
2.7. Yapıyı Etkileyen Isılar ve Isı Kayıpları.....	15
2.7.1. Dış ortam ısıları.....	16
2.7.2. İç ortam ısıları.....	17
2.7.3. Isı kayıpları.....	17
2.7.3.1 Duvar ve duvar boşluklarında ısı kayıpları.....	20
2.7.3.2. Çatılarda ısı kayıpları.....	23
2.7.3.3. Döşemelerde ısı kayıpları.....	25
2.8. TS 825' de Isı Yalıtımı Hesap Metotlarında Kullanılan Tanımlar ...	27

BÖLÜM 3.

BUHAR İLETİMİ VE TEMEL PRENSİPLERİ.....	29
3.1. Bina Kabuğundan Buhar Geçişi.....	29
3.2. Yapı Bileşenlerinde Su ve Su Buharı Etkileri.....	33

BÖLÜM 4.

BİNALARDA ISI YALITIMI VE ÖNEMİ.....	36
4.1. Yalıtım.....	36
4.2. Yalıtımın Amacı.....	37
4.3. Isı Yalıtımı.....	37
4.4. Isı Yalıtımının Uygulama Biçimi.....	38
4.5. Isı Yalıtımının Yararları.....	39
4.5.1. Isı yalıtımı enerji tüketimini azaltarak tasarruf ve çevrenin korunmasına katkı sağlar.....	39
4.5.2. Isı yalıtımı ısı konfor sağlar.....	43
4.5.3. Isı yalıtımı ve sağlık.....	45
4.5.4. Isı yalıtımının diğer faydaları.....	46

4.6. Türkiye’de Isı Yalıtımı.....	46
-----------------------------------	----

BÖLÜM 5.

ISI YALITIM MALZEMELERİ.....	54
5.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı.....	55
5.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler.....	56
5.2.1. Su ve nemden etkilenmezlik.....	57
5.2.2. Yanmazlık ve alev geçirmezlik.....	57
5.2.3. Basınç mukavemeti (σ).....	57
5.2.4. Çekme mukavemeti (σ).....	58
5.2.5. Buhar difüzyon direnci (μ).....	58
5.2.6. Birim hacim ağırlıkları (ρ).....	58
5.2.7. Isı tutuculuk.....	59
5.2.8. Boyutsal kararlılık.....	59
5.2.9. İşlenebilirlik.....	59
5.2.10. Kimyasal etkenlere dayanıklılık.....	59
5.2.11. Sıva tutuculuk.....	59
5.2.12. Kokusuzluk.....	60
5.2.13. İnsan sağlığına ve çevreye zararlı olmaması.....	60
5.2.14. Uzun ömürlü olması.....	60
5.2.15. Parazitleri barındırmama ve parazitlere karşı dayanıklılık...	60
5.2.16. Ekonomiklik.....	60
5.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması ve Çeşitleri.....	61
5.3.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	65
5.3.1.1 Ahşap ısı yalıtım ürünleri.....	65
5.3.1.2. Genleştirilmiş Mantar Levhaları (ICB).....	68
5.3.2. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	70
5.3.2.1. Camyünü.....	70
5.3.2.2. Taşyünü.....	73
5.3.2.3. Seramik yünü.....	75
5.3.2.4. Cam köpüğü (CG).....	76
5.3.2.5. Genleştirilmiş Perlit (EPB) Ürünler.....	78
5.3.2.6. Vermikülit (EV).....	80

5.3.2.7. Kalsiyum silikat.....	82
5.3.2.8. Isı yalıtım tuğlaları.....	83
5.3.2.9. Hafif beton elemanlar.....	84
5.3.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	86
5.3.3.1. Poliüretan köpük.....	87
5.3.3.2. Fenolik köpük (PF).....	89
5.3.3.3. Polietilen köpük.....	90
5.3.3.4.Genleştirilmiş (ekspande) polistren sert köpük-EPS...	96
5.3.3.5. Haddelenmiş (ekstrüde) polistren sert köpük-XPS....	98
5.3.4. Yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri.....	100
5.3.4.1. Mikro gözenekli yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri.....	102
5.3.4.2. Vakumlanmış ısı yalıtım panelleri.....	103
5.3.4.3. Saydam ısı yalıtım malzemeleri.....	105
5.3.4.4. Metal sandviç paneller.....	108
5.4. Isı yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması.....	111

BÖLÜM 6.

BİNA ELEMANLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİ...	118
6.1. Duvarlarda Yapılan Isı Yalıtımı.....	119
6.1.1. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtımı.....	119
6.1.2. Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtımı.....	127
6.1.3. Çift duvar arası ısı yalıtımı (sandviç duvar).....	133
6.1.4. Havalandırılmalı dış duvar yalıtımı.....	142
6.1.4.1. Giydirme cephe sistemleri.....	142
6.1.4.2. Yalıtım baskısı sistemi.....	144
6.1.5. Toprağa bitişik dış duvar yalıtımı.....	148
6.2. Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları.....	150
6.2.1. Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı.....	150
6.2.2. Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı.....	151
6.2.3. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı.....	152
6.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları.....	153
6.3.1. Kırmızı çatılarda ısı yalıtımı.....	154
6.3.2. Teras çatılarda ısı yalıtımı.....	157

6.3.2.1 Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı.....	157
6.3.2.2. Ters teras çatılarda ısı yalıtımı.....	159
6.4. Pencere ve Kapıların Yalıtılması.....	160
6.5. Isı Köprülerinde (Betonarme Kolon ve Kirişler) Isı Yalıtımı.....	164
BÖLÜM 7.	
ÖRNEK BİNA ÜZERİNDE ISI YALITIM SİSTEMLERİNİN ANALİZİ ve KARŞILAŞTIRILMASI.....	170
7.1. Çalışmada Referans Olarak Alınan Örnek Binanın Tanıtımı ve Isı Kaybeden Yüzey Alanlarının Hesabı.....	170
7.2. Örnek Bina Projesinin Yalıtım Yapılmadan Özgül Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması.....	171
7.3. Yapı Fiziği Açısından Duvarların Dıştan, İçten, Çift Duvar Arasında Yalıtım Yapılması Durumunun İncelenmesi.....	173
7.4. Bina Duvarlarındaki Dıştan İçten ve Çift Duvar Arası Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	175
7.5. Örnek Bina Projesinde Farklı Yalıtım Malzemeleri Kullanılarak Yapılan Isı Yalıtım Sistem Çözümleri.....	178
7.5.1. Ekspande polistren levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi.....	180
7.5.2. Ekstrüde polistren levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi.....	182
7.5.3. Taşyünü levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi.....	184
7.5.4. Duvarların gazbeton, betonarme elemanların dıştan ekspande levhalarla yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi.....	185
7.6. Örnek Bina Projesinde Uygulanan Yalıtım Sistemlerinin Isıl Performans ve Maliyet Analizleri Bakımından Karşılaştırılması....	187
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	194

KAYNAKLAR.....	199
EKLER.....	205
ÖZGEÇMİŞ.....	311

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Isı kaybeden yüzey alanı (m^2)
λ	: Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)
μ	: Su buharı direnç faktörü
q	: Isı akısı, birim alandan geçen ısı (W/m^2)
Q	: İletimle geçen ısı (W)
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
T_i, T_d	: Aylık ortalama iç/dış sıcaklık
$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ısı kazancı (W)
$\Phi_{g,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama faktörü
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule)
U	: Isı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
S_d	: Su buharı difüzyon eşdeğer hava tabakası kalınlığı(m)
d/λ	: Yüzeysel ısı iletim direnci
$1/\alpha_i$: İç yüzey ısı iletim direnci (m^2K/W)
$1/\alpha_d$: Dış yüzey ısı iletim direnci (m^2K/W)
t_1, t_2	: Yapı elemanları yüzey sıcaklıkları
α_i, α_d	: İç dış yüzey ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
P_s	: T sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa)
P_d	: Yapı bileşeninin dış yüzeyi ile temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
P_i	: Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyi ile temas halinde olan havanın su buharı kısmi basıncı (Pa)
P_{sw}	: Doymuş su buharı basıncı (Pa)
t_T	: Yoğuşma dönemi periyodu (h)
t_v	: Buharlaştırma dönemi periyodu (h)

W_T : Yoğuşma suyunun kütlesi (kg/m^2)
 W_V : Buharlaşma suyunun kütlesi (kg/m^2)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Isının iletim yoluyla geçişi.....	7
Şekil 2.2.	Isınım taşınım yoluyla geçişi.....	8
Şekil 2.3.	Yapılarda ısı taşınımı.....	8
Şekil 2.4.	Isının ışıınım yoluyla geçişi.....	9
Şekil 2.5.	Homojen bir malzemede sıcaklığın kalınlıkla değişimi.....	13
Şekil 2.6.	Tek tabakalı bir duvarda ortam ve yüzey sıcaklıklarının değişimi.....	14
Şekil 2.7.	Sıcaklığın kalınlıkla değişimi.....	14
Şekil 2.8.	Çok tabakalı yapı elemanında sabit rejim şartlarında ısı akısı.....	15
Şekil 2.9.	Yapıyı etkileyen ısılar.....	16
Şekil 2.10.	Güneş ısısı.....	16
Şekil 2.11.	Yapılarda ısı kayıp oranları.....	18
Şekil 2.12.	Yapıların konumlarına ve özelliklerine göre ısı kayıp oranları.....	19
Şekil 2.13.	Kirişte ısı kayıpları.....	21
Şekil 2.14.	Kolonda ısı kayıpları.....	22
Şekil 2.15.	Derzlerde ısı kayıpları.....	22
Şekil 2.16.	Duvar boşluklarında ısı kaybı.....	22
Şekil 2.17.	Pencerelerde ısı kayıplarına neden olan hava kaçakları.....	23
Şekil 2.18.	Isıtılan çatı arasında ısı kaybı.....	23
Şekil 2.19.	Isıtılmayan çatı arasında ısı kaybı.....	24
Şekil 2.20.	Teras çatıda ısı kaybı.....	24
Şekil 2.21.	Saçaklarda ısı kaybı.....	24
Şekil 2.22.	Isıtılmayan bodrum tavanında ısı kaybı.....	25
Şekil 2.23.	Isıtılan bodrum duvarı ve döşemesinde ısı kaybı.....	25
Şekil 2.24.	Ara kat döşemesinde ısı kaybı.....	26
Şekil 2.25.	Konsol döşemede ısı kaybı.....	26
Şekil 4.1.	Yapılarda yalıtım.....	36

Şekil 4.2.	Enerji tüketiminin nihai sektörlere dağılımı 2006.....	40
Şekil 4.3.	Sıcaklığın çalışma verimine etkisi.....	44
Şekil 5.1.	Levha halindeki odun lifli ürünler.....	66
Şekil 5.2.	Kompozit rende yongası.....	66
Şekil 5.3.	Odun lifli levhaların teras çatıda uygulanması.....	67
Şekil 5.4.	Rende yongasının eğimli çatılarda uygulanması.....	68
Şekil 5.5.	Rende yongasının dış duvarda uygulanması.....	68
Şekil 5.6.	Mantar ısı yalıtım levhaları.....	69
Şekil 5.7.	Isıtılmayan bir çatı arasında cam yünü ısı yalıtım ürünün döşemeye serilmesi.....	71
Şekil 5.8.	Cam yünü ısı yalıtım ürününün katmanlı dış duvarda uygulanması.....	72
Şekil 5.9.	Silikon katkılı camyünü levha yalıtım malzemesi.....	72
Şekil 5.10.	Levha şeklindeki taş yünü ısı yalıtım ürününün döşemede uygulanması.....	73
Şekil 5.11.	Rabitz teline dikili taşyünü şilte yalıtım malzemesi.....	73
Şekil 5.12.	Kalibel ısı yalıtım ürününün duvarda uygulanması.....	75
Şekil 5.13.	Seramik Yünü.....	76
Şekil 5.14.	Cam Köpüğü.....	76
Şekil 5.15.	Astarsız cam köpüğü.....	78
Şekil 5.16.	Astarlı cam köpüğü.....	78
Şekil 5.17.	Genleştirilmiş perlit şiltenin kapalı çatılarda uygulanması.....	79
Şekil 5.18.	Genleştirilmiş perlit şiltenin çift duvar arasında uygulanması.....	80
Şekil 5.19.	Boru kılıfı olarak kullanılan genleştirilmiş perlit ürünler.....	80
Şekil 5.20.	Genleştirilmiş perlit ürünler.....	80
Şekil 5.21.	Vermikülit yalıtım malzemesinin tanecikli hali ve levha hali.....	81
Şekil 5.22.	Genleştirilmiş vermikülit ürünler.....	81
Şekil 5.23.	Kalsiyum silikat levhaları.....	83
Şekil 5.24.	İzotuğla.....	83
Şekil 5.25.	Çeşitli boyutlarda gaz beton blokları.....	85
Şekil 5.26.	Bims betondan yapılmış tuğla.....	85
Şekil 5.27.	Köpük ve levha halinde üretilmiş poliüretan ürünler.....	87
Şekil 5.28.	Yapılarda poliüretan sert köpükten oluşturulmuş kompozit	88

	panelin dış cephede uygulanması.....	
Şekil 5.29.	Yapılarda poliüretan sert köpüğün püskürtülmesi yoluyla gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulaması.....	89
Şekil 5.30.	Yapılarda ısı yalıtımında kullanılan fenolik köpük ürünler.....	90
Şekil 5.31.	Polietilen köpük.....	91
Şekil 5.32.	Dolgu fitili.....	92
Şekil 5.33.	Polietilen bant.....	92
Şekil 5.34.	Polietilen levha polietilen darbe ses kesici: Rulo halinde üretilen ses yalıtım malzemesidir.....	93
Şekil 5.35.	Her iki tarafı polietilen kaplı levhaların yapı zeminine uygulanması.....	95
Şekil 5.36.	Kendinden yapışkanlı folyo kaplı polietilen levhalar.....	96
Şekil 5.37.	Genleştirilmiş polistren köpük ısı yalıtım levhaları.....	96
Şekil 5.38.	Haddelenmiş polistren köpük ısı yalıtım levhaları.....	99
Şekil 5.39.	İçinde çok küçük ve milyonlarca boşluk bulunduran dünyanın var olan en hafif katı maddesi silika aerojel.....	102
Şekil 5.40.	Vakumlanmış Panellerin Yapısı.....	103
Şekil 5.41.	Standart yalıtım camı ünitesi kesiti.....	107
Şekil 5.42.	Low-E ısı kontrol kaplamalı cam ünitesi kesiti.....	108
Şekil 5.43.	Low-E ısı ve güneş kontrol kaplamalı cam ünitesi kesiti.....	108
Şekil 5.44.	Sandviç panel.....	109
Şekil 5.45.	Trapez kesitli panel.....	111
Şekil 6.1	Tek veya iki katlı binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları.....	118
Şekil 6.2.	Çok katlı binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları.....	118
Şekil 6.3.	Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulaması.....	120
Şekil 6.4.	Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulaması.....	120
Şekil 6.5.	Duvarların dıştan yalıtımında kullanılan taş yünü, genleştirilmiş polistren sert köpü (EPS) ve haddelenmiş polistren sert köpük (XPS) levha uygulama detayı.....	121
Şekil 6.6.	Dış duvarlarda dıştan yalıtım detayı.....	121
Şekil 6.7.	Başlangıç (subasman) profilinin yerleştirilmesi.....	122
Şekil 6.8.	Yapıştırırmada noktasal yapıştırma metodu.....	122

Şekil 6.9.	Yapıştırırmada dişi mala metodu.....	123
Şekil 6.10.	Patlatma ve çakma dübellerin uygulanması.....	123
Şekil 6.11.	Köşelerde düzgün bir kenar oluşturmak amacıyla özel köşe profillerinin uygulanması.....	124
Şekil 6.12.	Alt kat sıvasının yüzeye mala ile sürülmesi ve üzerine donatı filesinin uygulanması.....	125
Şekil 6.13.	Cephede yalıtım katmanının üzerine yapılan sıva uygulaması.....	125
Şekil 6.14.	Cephenin zemine yakın yerlerinde darbelere karşı güçlendirilmiş donatı filesi ve güçlendirilmiş son kat sıvanın uygulanması.....	125
Şekil 6.15.	Pencere kenar ölçülerine göre boyutlandırılmış EPS yalıtım malzemesinin cephede dekoratif amaçlı uygulanması.....	126
Şekil 6.16.	Dış duvarların içten ısı yalıtımı uygulamasında sıvalı sistem.....	128
Şekil 6.17.	Dış duvarlarda içten yalıtım detayı.....	128
Şekil 6.18.	Yapıştırıcının levhalara uygulanması.....	129
Şekil 6.19.	Levhanın duvar yüzeyine yapıştırılması ve mastar ile preslenerek teraziye alınması.....	130
Şekil 6.20.	Duvara sabitlenen levhada matkap ile dübel deliklerinin açılması ve tespit edilen dübellere çivi çakılması.....	130
Şekil 6.21.	Levha birleşim yerlerindeki derz bantı üzerine derz dolgu alçısı takviyesi ve levha yüzeyinin alçı sıva ile sıvanması.....	130
Şekil 6.22.	Duvarların içten yalıtımında kullanılan alçı plaka kaplı XPS	131
Şekil 6.23.	Dikey C profillerinin yatay C profillerine tijler yardımıyla tespiti.....	131
Şekil 6.24.	Alçı plakaların dikey C profillere montajı ve plaka derzlerinin bant ile takviye edilmesi.....	132
Şekil 6.25.	Boşluksuz sandviç duvar uygulaması detayı.....	134
Şekil 6.26.	İki tuğla duvar arasına (XPS) ısı yalıtım malzemesinin boşluksuz olarak uygulanması.....	135
Şekil 6.27.	Çift duvar arasına boşluksuz ısı yalıtım uygulaması.....	135
Şekil 6.28.	Boşluklu sandviç duvar uygulaması detayı.....	136
Şekil 6.29.	İki tuğla duvar arasına (XPS) ısı yalıtım malzemesinin boşluk bırakılarak uygulanması.....	136

Şekil 6.30.	Dış duvar yüzeyine matkapla delik açılması ve püskürtme makinesi ile yalıtım malzemesinin püskürtülmesi.....	137
Şekil 6.31.	Dış duvar yüzeyine açılan deliklere püskürtme makinesi ile yalıtım malzemesinin püskürtülmesi ile oluşan duvar kesiti.....	137
Şekil 6.32.	Yurtdışındaki boşluksuz sandviç duvar uygulaması detayı.....	138
Şekil 6.33.	Tuğla kaplamalı dış cephe detayı.....	139
Şekil 6.34.	Tuğla kaplamalı dış cephe sistemi.....	139
Şekil 6.35.	Kaplama tuğlalar arasına derz dolgusu uygulaması.....	139
Şekil 6.36.	Cephe tuğlası kaplamalı dış cephe uygulaması.....	140
Şekil 6.37.	Sandviç duvarlarda duvar- döşeme birleşim detayı.....	140
Şekil 6.38.	Çift duvar arası yalıtılmış duvar ve döşeme kesitinde ısı transferi durumu.....	141
Şekil 6.39.	Türkiye ve İngiltere’de uygulanan çift duvar arası ısı yalıtım detayları.....	141
Şekil 6.40.	Giydirme cephe sistemlerde dıştan havalandırılmalı yalıtım detayı.....	143
Şekil 6.41.	Subasman kadronu ve taşıyıcı polimer kadranların montajı.....	145
Şekil 6.42.	Kadronlar arasına ısı yalıtım levhalarının ve buhar yalıtım örtüsünün yerleştirilmesi.....	145
Şekil 6.43.	Cephe kaplama panellerinin ve saçak profilleri ile alın profillerinin montajı.....	146
Şekil 6.44.	Saçak profilleri ile alın profillerinin montajı.....	146
Şekil 6.45.	Yalı baskısı iç köşe detayı ve düz levha detayı.....	147
Şekil 6.46.	Dış cephesine yalı baskısı uygulanmış yapı.....	147
Şekil 6.47.	Toprağa bitişik dış duvarlarda ısı yalıtım detayı – Toprak dolgu...	148
Şekil 6.48.	Toprağa bitişik dış duvarlarda ısı yalıtım detayı – Baskı duvarı...	148
Şekil 6.49.	Toprağa bitişik dış duvar ısı yalıtım uygulama detayı.....	149
Şekil 6.50.	Toprağa bitişik dış duvar XPS ısı yalıtım malzemesi uygulaması.....	149
Şekil 6.51.	Temel duvarı yalıtımı.....	149
Şekil 6.52.	Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtım uygulaması.....	151
Şekil 6.53.	Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması.....	152
Şekil 6.54.	Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması.....	153

Şekil 6.55.	Tavan arası döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması.....	155
Şekil 6.56.	(3A- Yürünen teras çatıları, 3B- Yürünmeyen teras çatılar, 3C- Yürünmeyen teras çatılarda) ısı yalıtımı uygulaması.....	158
Şekil 6.57.	(3D - Yürünen teras çatıları, 3E - Yürünmeyen teras çatılarda) ısı yalıtımı uygulaması.....	159
Şekil 6.58	Kirişin oluşturduğu ısı köprüsü.....	165
Şekil 6.59.	Dış yüzeyleri yalıtılmış duvarlar.....	167
Şekil 6.60.	Kirişleri yalıtılmış duvarlar.....	167
Şekil 6.61	Isı köprülerinin yalıtım detayı.....	168
Şekil 6.62.	Isı köprülerinde yalıtım uygulaması.....	169
Şekil 7.1.	Örnek binanın yalıtımsız dıştan içten ve çift duvar arası yalıtımlı durumlarının ısı performansları.....	176
Şekil 7.2.	Yalıtım sistemlerine göre binada m ² başına ve yıllık olarak ısıtma enerjisi ihtiyacı ve özgül ısı kayıplarının karşılaştırılması.....	188
Şekil 7.3.	Yalıtım sistemlerinin maliyetlerinin karşılaştırması.....	190
Şekil 7.4.	Yalıtım sistemlerinin maliyetlerinin geriye dönüş süreleri.....	192
Şekil 7.5.	Yalıtımlı ve yalıtımsız binalarda tüketilen yıllık doğalgaz miktarları ve maliyetlerinin karşılaştırılması.....	192
Şekil A.1.	Örnek bina vaziyet planı.....	205
Şekil A.2.	Örnek bina projesi bodrum kat planı.....	206
Şekil A.3.	Örnek bina projesi zemin kat planı.....	207
Şekil A.4.	Örnek bina projesi asma kat planı.....	208
Şekil A.5.	Örnek bina projesi 1.-2.-3.-4. normal kat planı.....	209
Şekil A.6.	Örnek bina projesi 5.normal kat planı.....	210
Şekil A.7.	Örnek bina projesi çatı katı planı.....	211
Şekil A.8.	Örnek bina projesi çatı planı.....	212
Şekil A.9.	Örnek bina projesi 1-1 kesiti.....	213
Şekil A.10.	Örnek bina projesi A-A kesiti.....	214
Şekil A.11.	Örnek bina projesi ön cephe görünüş planı.....	215
Şekil A.12.	Örnek bina projesi arka cephe görünüş planı.....	216
Şekil A.13.	Örnek bina projesi sağ yan cephe görünüş planı.....	217
Şekil B.1.	Yalıtımsız binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	222

Şekil C.1.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	232
Şekil D.1.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	242
Şekil E.1.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	253
Şekil F.1.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	264
Şekil G.1.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	275
Şekil H.1.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	286
Şekil I.1.	Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	296
Şekil J.1.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri.....	306

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Isı iletkenliğinin hesaplanması.....	10
Tablo 2.2.	Tek ve çok katlı binalardaki ısı kayıp oranları.....	18
Tablo 2.3.	Yapı ürün ve bileşenlerinin ısı iletkenliği hesap değerleri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörleri (μ).....	20
Tablo 3.1.	Sıcaklıklara göre doyma miktarı.....	31
Tablo 4.1.	Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumda tüketebilecek yıllık yaklaşık yakıt miktarı ve maliyeti.....	41
Tablo 4.2.	Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumda olası hava kirletici atık miktarları.....	41
Tablo 4.3.	Yalıtım derecelerine göre ısı ihtiyacı.....	41
Tablo 4.4.	Birincil enerji arz ve talebinin karşılanması.....	43
Tablo 4.5.	İç ortam ile iç yüzey sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farklarının konfora etkisi.....	44
Tablo 4.6.	Kişi başına düşen enerji ve yalıtım malzemesi.....	49
Tablo 4.7.	Isı yalıtımının enerji tasarrufu sağlamadaki önemini.....	51
Tablo 5.1.	Yalıtkanın yapılışı ana maddeye göre sınıflandırılması.....	63
Tablo 5.2.	Yalıtkanın iç yapısına göre sınıflandırılması.....	64
Tablo 5.3.	Rulo tipindeki, 160 kg / m ³ yoğunluğundaki seramik yününün sıcaklığa bağlı olarak ısı iletim katsayısının değişimi.....	76
Tablo 5.4.	Vakum panellerin uygulama alanları.....	104
Tablo 5.5.	Taşyünü izolasyonlu metal sandviç panellerin yapı fiziği değerleri.....	110
Tablo 7.1.	Örnek konut projesinin ısı kaybeden alanları.....	171
Tablo 7.2.	Örnek bina projesinde uygulanan yalıtım sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.....	179
Tablo 7.3.	Isı yalıtım sistemlerinin birim fiyatları.....	180
Tablo 7.4.	Ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin	181

	sıvalı maliyeti.....	
Tablo 7.5.	Ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti.....	182
Tablo 7.6.	Ekstrüde polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti.....	183
Tablo 7.7.	Ekstrüde polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti.....	183
Tablo 7.8.	Taşyünü levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti.....	185
Tablo 7.9.	Taşyünü levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti.....	185
Tablo 7.10.	Duvarlar gazbeton kolon ve kirişler ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti.....	186
Tablo 7.11.	Duvarlar gazbeton kolon ve kirişler ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti.....	187
Tablo 7.12.	Yalıtım sistemlerinin maliyetleri.....	189
Tablo 7.13.	Örnek projedeki yalıtım sistemlerinden sağlanan yakıt tasarrufları ve geri dönüşüm süreleri.....	191
Tablo B.1.	Yalıtımsız binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	219
Tablo B.2.	Yalıtımsız binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	221
Tablo B.3.	Yalıtımsız binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	223
Tablo B.4.	Yalıtımsız binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	223
Tablo B.5.	Yalıtımsız binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	224
Tablo B.6.	Yalıtımsız binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	224
Tablo B.7.	Yalıtımsız binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç	225

	raporu.....	
Tablo B.8.	Yalıtımsız binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	225
Tablo B.9.	Yalıtımsız binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	226
Tablo B.10.	Yalıtımsız binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	226
Tablo C.1.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	228
Tablo C.2.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	230
Tablo C.3.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenlerinin termofiziksel özellikleri çizelgesi.....	231
Tablo C.4.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşeninin basınç ve sıcaklık dağılımı çizelgesi.....	231
Tablo C.5.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	233
Tablo C.6.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	233
Tablo C.7.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	234
Tablo C.8.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	234
Tablo C.9.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	235
Tablo C.10.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç	235

	raporu.....	
Tablo C.11.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	236
Tablo C.12.	EPS ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	236
Tablo D.1.	EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi	238
Tablo D.2.	EPS ile içten yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	241
Tablo D.3.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	243
TabloD.4.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	243
Tablo D.5.	Isı köprüsü olan ve içten yalıtılmayan dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	244
Tablo D.6.	Isı köprüsü olan ve içten yalıtılmayan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	244
Tablo D.7.	EPS ile içten yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	245
TabloD.8.	EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	245
Tablo D.9.	EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	246
Tablo D.10.	EPS ile içten yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç	246

	raporu.....	
Tablo D.11.	EPS ile içten yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	247
Tablo D.12.	EPS ile içten yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	247
Tablo E.1.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	249
Tablo E.2.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	252
Tablo E.3.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	254
Tablo E.4.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	254
Tablo E.5.	Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	255
Tablo E.6.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	255
Tablo E.7.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	256
Tablo E.8.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	256
Tablo E.9.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	257
Tablo E.10.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç	257

	ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	
Tablo E.11.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	258
Tablo F.1.	EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi	260
Tablo F.2.	EPS ile içten yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	263
Tablo F.3.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	265
Tablo F.4.	EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	265
Tablo F.5.	Isı köprüsü olan dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	266
Tablo F.6.	Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	266
Tablo F.7.	EPS ile içten yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	267
Tablo F.8.	EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	267
Tablo F.9.	EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	268
Tablo F.10.	EPS ile içten yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	268
Tablo F.11.	EPS ile içten yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile	269

	sonuç raporu.....	
Tablo F.12.	EPS ile içten yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	269
Tablo G.1.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	271
Tablo G.2.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	274
Tablo G.3.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	276
Tablo G.4.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	276
Tablo G.5.	Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	277
Tablo G.6.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	277
Tablo G.7.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	278
Tablo G.8.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	278
Tablo G.9.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	279
Tablo G.10.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	279
Tablo G.11.	Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın açık geçit üzeri	280

	taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	
Tablo H.1.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	282
Tablo H.2.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	285
Tablo H.3.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	287
Tablo H.4.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	287
Tablo H.5.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	288
Tablo H.6.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	288
Tablo H.7.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	289
Tablo H.8.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	289
Tablo H.9.	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	290
Tablo H.10	XPS ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	290
Tablo I.1.	Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	292
Tablo I.2.	Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	295

	hesaplama çizelgesi.....	
Tablo I.3.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	297
Tablo I.4.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	297
Tablo I.5.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	298
Tablo I.6.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	298
Tablo I.7.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	299
Tablo I.8.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	299
Tablo I.9.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	300
Tablo I.10.	Taşıyünü ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	300
Tablo J.1.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi.....	302
Tablo J.2.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi.....	305
Tablo J.3.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	307
Tablo J.4.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık betonarme	307

	duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	
Tablo J.5.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	308
Tablo J.6.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	308
Tablo J.7.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	309
Tablo J.8.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	309
Tablo J.9.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	310
Tablo J.10.	Dolgu duvarları gazbeton olan binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu.....	310

ÖZET

Anahtar kelimeler: Isı yalıtımı, ısı kayıpları, ısıl performans, ısı köprüleri, buhar iletimi, enerji, maliyet

Dünyadaki nüfus artışı, gelişen sanayileşme ve kentleşme; enerji tüketimini hızla arttıran etkenlerdir. Tüketilen enerjinin önemli bir bölümünün yapıların aktif olarak ısıtılması için harcanması, ısıtma enerjisi maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Ticaret ve sanayi yapılarında olduğu gibi konutlarda da en etkin enerji tasarrufu; kolay uygulanabilir bir enerji verimlilik teknolojisi olan ısı yalıtımının kullanımıyla sağlanabilmektedir.

Yalıtım sayesinde, ısı kayıp ve kazançları azaltılarak enerji tasarrufunun sağlanması, çevrenin korunması, ısıl konfor ve gürültü denetiminin sağlanması, yapı elemanlarında ve yüzeylerinde yoğuşmanın önlenmesi veya azaltılması ve yapı elemanlarının dış etkilerden korunması mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmanın giriş bölümünde genel değerlendirmeler yapılmış, konu hakkında bilgi verilerek çalışmanın kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, ise ısı, ısı iletimi ve yapı elemanları yüzeyinde kesit sıcaklıklarının tespiti üzerinde durulmuş, yapıdaki ısı kayıpları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, bina kabuğunda buhar geçişi ve yapı bileşenlerinde su ve su buharının etkileri ortaya konmuştur.

Dördüncü bölümde, binalarda ısı yalıtımı ve önemine değinilmiştir.

Beşinci bölümde ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili tanımlar yapılmış, yalıtım malzemeleri sınıflandırılmış, yalıtım malzemelerinden istenilen özellikler etraflıca anlatılmıştır.

Altıncı bölümde, en fazla ısı kayıplarının olduğu yapı elemanlarından çatı, döşeme ve duvarlarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Yedinci bölümde, örnek bina projesine dış yüzeyden, iç yüzeyden, çift duvar arası uygulanan yalıtım sistemleri ile dış yüzeylerde farklı ısı yalıtım malzemeleri ile oluşturulmuş ısı yalıtım sistemlerinin TS 825 Isı Yalıtımı Kuralları esas alınarak ısı yalıtım programı yardımı ile ısıl performans analizleri yapılmış, maliyetleri hesaplanarak karşılaştırmaları yapılmıştır.

Sekizinci bölümde, tez çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

COMPARISON OF APPLIED THERMAL INSULATION SYSTEM BUILDINGS

SUMMARY

Key Words: Thermal Insulation, Thermal Loss, Thermal Performance, Heat Bridges, Vapor Transmission, Energy, Costs

World population growth, growing industrialization and urbanization, energy consumption is rapidly increasing factor. An important part of the structure of the energy consumed to heat the waste to be active, heating leads to increased energy costs. As with trade and industrial structure in the most efficient energy-saving housing, an energy-efficiency technology, which easily can be applied with the use of thermal insulation can be achieved.

Insulation due to heat losses and gains by reducing the energy savings provision, environmental protection thermal comfort and noise control provision, structural elements and surface condensation prevention or reduction, and structural elements of the external effects of protection is possible.

This work in the introductory section overall assessments made, the information; given work scope explained.

Second section of the heat, heat conduction and structural elements on the surface of section . temperature determination are focused on building heat loss examined.

Third section, the building shell vapor transition and structural components of water and water vapor effects out have been.

Fourth section, buildings thermal insulation and the importance Been mentioned

Fifth section, thermal insulation materials and related definitions have been made, insulation materials, classified, insulation materials desired properties thoroughly is described.

Sixth section chapter, the more heat loss as structural elements roofs, floors and walls applied in thermal insulation systems in comparison are evaluated.

In the seventh chapter, sample building project, the exterior, the interior surface, two walls of the applied insulation systems and the external surface of different thermal insulation materials created with the thermal insulation systems TS 825 Heat

Insulation rules based thermal insulation program with the help of thermal performance have been analyzed, the costs were calculated to compare made.

Eighth chapter thesis derived from the results evaluated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde enerji, ülkelerin stratejilerini belirlemede en önemli unsurların başında gelmektedir. Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ile birlikte tüm devletler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi etkin kullanma arayışı içine girmişlerdir. Dünyadaki nüfus artışı, konfor standartlarının yükselmesi, gelişen sanayileşme ve kentleşme; enerji tüketimini hızla arttıran etkenlerdir. Ülkemizde de; başta sanayi ve konut sektörleri olmak üzere, enerji tüketimi her geçen yıl artmaktadır. Konutlarda tüketilen enerjinin çok büyük bir bölümü ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Isıtmanın yanı sıra dört mevsimi yaşayan ülkemizde soğutma ihtiyacı da gün geçtikçe artmaktadır. Enerji ihtiyaçlarının artması ve verimli enerji kullanılmaması hava kirliliği sorununu da beraberinde getirmektedir. Global anlamda hava kirliliğindeki bu artma, kendisini küresel ısınma ve iklim değişikliği ile gösterir. Küresel ısınma ve hava kirliliği; günümüzün en büyük sorunlarının başında yer almaktadır.

Ticaret ve sanayi yapılarında olduğu gibi konutlarda da en etkin enerji tasarrufu; kolay uygulanabilir bir enerji verimlilik teknolojisi olan ısı yalıtımının kullanımıyla sağlanabilmektedir. Enerji korunumunda yalıtım, etkin ve ekonomik önlemlerin başında gelmektedir. Isı yalıtımı sadece enerji kullanımını azaltmakla kalmamakta, doğru yalıtım malzemesinin seçimiyle iklimsel ve işitsel konforun yanı sıra yapılarda yangın güvenliğini de sağlayabilmektedir. Yalıtım sayesinde, ısı kayıp ve kazançları azaltılarak enerji tasarrufunun sağlanması, çevrenin korunması, ısıl konfor ve gürültü denetiminin sağlanması, yapı elemanlarında ve yüzeylerinde yoğuşmanın önlenmesi veya azaltılması, ısıtma, soğutma ve enerji sistemlerinde işletme verimliliğinin artırılması ve yapı elemanlarının dış etkilerden korunması mümkün olabilmektedir.

Dünya genelinde enerji tüketimi son 25 yılda kişi başına sadece % 5 kadar artmış olmakla beraber, Türkiye’de son 25 yıldaki artış oranı % 100 rakamının üzerindedir.

Enerji Bakanlığı verilerine göre Türkiye'nin kendi enerji üretimi 1990 yılında toplam ihtiyacının %47'sini karşılarken günümüzde bu oran yaklaşık %25'dir. Ülkemizde enerjinin verimli kullanılmaması bir yandan enerji israfına ve dışa bağımlılığa yol açmakta, diğer taraftan da sera gazlarının yayılması ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ülkemizde enerji tüketiminin ortalama % 31'i konutlarda, % 40'ı sanayide, % 19'u ulaşımda, % 5'i tarımda ve % 5'i diğer alanlarda kullanılmaktadır. Yani konutlarda enerji tüketimi önemli boyuttadır. Konutlarda tüketilen tüm bu enerjinin yaklaşık % 85'i ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bu olumsuzluğu gidermek, yapılarda ısı yalıtımı kullanarak enerji tasarrufunu gerçekleştirmek ile olanaklıdır. Diğer bir deyişle, ısıtmanın istendiği dönemde ısı kayıplarının minimize edilmesi; dolayısıyla yapılarda ısı yalıtımı yapılarak enerji tasarrufunun sağlanması gerekmektedir.

Bu amaçla Türkiye'de ilk olarak 1970 yılında TSE tarafından "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" hazırlanmış, ancak uygulanması konusunda bir zorunluluk getirilmemiştir. 1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca çıkarılan "Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği" ile bu konuda önemli bir adım atılmıştır. Ancak, bu yönetmelik ile mevcut imar yönetmeliği arasındaki kopukluklar nedeniyle başarılı olunamamıştır. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla 30 Ekim 1981 yılında "Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkındaki Yönetmelik" olarak da bilinen "Isı Yalıtım Yönetmeliği" ve bu yönetmeliğin 16 Ocak 1985 tarihli revizyonu olan yönetmelik yürürlüğe konmuş ve mevcut imar yönetmeliklerine ek ve değişiklikler yapılmıştır. 1995 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" revize çalışmalarına başlanmış, 29 Nisan 1998 yılında TS Teknik Kurulu'nca onaylanarak yürürlüğe girmiştir. 14 Haziran 1999 tarih ve 24043 sayılı Resmi Gazete'de Bayındırlık Bakanlığınca zorunlu standart olarak, 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren tüm binalarda "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" uygulanmak koşuluyla yayımlanmıştır. 08 Mayıs 2000 tarih 24043 sayılı Resmi Gazete'de Bayındırlık Bakanlığınca "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" yayımlanarak binalarda ısı yalıtımı zorunlu hale getirilmiştir. 2001 yılında da yapı denetiminin bir parçası olarak ısı yalıtımının kontrolü düzenlemesi

getirilmiştir. 09 Ekim 2008 tarih 27019 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” ile yeni yönetmelik hükümlerinin uygulamasına geçilmiştir. Ancak 05 Aralık 2008 tarih 27075 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ile de “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlükten kaldırılarak söz konusu yönetmelik hükümleri uygulamaya konulmuştur.

Binanın ve bina kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının; Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Gürültü Kontrol Yönetmeliği ve Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmeliğe uygun projelendirilmesi ve detaylandırılması, kış aylarında ısı kayıplarını ve yaz aylarında ısı kazançlarını önleyerek, ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacının, dolayısıyla yakıt tüketimi ve enerji giderlerinin azalmasını sağlamaktadır. İlgili yönetmelikler, bina ısıtma ve soğutma yüklerini azaltılmasını, iç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarının dengeli olmasını sağlayarak yoğuşma gibi istenmeyen zararların önlenmesi ve iç ortam konforunun sağlanmasını amaçlamaktadır.

Ancak tüm bu avantajlarına rağmen, Türkiye’de yalıtıma gösterilmesi gereken özenin Avrupa ülkeleriyle bir kıyaslaması yapıldığında oldukça yetersiz kaldığı görülmektedir. 1995 yılı itibariyle Türkiye’de tüketilen ısı yalıtım malzemeleri miktarı yaklaşık 1 500 000 m³’tür. Buna karşılık aynı yılda Almanya’da 30 200 000 m³, Fransa’da ise 20 100 000 m³ ısı yalıtım malzemesi tüketilmiştir [1].

Bu çalışmada ısı, ısı geçişi ve yalıtımı ile buhar iletimi hakkında temel bilgiler verilmiş, binalardaki ısı kayıpları incelenerek ısı yalıtımının önemi vurgulanmış, binalarda uygulanan ısı yalıtım malzeme ve sistemlerinin üzerinde durularak örnek bina projesine uygulanan farklı yalıtım sistemlerinin ısı performans ve yalıtım maliyetleri bakımından karşılaştırmalı analizleri yapılmıştır.

BÖLÜM 2. ISI VE ISI GEÇİŞİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Eski çağlarda bazı filozoflar sıcak ve soğuk cisimlerde farklı kalorilerin bulunduğunu, ısının sıcak cisimden çevreye yayıldığını ve bir tür çalkalanma karışma olayı olduğunu düşünmekteydiler. 18.yy. sonlarına doğru ısının maddelerin atomları arasında yer alan görülmeyen, ağırlığı olmayan kalorik adıyla isimlendirilen bir sıvı olduğunu ileri süren "Isının Kalorik Teorisi" Lavosier tarafından ortaya atılmıştır. Ancak fizikçiler iş ve ısının eşdeğer olduğunu anladıklarında bu teori gözden düşmüştür [2]. Günümüzde ısının iletim halinde bir enerji olduğu ve sisteme ait bir özellik olmadığı kabul edilmiştir [3].

2.1. Isı ve Sıcaklık Kavramlarının Tanımı

Isı: Aralarındaki sıcaklık farkı nedeni ile bir cisimden diğerine geçen iletim halinde olan enerji türüdür. Farklı sıcaklıklardaki cisimler bir araya geldiğinde, sıcak olanlar soğur, soğuk olanlar ısınır. Bu bize cisimler arasında ısı alışverişi olduğunu gösterir. Bir cismin sıcaklık değişimi, bu cismin aldığı veya bıraktığı ısının sonuçlarından biridir. Su+buz karışımı gibi katı ve sıvı fazın bir arada bulunduğu durumlarda sıcaklık sabit kalır. Sisteme verilen enerji katı fazın sıvı faza dönüşmesini sağlayacaktır. Verdiğimiz örnekte buzun tamamı su haline geçtikten sonrada sisteme enerji verilmeye devam edilirse suyun sıcaklığı artar. Benzer durum sıvı+gaz fazlarının bir arada bulunduğu durumlar için de geçerlidir. Yalnız mekanik veya elektrik enerjisi harcanması ile bir su kütlesi ısıtılabilir (Joule Deneyi). Isı bir enerji olduğuna göre, ısı ölçüldüğünde enerji ölçülmüş olacaktır. Bu etkilerle ısı, mekanik enerji veya elektrik enerjisinin bir eşdeğeri olarak ortaya çıkar. Termodinamikte ısı çevreden sisteme iletiliyorsa (+) pozitif, sistemden çevreye iletiliyorsa (-) negatif olarak kabul edilir. Bir alev yardımı ile bir kap içerisindeki su kütlesi ısıtılırsa su kütlesinin sıcaklığı artar ve suya (sisteme) alev tarafından ısı iletilmiş olur. Isı alışverişinde kütle alışverişi olmaz dolayısıyla aynı su kütlesine

daha yüksek sıcaklıktaki başka bir su kütlesi eklenirse sistemin sıcaklığı yine artar. Fakat bu durumda sistem çevresinden ısı değil kütle almış olur. Doğal olarak kendi enerjisini sisteme getiren kütle kap içerisindeki suyun sıcaklığının artmasına sebep olur [3].

Sıcaklık: Bir cisimdeki moleküler hareketin artmasıyla yükselen skaler bir büyüklüktür. Maddenin molekül ve kinetik teorisi sıcaklığı, taneciklerin enerjisine bağlar. Tek atomlu gazlarda molekül ötelenmesindeki kinetik enerji mutlak sıcaklıkla orantılıdır. Genellikle ısı alışverişleri moleküller arasında enerji alışverişi olarak düşünülebilmektedir.

Isı ve sıcaklık farklı kavramlardır. Belirtildiği gibi ısı iletim halindeki bir enerjidir. Sıcaklık ise atomlarının kinetik enerjilerinin (hızlarının) bir ölçüsü olur ve sisteme ait bir özelliktir. Sıcaklığı yüksek olan cisimden sıcaklığı düşük olan bir cisme doğru daima kendiliğinden bir ısı iletimi gerçekleşir. Sıcaklıkları farklı iki sistem arasındaki ısı alışverişini durdurmak mümkün değildir. Uluslararası birim sisteminde (SI) sıcaklığın birimi °C veya K'dir. Sıcaklık farklı ısı enerjisinin hareketini sağlayan bir potansiyel fark rolünü oynamaktadır [3].

Sıcaklık farklı ısı enerjisinin hareketini sağlayan bir potansiyel fark ya da bir cismin ısınma durumunu gösteren bir büyüklüktür. Genellikle ısı transferinde T ile gösterilir ve birimi de °C veya K ile gösterilir.

2.2. Isının Elde Edilmesi

Isı çeşitli yollardan elde edilmektedir;

Mekanik enerjiden elde edilen ısı: Cisimlerin biri birine sürtünmeleri sonucunda yani mekanik olarak bir ısı enerjisi açığa çıkar. Örnek olarak matkap ucunun ısınması verilebilir.

Kimyasal reaksiyonla elde edilen ısı: Petrol, doğal gaz, odun, kömür vb. malzemelerin yanmasıyla ısı enerjisinin ortaya çıkmasıdır.

Elektrik enerjisinden elde edilen ısı: Elektrik akımı bir dirençten geçerken ısı enerjisi olarak açığa çıkar. Örnek olarak elektrik sobası verilebilir.

Atom enerjisinden elde edilen ısı: Atomun parçalanmasıyla parçacıklar, büyük bir enerji açığa çıkarırlar.

2.3. Isı İletimi

Sıcaklığı düşük olan bir sisteme doğru sıcaklığı yüksek olan bir sistemden daima kendiliğinden bir akım meydana gelir. Bu dört farklı şekilde gerçekleşir.

- Kondüksiyonla (iletimle)
- Konveksiyonla (taşınım)
- Radyasyonla (ışınım)
- Buharlaşma ile

2.3.1. Kondüksiyonla (iletimle) ısı iletimi

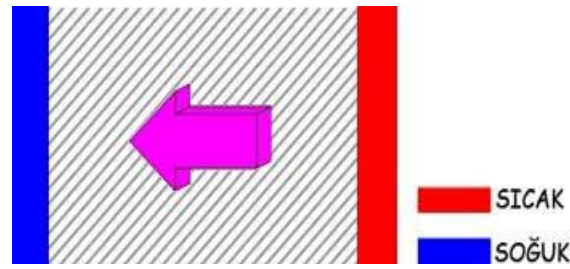
Enerjinin bir malzemenin atom veya moleküllerinin titreşimleri ile iletilmesidir. Etkin olarak katı cisimlerde meydana gelir; sıvı ve gazlar da görülür. Ancak gazlarda moleküller arası mesafe atom boyutlarına göre çok büyük olduğu için etkin değildir ve ihmal edilir.

Yüksek sıcaklıktaki atomların kinetik enerjileri daha fazladır ve daha yüksek hızla titreşirler. Bu sırada çarptıkları komşu atomların hızlarını da artırırlar. Bu çarpışmaların devamında sıcaklığın yüksek olduğu bölgedeki enerji sıcaklığın daha düşük olduğu bölgeye iletilir. Bu iletim yüksek sıcaklıktaki bölgenin sıcaklığını biraz düşürür. Diğer tarafın sıcaklığını biraz yükseltir, tüm kütlenin sıcaklığı bir müddet sonra aynı değere ulaşır.

Serbest elektron bulunan ortamda (metallerde) enerji iletimi elektronların hareketi ile gerçekleşir. Bu atomların titreşimi ile olan ısı iletiminden çok daha hızlı ve çok daha fazladır. Serbest elektronların olmadığı ortamlarda ısı iletiminin fazla olmasını

atomların sık ve düzenli olması sağlar. Atomların arasındaki mesafenin artması, amorf yapı v.b. kondüksiyonla ısı iletimini azaltır [3].

Bir ürünün kendi yapısı içinde ya da bağlantılı bulunduğu farklı ısıdaki bir ürün ile moleküler yapıdaki kinetik enerji iletimi, ısı iletimi olarak tanımlanmaktadır [4]. Genellikle katı ortamlarda gerçekleşen bu durum, hareket etmeyen sıvı ya da gaz ortamlarda da gözlenebilir. Enerji, moleküller arasındaki titreşimle yayılır (Şekil 2.1).



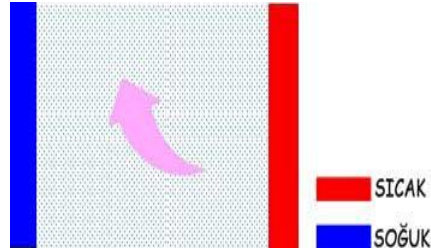
Şekil 2.1. Isının iletim yoluyla geçişi

İletim yoluyla yapı ürünlerinden geçen ısının miktarı, ürünün kalınlığına (d) ve ısı iletkenlik katsayısına (λ) bağlıdır. Isı iletkenlik katsayısı; ürünlerin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının 1°C olduğu birim zamanda, 1 m^2 alana dik yönde 1 m kalınlıktan geçen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır [4]. Birimi W/mK 'dir. Ürünlerin ısı iletkenlik katsayıları farklılık göstermektedir. Bir yapı ürününde bu değer düşükse, ürünün ısı iletiminin düşük olacağı, dolayısıyla ısı kaybının da düşük olacağı bilinmelidir.

2.3.2. Konveksiyonla (taşınım) ısı iletimi:

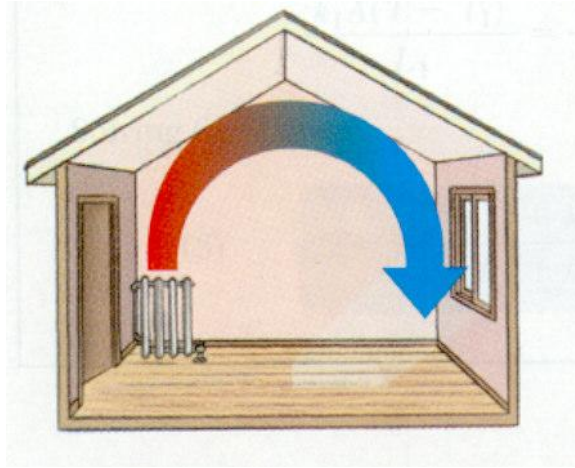
Yalnızca sıvı ve gazlarda meydana gelmektedir. Enerjinin iletilmesi akışkan maddenin atom veya moleküllerinin uzun mesafeli hareketleri ile gerçekleşir. Yüksek enerjili (yüksek sıcaklıktaki) atom veya moleküller düşük enerjili (düşük sıcaklıktaki) bölgeye hacim yeterli olduğunda enerjiyi taşırlar. Hacmin küçülmesi konveksiyonla ısı iletimi azaltır. Havanın hareketsiz kalması ısı tutucu olarak nitelendirilen malzeme ve sistemlerde çok önemlidir. Havanın konveksiyon yoluyla ısıyı iletmesi sistemin yalıtım düzeyini büyük ölçüde düşürecektir.

Molekülleri serbestçe hareket eden sıvı veya gaz (hava) gibi molekül ağırlıkları düşük akışkanlarda, sıcak moleküllerin soğuk moleküllerle yer değiştirmeleri sonucu oluşan ısısal geçirimsizlik olayı, ısı taşınımı olarak tanımlanmaktadır [4] (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Isınım taşınım yoluyla geçişi

Moleküllerin yer değiştirmeleri sonucunda gerçekleşen ısı taşınımında, sıcak moleküllerle karşılaşan sıvı ya da gaz moleküller enerji kazanarak yükselmekte, daha sonra aldıkları enerjiyi kaybederek soğumakta ve yere inmektedir. Yapılarda radyatörle ısınan havanın taşınma durumu, bu döngünün örneğini oluşturmaktadır (Şekil 2.3).

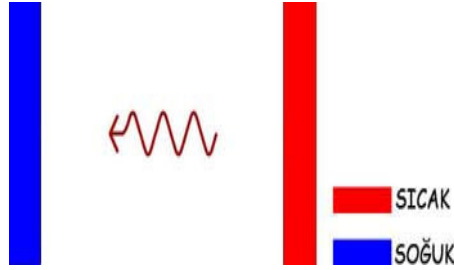


Şekil 2.3. Yapılarda ısı taşınımı

2.3.3. Radyasyonla (ışınım)

Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna bağlı olarak foton denilen enerji paketçikleri taşınır. Dalga boyu küçüldükçe enerjileri artar. Mutlak sıfır sıcaklığının $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ üstünde bütün cisimler elektromanyetik dalgalarla (ısı ışınlarıyla) çevrelerine enerji yayarlar ve çevrelerindeki cisimlerden ısı ışınlarıyla enerji kazanırlar.

Isı enerjisinin, ışınım yolu ile herhangi bir ara taşıyıcıya gereksinim göstermeden, elektromanyetik dalgalar şeklinde oluşan ve ürüne geçiş sağlayan ısısal iletim şekli, ısı ışınımı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.4) [4].



Şekil 2.4. Isının ışınım yoluyla geçişi

Isının ışınım yoluyla geçişi için belirli bir ortam olması gerekmemektedir. Güneş ışınlarının Dünya'yı ısıtması ışınım yoluyla geçişe örnek oluşturmaktadır. Ancak bu yolla geçişte, yutuculuk ya da yansıtma kavramları önem kazanmaktadır. Yutuculuğu yüksek olan ürünler ve renklerin ısı enerjisi daha yüksek olup, yansıtıcılığı yüksek olanların daha düşük olmaktadır [5]. Bu durum, yapı cephelerinde dikkat edilmesi gereken bir konudur.

2.3.4. Buharlaşma

Su, sıvı halden buhar hale geçerken bütün maddelerde olduğu gibi çevresinden bir miktar enerji alır. Bu enerjiyi, sıvı hale geçerken çevresine geri verir. 1 kg maddenin buharlaşabilmesi için gereken ısı miktarına "Buharlaşma Isısı" denir. 1 kg su için gerekli buharlaşma ısısı 2,5 milyon Joule'dür [6].

2.4. Isı İletim Hesaplarında Kullanılan Büyüklüklerin Tanımı

Isı yalıtım hesapları yapılırken kullanılan bazı kavramlar aşağıda tanımlanmıştır.

2.4.1. Isı iletkenliği (λ , W/mK)

1 metre kalınlığındaki homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğunda ve sabit kaldığında birim zamanda geçen ısı

enerjisi miktarıdır. Sabit rejim şartlarının (yüzey sıcaklıklarının olduğu) sabit kaldığı hallerde Tablo 2.1'deki formül ile hesaplanır.

Tablo 2.1. Isı iletkenliğinin hesaplanması

$\lambda = \frac{Q_d}{A \cdot Z \cdot (T_2 - T_1)}$	
λ: Isı iletkenliği (W/mK)	Z: Isının iletim süresi (s)
Q: İletilen toplam ısı enerjisi miktarı (Joule)	T1: Soğuk yüzeyin sıcaklığı (°C veya K)
d: Isının iletildiği malzeme kalınlığı (m)	T2: Sıcak yüzeyin sıcaklığı (°C veya K)
A: Isının iletim doğrultusuna dik geçen yüzey alanı (m ²)	

2.4.2. Isı iletkenliği hesap değeri (λ_h, W/mK):

Rutubet miktarı ile artan ısı iletkenliği malzemede farklı düzeylerde olur. Doğru detaylandırılan her malzemenin uygulama şartlarında sahip olması beklenen bir pratik nem miktarı vardır. Kuru numuneler üzerinde laboratuvar koşullarında ölçülen ısı iletkenliğinin pratik nem miktarına göre artırılması sonucu elde edilen değer, ısı iletkenliği hesap değeridir. Binanın kullanımı sırasında malzemelerdeki rutubet miktarı yanlış detaylandırma uygulamalar sonucu beklenen değerlerin üzerine çıkarsa söz konusu şartlarda malzemenin ısı iletkenliği de ısı iletkenliği hesap değerinin üzerine çıkacaktır [3].

2.4.3. Isı geçirgenlik değeri (Λ, W/m²K)

Sabit rejimde "L" kalınlığındaki bir yapı elemanının birbirine paralel sıcak ve soğuk yüzlerin sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda birim zamanda birim alandan yüzeylere dik olarak geçen enerji miktarıdır. Elemanın ısı iletkenlik katsayısı (λ) nın malzemenin kalınlığı (d) ye bölünmesi sureti ile yapı elemanının ısı geçirgenliği (Λ) bulunur. Çok tabakalı yapı elemanının Λ değeri her tabakanın λ/d değerlerinin toplamına eşittir.

$$\Lambda = \sum (\lambda/d) \quad (2.1)$$

2.4.4. Isı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$, m^2K/W)

Isı geçirgenliğinin aritmetik tersine denir. $1/\Lambda$ ile gösterilir.

2.4.5. Yüzeysel ısı iletim katsayısı (α , W/m^2K)

Yapı bileşeni yüzeyi ile yüzeyin temas ettiği hava sıcaklıkları arasındaki fark $1^\circ C$ olduğunda $1 m^2$ yapı bileşeni yüzeyinden havaya veya havadan yapı bileşeni yüzeyine birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır. α ile sembolize edilir. İç yüzey için $\alpha_{iç}$ ile dış yüzey için $\alpha_{dış}$ ile gösterilir. Yüzeysel ısı iletim katsayıları standart ve yönetmeliklerde sabit değerler olarak verilmiştir [7].

2.4.6. Yüzeysel ısı iletim direnci ($1/\alpha$, m^2K/W)

Yüzeysel ısı iletim katsayısının aritmetik tersidir.

2.4.7. Isı geçirgenlik katsayısı (U)

Sabit rejim şartlarında herhangi "d" kalınlığındaki yapı elemanının her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark $1^\circ C$ (1 K) olması halinde birim alanından birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır. Daha önceleri K ile sembolize edilirken günümüzde bu büyüklük uluslar arası standartlarda (ISO, EN v.b.) "U" ile gösterilmekte olup, birimi W/m^2K 'dir. Aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_{dış}}} \quad (2.2)$$

2.4.8. Isı geçirme direnci

Isı geçirme katsayısının aritmetik tersidir. Sembölü $1/U$, birimi $m^2 K/W$ 'dir.

2.4.9. Isı akısı (q , W/m^2)

Yapı elemanın birim alanından, bu alana dik doğrultuda ΔT sıcaklık farkı etkisini de birim zamanda iletilen ısı enerjisi miktarıdır. Sembol olarak q kullanılır. Birimi W/m^2 'dir. Z sürede, A alanından geçen toplam ısı enerjisi miktarı ise Q ile gösterilir. Birimi Joule'dir. Aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$q = U \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

$$U = Z.A.q \quad (2.4)$$

2.4.10. Isı iletim rejimleri

Zaman birimi ile ilgili olan ısı iletiminin zamanla azalması veya çoğalması ya da sabit kalması ısı iletiminin rejimleri meydana getirir.

Sabit rejim: Isı iletiminin sabit sıcaklıklar etkisinde meydana gelmesi ve iletilen ısı enerjisi miktarının herhangi iki eşit zaman aralığında hep aynı olmasıdır.

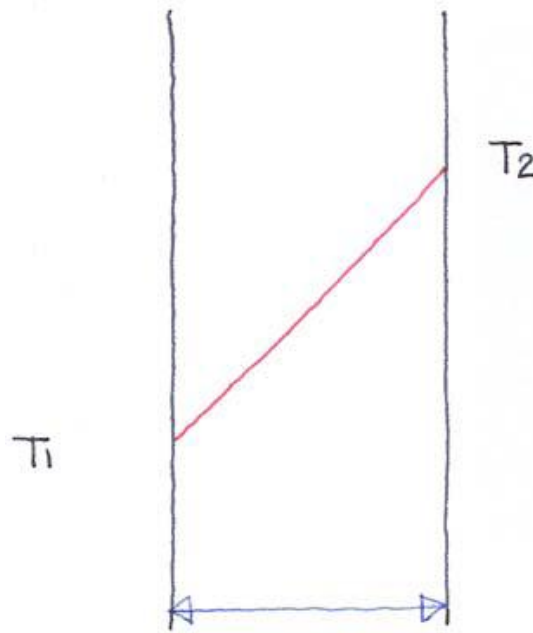
Değişken rejim: Isı iletiminin değişken sıcaklıklar etkisinde meydana gelmesi ve iletilen ısı enerjisi miktarının herhangi iki eşit zaman aralığında değişken olmasıdır.

Periyodik rejim: Sıcaklığın ve dolayısı ile ısı akımının zamanla periyodik olarak değişmesi halinde meydana gelen ısı iletim rejimidir [7].

2.5. Sabit Rejim Şartlarında Isı İletiminin Hesaplanması

Bina kabuğunda meydana gelen ısı iletiminin hesaplanması sırasında değişken rejim şartlarında dış ve iç hava sıcaklığının periyodik olarak değiştiği kabul edilir. Ancak periyodik rejim şartlarında hesaplar karmaşık olduğundan uluslararası standart ve yönetmeliklerde de ısı iletim hesapları günlük veya aylık zaman dilimleri için sabit rejim şartları içinde yapılmaktadır. Tüm sezona ait değerler ise günlük veya aylık kayıtların toplamı ile bulunmaktadır.

Herhangi bir yapı elemanında meydana gelen ısı akısı (q), sıcaklık gradyanı (dT/dx) ile doğru orantılıdır. Formülü; $q = -\lambda \cdot (dT/dx)$ 'dir. λ = Isı iletkenliği ise orantı katsayısıdır. (-) işareti ısının sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru iletildiğini gösterir ve (dT/dx)'in negatifliğinden kurtulmayı sağlar. Sıcaklık gradyanı ise sıcaklık değişim eğrisinin eğimine karşılık gelir. Homojen bir malzemede sıcaklığın kalınlıkla değişimi doğrusaldır (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5 Homojen bir malzemede sıcaklığın kalınlıkla değişimi

d = Kalınlığı

T_2 = Yüksek sıcaklığı

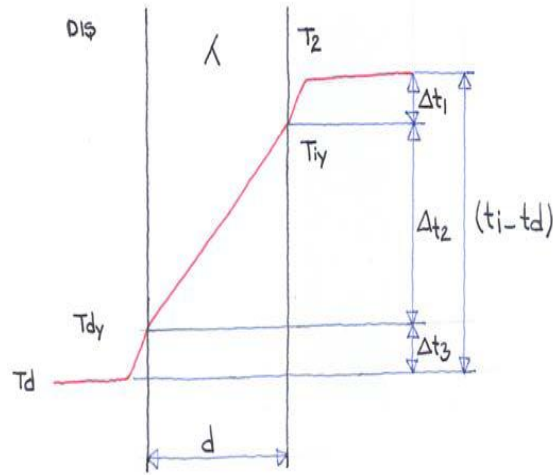
T_1 = Düşük sıcaklığı gösterirse homojen tek tabakalı yapı elemanında meydana gelen

ısı akısının büyüklüğü $q = \frac{\lambda}{d}(T_2 - T_1)$ olarak hesaplanır.

Elektrik iletimi ve atomsal yayılım arasında ısı iletimi ile genellikle benzerlik vardır.

Isı akısı çok tabakalı bir yapı elemanında sabit rejim şartlarında sabittir.

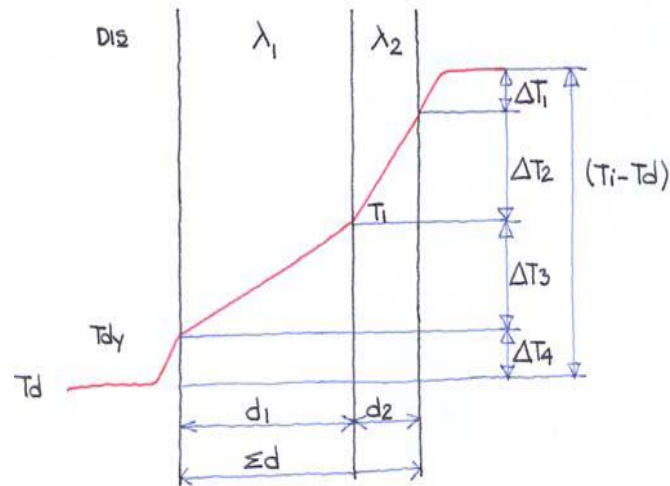
Tek tabakalı bir duvarda ortam ve yüzey sıcaklıklarının değişimi grafik olarak aşağıda gösterilmektedir (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Tek tabakalı bir duvarda ortam ve yüzey sıcaklıklarının değişimi

2.6. Yapı Elemanlarında Yüzey ve Kesit Sıcaklıklarının Tespiti

Yapı elemanları genellikle farklı ısı iletkenliğine sahip malzemelerin oluşturduğu çok tabakalı elemanlardır. Özellikle dış duvarda termik konfor şartlarının tahkiki ve iç ortam rölatif rutubetine ait doyma sıcaklığına göre terleme olup olmayacağını tespit edilmesi için duvar yüzey sıcaklıklarının bilinmesi gerekmektedir. Sıcaklığın kalınlıkla değişimi Şekil 2.7’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Sıcaklığın kalınlıkla değişimi

Sembolize edilen herhangi bir çok tabakalı yapı elemanında sabit rejim şartlarında ısı akısı sabittir (Şekil 2.8). Buna göre aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

$$U = (T_i - T_d) = \alpha_i(T_i - T_{iy}) = \frac{\lambda_2}{d_2}(T_{iy} - T_1) = \frac{\lambda_1}{d_1}(T_1 - T_y) = \alpha_d(T_{dy} - T_d) \quad (2.5)$$

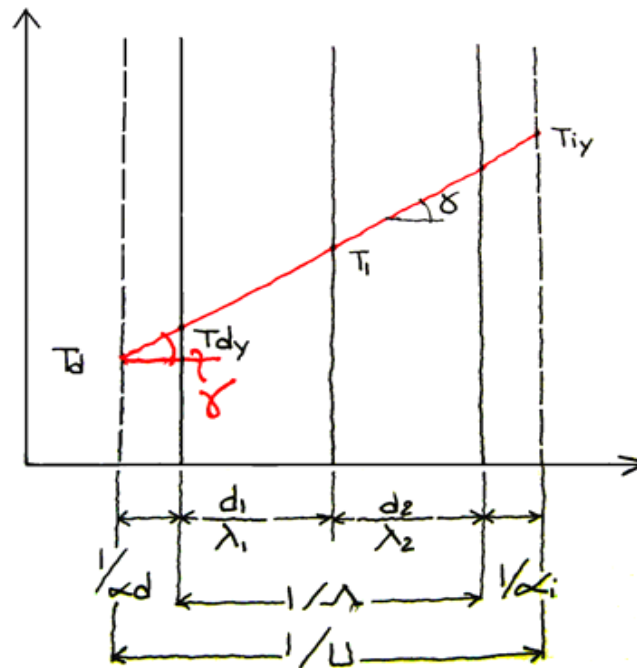
$$\Delta T_1 = T_i - T_{iy} = \frac{q}{\alpha_i} \Rightarrow T_{iy} = T_i - \frac{q}{\alpha_i} \quad (2.6)$$

$$\Delta T_2 = T_{iy} - T_1 = q \frac{d_2}{\lambda_2} \Rightarrow T_1 = T_{iy} - q \frac{d_2}{\lambda_2} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_3 = T_1 - T_{dy} = q \frac{d_1}{\lambda_1} \Rightarrow T_1 = T_{dy} + q \frac{d_1}{\lambda_1} \quad (2.8)$$

$$\Delta T_4 = T_{dy} - T_d = q \frac{1}{\alpha_d} \Rightarrow T_{dy} = T_d + q \frac{1}{\alpha_d} \quad (2.9)$$

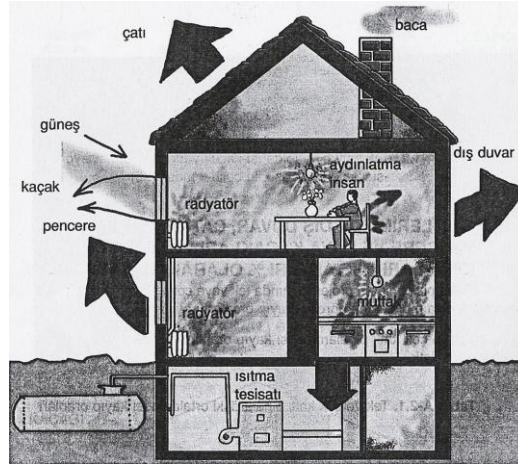
$$\text{tg} \gamma = \frac{T_i - T_d}{1/U} = U(T_i - T_d) = q \quad (2.10)$$



Şekil 2.8. Çok tabakalı yapı elemanında sabit rejim şartlarında ısı akışı

2.7. Yapıyı Etkileyen Isılar ve Isı Kayıpları

Yapıdaki konfor koşullarını belirleyen iç ortam sıcaklığı olup, iç ve dış ortam koşullarına göre değişiklik göstermektedir. İç ortam sıcaklığını belirleyen ısılar, ısı kazancı ya da kaybı şeklinde ortaya çıkan ısılardır [8]. Bu ısılar aynı zamanda yapıyı etkileyen ısılar olup, dış ve iç ortam ısıları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.9).

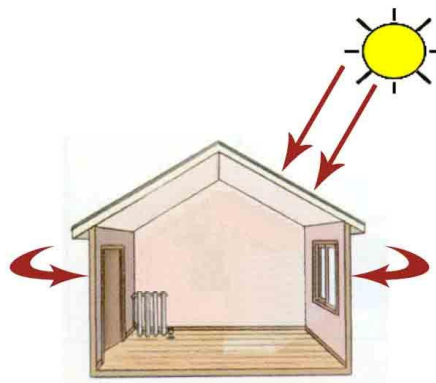


Şekil 2.9. Yapıyı etkileyen ısılar [8]

2.7.1. Dış ortam ısıları

Güneş ısısı ve dış iklim koşullarından kaynaklanan ısı dış ortam ısıları olarak sınıflandırılabilir.

Güneş ısısı, ışınım yoluyla yayılmakta ve yeryüzünü ısıtmaktadır. Pencere gibi saydam ya da opak yapı bileşenlerinden gelen güneş ısısı, yapının doğal yolla ısınmasına katkıda bulunmakta ve TS 825'te de ısı kazancı olarak hesaplanmaktadır (Şekil 2.10) .



Şekil 2.10. Güneş ısısı

Dış iklim koşullarında kaynaklanan ısı, dış hava sıcaklığı, hakim rüzgarın yönü ve şiddeti gibi yapının bulunduğu yerin coğrafi özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösteren ısıdır. Yapı bileşenlerinden geçen ısı, yapının doğal yolla ısınmasına ya da

soğumasına katkıda bulunmakta ve TS 825'te de binanın ısıtma enerjisini etkileyen etmenler arasında yer almaktadır.

2.7.2. İç ortam ısıları

Yapı kullanıcılarından kaynaklanan metabolik ısılar, yemek pişirme işlemi, aydınlatma ve sıcak su sistemi, yapılarda kullanılan elektrikli ev aletleri gibi kaynaklarla ortaya çıkan ısılar iç ortam ısıları olarak sıralanabilir. TS 825'te bu ısılar, aylık ortalama iç kazançlarda ele alınarak ısı kazancı olarak hesaplanmaktadır.

Yapılarda ısı konfor için, iç ve dış ortam ısı geçişlerinin dengeli bir şekilde sağlanması, yapının bulunduğu yere ve mevsime göre, ısı kazanç ve kayıplarının denetlenmesi gerekir.

2.7.3. Isı kayıpları

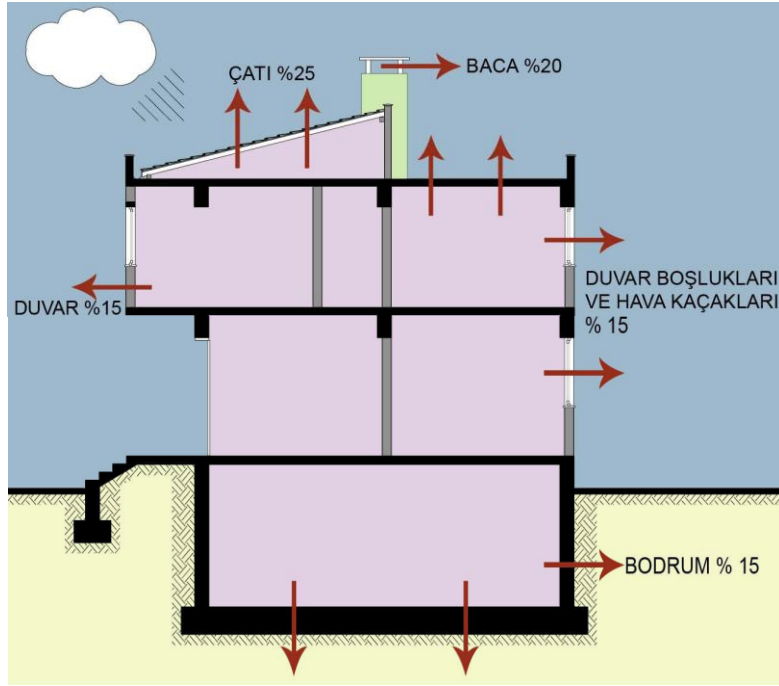
Yapılarda iç ve dış ortam ısıları ısı kazançları sağlamaktadır. Ancak, su ve nem etkisiyle ya da yapı elemanlarında yeterli önlemlerin alınmaması gibi çeşitli nedenlerle oluşan ısı kayıpları zaman zaman yapılardaki ısı kazançlarından fazla olabilmektedir. Bu da ısısal konfor koşullarının bozulması anlamına gelmektedir. Yapının ısısal konfor koşullarını sağlayıp sağlamadığının gerçeğe yakın bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nda bir hesap yöntemi verilmektedir. Buna göre, yıllık ısıtma döneminde bulunan ayların, aylık ısıtma enerjisi gereksinimleri toplanarak binanın yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi belirlenmektedir. Öte yandan, yapı yüzeyinde bulunan toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkarılmakta ve elde edilen sonuçla binanın yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi karşılaştırılmaktadır. Sonuçta da, yapının hesap yöntemine uygunluğu kontrol edilmektedir. Bu nedenle öncelikle ısı kaybı kavramını açmak gerekmektedir.

Yapılardaki ısı kayıpları;

- Duvar ve duvar boşlukları,
- Çatılar,

- Döşemeler olmak üzere üç farklı yapı elemanından gerçekleşmektedir.

Bunlara ek olarak, tesisat ve havalandırma boşluklarından ısı kayıpları olmaktadır. Yapılarda kaybedilen ısı oranları genel olarak, Şekil 2.11’de olduğu gibi dağılım göstermektedir.



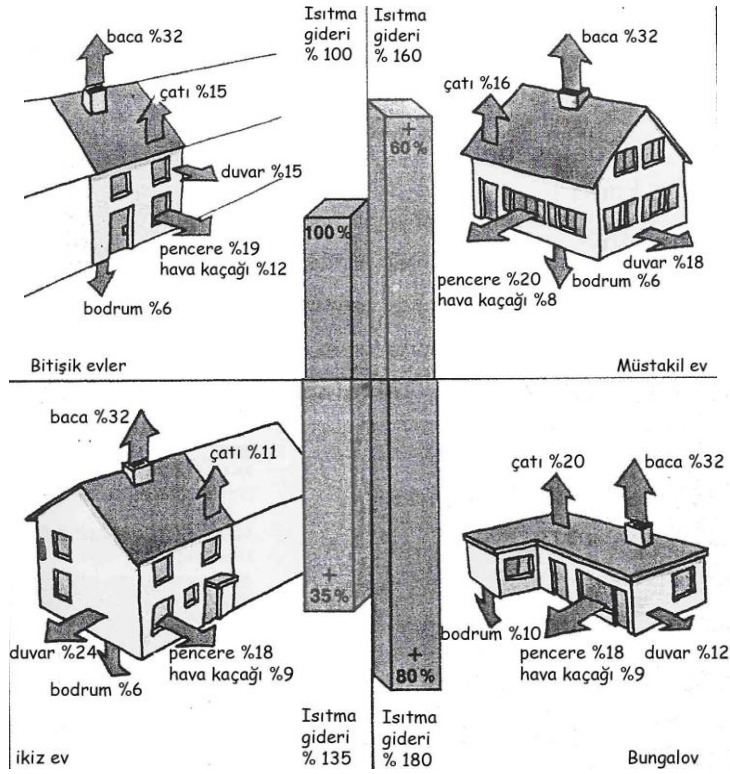
Şekil 2.11. Yapılarda ısı kayıp oranları [9]

Yapılarda kat sayısı arttıkça, duvar gibi yapı elemanlarının ve pencere gibi yapı bileşenlerinin alanları artmaktadır. Artan alanlar nedeniyle, kaybedilen ısı miktarı da artmaktadır. Dolayısıyla Çizelge 2.2’de belirtildiği gibi, ısı kayıpları yapının tek ya da çok katlı olması ile ilişkili olarak değişiklik göstermektedir.

Tablo 2.2. Tek ve çok katlı binalardaki ısı kayıp oranları [8]

	Dış duvar	Çatı	Bodrum	Pencere	Hava Kaçakları
Tek katlı	25	22	20	20	13
Çok katlı	40	7	6	30	17

Yapının çevre koşullarıyla ya da suyla olan ilişkisi ısı kayıplarını artıran ya da azaltan etkenlerden biridir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Yapıların konumlarına ve özelliklerine göre ısı kayıp oranları [10]

Yapı ürünlerinin özellikleri de ısı kayıplarını etkilemektedir. Isı iletkenlik katsayısı yüksek olan ürünlerde ısısal kayıplar daha fazla olmaktadır. Bunun yanı sıra, su buharını bünyesinde tutan ya da yoğuşmaya neden olan ürünler ısı kayıpları açısından olumsuz özelliktedir. Tablo 2.3'te de örneklendiği gibi, hesap yönteminde dikkate alınacak ürünlerinin teknik özellikleri TS 825'de verilmektedir. Ayrıca, günümüzde yapı üretiminde kullanılan birçok ürünün teknik özelliklerine yapı sektöründe bulunan üretici ve uygulayıcı şirketlerden ulaşmak mümkündür.

Isı kayıplarının en önemli nedenlerinden biri de yapı elemanlarında oluşan ısı köprüleridir. Bitişik yüzeye göre kompozisyonu değişik, ısı kaybı yapının ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kararlı durum için, iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümler, ısı köprüleri olarak tanımlanmaktadır [11]. Isı köprülerine genellikle cepheye dik bölme duvarları, kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarında rastlanmaktadır. Bu durumda, yapılarda ısı kayıplarını, kayıpların sıklıkla görüldüğü yapı elemanlarıyla ele almak yarar sağlayacaktır.

Tablo 2.3 Yapı ürün ve bileşenlerinin ısı iletkenliği hesap değerleri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörleri (μ) [11]

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi kg/m ³	Isıl iletkenlik hesap değeri (λ_h)W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)
1	Doğal taşlar			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	>2800	3,5	
1.2	Tortul sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,5	
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	<1600	0,55	
2	Doğal zeminler (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, kum-çakıl	1800	1,4	
2.3	Kil, sıkı toprak	2000	2,1	
3	Dökme malzemeler (hava kurusunda üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma tas (mıcır)	1800	0,7	
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	<1000	0,19	
3.3	Yüksek fırın cürufu	<600	0,13	
3.4	Kömür cürufu	<1000	0,23	
3.5	Gözenekli doğal tas mıcırları	<1200 <1500	0,22 0,27	
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS3681)	<50 <100 <150 <200	0,046 0,058 0,070 0,081	
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	<200	0,050	
3.8	Polistren, sert köpük parçacıkları	15	0,045	
3.9	Testere ve planya talaşı	200	0,07	
3.10	Saman	150	0,058	

2.7.3.1. Duvar ve duvar boşluklarında ısı kayıpları

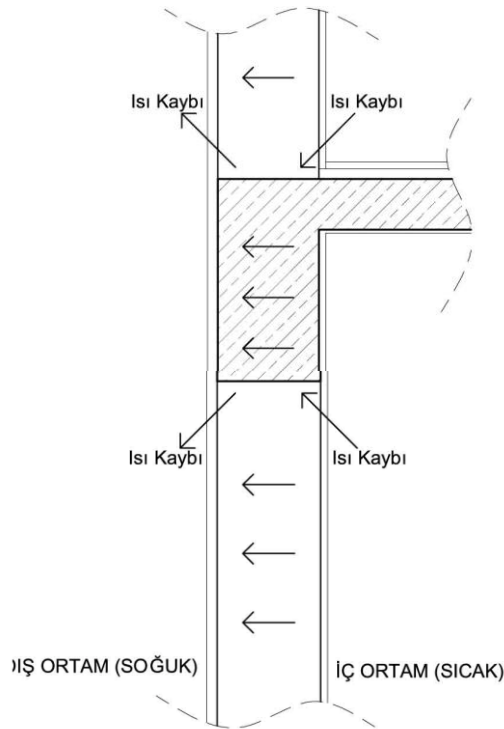
Yapıların düşey elemanları olan duvarlardaki ısı kayıpları;

- Duvar elemanının oluşturan ürünlerin ya da bileşenlerin özellikleri,
- Söz konusu yapı betonarme karkas sistemde kurgulanmışsa, duvar-kolon, duvar-kiriş birleşimlerinde gözlenen ısı köprüleri,

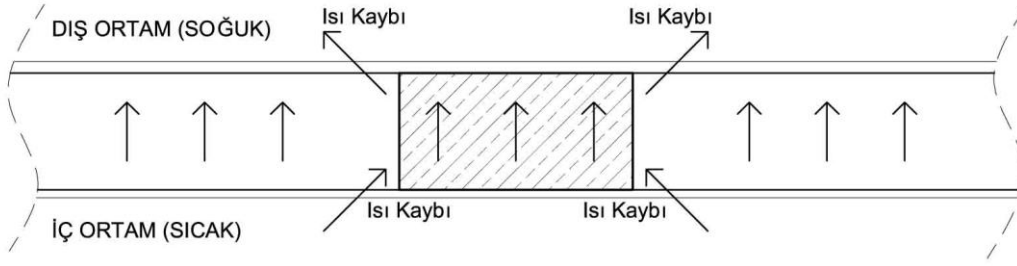
- Duvar-doğrama birleşimlerinde gözlenen ısı köprüleri,
- Duvar boşluklarındaki hava kaçakları gibi nedenlerle ortaya çıkabilmektedir.

Herhangi bir iç ortamı çevreleyen duvar elemanında kullanılan ürünün ısı iletkenlik katsayısı yüksek ise, duvardan difüzyon yoluyla geçen ısı da fazla olmaktadır. Bu durumda, iç ortam ısısı dış ortam ısısından yüksekse, iç ortamdaki ısı kaybı artmaktadır. Aynı zamanda, duvar elemanını oluşturan ürünlerin buhar difüzyon direnç faktörleri düşük ise, duvarın bünyesinden difüzyon yoluyla geçen su buharına karşı dayanımı da azdır. Bu durumda, duvar elemanı sorun oluşumuna açıktır. Aynı zamanda var olan duvardan ısı kaybı fazladır. Bu nedenle, duvarı oluşturması için seçilecek yapı ürününün teknik özellikleri önemlidir.

Öte yandan söz konusu yapı betonarme karkas sistemde kurgulanmışsa, duvar elemanı, kolon, kiriş gibi bileşenler ve tuğla, gazbeton gibi ürünlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu nedenle, özellikle ısı köprülerinin en sık gözleendiği kolon, kiriş gibi yapının betonarme bölümlerinde ısı kayıpları bulunmaktadır (Şekil 2.13, Şekil 2.14).

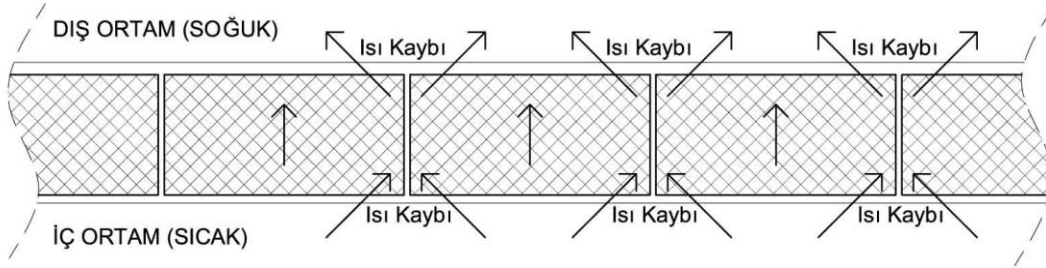


Şekil 2.13. Kirişte ısı kayıpları [12]



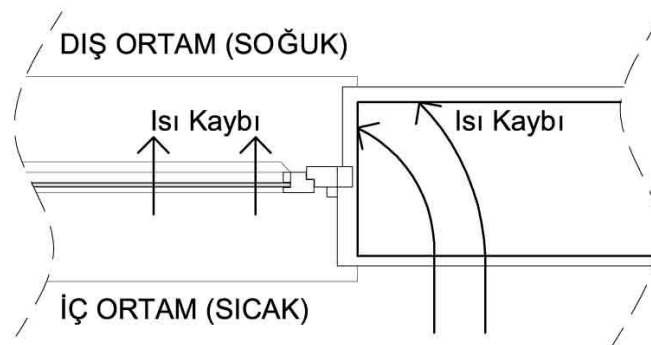
Şekil 2.14. Kolonda ısı kayıpları [12]

Aynı zamanda duvar elemanı, tuğla, gazbeton gibi parçalı ürünlerden oluşuyorsa, bu ürünlerin derzlerinde ısı kayıplarının gözlenme olasılığı yüksektir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Derzlerde ısı kayıpları [12]

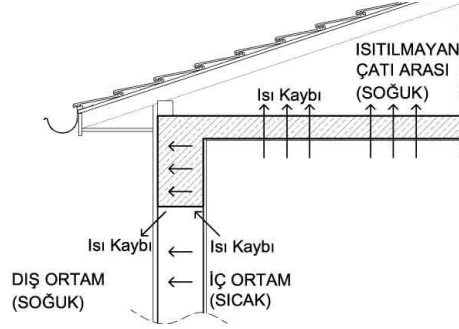
Ayrıca, duvarların doğrama bileşenleriyle birleştikleri detaylarda ısı kayıpları bulunmaktadır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Duvar boşluklarında ısı kaybı

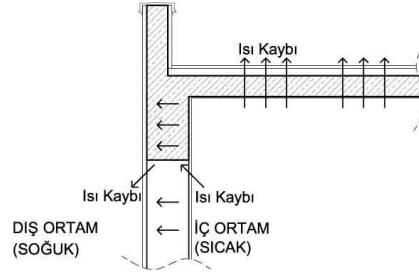
Bununla birlikte, duvar elemanı üzerinde oluşturulan duvar boşluklarında kurgulanan kapı ya da pencerelerde, hava kaçakları olmaktadır. Hava kaçakları genellikle, kanatların binilerinde (Şekil 2.17) ya da cam ile çerçeve arasında gözlenmektedir. Belirtilen detaylar, ısı kayıplarının oluşmasına uygundur.

Öte yandan, çatı arası geleneksel yöntemle yapılmış eğimli bir çatıyla örtül ve ısıtılmıyorsa, ısı kaybı çatı arası döşeme kesitinde, ısıtılan alandan ısıtılmayan alana doğru gerçekleşmektedir (Şekil 2.19).



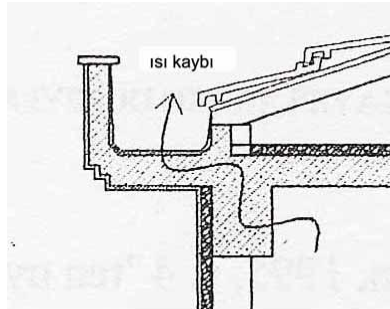
Şekil 2.19. Isıtılmayan çatı arasında ısı kaybı

Teras çatı olarak düzenlenmiş ve betonarme karkas sistemde kurgulanmış bir çatıya, ısı kaybı en üst kat döşemesini oluşturan teras çatı kesitinde gözlenmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Teras çatıda ısı kaybı

Ayrıca, çatıların saçak bölgelerinde ısı kayıpları olmaktadır (Şekil 2.21). Bu bölgelerde ısı ile birlikte su sorunları da oldukça sık gözlenmektedir.



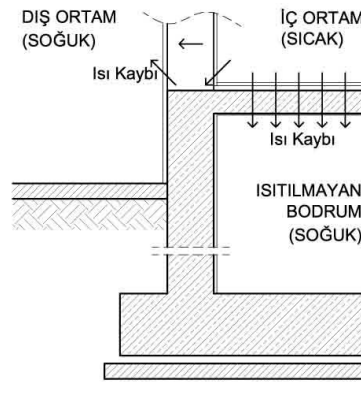
Şekil 2.21. Saçaklarda ısı kaybı [12]

2.7.3.3. Döşemelerde ısı kayıpları

Döşemelerdeki ısı kayıpları döşemenin bulunduğu kata ve katın ısıtılma durumuna göre değişiklik göstermektedir. Buna göre ısı kayıpları;

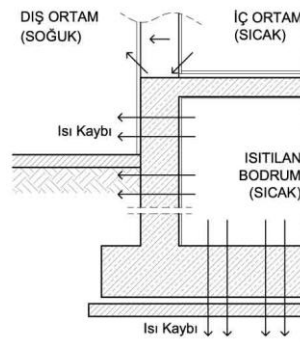
- Isıtılmayan bir bodrum katın tavanında,
- Isıtılan bir bodrum katın zemine oturan döşemesinde ve duvarlarında,
- Katlar arasındaki döşemelerde gerçekleşebilmektedir.

Isıtılmayan bir bodrum katta, bodrumun tavanını oluşturan zemin kat döşemesinde ısıtılan alandan ısıtılmayan alana doğru iletim yoluyla bir ısı kaybı gözlenmektedir (Şekil 2.22).



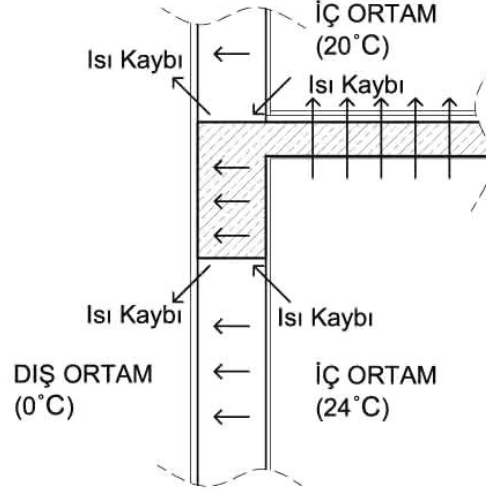
Şekil 2.22. Isıtılmayan bodrum tavanında ısı kaybı

Isıtılan bir bodrum katta ise, aynı durum bu kez bodrum kat duvarları ve zemine oturan döşemesinde gerçekleşmektedir (Şekil 2.23).



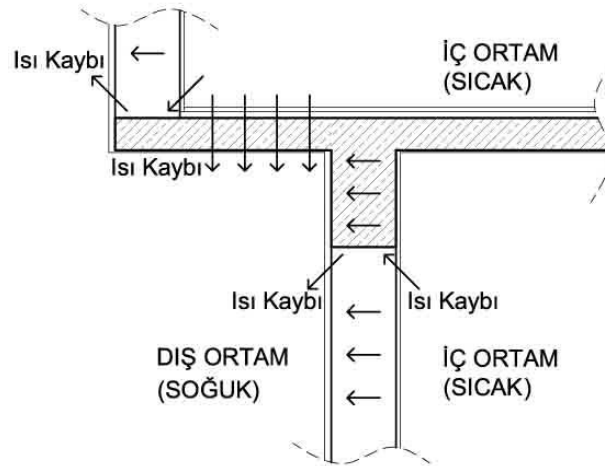
Şekil 2.23. Isıtılan bodrum duvarı ve döşemesinde ısı kaybı

Katlar arasındaki döşemelerde, ısısı yüksek olan ortamdan düşük olan ortama doğru bir ısı kaybı bulunmaktadır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Ara kat döşemesinde ısı kaybı

Bunların dışında konsol döşemelerde, konsol çalışan bölüm ısı köprüsü oluşturarak ısı kayıplarına neden olmaktadır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Konsol döşemede ısı kaybı

Bu anlamda duvarlarda, çatılarda ya da döşemelerdeki ısı kayıpları örnekleri çoğaltılabilir. Belirtilen ısı kaybı nedenleri ve örneklerinde kışın ısı kaybı gözlenirse yazın ısı kazancı oluşmaktadır. Bu durum da, ısısal konforun sağlanabilmesi açısından istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, daha önce de belirtildiği gibi ısısal konforun sağlanması için, ısı kayıp ve kazançlarının dengelenmesi gerekmektedir.

2.8. TS 825' de Isı Yalıtımı Hesap Metotlarında Kullanılan Tanımlar

Bu standartta belirtilen hesap metoduyla binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısı kayıplarından ısı kazançları çıkarılarak hesaplanmaktadır. Toplam ısı kaybı yapı elemanlarından kondüksiyonla gerçekleşen ısı kaybına havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybı ilave edilerek hesaplanmakta, kazançlar ise bina içindeki kullanıcılar, elektrikli aletler v.b. iç kazançlara güneş enerjisinden elde edilen kazançların ilavesi ile belirlenmektedir. Hesaplardaki tanımlar aşağıda verilmektedir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{\text{yıl}}$): 1 yıl içinde ısıtılan ortama ısıtma sisteminden verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Birimi Joule (J)' dır.

Binanın özgül ısı kaybı (H): İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda iletim ve havalandırma ile bina dış kabuğundan birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarıdır. Birimi (W/K)' dir.

Aylık ortalama dış sıcaklık (T_d): Dış sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi $^{\circ}\text{C}$ dir.

Aylık ortalama iç sıcaklık (T_i): İç sıcaklığın aylık ortalama değeridir. Birimi $^{\circ}\text{C}$ dir. Sabit kabul edilir.

Bina iç ısı kazançları (Q_i): Isıtılan ortam içinde bulunan ısıtma sisteminin haricindeki ısı kaynaklarından ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarıdır (W).

Güneş enerjisi kazançları (Q_g): Birim zamanda ısıtılan ortama direkt olarak ulaşan güneş enerjisi miktarıdır (W).

Isı kazancı kullanım faktörü (η): İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranıdır.

Binanın net kullanım alanı (A_n): Birimi m^2 dir.

Binayı çevreleyen kabuğun dış ölçülerine göre hesaplanan hacmi ($V_{\text{brüt}}$): Birimi m^3 'tür.

Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı (A_{top}): Dış duvar, tavan, taban, döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup, dış ölçülere göre bulunur (m^2).

$A_{\text{top}}/V_{\text{brüt}}$: Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılan yapı hacmine ($V_{\text{brüt}}$) oranıdır (m^{-1}).

BÖLÜM 3. BUHAR İLETİMİ VE TEMEL PRENSİPLERİ

Yaşadığımız bu dönemde mahallerin iskan şartları ve ikamet edenlerin hayat tarzındaki köklü değişiklikler duvarların iç rutubete karşı dayanıklılığını ilgilendiren çeşitli problemlerin ortaya çıkması sonucunu doğurmuştur. Kullanılan mekanlarda, insanların bünyesinden sıcak su ile yıkanma, pişirme faaliyetlerinden, bitkilerden vb. kaynaklardan sürekli bir buhar üretimi (konutlarda günde ortalama 10–20 litre, su buharı halinde üretilir) mevcuttur. İç ortamda biriken su buharının dış ortama atılması havalandırma ve dış ortamla temas eden yapı elemanları vasıtasıyla gerçekleşir.

3.1. Bina Kabuğundan Buhar Geçişi

Günümüzde modern yapı metotlarının kullanılmaya başlanması sonucu duvarlar incelmış, daha çok katlı binaların çoğalması, maliyet fiyatlarını daha çok düşürme araştırmalarıyla, geleneksel denilen yapı şekli, esaslı bir değişime uğramıştır. Kullanılan malzemelerin devamlı olarak teknolojinin gelişmesi ile duvarlar büyük ölçüde hafifletilerek daha yüksek inşaat yapmak olanakları artmıştır. Maliyet fiyatını düşürme ve bina yükünün azaltılması endişesi bu hafifletme eğilimini arttırmıştır. Bunun sonucunda duvarın dış rutubete karşı koruyucu rolü, belki de farkında olunmadan ihmal edilmek suretiyle bütün dikkati duvarların statik, estetik ve maliyet noktası üzerinde toplamak gibi bir duruma gelinmiştir.

Isı geçirgenlik direnci düşük duvarlarda buhar difüzyonu sırasında buhar, kolaylıkla yoğuşma sıcaklığının altına inerek su haline gelmekte ve bazı hallerde duvar yüzeyinde yoğuşma “terleme” dediğimiz olay meydana gelmektedir. Kesit içindeki yoğuşmalar ise yapı elemanlarının ısı performansını kötüleştirilmektedir [13].

Bina kabuğundaki buhar geçişi üzerinde hem atmosfer nemliliğinin ve hem de bina içindeki havanın nemliğinin etkisi vardır. Atmosferin nemliliği iklimsel faktörlere göre değişirken, bina içindeki havanın nemliliği kullanılan hacmin kullanım amacına bağlıdır ve hacimden hacme farklı değerler alabilir.

Eleman yüzeyinde veya kesitinde yoğuşma olması halinde karşımıza çıkan sorunlar;

- Elemanın ısı performansının düşmesi (u-değerinin artması, ısı sorunlar)
- Kullanım ömrünün azalması (mekanik sorunlar)
- Yüzeylerde kirlenme, ıslanma, bakteri oluşumu (estetik ve sağlık problemleri)

Isı yalıtımında hedef ısıyı daha az geçirmektir. Buna karşılık buhar kontrolü dendiğinde, amaç buhar geçişini durdurmak değil, aksine buhar geçmesini sağlamaktır. Ancak beklentimiz su buharının yapı elemanına buhar olarak girmesi, elemanı buhar olarak kat etmesi ve elemandan buhar olarak çıkmasıdır. Bu süreç içerisinde buharın yoğunlaşması istenmez. Dolayısıyla buhar kontrolünün prensipleri yapı elemanını buhar durdurucu gereçlerle donatmak değil uygun malzeme seçimi ve sıralamasıyla buharın buhar olarak iletilmesini sağlamaktır; hâlbuki ısı yalıtımının prensibi, elemanın ısı iletimini mümkün olduğunca azaltacak şekilde düzenlenmesidir. Ancak yoğunlaşmanın önünde başka hiçbir şekilde geçilemediyse o zaman sıcak tarafa buhar direnci yüksek malzemeler koymak gerekir.

Yoğuşma: Su buharının yapı elemanı içinde su fazına geçmesidir.

Terleme: Su buharının yapı elemanın iç yüzeylerinde su fazına geçmesidir. Yeryüzünde okyanuslar atmosfer karalar arasında sürekli tekrarlanan ‘Hidrolik devrenin’ havadaki kısmını teşkil eden su buharı, suyun diğer fazlarına göre daha kolay meydana gelirse her sıcaklıkta oluşabilir. İçinde su buharı bulunmayan hava ancak deneysel olarak elde edilir ve kuru hava olarak isimlendirilmektedir. Pratikte hava az veya çok daima su buharı ihtiva eder ve ‘Nemli Hava’ adını alır. Hava içindeki su buharına ‘nem’ denir. Havanın nemliliği (rutubeti) herhangi bir anda hava içindeki su buharının miktarını ifade eder.

Mutlak nemlilik (W): Mutlak nemlilik nemli havanın birim hacmi içinde bulunan su buharının kütesidir. Buna buhar konsantrasyonu veya su buharının yoğunluğu da denir. Birimi kg/m^3 ’dür. Pratikte ise kullanılmaz. $W=M_B/V$ formülü ile gösterilir.

Bağıl (rölatif) nemlilik (ϕ): Verilen herhangi bir şarttaki havada bulunan su buharı kitlesinin aynı şartlardaki havanın içinde bulunması mümkün olan maksimum su buharı kütesine oranıdır. Pratikte kullanılan bir büyüklüktür. $\phi=M_B/M_s=W/W_s$

Doymuş hava: Hava sıcaklığına bağlı olarak belli bir miktar suyu gaz fazında bileşiminde bulundurulabilir. Bu sınırın üzerine çıkıldığında buhar fazı yoğunlaşarak sıvı faza dönüşür. Hava sıcaklığı azaldıkça bileşiminde bulundurabileceği su buharı miktarı azalır. Taşıyabileceği maksimum buhar miktarını ihtiva eden havaya ‘doymuş hava’ veya kısaca ‘doymuş hava’ denir. Maksimum su buharı miktarı üzerinde sıcaklıkla birlikte basınçta etkendir. Ancak pratikte basınç, atmosfer basıncı olarak sabit alındığı için ihmal edilebilir. Doymuş havadaki su buharı (nem) miktarı sabit kalarak sıcaklık düşerse, akabinde su açığa çıkar ve bu işlem hava içindeki buhar miktarı bu sıcaklık için havanın taşıyabileceği maksimum değeri eşit oluncaya kadardır [14].

Doyma miktarı (W_s): Birim hacimdeki havanın belirli bir sıcaklıkta içinde tutabileceği maksimum buhar miktarıdır. Birimi g/m^3 olarak verilebilir. Yüksek sıcaklıklarda doyma miktarı hızla büyür (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Sıcaklıklara göre doyma miktarı

Doyma Miktarı ($W_s, \text{g/m}^3$): Birim T ($^{\circ}\text{C}$)	$W_s (\text{g/m}^3)$
0	4,86
5	6,79
10	9,40
15	12,83
25	17,30
40	50
50	92

Çiğ noktası (T_s): Doymuş hava sıcaklığıdır. Bu sıcaklık havadaki su buharının sıvı faza geçiş sıcaklığını ifade ettiğinden doyma sıcaklığı veya yoğuşma sıcaklığı olarak da isimlendirilir. Barometrik basınçtan bağımsız olarak kabul edilirse havanın sıcaklığı azaldıkça ve bağıl nemi azaldıkça yoğuşma sıcaklığı azalır. Yani sabit sıcaklıktaki bir havanın nemi arttıkça (hava içindeki su buharı miktarına yaklaştıkça) buharın sıvı faza geçişi (havadan suyun ayrışması=yoğuşma) daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelecektir. Diğer taraftan bağıl nemi sabit kalan havanın sıcaklığı artınca da yoğuşma sıcaklığı yükselecek ve buharın sıvı faza geçişi yine daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelecektir.

Buhar basıncı (P): Su buharının nemli hava içindeki kısmi basıncıdır. (Kısmi buhar basıncı, efektif buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı da denir). Nemli havanın barometrik basıncı (P -) buhar basıncı (P) ile bu havanın kısmi basıncının P_w toplamına eşittir. $P = P + P_w$ ile gösterilir.

Doymuş buhar basıncı (P_s): Doymuş havanın kısmi buhar basıncıdır. Doymuş havadaki buhar (nem) miktarı sıcaklıkla değişeceğinden doymuş buhar basıncıda sıcaklıkla değişir. Nemli havanın doymuş buhar basıncı ayrıca barometrik basınçtan da aşağıdaki formüle göre etkilenir. Ancak bu etkinin mertebesi çok küçük olduğu için hesaplarda hep ihmal edilir.

$$P_s = (\Gamma_s / \Gamma_s + 0.62197) * P \quad (3.1)$$

Γ_s =Doymuş havanın karışımı oranı (=su buharı kütlesinin kuru havanın kütlesine oranıdır)

0.62197:Suyun molekül ağırlığının havanın molekül ağırlığına oranıdır [6].

Buhar basınç farkı: Değişik şartlardaki iki ayrı ortam arasındaki buhar basınçlarının farkıdır. Bir bina için ele aldığımız da bina içindeki buhar basıncı (P_i) ile dışındaki buhar basıncıda (P_d) arasındaki farktır. ($P_i - P_d$) su buharının yapı elemanlarından difüzyon yoluyla terlemelerine sebep olan bu buhar basınç farkıdır. Bu aşamada bağıl nemlilik ile buhar basınçlarının birbiri ile karıştırılmamaları gerekir. İki ortamın

bağıl nemleri aynı olsalar bile buhar basınçları farklı bulunabilir. Hatta bağıl nemi yüksek olan ortamın buhar basıncı daha düşük olabilir. Örnek ele aldığımızda;

T	$\phi_d = \%90$	$T_i = 20$ derece
	$\phi_d = \%90$	$\phi_i = \%50$
	$P_{d,s} = 611$	$P_{i,s} = 2340$ Pa
	$P_d = 611 * 0,90$	$P_i = 2340 * 0.50$
	$P_d \cong 550$ pa	$P_i = 1170$ pa
	$\phi_d > \phi_i$	$P_i > P_d$

Su buharı içeriden dışarıya doğru çıkmak ister, $\phi_i = \%20$ olsaydı $P_i = 468$ pa $> 550 > 460$ olduğu için su buharı dışarıdan içeriye doğru girmek isteyecektir [6].

3.2. Yapı Bileşenlerinde Su ve Su Buharı Etkileri

Bina kabuğunu oluşturan yapı malzemeleri az veya öz çok nemlidirler. Bünyelerindeki boşluklarda bulunan havayla birlikte su buharına ilave olarak çok küçük su zerrecikleri veya önemli miktarlarda su bulundurabilirler. Bir yapı elemanın veya malzemesinin nemliliği içinde barındırdığı o andaki su miktarı ile belirtilir. Bu nem miktarı üzerinde malzemelerin aşağıda belirtilen özellikleri etkendir [14].

Su geçirgenliği: Malzemenin hidrolik bir basınç farkının etki ile suyu bir taraftan öbür tarafına geçirmesidir.

Su emme: Malzemenin herhangi bir yüzeyi ile temas yüzeyi halindeki suyu hidrolik basınç farkı olmaksızın kılcal kanallar vasıtası ile (0,1–2,5 mm) su fazında herhangi bir doğrultuda ilerletmesidir. Bu özellikle malzemenin nem alıp vermesine de etki eder. Malzeme içindeki nemin buharlaşabileceği bir yüzeye erişmesi ve buhar difüzyonu kapiler geçirgenlikten etkilenir.

Higroskopik emicilik ve higroskopik denge nemliliği (ϕ_H): Malzemenin yüzeyleri ile temas halinde bulunan nemli hava içindeki su buharını emme veya kılcal kondansasyon, malzemeyi süren hava çığ noktasına erişemediği halde mikroporlarda

yoğuşmanın olmamasıdır. Yapı malzemelerinin büyük bir çoğunluğu hidrostatik ve çevre havasındaki su buharı ile denge halinde olacak şekilde nem bulundurur. Bu değere higroskopik denge nemliliği (veya pratik nem miktarı) denir. Bu değer çevre havasındaki su buharı miktarı ile sıcaklığa ve malzeme özelliklerine bağlıdır.

Doyma nemliliği (ϕ_s): Malzemenin bütün gözeneklerinin tamamen nem ile doldurulduğu ve artık daha fazla nem kabul edemez hale geldiğinde ihtiva ettiği nem miktarıdır. Malzemenin doyma nemliliği ne kadar yüksekse o kadar nem alabilir ve o kadar da geç kuruyabilir. Çevre havasının %100 bağıl nemliliğe ulaşması genellikle yapı malzemesinin doyma nemliliğine ulaşmasına yeterli olmaz.

Su buharı difüzyon direnç faktörü= (μ) : Birbirleri ile irtibatlı iki ortamın (iç ve dış) toplam (barometrik) basınçları aynıdır. Ancak ortamlardaki su buharının yoğunlaşması, dolayısıyla da buhar basınçları farklıdır. Bunun sonucunda basıncın yüksek olduğu ortamdan basıncın düşük olduğu ortama doğru (kış mevsiminde genellikle içeriden dışarıya, yaz mevsiminde ise genellikle dışarıdan içeri doğru) bina kabuğu içinden, su buharı iletimi (difüzyonu=yayınımı) meydana gelir. Su buharı bina kabuğundan buhar olarak geçerse sorun yoktur. Yapı elemanı nefes alıyor denir ve istenilen de budur. Ancak yapı malzemeleri genellikle su buharı geçişine karşı belli bir direnç gösterirler ve su buharının bir miktarının geçmesini engeller. Malzemelerin su buharının geçişine gösterdikleri direncin tanımlanmasında genellikle su buharı difüzyon direnç faktörü ile belirtilir. μ ile ifade edilen bu büyüklük bir malzemenin su buharı geçişine karşı aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasından kaç kat daha fazla direnç gösterdiğini belirtir. Havanın difüzyon direnç faktörü 1 dir. $\mu=5$ Olan bir malzemedan geçen su buharı miktarı aynı kalınlık ve şartlardaki havadan geçen su buharı miktarının 1/5 i kadardır [14] [3].

Su moleküllerinin çapları çok küçüktür $\cong 1.2 \text{ \AA}$: Yapı malzemelerinde çok küçük boyutlarda da olsa çatlak ve gözeneklerin bulunması su buharının yapı malzemelerinden az ya da çok geçmesine neden olmaktadır. Ancak bazı amorf malzemelerin (bitümler, sırlar ve bazı plastikler) difüzyon dirençleri çok yüksektir. Metal ve camların ise sonsuz olan dirençleri su buharını geçirmezler. Su buharı difüzyon direnci çok yüksek olan malzemeler aynı zamanda su geçirmezler. Su

geçirmeyen malzemelerin büyük bir bölümü, inşaat sektöründe su buharını geçiren nefes alan mebranlar olarak isimlendirilmektedirler.

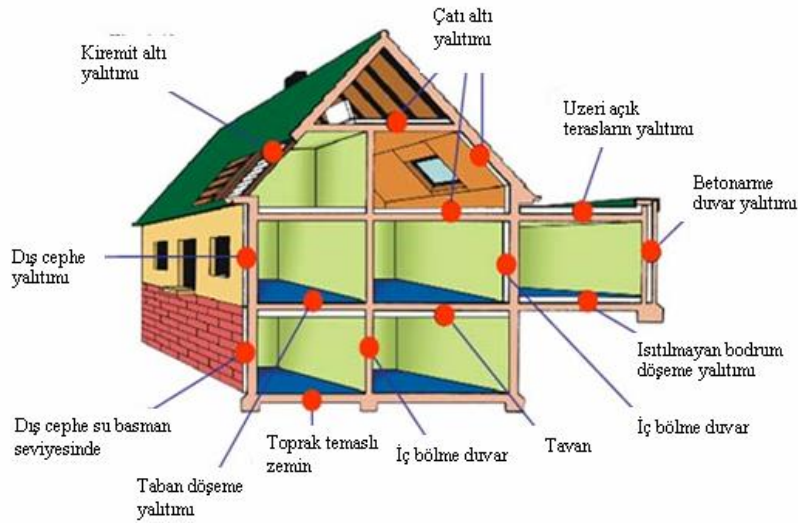
Kuru malzemelerin difüzyon direnç faktörü sabittir. Ancak nemli malzemelerin μ değeri içlerinde bulunan nem miktarına bağlı olarak değişir. Bunun sebebi ise malzemenin bir kısım çok ince kılcal kanallarının ihtiva edilen nem miktarına bağlı olarak su ile dolması ve difüzyona kapanmasıdır. Bununla birlikte higroskopik denge nemliliğine kadar μ değeri pratik hesaplar için sabit kabul edilir. Ancak kondansasyon v.b. sebeplerle nem daha fazla artarsa kapiler su iletimi etkin olmaya başlar ve μ değer azalır veya çoğalır.

Binadaki rutubetin belirlenmesi ve değerlendirilmesi için elektrik iletkenliği ölçümüne dayanan elektrikli ölçüm aletleri (moisture meter) kullanılmaktadır. Bu aletler rutubetin sebebini teşhis edemezler, fakat rutubetin varlığını ve miktarını belirler ki çok önemli olan bu bilgilerin başka türlü elde edilmesi mümkün değildir [14].

BÖLÜM 4. BİNALARDA ISI YALITIMI VE ÖNEMİ

4.1.Yalıtım

Yapı fiziği bağlamında yalıtım, arzu edilmeyen fiziksel etkilerin ya da olayların bir taraftan diğer tarafa geçmesini engelleyen işlem ve sistemlere verilen addır. Örneğin suyun binaya girmesinin engellenmesi, ısı enerjisinin içeri veya dışarı kaçmasının engellenmesi, gürültü kapsamındaki seslerin engellenmesi, elektrik akımından korunmak üzere elektrik akımının yalıtılması gibi işlemler bu kapsamda ele alınabilir. Ancak bu yalıtımın gerçekleştirilebilmesi için yalıtkan denen özel maddelere gereksinim vardır. Bu özel malzemeler su yalıtımında bitüm emdirilmiş ve / veya plastik kökenli malzemeler olabileceği gibi, ısı yalıtımını sağlamak için gözenekli hafif malzemeler, ortam sesi yalıtımı içinde birim – hacim ağırlığı yüksek malzemeler olmalıdır. Yapıda uygulanan yalıtımlar, Şekil 1.1’de uygulama bölgeleri ile genel olarak gösterilmiştir [15].



Şekil 4.1. Yapılarda yalıtım

Yalıtım kavramının ana teması; doğal kaynak ve koşulları göz önüne alınarak yapılar tasarlamak ve sağlıklı olma özelliklerine sahip yalıtım malzemelerinin de destek ve katkısı ile çevre kirliliği gibi olumsuzlukları en alt düzeye indirerek enerjide savurganlığı önlemek şeklinde özetlenebilir [16].

4.2.Yalıtımın Amacı

Bir yapının, yapılış amacına uygun olarak, kullanıcılarına hizmet vermesi ve değerini yıllarca koruyabilmesi, ancak iç ve dış olumsuz etkenlere karşı iyi korunmuş olmasına bağlıdır. Yapıların iç ve dış faktörlerden korunabilmesi de yalıtım yapıp yapılmamış olmasıyla ilgilidir. Yalıtım; binayı, taşıyıcı sistemi ve yapı bileşenleri ile birlikte, tüm bu iç ve dış faktörlerden korumayı, sağlıklı ve konforlu mekânlar oluşturmayı hedefler. Yalıtım, hem yapıyı hem de kullanıcıları korumaya yönelik önlemleri içerir. Yalıtımın amacı yapıların ömrünü uzatmak, bakım masraflarını azaltmak ve kullanıcı için sağlıklı, huzurlu, rahat kullanabileceği mekânlar oluşturmaktır [18].

4.3. Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı; kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek, dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma işlemlerinde kullanılan enerji de tasarrufu sağlamak, çevre sorunlarını çözmek ve hava kirliliğini azaltmak için yapılarda alınan her türlü önlemler bütünüdür. Isı yalıtımı; aynı zamanda yapıyı dış etkilerden koruyarak ömrünü uzatmakta ve yapı fiziği şartları da yerine getirildiği için işletme maliyetlerini düşürmektedir [17].

Yapılarda ısı yalıtımı, enerji tasarrufu sağlamak, hava kirliliğini azaltmak, rahat ve konforlu yaşam ortamlarının sağlanması ve ısı kayıplarının yol açacağı olumsuz fiziksel sorunların yaşanmaması için yapılması gereken bir uygulamadır. Binalarda ısı kayıplarının olması gereken düzeyleri yönetmeliklerle (TS 825, Bayındırlık Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği) belirlenmiş ve bu düzeylere uymak yasal bir zorunluluk sayılmıştır [19]. Yapıların kalın boyutlu ve ağır malzemelerden, narin-ince boyutlu hafif malzemelere geçişiyle birlikte, sağladığı birçok yararların

yanında yapı fiziği ve ısı yalıtımı konularında daha dikkatli davranmak gereğini ortaya koymaktadır. Binanın ısı yalıtımı; yapının gerek kışın, gerekse yazın maruz kalacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde düşünülmelidir. Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasında amaç; yapının zararlı boyutlarda ısı hareketleri ve buhar yoğuşması sonucu zaman içinde görülen yapı hasarlarının (don hasarı, nem hasarı, küflenme, bozulma, demir aksamının çürümesi-korozyonu vs) ortaya çıkmasını önlemektir. Bir başka deyişle ısı yalıtımının amacı; yapının bakım masraflarını sınırlı düzeyde tutmak, kışın ısıtma, yazın soğutma enerjisinden tasarruf sağlayarak aile ve ulusal ekonomimize katkıda bulunmaktır [20]. Bu nedenle ısı yalıtımında, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. bilim dalları bir eşgüdüm içerisinde bulunmalıdır.

4.4. Isı Yalıtımının Uygulama Biçimi

Isı yalıtımı uygulamaları, binalarda ve ısıtma tesisatında yapılır. Yapılarda, ısı kayıpları, duvar, döşeme, çatı gibi bina kabuğundan ve baca, pencere, kapı gibi yapı elemanlarından gerçekleşir. Binalarda ısı yalıtımı da, ısı kaybının gerçekleştiği yüzeylerde yapılacak uygulamalardan oluşur [21].

Çatıların yalıtımında çatıların şekline göre değişen yalıtım uygulamaları vardır. Çatılarda yalıtım levha veya şilte biçiminde çeşitli yalıtım malzemeleriyle yapılmaktadır. Bu malzemeler, çatının durumuna göre, çatı yüzeyinde, çatı mertebesinin üstüne veya altına monte edilerek kullanılır. Duvarlarda yalıtım ise, çeşitli malzemelerin genellikle duvarlara monte edilmesiyle yapılmaktadır. Duvarlarda yalıtım, binanın dışından ve içinden yapılabilir.

Pencerelerde yalıtım ise genellikle çift cam uygulamaları ile yapılmaktadır. Yine, pencerelerin açılan kısımlarına fitil ve conta uygulamaları yapılır. Kapılarda da fitil ve conta kullanımı yaygındır.

Isı yalıtımı, yalnızca çeşitli yalıtım malzemeleriyle yapılan bir işlem olarak algılanmamalıdır. Isı yalıtımı daha tasarım aşamasında başlaması gereken bir

süreçtir. Isı kaybını etkileyen en önemli unsurların başında, yapının içinde bulunduğu çevresel faktörler gelir ve tasarımcılar bu faktörleri ısı yalıtımı açısından da dikkate almalıdır. Isı yalıtımını etkileyen dış faktörler şunlardır:

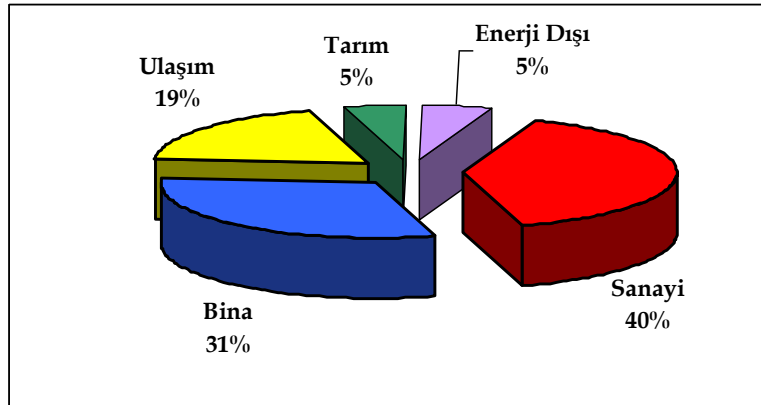
- Coğrafi özellikler:Enlem-boylam, binanın bulunduğu bölgenin eğimli ya da düzlük, yeşil ya da kurak oluşu gibi.
- İklim özellikleri.
- Rakımı.
- Arsanın özellikleri:Yön, komşu parsellerle beraber arsanın imar durumu özellikleri.
- Mekanların bakacağı yönler: Yaşam mekanlarının kuzeye bakmaması. Oturma odasının güneşe, yatak odasının doğuya bakması gibi. Etkin bir ısı yalıtımı için, bu faktörlerin, tasarım açısından başlayarak dikkatle ele alınması ve binanın bu dış etkilere en fazla direnç gösterecek şekilde tasarlanması gerekir [22].

4.5. Isı Yalıtımının Yararları

Yapılarda ısı yalıtımının kurallara uygun şekilde uygulanması ile gerek bireyler gerekse de ülkeler açısından birçok yarar söz konusudur. Isı yalıtımının faydaları etraflıca anlatılacaktır.

4.5.1. Isı yalıtımı enerji tüketimini azaltarak tasarruf ve çevrenin korunmasına katkı sağlar

Günümüzdeki enerji sorunu göz önünde bulundurulduğunda, bina konforunun minimum enerji kullanarak sağlanması büyük bir önem taşımaktadır. Çünkü ülkemiz basta olmak üzere diğer ülkelerin enerji ihtiyaçları gelişen teknoloji ve sanayiye bağlı olarak gün geçtikçe artmakta ancak, enerji kaynaklarımız ve enerji üretimimiz bu artan talebi karşılayamamaktadır. Türkiye’de üretilen toplam enerjinin kullanım dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 4.2. Enerji tüketiminin nihai sektörlere dağılımı 2006

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi enerji tüketimi sektörlerinin dağılımına bakıldığında % 40’lık pay ile sanayi ilk sırayı alır. Bu oranı, % 31 pay ile konut ve bina ısıtması izler. Isı yalıtımının, uygulandığı yerlere bağlı olarak, % 75 oranında enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Bina ısıtması ve sanayi sektörleri toplam % 71’lik enerji tüketimi payı ile ısı yalıtımı yapılarak ülkeye en fazla enerji tasarrufu sağlayacak alanlardır. Enerji tüketiminin en fazla olduğu bu iki alandan sağlanacak tasarruf kayda değer rakamlara tekabül eder. Yapılan bir örnek çalışmada, İstanbul ve Elazığ’da 10x12x2.6 m ölçülerinde müstakil ısıtmalı (fuel-oil), duvarlarında toplam 20 m² cam yüzey olan bir bina konu olarak seçilmiş, ısı yalıtımsız (mevcut) ve yalıtımlı durumun sonuçları alınmıştır [23].

Söz konusu yapıda; 10 cm cam yünü çatı şiltesi, 5 cm XPS (Ekstrüde Polistren) ısı yalıtım levhası (duvarlara içten uygulama) ve 5 cm XPS ısı yalıtım levhası (döşemeye) uygulanarak ısı yalıtımı yapılmıştır. Isı yalıtımı toplam maliyeti Şubat 2006 birim fiyatlarına göre (K.D.V., işçilik, nakliye ve malzeme bedeli dahil) yaklaşık 7.500 YTL’dir. Isı yalıtımı sonucu sağlanan yakıt tasarrufu ve hava kirletici atıklardaki azalma miktarı hesaplandığında Tablo 4.1 ve 4.2’deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 4.1 ve 4.2 verilerine göre; bir yılda yaklaşık % 70 yakıt tasarrufu yapılmakta, ısı yalıtımına yapılan yatırım İstanbul’da 1.5 yılda Elazığ’da ise 1 yılda kendini amorti edebilmektedir. (Fuel-oil: 1,500 YTL/Litre - 2006) Hava kirliliğindeki azalma ise %75 mertebesindedir [20]. Tablo 4.1’de verilen % 70 kazanç, hem enerjisi büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemiz, hem de bina kullanıcıları için küçümsenemeyecek bir rakamdır. Yalıtım için yapılan yatırımlar

ise, sağlanan bu tasarrufun yanında önemsiz kalmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtımının öneminin ve getirdiği kazançların, toplumun her kesimine çok iyi anlatılması ve bu konuda bilinçli bir toplumun oluşturulmasına çalışılmalıdır.

Tablo 4.1. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumda tüketebilecek yıllık yaklaşık yakıt miktarı ve maliyeti

	Mevcut Yalıtımsız		Isı Yalıtımlı		Bir Yıldaki Muhtemel Tasarruf	
	İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ
Miktar (Ton/Yıl)	3,7	5,6	1,0	1,4	2,7	4,2
Maliyet (YTL/Yıl)	5,500	8,400	1,500	2,100	4,050	6,30

Tablo 4.2. Örnek binanın yalıtımlı ve yalıtımsız durumda olası hava kirletici atık miktarları

Zararlı Maddeler	Mevcut /Yalıtımsız		Isı yalıtımlı	
	İstanbul	Elazığ	İstanbul	Elazığ
CO ₂ Ton/Yıl	11	16,6	2,9	4,1
SO ₂ kg/Yıl	1,8	2,8	0,5	0,7
NO _x kg/Yıl	21	31,9	5,7	7,9
CO kg/Yıl	7,2	10,9	1,9	2,7
C _x H _y kg/Yıl	1,5	2,4	0,4	0,6
Partikül kg/Yıl	5,3	8,0	1,4	2,0

Konu üzerinde yapılan analitik hesaplara göre, iyi bir ısı yalıtımı ile enerji tüketiminden % 70-80 tasarruf sağlamak mümkün görünmektedir. Basit bir ısı yalıtımı durumunda ise bu kazanç yaklaşık % 50 düzeyindedir. Yine iyi bir yalıtım ve enerji yönetimiyle 150 kWh/Yıl olan enerji tüketimi 70 kWh/Yıl 'a düşürülebilir. Konunun daha iyi açıklığa kavuşturulması bakımından Tablo 4.3 'de ki örnek verilmiştir.

Tablo 4.3. Yalıtım derecelerine göre ısı ihtiyacı

Yalıtım Derecesi	Dış Kapılar ve Pencereleler	Çatı	Dış Duvar	Döşeme	Isı İhtiyacı kWh/Yıl
Yetersiz	Çift Cam	18 cm Beton	30 cm Delikli Tuğla	18 cm Beton	34,790
Orta	Çift Cam	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	15,280
İyi	Üç Cam	+15 cm Yalıtım	+12 cm Yalıtım	+10 cm Yalıtım	8,790

Tablo 4.3 incelendiğinde binanın yalıtım derecesinin "**yetersiz**" düzeyden "**iyi**" düzeye getirilmesi durumunda ısı ihtiyacında %74.7 gibi oldukça önemli düzeyde bir azalma söz konusudur. Diğer bir deyişle, yalıtım düzeyi yükseldikçe enerji tüketimi azalmakta, yaklaşık %75 gibi önemli boyutlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. [19].

Yapıların ısı etkilerinden korunması, yalnızca yapıları kullananlara daha sağlıklı bir yaşam ortamı sağlamakla kalmaz, ısıtma ve soğutma sistemleri ilk yalıtımlarda ve yıllık enerji giderlerinde tasarrufları da beraberinde getirir. Azalan yakıt tüketiminin hava kirliliğini azaltma çabalarına katkısı da küçümsenmeyecek boyuttadır. Diğer taraftan, tasarım aşamasında düşünülecek ısı korunum önlemleri yapıların neme karşı korunmaları için gerekli birçok önlemin alınmasını sağlayacak, böylece de yapıların ömrünün artması yönünde önemli adımlar atılmış olacaktır.

Endüstriyel tesislere sahip olmayan ve trafiği de yoğun olmayan Tokat, Kastamonu, Erzurum, Sivas, Diyarbakır, Düzce ve Elazığ gibi şehir merkezlerinde hava kirliliğinin tamamen ısıtma amaçlı yakıt tüketiminden kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Yapılarımızda ısı yalıtımına gereken önemin verilmeyişi, ısınma için sarf edilen yakıt miktarını artırmaktadır. Ayrıca, kaliteli yakacakların pahalılığı, ekonomik gücü zayıf olan halkımızın ucuz fakat çevreyi daha fazla kirleten linyitlere doğru yönelimine neden olmaktadır. Ülkemizdeki linyitlerin tümüne yakın bir kısmının; ısı değeri düşük, kül, nem, kükürt ve azot içerikleri oldukça yüksektir. Isı değerinin düşük olduğu birim enerji tüketimi için daha fazla yakılmalarını gerektirmekte ve bu da çevreye daha fazla kirletici yayılmasına neden olmaktadır.

Tablo 4.4'te yıllara bağlı olarak Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarındaki toplam üretim ve talep vermektedir. Tablo'dan görüldüğü gibi enerji üretimi 1990 yılından 2006 yılına kadar %4,46 artmasına karşın enerji talebi %87,95 gibi yüksek oranda artış göstermiştir. Bu durum tüketilen enerjiyi karşılamak için üretilen enerjinin yetersiz kaldığını göstermektedir.

Tablo 4.4. Birincil enerji arz ve talebinin karşılanması

1000 TEP

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TALEP	52987	63679	80501	75403	78354	83826	87818	91362	99590
ÜRETİM*	25656	26749	26156	24681	24324	23783	24332	24549	26802
İTHALAT	30936	39779	56342	52780	58629	65239	67885	73480	80514
İHRACAT	2104	1947	1584	2620	3162	4090	4022	5171	6572
İHRAKİYE	355	464	467	624	1233	644	631	628	588
NET İTHALAT	28477	37368	54291	49536	54234	60505	63232	67681	73354
TUKO* (%)	48,1	42	33,1	32,6	31	28,4	27,7	26,9	26,9

*TUKO: Talebin üretimle karşılanma oranı

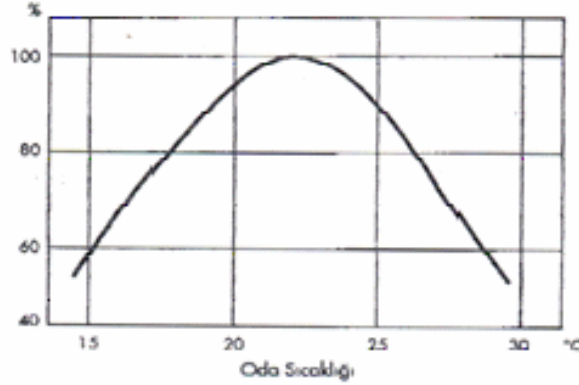
Binalarda enerji gereksiniminin artması, bunun sonucunda binalarda kullanılan tükenbilir enerji kaynaklarının azalması, binalarda enerji korunumunun sağlanmasını ve dolayısıyla ısı yalıtımını gerekli kılmaktadır. Aksi halde karsımıza çıkması olası sorunların basında; yapıların ömürlerinin azalması, havaya bırakılan SO₂, NO_x ve CO₂ parçacıkları ve diğer emisyonlara bağlı olarak insan sağlığının bozulması ve küresel ısınma, ısı kayıplarına bağlı olarak harcanan yakıt giderlerinin artması gibi sorunlar çıkmaktadır.

Enerjinin etkin kullanımını sağlayacak ısı yalıtımı önlemleri, fosil yakıt tüketimini azaltarak, küresel ısınmaya yol açan sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Bunun yanı sıra ısı yalıtımı, yaz aylarında soğutma için kullanılan ve ozon tabakasına zarar veren soğutucu gazlara duyulan ihtiyacı da azaltacaktır.

4.5.2. Isı yalıtımı ısı konfor sağlar

Kapalı ortamlardaki ısı koşulları, o ortamda yaşayan insanların rahatlığını, konforunu ve sağlığını doğrudan ilgilendirir. İnsanların çalışma verimlerini buldukları ortamın sıcaklığı büyük ölçüde belirlemektedir. Çalışma ortamının ısı koşulları, insanların bedensel ve zihinsel üretim hızını doğrudan etkilemektedir. Çok soğuk ya da çok sıcak ortamlar çalışma verimini düşürdüğü belirlenmiştir. Yine çok soğuk ortamların yol açtığı sağlık sorunları da iş gücü kaybına ve buna bağlı sağlık

harcamalarına neden olmaktadır. Ortam sıcaklığının iş yerlerinde iş kazalarına da yol açtığı belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Sıcaklığın çalışma verimine etkisi

Bunları engellemek için yapılarda ısı konforu sağlamak gerekir. 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 mekan için bu farkın 3 °C 'den daha az olması gerekir. İç yüzey sıcaklıklarının düşük olması durumunda, ısının ortam içinde soğuk yüzeylere doğru hareketi, istenmeyen hava akımları oluşturur. Bu hava akımları da konforu azaltmakta ve hastalıklara neden olmaktadır [21].

Tablo 4.5. İç ortam ile iç yüzey sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farklarının konfora etkisi

$t_i - t_{iy}$	Konfor Durumu
2	Çok konforlu
3	Konforlu
4	Az konforlu
6	Konforsuz
8,5	Soğuk

Tüm bunları engellemek için, ısı yalıtımı gerekmektedir. Isı yalıtımı ile mekanın her noktasında homojen bir sıcaklık sağlanır ve hava akımları engellenir. Bu da hem konforlu hem de sağlıklı bir ortam sağlar.

4.5.3. Isı yalıtımı ve sağlık

Isı yalıtımsız mekanlarda, oluşan nemin hastalıklarla ilişkisi bilinmektedir. Nemli ortamlar, mikroorganizmaların üremesi için uygun ortam yaratır ve bu da ortamdaki havanın solunum yolları için zararlı hale gelmesine yol açar. Yapılan araştırmalar, nemli ortamlar ve bu ortamlardaki küf oluşumu, özellikle küçük çocukların astım hastalığına yakalanma riskini büyük ölçüde artırmaktadır. Standartlara uygun olarak yapılmış ısı yalıtımı, tüm bu sorunların oluşmasını önler.

Binalarda kullanılan enerjinin hava kirliliğine katkısının oranı ise yüzde 21'dir. Yapılan araştırmalar, hava kirliliğinin yoğun yaşandığı bölgelerde göğüs hastalıkları hasta sayısında belirgin oranda artış yaşandığını göstermektedir. Hava kirliliği nedeniyle nefes darlığı, astım, bronşit, üst solunum yolu enfeksiyonu ve zatürree gibi göğüs hastalıklarına yakalanma oranını doğrudan artmaktadır. Hava kirliliğinin sağlık açısından en önemli etkisi ise, uzun dönemde görülüyor. Uzmanlar, akciğer kanserinin hazırlayıcı etkenleri arasında ilk sırayı hava kirliliğine veriyor.

Hava kirliliği insanların psikolojik olarak olumsuz etkilenmesine de yol açıyor. Hava kirliliğinin en görünür psikolojik etkisi, iç sıkıntısı olarak yaşanıyor. Hava kirliliğinin, bunun yanında diğer psikolojik rahatsızlıkları tetiklediği de biliniyor.

Ayrıca, hava kirliliğinin kalp ve damar hastalıkları, mide ve bağırsak rahatsızlıkları böbrek ve beyne olumsuz etkilerinin olduğu da uzmanlar tarafından sıkça vurgulanıyor.

Hava kirliliğinin ve küresel ısınmanın trajik sonuçlarını yakınımızda hissetmiyor olabiliriz. Ancak, uzmanların uyarılarının dikkate alınması ve bu konuda hareket geçilmesi gerekmektedir. Bu noktada yapılması gerekenlerin başında, yine yalıtım önlemleri gelmektedir.

4.5.4. Isı Yalıtımının Diğer Faydaları

Yukarıda ele aldığımız doğrudan yararlarının dışında ısı yalıtımının, dolaylı birçok faydası daha vardır. Isı yalıtım yapılan yeni binalarda kalorifer tesisatı için kullanılacak malzemeler de azalacaktır. Isınma için daha az enerji gerekeceğinden, kazan büyüklüğü, radyatör sayısı ve diğer malzemeler daha az kullanılacaktır. Radyatör sayısının ve dilimlerinin azalması, odaların kullanım alanını da artıracaktır. Isı yalıtımının gelişmesi bu alanda yatırımları artıracak ve bu da işsizliği azaltıcı bir gelişme olacaktır.

Isı yalıtımı ile ısı kayıplarının önüne geçildiği gibi yapılar; nem, rutubet ve korozyona karşı da korunur. Böylece binada ısı yalıtımı; binanın ömrüne olumlu yönde etki ederek bina ömrünü artırır. Isı yalıtımı ile binalarda taşıma ve destek görevi gören elemanların iç ve dış yüzeylerinde meydana gelebilecek ısı farklılıklarına bağlı olan termal gerilmelerin önüne geçilir. Bu sayede bu elemanlarda termal gerilmeye bağlı oluşabilecek olası çatlakların oluşması önlenir. Bu durum; ülkemizin deprem kuşağında olması gerçeği göz önüne alınması durumunda dikkat ve hassasiyet gösterilmesi gereken bir konu olarak da karşımıza çıkmaktadır [23].

Bunların yanı sıra ısı yalıtımı, ekonomik avantajlar sunar. Binaya zarar veren etmenlerin etkileri uzun dönemde de olsa görülür. Ancak, ısı yalıtımının tasarruf etkisini kısa dönemde açıkça görmek mümkündür. Isı yalıtımı için harcanan maliyetler; az yakıt kullanımı sayesinde yapılan tasarruf ile kendini 1–2 sene gibi zaman içerisinde amorti eder. Ayrıca ısı tasarrufu ile mekân içinde, tesisat düzeyi küçüleceği için yaşam alanı kazancı da olur [24].

4.6. Türkiye’de Isı Yalıtımı

Cumhuriyet’in ilk yıllarında Türk sanayisinin o yıllardaki durumunu, tarihçilerin “toplu iğneyi bile ithal ederdik” sözleri özetler. Gerçekten de Türk sanayi o yıllarda çok cılızdı ve birçok ihtiyaç için yabancı ülkelerin kapısı çalınırdı. Bugün birçok eski evin çatısında rastladığımız ortadan kesilmiş silindir biçimindeki kiremitler, yaşlılar tarafından hala Marsilya kiremidi olarak adlandırılır. Gerçekten de o günlerde

Türkiye kiremit üretmekte bile zorlanıyordu ve meclis binası gibi ülkenin en önemli binaları için bile kiremit sıkıntısı yaşanıyordu. Bugün ise Türkiye inşaat sektörüyle ilgili malzemelerin çok büyük bölümünü üretiyor. Yalıtımla ilgili malzemelerin de büyük bir bölümü üretiliyor. 1920’li yıllarda, çatısını aktarmak için, Marsilya limanından kalkan gemileri bekleyen Türk insanı, bugün birçoklarımızın adını söylemekte zorlanacağı ürünleri üretiyor ve hatta yurt dışına satıyor.

Türkiye’de yalıtım konusunun, başlı başına bir uzmanlık alanı olarak ele alınması kısa bir süre önce gerçekleşebilmiştir. Ancak, uzak geçmişte, binalar yapılırken, basit barınma ihtiyaçlarının yanı sıra özellikle çevre koşulları da dikkate alınır, yalıtıma ilişkin çözümlere yer verilirdi. Bu çözümleri, geleneksel Türk evlerinde de görürüz. Geleneksel mimaride, ev zeminden bir kat yukarıda yer alır. Yapının alttaki bölümü hayvanlar için ahır veya depo olarak kullanılırdı. Bunun nedeni ısınma kaynaklıdır. Yine yapıların konumu, kış rüzgarlarını almayacak şekilde belirlenirdi.

Eski İstanbul’da ahşabın en çok kullanılan yapı malzemesi olduğunu ve bu nedenle İstanbul’un tarih boyunca büyük yangınlarla anıldığını belirtmiştik. Bu duruma karşı da bir çözüm geliştirilmişti. Özellikle büyük konaklarda, yangın sırasında eşyaların içinde güvenle saklanacağı, tuğladan inşa edilen, demir kapılı yangın mahzenleri bulunurdu.

Diğer ülkelerin yapı tasarımlarında da benzer çözümlere rastlanır. Ancak, dünyada, yalıtımın bir uzmanlık alanı haline gelmesi, 1920’lerden itibaren başlayan uzun bir süreçte gerçekleşmiştir. Türkiye’de ise yalıtım konusunun bir uzmanlık alanı olarak görülmeye başlaması henüz çok yenidir.

Cumhuriyetten sonra, Türkiye’nin hızla artan nüfusu ve bu nüfusun kentlerde toplaşması, inşaat sektörünün hızlı bir biçimde büyümesinin önünü açmıştı. Ancak, bu büyümenin belirli bir planlamanın parçası olarak gerçekleşmediğini söylemek gerekir. Bu nedenle, kendini sürekli yenileyen ve uluslararası standartlarda geliştiren inşaat sektörünün içinde, kuralsız ve denetimsiz bir alan her zaman var oldu. Bu kuralsızlığın açık izlerini çirkin ve sağlıksız yapılaşma olarak, bugün hemen bütün kentlerimizde görebiliyoruz. Bunun bir başka olumsuz etkisi ise, inşaat sektörünün

bir alt sektörü olarak faaliyet gösteren yalıtım sektörünün ve yalıtımın ihmal edilmesi olmuştur. Gerek maliyetler gerekse de bilinçsizlik nedeniyle, yalıtım yapılarda ihmal edilebilir bir unsur olarak görülmüştür.

Türkiye'nin bina yalıtımı açısından durumunu gösteren kapsamlı araştırmalar yoktur. Ancak, yalıtım konusunda Türkiye'nin çok gerilerde olduğu fikrini destekleyecek çok sayıda veri vardır. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre, Türkiye'de 8 milyon bina vardır ve bu binaların yaklaşık yüzde 60'ı ruhsatsız binalardan oluşmaktadır. Bu konutların yüzde 95'inin güncel standartlara göre yalıtılmadığı tahmin edilmektedir. Yine 2000 yılından sonra yapılan yapılarda, standartlarla ısı yalıtımı zorunlu hale getirilmesine rağmen, bu tarihten itibaren yapılan binaların sadece %8'inde kurallara uyulduğu tahmin edilmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre konutların yalnızca yüzde 14'ü merkezi sistem ısıtmaya, yüzde 10'u çatı ısı yalıtımı sistemine ve yalnızca yüzde 9'u çift cam uygulamasına sahiptir.

Avrupa ülkeleriyle yapılan kıyaslamalar, Türkiye'nin yalıtım konusundaki vahim durumunu göstermek açısından yararlıdır. Fransa'da yalıtım ürünleri pazarının büyüklüğü 30 milyon metreküp iken Türkiye'de bu rakam 2.5-3 milyon metreküp'tür. Pazarın parasal büyüklüğü 300 milyon dolar; kişi başına yalıtım tüketimi ise 0.04 metreküp'tür. Avrupa'da kişi başına yalıtım malzemeleri tüketimi 0,4 m³, Amerika'da ise 1 m³ seviyesindedir. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri tüketimi bakımından yapılan kıyaslama, Türkiye'nin Almanya'nın 20 kat, Fransa'nın ise 10 kat gerisinde kaldığını göstermektedir. Aynı kriterde Türkiye; İtalya, İspanya ve Portekiz'in 5 kat gerisindedir.

Tablo 4.6. Kişi başına düşen enerji ve yalıtım malzemesi

Bölge	Ülke	Enerji Tüketimi(KEP*/Kişi)	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi (m ³ /kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3985	0,66
	İsveç	3503	0,35
	Danimarka	3742	0,63
	Norveç	4748	0,84
Kuzey Amerika	Kanada	6941	0,78
	ABD	6679	0,49
Orta Avrupa	Almanya	3936	0,4
	İsviçre	2656	0,31
	Fransa	2604	0,29
	Avusturya	2813	0,37
	Hollanda	5084	0,24
	Belçika	3892	0,24
	İngiltere	3575	0,18
Akdeniz Ülkeleri	İtalya	2499	0,06
	İspanya	1474	0,06
	Yunanistan	1716	0,05
	Türkiye	782	0,04
Tropik Bölgeler	Avustralya	4792	0,17
	Kuveyt	6434	0,12
	Arjantin	1338	0,02
	Güney Afrika	1971	0,019
	Brezilya	537	0,008

Yalıtımın yaygın bir uygulama alanı bulamamasının en önemli nedeni, Türkiye nüfusunun yüzde 80'e yakın bölümünün yoksulluk sınırında gelir düzeyine sahip olmasıdır. Bu durum, nüfusun önemli bir bölümünün, tüm ekonomik avantajlarına rağmen, yalıtım hizmeti satın almasını engellemektedir.

Yalıtım konusundaki ikinci engel, yalıtım bilinci konusundaki girişimlerin yetersizliğidir. Yalıtım bilincinin oluşturulması konusunda hemen hemen bütün yük sektör firmalarının üzerine kalmıştır. Sektör firmalarının, reklam ve tanıtım faaliyetleri, eğitim çalışmaları yalıtımın öneminin kamuoyuna aktarılması noktasında önemli bir işlev üstlenmiştir. Sektörün önde gelen firmalarının televizyon reklamları,

özellikle ısı yalıtımı konusunda uyarıcı olmuştur. Ancak, sektörün çabalarının, yalıtım bilincinin oluşturulması konusunda yeterli olduğunu söylemek zordur.

Ekonomik açıdan büyük avantajlar sunan yalıtım konusunda, devletin aktif bir tutumu olmamıştır. Yalıtım bilinciyle ilgili, devletin katkısı enerji tasarrufu kampanyalarıyla sınırlı kalmıştır. 1973 yılındaki petrol krizinin, Türkiye ekonomisi üzerindeki etkisi, devleti harekete geçirmiş ve bir enerji tasarrufu kampanyası başlatılmıştı. Başta televizyon olmak üzere, tüm medyaların kullanıldığı kampanya, yalıtım bilincinin oluşmasına yardımcı olacak mesajları vermekten çok uzaktı. Aksine, kampanyanın, ülkede döviz sıkıntısının yoğun bir şekilde yaşandığı ve buna önlem olarak elektrik kısıntılarının yapıldığı bir dönemde gerçekleştirilmesi ve kampanyanın, "İki ampulden birini söndür", "Damlayan muslukları onar" şeklindeki sloganları yalıtımın yanlışı olarak, geçici bir önlemler paketi olarak algılanmasına yol açmıştı.

Yalıtım bilinci konusunda, yakıt fiyatlarının yıllar içinde hızla artması ve doğal gaz uygulamasının yaygınlaşmasının olumlu katkıları olmuştur. Ancak bu da yeterli olmamıştır.

Yıllarca, apartman bütçesini ya da aile bütçesini denkleştirecek bir kavram olarak görülen yalıtım bilinci konusunda kırılma noktasını, 1999 yılında yaşanan iki büyük deprem felaketi oluşturmuştur. Deprem felaketleri, kamuoyunun ve devletin, inşaat sektörünü sorgulamasına yol açmış, bununla birlikte de yalıtımın yaşamsal önemi ortaya çıkmıştır. Depremde evleri hasar görenler için devletçe yaptırılan konutlarda yalıtımın bütün kurallarına özen gösterilmesi, deprem felaketinin yalıtım bilincinin oluşmasındaki katkısının bir sonucudur. Bunun da ötesinde, depremde zarar gören bölgelerde, özel kişilerin yaptırdığı binalarda da artık yalıtım ihmal edilmeyen bir unsurdur.

Türkiye'de yalıtım açısından 1998 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan ve 1999 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından zorunlu standart olarak yayınlanan TS-825 standardı da önemli bir dönüm noktası sayılmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, bu standardın yeni binalarda uygulanmasını

sağlamak amacıyla, Haziran 2000'de Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ni hazırlamıştır. Yapı denetim sisteminin içine dahil edilen bu yönetmelik, 2000 yılından bu yana yeni ruhsat alınan ve inşa edilen binalarda uygulanmaktadır. 2000 yılından sonra yapılan yeni binalardan elde edilen enerji tasarrufunun yıllık parasal değeri yaklaşık olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Isı yalıtımının enerji tasarrufu sağlamadaki önemini

Yıllar	Bina Sayıları[5]	Parasal Tasarruf
2000 (son 6 ay)	49.000	140.000.000\$
2001	125.000	340.000.000\$
2002	170.000	470.000.000\$
2003	220.000	625.000.000\$
2004 (ilk 6 ay)	250.000	720.000.000\$

1997 yılı verilerine göre, Türkiye'de tüketilen enerjinin yüzde 35'i konutlarda tüketilmektedir. Bu enerjinin yüzde 80'i ısıtmada kullanılmaktadır. Bu da ısı yalıtımının enerji tasarrufu açısından önemli bir potansiyel taşıdığı göstermektedir. 2000 yılında konutların ısıtılması için 20.4 milyon TEP enerji tüketilmiştir. Bunun parasal karşılığı 3 milyar 500 milyon dolar civarındadır. Günümüzde konutların ısıtılması için gereken enerjinin maliyeti 6 milyar doları zorlamaktadır. Yapılan hesaplamalar Türkiye'deki bina stokunun mevcut standartlara göre yalıtılması durumunda enerji tasarrufunun parasal olarak yılda 3 milyar doların üstünde olacağını göstermektedir [21].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye'de, ısıtmaya yönelik olarak binalarda metrekare başına bir saatte harcanan enerji miktarını 250 kW olarak vermektedir. Bakanlık, TS-825 Bina Isı Yalıtımı Yönetmeliği ile bu miktarın, 100 kWh düşürülmesini hedeflemektedir. Buna karşın, Almanya'da ısıtma amaçlı kullanılan enerjinin miktarı, alınan ciddi önlemlerle, metrekare başına bir saatte 50-70 kW geriletilmiştir. Bu rakam Avusturya'da 50 kWh'dır.

Binalardaki ısı kayıplarının yüzde 30'a yakın kısmının yalıtımsız pencerelerden

gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nedenle çift camlı pencere sistemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Tek camlı sistemlerden çift camlı sistemlere geçildiğinde, ısı kayıpları yüzde 52 oranında azalmaktadır. Buna karşın Türkiye'deki binaların yalnızca yüzde 9'u çift camlı pencere sistemine sahiptir. İnşaat sektörünün, cam talebinin hala, yüzde 35 gibi büyük kısmını tek cam oluşturmaktadır. Türkiye'de çift camlı pencere sistemlerinin uygulaması, henüz küçük bir oranda kalırken, Avrupa'da daha ileri bir uygulama olan, ısı ve güneş kontrol kaplamalı camların kullanımı yaygınlaştırılmaktadır. Bu camlar, tek cama göre ısı kaybını yüzde 70'e yakın azaltmaktadır.

Almanya'da 1995 yılında çıkarılan Enerji Koruma Yasası ile ısı ve güneş kontrollü camların kullanım oranı yüzde 95'e yükseltilmiştir. Almanya, bu camların kullanımını zorunluluk haline getiren düzenlemeleri yürürlüğe koymuştur. Benzer bir yasa 2000 yılında İngiltere'de yürürlüğe sokulmuştur. Fransa ve İtalya'nın da yakın zamanda ısı ve güneş kontrollü camların kullanımına zorunluluk getiren düzenlemeleri yürürlüğe sokması beklenmektedir. Avustralya'da bu camların kullanımı ile ısıtmada yüzde 25, soğutmada ise yüzde 43 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Türkiye üzerinde bulunduğu coğrafyada stratejik önemi olan bir ülkedir. Enerji, günümüzde en önemli stratejik değer olarak sunulmaktadır. Bu bakımdan, Türkiye'nin enerjiyi verimli kullanması ve enerjide dışa bağımlılığının azaltılması büyük önem taşımaktadır. Isı yalıtımının bu noktada önemli katkısı olacağı açıktır. Yine enerji ithalatı için ödenen döviz, Türkiye'nin ödemeler dengesi üzerinde baskı oluşturmaktadır. Isı yalıtımı ile yapılacak tasarruf bu baskıyı hafifletmek için, kısa dönemde yapılabilecek en iyi yol olarak görünmektedir. Günümüzde tüm binaların yalıtılması durumunda yılda yaklaşık 3 milyar dolar tasarruf edileceği öngörülmektedir. Isı yalıtımına yapılan harcamalar 2 ile 5 yıl arasında kendini amorti etmektedir.

Bir yandan enerji maliyetlerinin sürekli artış göstermesi, diğer yandan enerji tüketimiyle artan sera gazlarının ciddi boyutlara ulaşması ve enerji kaynakları açısından dışa bağımlı bir ülke olmamız enerjiyi verimli ve çevreci kullanmamızı

zorunlu kılınmaktadır. Enerji Bakanlığı binalarda, endüstride ve ulaşımda enerjinin verimli ve çevreci olarak kullanılması için 02 Mayıs 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Kanunu çıkarmıştır. Kanun, binalarda, endüstride ve ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır.

Kanununa göre binalarda enerji özellikleri hakkında bilgiler içeren “Enerji Kimlik Belgesi” olacak, “Enerji Yöneticisi” görevlendirilecek, Enerji Performans Yönetmeliğine uymayan yeni binalara ruhsat verilmeyecek, binalarda ısı kontrol cihazları ve pay ölçerler kullanılacaktır. Kanunla birlikte ısıtma sistemlerinde kullanılan kazan, kombi gibi enerji tüketen cihaz satışlarında minimum verim şartlarının sağlanması gerekecektir. Kanun ayrıca sanayi tesislerine çeşitli teşvikler öngörmektedir.

Ülkemizde enerji kullanımında verimlilik bilincini geliştirmek, enerji arzında güvenliği en üst düzeyde sağlamak amacıyla 2008 yılı “Enerji Verimliliği Yılı” olarak ilan edilmiştir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca da ikincil mevzuat olarak; dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek amacıyla 05.12.2008 tarih ve 27075 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” ni yürürlüğe koymuştur. Söz konusu yönetmelik ile “Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlükten kaldırılarak ısı yalıtımı ile ilgili yeni düzenlemeler yapılmış; Mevcut binalarda da on yıl içinde Enerji Kimlik Belgesi düzenleme şartı getirmiştir.

BÖLÜM 5. ISI YALITIM MALZEMELERİ

Isı yalıtımının ve buna bağlı olarak da ısı yalıtım malzemelerinin gündeme gelmesinin başlıca sebepleri, 1973 petrol krizindeki fiyat artışlarının enerjiiyi kıymetli hale getirmesi, ülke ekonomilerinde önemli yer tutması, sanayide-konutlarda büyük miktarda kullanılan enerjinin yakın bir gelecekte tükenme endişesi ve aşırı tüketimin neden olduğu hava kirliliğinin giderek tehlike sınırlarına ulaşması şeklinde sıralanabilir.

İnsanları ve canlıları her türlü kötü şartlardan ve diğer doğal etkilerden korumak için yapılan binaların inşaatında kullanılan malzemelerin, kullanıldıkları yerlere uygun olarak basma mukavemeti gibi yoğunlukla doğru orantılı dayanım özelliğine sahip olmaları istenir. Yapıyı oluşturan bu malzemelerin yoğunluğunun fazla olması, malzeme içindeki hava boşluğunun az olmasına, dolayısıyla ısıyı fazla geçirmelerine neden olur.

Isı, binalarda ısı geçişine yüksek mukavemet gösteren özel olarak imal edilmiş ısı tutucu olarak nitelendirilen ısı yalıtım malzemeleri ile iç ortamlarda muhafaza edilmeye çalışılır.

Isı yalıtım malzemeleri ısı akımına karşı iyi bir direnç gösterirler. Isı iletiminin azalması kış şartlarında ısınma giderlerinin azaltacağı gibi yaz şartlarında da ısı kazancını azaltacağı için pahalı olan soğutma maliyetini düşürecektir.

Duvarlarda tavanda ve döşemede kullanılan ısı yalıtım malzemesi ile iç ortamdaki ısı konfora rahatlıkla ulaşılabilir. Kış şartlarının şiddetli olduğu iklimlerde ve bağlı rutubetin yüksek olduğu binalarda yüzeydeki yoğuşmayı engellemek için de yalıtım malzemesi kullanılması şart olmaktadır. Çünkü günümüzde kullanılan geleneksel

konstrüksiyonlar kendi başlarına yeterli düzeyde yalıtım sağlayamazlar [25].

5.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı

Isı yalıtım malzemeleri, ısı izolasyon, ısı tecrit, ısı yutucu ve yalıtkan malzemeler diye değişik adlarla sınıflandırılmaktadır. Doğadaki birçok malzemenin birden fazla tanımı olduğu gibi ısı yalıtım malzemelerinin de birçok tanımı vardır. Bu tanımların bazıları şöyledir.

- Isı tecrit malzemeleri sıcak ve soğuğa karşı koruma amaçlı, genelde gözenekli yapıları malzemelerdir [26].
- Isı transferine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerdir [27].
- Düşük ısı iletkenliğine sahip olan malzemeler ısı yutucu malzemeler olarak sınıflandırılır [28].
- Katmanlı, sınırlayıcı yapı elemanlarında, her iki ortamdaki ısısal koşulları, kapalı ortam ve yapının bileşenleri yönünden istenilen bir düzeyde dengede tutabilmek amacıyla, ısı geçirme dirençleri nispeten yüksek seçilen yapı gereçleridir [19].
- Isı yalıtım malzemesi, yüksek sıcaklıklı alandan düşük sıcaklıklı alana doğal ısı geçişine karşı bir bariyer oluşturan malzemelerdir [22].
- Malzemelerin ısı yalıtım değeri, malzeme içindeki hava boşlukları çokluğu oranında artmaktadır. Isı yalıtımında, içindeki hava boşlukları çok, dolayısıyla yoğunlukları az olan tabii malzemeler ve suni olarak ısı yalıtma özelliği kazandırılmış malzemeler kullanılmaktadır. [29]
- ISO ve CEN standartlarına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/ mK değerinden düşük olan malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir [17].
- Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108' e göre, Taş yünü, Extrude polistren, Expanded Polistren, Camyünü, Polietile, Poliüretan, Cam Köpüğü, Fenol Köpüğü gibi ısı iletkenlik değeri (λ) 0,060 kcal/mh°C değerinin altında olan malzemelere “ısı yalıtım malzemesi”, bu değer üstünde kalanlara da “yapı malzemesi” denir.

Isıl yalıtımlar, doğru uygulandığında, iletim, taşınım ve/veya ışıınım ısı geçişi tipleri ile enerji geçişini azaltan, malzemeler veya birleşik malzeme topluluklarıdır. Bu yalıtım malzemeleri lifli, taneli, film-tabaka, blok veya tek parçadan yapılmış, açık - kapalı hücreli, kimyasal-mekanik olarak birbirine bağlanmış veya desteklenmiş karma malzemeler olabilir [30].

Isı yalıtım işleminin amacına tam ulaşması ve en iyi verimi alabilmek için ısı yalıtımında kullanılan malzemeleri ve bunların uygulamalarını çok iyi bilmek gereklidir. Günümüzde ısı yalıtımı sadece konutlarda duvarların, çatıların vb yerleri çeşitli malzemelerle kaplamaktan çok daha öteye gitmiş, gelişen teknolojiye bağlı olarak daha farklı yapıları (akıllı binalar, gökdelenler, uzay araçları vb) ortaya çıkması ve insanın konfor anlayışının değişmesinin sonucu, yalıtımın ve yalıtım işleminde kullanılan malzemelerin anlamı ve fonksiyonu da değişmiştir.

5.2. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler

Isı yalıtım malzemeleri; çoğunlukla heterojen yapıları malzemelerin bir karışımı olarak ele alınabilir. Genellikle havayla dolu hücreleri saran katı bir çeperden oluşan bir iskelet seklindedir. Bu bünye yapısının doğal bir sonucu olarak ısı yalıtım malzemeleri hafiftir.

Isı yalıtım malzemeleri, gerek üretim sürecinin gerekse bu malzemeyi oluşturan ana maddelerin kimyasal bileşimi ve yapısının bir sonucu olarak, ya kapalı ya da açık boşluklu hava/gaz içeren maddelerdir. Bu özellik, buhar akımı yönünden malzemenin kullanımını etkileyen çok önemli yapısal bir özelliktir. Bilindiği gibi, kapalı gözenekli yalıtkanlar bünyeleri bir süreklilik gösterdiği için hiçbir tür gaz ve buharı geçirmez; buna karşılık açık gözenekliler, bir süreklilik söz konusu olmadığından her türlü gaz ve buharın geçişine açıktır [29].

Isı yalıtım malzemelerinde, katı elemanlar arasındaki hava hücrelerinin çokluğu, yalıtkanlık değerini artırsa da diğer özelliklerini farklı yönlerde etkileyebilir. Örneğin, gözeneklerin çok artması ısı tutuculuk değerini artırmakta, ancak basınç dayanımını azaltmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtkanlarından beklenen en önemli

özelliik, ısı iletkenlik değeriinin küçük olmasının yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli ve aşığıda açıklanacak olan niteliklere de sahip olmasıdır. Bu özellikler, kullanım yerinin koşullarına bağılı olarak değışiklik gösterir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde ve malzemedede aranacak özelliklerin belirlenmesinde, kullanma yerindeki geçerli koşulların ana rolü oynadığı söylenebilir. Zaman zaman bu istekler birbiriyle çelişse de optimum bir çözüm her zaman bulunabilir. Doğru bir seçim yapabilmenin en önemli şartı, kullanılacak malzemeyi her yönü ile tanımak ve bu malzemenin uygulama özelliklerini iyi bilmektir [31],[26]. Buna göre ısı yalıtım malzemelerinden istenen özelliklere aşığıda değinilecektir.

5.2.1. Su ve nemden etkilenmezlik

Isı yalıtım malzemelerinin işlevlerini yerine getirebilmeleri için nemlenmemeleri ve ıslanmamaları gerekmektedir. Islanmaları durumunda malzemelerin kuru ve hareketsiz hava içeren boşlukları su ile dolduğunda yalıtım görevini yerine getiremez hale gelir. Bu durumdan kaçınmak için; su emme özelliğinin hiç olmaması istenir [2],[17].

5.2.2. Yanmazlık ve alev geçirmezlik

Genelde bu tür malzemelerin yanmaz olması ve yangının yayılmasına neden olmayacak nitelikte olması gerekir. Buna göre yapı ve yalıtım malzemelerinin yangın sırasındaki davranışlarını ölçmek için çeşitli deney metotları geliştirilmiştir. Bu deneylere tabi tutulan malzemenin davranışı ölçülür ve sınıflandırılır. Bu deney ve sınıflandırmalar Almanya'da DIN 4102, İngiltere'de BD 476 standardı ile belirlenmiştir [26], [32].

5.2.3 Basınç mukavemeti (σ)

Binalarda özellikle yatay ya da az eğimli yapı elemanlarının oluşturulmasında yeterli basınç mukavemetine sahip ısı yalıtım malzemelerine gereksinim vardır. Mukavemetin yetersiz olduğu durumda, malzemenin basınç mukavemetini arttırmaya yönelik önlemler alınmalıdır. Düşey yapı elemanlarında ısı yalıtım

malzemelerinin kullanılmasında mukavemeti arttırmaya yönelik önlemler almaya ya da yüksek mukavemetli ısı yalıtım malzemesi kullanmaya gerek yoktur [7]. Isı yalıtım malzemesinin yeterli basınç mukavemetine sahip olmaması durumunda malzeme, dış ortamdan üzerine etkiyecek kuvvetler karşısında hasara uğrayacak ve kendisinden beklenen görevi yerine getiremeyecektir [32].

5.2.4. Çekme mukavemeti (σ)

Isı yalıtım malzemelerinin yalıtıldığı her iki ortama bakan iki yüzü, farklı sıcaklıklara maruz kalır. Ortaya çıkan bu sıcaklık farklılıkları ısı yalıtım malzemesinde termal gerilmeler ve çekme gerilmeleri oluşturur. Bu nedenle genleşmeye karşı dayanıklılık ve özellikle eğilmeden kaynaklanan çekme gerilmelerinin karşılanabilmesi için ısı yalıtım malzemelerinin yeterli bir çekme dayanımına sahip olması gereklidir [32].

5.2.5. Buhar difüzyon direnci (μ)

Su buharı sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek olandan düşük olana doğru ilerler ve ilerlerken de bir direnç ile karşılaşır. Her malzeme, kalınlığına bağlı olarak buhar difüzyonuna karşı koyar. Bu direncin, havanın su buharı difüzyon direncine oranı ‘su buharı difüzyon direnç katsayısıdır. Malzemenin su buharını tamamen geçirmesi halinde $\mu=1$, hiç geçirmemesi halinde ise $\mu= \infty$ (sonsuz) dur. $\mu=10.000-100.000$ arasındaki malzemelere de ‘buhar kesici’ malzeme denir [2]. Buhar direncinin hangi seviyede olacağı ısı yalıtım malzemesinin kullanılacağı yerin koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bazı koşullarda ısı yalıtım malzemesinin su buharını tamamen geçirmesi istenileceği gibi, bazı koşullarda ise hiç geçirmemesi istenebilir. Bu durum o yapı elemanın çevrelediği mekânın koşullarından ve o yapı elemanın yapı tipinden kaynaklanır. Ancak ısı yalıtım malzemelerinde genellikle buhar difüzyon direncinin yüksek olması idealdir [32].

5.2.6. Birim hacim ağırlıkları (ρ)

Genel anlamda yalıtım malzemelerinin birim hacim ağırlıklarının (yoğunluklarının) düşük olması ($\rho = 10-1000 \text{ kg/m}^3$) istenir. Çünkü yalıtımı yapan esas etmen malzeme

içinde bulunan hava boşluklarıdır [33]. Yani birim hacim ağırlıkları düşük olan malzemelerin ısı yalıtım özelliği, birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelere göre daha iyidir.

5.2.7. Isı tutuculuk

Isı yalıtım malzemelerinin temel işlevi olan ısı geçişlerini engellemesi için ısı tutuculuğunun yüksek olması gereklidir.

5.2.8. Boyutsal kararlılık

Isı yalıtım malzemelerinin değişik dış etkenlerde hacim ve şeklini değiştirmemesi beklenir. Islandığı zaman şişen ve üzerine basıldığı zaman ezilen malzeme özelliğini yitirecektir. Bunun yanı sıra üretim sonrası malzeme kullanıma hazır hale geldikten sonra da zaman içinde deformasyona uğramamalıdır.

5.2.9. İşlenebilirlik

Malzemenin istenilen yerde kullanılabilmesi için değişik aletlerle kesilebilmesi, delinebilmesi, çakılabilmesi, yapıştırılabilmesi, oyulabilmesi vb. işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesine elverişli olması istenir.

5.2.10. Kimyasal etkenlere dayanıklılık

Bütün diğer yapı malzemeleri gibi ısı yalıtım malzemeleri de kimyasal etkilere maruz kalır ancak ısı yalıtım malzemesinin zamanla niteliğini yitirmemesi ve dayanıklı olması beklenir.

5.2.11. Sıva tutuculuk

Bünye yapıları gereği kullanılan yerlerde mekanik etkilere açık olmaları ve bitirme malzemeleri olmadıkları için, ısı yalıtım malzemelerinin başka bir malzeme ile

korunması gereklidir. Bu bakımdan uygulanan sıvı katmanıyla arasında aderansın yeterli düzeyde olması gerekir.

5.2.12. Kokusuzluk

Isı yalıtım malzemelerinde herhangi rahatsız edici bir kokunun, gerek uygulama esnasında, gerekse de uygulamadan sonra olmaması gerekir.

5.2.13. İnsan sağlığına ve çevreye zararlı olmaması

Günümüzde yapılan her uygulamada göz ardı edilmemesi gereken bir konu da insan sağlığı ve çevre korumasıdır. Kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genelde insanların yaşam alanlarında kullanıldığından dolayı, ısı yalıtım malzemeleri insan sağlığına tehdit oluşturacak tehlikeli maddeler içermemelidir. Ayrıca ısı yalıtım malzemeleri gerek kullanım sırasında gerekse de kullanımdan sonra imhaları sırasında doğaya da zarar vermemelidir [32].

5.2.14. Uzun ömürlü olması

Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri kullanıldığı yerin ömrü ile uygun bir ömre sahip olmalıdır. Isı yalıtım malzemeleri uzun süreler boyunca görevini yerine getirecek nitelikte olmalı ve çeşitli etmenler karşısında çürümemelidir.

5.2.15. Parazitleri barındırmama ve parazitlere karşı dayanıklılık

Isı yalıtım malzemelerinin gerek türlerine gerekse de bünye yapılarına bağlı olarak çeşitli hayvan, böcek, parazit vb canlıları barındırmaması ve bunların etkisiyle niteliklerini kaybetmemesi gerekir.

5.2.16. Ekonomiklik

Yapılan bir ısı yalıtım işleminin optimum olabilmesi için en önemli etmen, en az maliyetle en iyi ısı yalıtımını sağlamaktır. Yukarıda sayılan özelliklerin hepsini tek

bir ısı yalıtım malzemesinde bulmak pratik olarak zordur. Isı yalıtım malzemesinden istenen özellikler arttıkça, malzemenin fiyatı artmakta buna bağlı olarak da maliyetler yükselmektedir. Ayrıca yapılan bir işlemin mühendislik çalışması olabilmesi için maliyetlerin de göz önüne alınması gerekir. Bu bağlamda ısı yalıtımı yapılacak bölge çok iyi analiz edilmeli, o bölgeden istenen özellikler belirlenmeli bu sayede ısı yalıtım malzemesinden istenmesi olası gereksiz özellikler çıkarılarak yalıtım için gerekli olan özellikler belirlenerek en iyi ısı yalıtımı en az maliyetle yapılmalıdır [32].

5.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Sınıflandırılması ve Çeşitleri

Yapılardaki yalıtım işlemlerinin çevre, ülke ekonomisi vb. nedenlerden dolayı büyük önem kazanması yalıtım işlemlerini üzerinde birçok bilim adamının çalıştığı bir bilim haline getirmiştir. Bu çalışmalar ve araştırmalar sonucu ısı yalıtımında kullanılan malzemeler sınıflandırma işlemlerinde karışıklıklar yaratacak kadar çeşitlenmiş ve gelişmiştir. Isı yalıtım malzemeleri temelde,

- Yalıtkanın Yapıldığı Ana Maddeye
- Yalıtkanın İç Yapısına

Göre olmak üzere iki grupta incelenir (Tablo 5.1 - Tablo 5.2) [17].

Bu sınıflandırmanın yanı sıra ısı yalıtım uygulama sistemlerine göre şu şekilde sınıflandırılabilir.

- Levha yapısındaki ısı yalıtım malzemeleri
- Şilte (rulo) yapısındaki ısı yalıtım malzemelerinin uygulanması (cam yünü)
- Yerinde köpük oluşturan ısı yalıtım malzemeleri (poliüretan köpük)
- Harca katılarak kullanılan ısı yalıtım malzemeleri (hafif agregalı malzeme)
- Dolgu (dökme) olarak kullanılan ısı yalıtım malzemeleri (polistrol, genişletilmiş perlit)
- Blok halinde örülerek kullanılan ısı yalıtım malzemeleri (polistren köpüklü tuğla, özel tuğlalar)

- Gazların ısı taşınımına engel olacak şekilde tasarlanan ısı yalıtım malzemeleri (ısıcamlar)

Genelde ısı yalıtım malzemelerinden sadece tek bir özellik istenmez bunun yanı sıra ek özellikler ve görevler istenir. Bu durumda birçok özelliği bünyesinde taşıyan birden fazla ısı yalıtım malzemesinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan kompozit yapı ve yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri de mevcuttur [17], [28], [29], [33].

Yalıtkanın yapıldığı ana maddeye göre ısı yalıtım malzemeleri de;

- Bitkisel ve Hayvansal Kökenli Isı Yalıtım Malzemeleri,
- Mineral Kökenli Isı Yalıtım Malzemeleri
- Sentetik Kökenli Isı Yalıtım Malzemeleri
- Yüksek Performanslı Malzemeler

olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir [17], [28].

Tablo 5.1. Yalıtkanın yapılığı ana maddeye göre sınıflandırılması

Bitkisel ve Hayvansal Kökenli Yalıtkanlar:	
	<p>Mantar</p> <p>Ahşap</p> <p>Talaş ve Lif Levhalar</p> <p>Hayvansal Dokumalık Lifler (Yün, Tiftik Keçe vb.)</p> <p>Bitkisel Dokumalık Lifler (Keten, Pamuk, Palmiye Lifleri)</p> <p>Saman</p> <p>Yosunlar vb.</p>
Mineral Kökenli Yalıtkanlar:	
	<p>Asbest (Amyant) Lifleri</p> <p>Cam Elyafı (Cam Yünü, Cam Pamuğı)</p> <p>Taş Yünü (Tüm Mineral Yünler)</p> <p>Seramik Yünü</p> <p>Cam Köpüğü</p> <p>Fosil Silisler</p> <p>Genleştirilmiş Mikalar (Vernikülit)</p> <p>Genleştirilmiş Taslar (Perlit, Bazalt) vb.</p>
Sentetik Yalıtkanlar:	
	<p>Polietilen</p> <p>Polivinilklorür Köpükleri (PVC)</p> <p>Polistren Köpükleri (PS)</p> <p>Poliüretan Köpükleri (PU)</p> <p>Fenolformaldehit Köpükleri vb.</p>
Yüksek Performanslı Yalıtkanlar:	
	<p>Saydam Yapılı Yalıtkanlar</p> <p>Vakumlanmış Yalıtım Panelleri</p> <p>Kompozit Yalıtkanlar</p>

Tablo 5.2. Yalıtkanın iç yapısına göre sınıflandırılması

Taneli Yapıya Sahip Yalıtkanlar :	
	Genleştirilmiş Granüle Mantar Fosil Silisli Taneler (Diatome Tipi) Perlit (Genleştirilmiş Küçük Camsı Bilyalar) Genleştirilmiş Mikalar (Vermikülit) Vb.
Elyafı Yalıtkanlar :	
	Asbest Lifleri Cam Elyafı (Cam Yünü, Cam Pamuğu) Tas Yünü Ahşap Lifli Levhalar Vb.
Köpük ve Sünger Yapılı Yalıtkanlar:	
Sentetik Köpük Yalıtkanlar :	Polivinilklorür (PVC) Köpükler (Açık-Kapalı Gözenekli) Polistren Köpükleri (PS) (Kapalı Gözenekli) Poliüretan Köpükleri (PU) (Kapalı Gözenekli) Üreformaldehit (UF) Köpükleri (Açık gözenekli) Vb.
Mineral Köpük Yalıtkanlar :	Hafif Betonlar (Gaz Betonlar, Hafif Agregalı Betonlar) Sünger Taşı (Bims) Cam Köpüğü (Cam Kontrollü Olarak köpürtülmüştür) Vb.
Polimer Bağlayıcı Yalıtkanlar :	
	Bitümlü Maddeler Plastikler Boyalar Vb.

Tablo 5.1 ve Tablo 5.2’de sınıflandırılmış olan ısı yalıtım malzemelerinden yapı elemanlarında (çatı, duvar, döşeme, pencere vb.) ısı etkilerine karşı sıklıkla kullanılan ısı yalıtım malzemeleri üzerinde durulacaktır.

5.3.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri

Lif, tane ve köpük şeklinde olabilirler. Lif şeklinde organik yalıtım malzemeleri pamuk, yün, ipek, jüt, saç, tahta, tahta kıymıkları talaş ve turptur. Tane şeklinde olanlar; mantar, turp, toz halinde talaştır. Köpük şeklinde olanlar ise, sertleştirilmiş suni melamin reçnesidir. Bağlayıcı eleman olarak genelde katran, asfalt, alçı, çimento, suni reçine ve kola kullanılır [17], [28].

Anorganik bağlama elemanları; ısı iletim katsayısı (λ) organik bağlama elemanlarına göre daha yüksektir. Asfalt, katran ve reçine gibi bağlayıcı malzemeler aynı zamanda nem yönünden muhafaza malzemesi olarak da kullanılır. Ancak bu bağlayıcı maddeler yanıcıdır ve 150-250 °C arasında bağlayıcı eleman olarak işlem görürler. Organik ısı yalıtım malzemelerine kullanma yerinin özelliklerine göre keçe, kumaş, levha gibi değişik şekiller verilebilir [22], [28], [29].

5.3.1.1 Ahşap ısı yalıtım ürünleri

Yapılarda kullanılan ahşap ısı yalıtım ürünleri;

- Odun (Ahşap) lifli ürünler (WF),
- Rende Yongası (Ahşap yünü) (WW) olarak ikiye ayrılmaktadır.

Türkiye’de odun lifli ısı yalıtım ürünleri, “TS EN 13171 (15.04.2003): Isı Yalıtım Mamulleri - Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Odun Lifli Mamuller (WF) - Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre odun lifli ürünler; bağlayıcı ve/veya katkı maddeleri eklenerek ya da eklenmeden odun liflerden yapılmış ısı yalıtım ürünleri olarak tanımlanmaktadır [34]. Odun lifli ürünler, yapılarda örtü, şilte, keçe ya da plakalar şeklinde kullanılmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Levha halindeki odun lifli ürünler [37]

Öte yandan, Türkiye’de rende yongası ısı yalıtım ürünleri, “TS EN 13168 (15.04.2003): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Rende Yongası Mamuller (WW)- Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre rende yongası (ahşap yünü); “uzun rende yongası” olarak tanımlanmaktadır [35].

Rende yongası ürünler, yapılarda plakalar ya da kompozit rende yongası levhaları şeklinde kullanılmaktadır. Kompozit rende yongası, bir ya da her iki yüzünden başka bir yalıtım ürününe (mineral yün, köpük gibi) bir bağlayıcı ile yapıştırılmış rende yongasından oluşan yalıtım ürünüdür (Şekil 4.43) [35].



Şekil 5.2. Kompozit rende yongası [37]

Genel olarak, ahşaptan üretilen odun lifli ürünler ve rende yongası, oluşturdukları levha ya da plakalarda, boyutlarının ve şekillerinin farklı olması nedeniyle birbirinden ayrılmaktadır. Didiklenmiş, tel şeklindeki ahşaba odun lifi; kesilen,

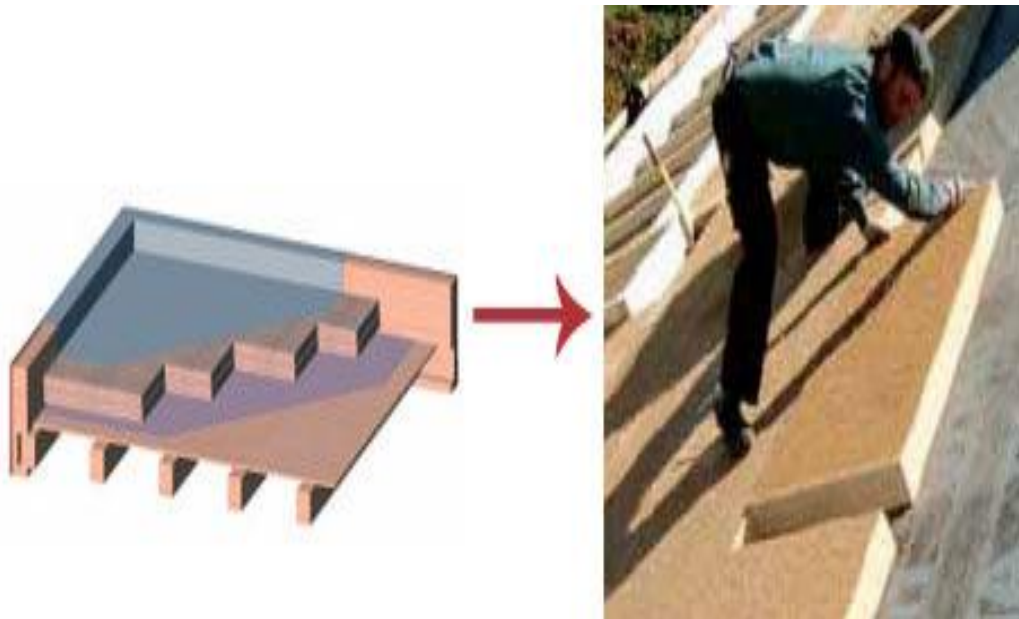
yontulan ya da rendelenen ahşaptan çıkan parçaya da rende yongası denilmektedir [36]. İstanbul Bu nedenle, iki ürün de odun talaşı levhalar olarak adlandırılabilir.

Odun talaşı levhaların teknik özellikleri;

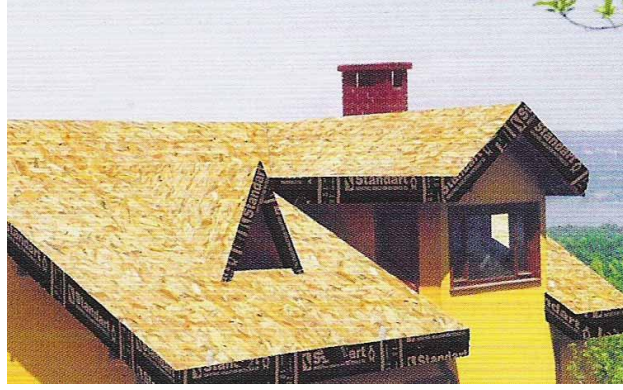
- Isı iletkenlik değeri: 0,09 – 0,15 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: en fazla +110 °C,
- Yanma sınıfı: BS476 standardına göre Class1,
- Yoğunluğu: 360–570 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 2 – 5
- Su emme: ~ %10,
- Basma dayanımı: 20 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir [38].

Bu özelliklerle ilişkili olarak odun talaşı levhalar yapılarda,

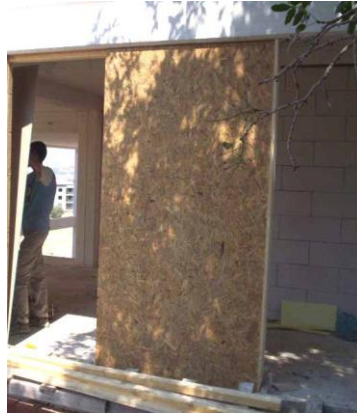
- Duvar kaplamalarında,
- Ara bölmelerde,
- Çatılarda,
- Zemin kaplamalarında kullanılmaktadır (Şekil 5.3 - 5.4 - 5.5) [37], [39].



Şekil 5.3. Odun lifli levhaların teras çatıda uygulanması [37]



Şekil 5.4. Rende yongasının eğimli çatılarda uygulanması [37]

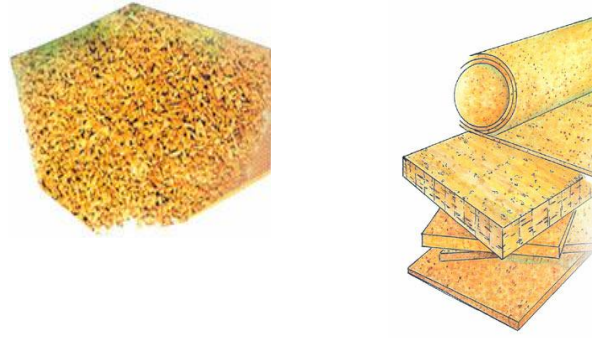


Şekil 5.5. Rende yongasının dış duvarda uygulanması

Bununla birlikte, rende yongasının ısı yalıtımında kullanılmasının ekonomik olmadığı bilinmektedir [39].

5.3.1.2. Genleştirilmiş mantar levhaları (ICB)

Kuzey Afrika kıyıları ile Sicilya, Korsika, Sardunya Adalarında yetişen ağacın kabuklarından elde edilir. Eskiden yalıtım amacıyla kullanılırken bugün daha ziyade dekorasyon amacı ile ve şişe mantarı olarak kullanılmaktadır. Ham mantarın yoğunluğu $120-190 \text{ kg / m}^3$ arasındadır. Isıl iletkenliği $0,040 \text{ W / mK}$ olup, homojen gözenekli bir yapıya sahiptir (Şekil 5.6) [28].



Şekil 5.6. Mantar ısı yalıtım levhaları

Türkiye’de geliştirilmiş mantar levha ısı yalıtım ürünleri, “TS 304 EN 13170 (17.04.2003):Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrika Yapımı Geliştirilmiş Meşe Mantarı Levhaları (ICB)-Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre geliştirilmiş mantar levhaları; yalnızca mantar hücre duvarlarının basınç altında ısıtılmasıyla elde edilen doğal yapıştırıcı ile yayılmış ve yapıştırılmış olan öğütülmüş ve taneli şekle getirilmiş mantardan yapılan şekli önceden belirlenmiş ürünler olarak tanımlanmaktadır [40].

Genleştirilmiş mantar levhaların teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değerleri 0,04 – 0,055 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -180 / +100 °C,
- Yoğunluğu: 80 – 500 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 10 – 35
- Yanma sınıfı: BS476 / Class3,
- Su emme: N/A,
- Mekanik dayanım: N/A olarak belirtilmektedir

Taneli yalıtım malzemelerinin en önemlisi mantardır. Meşe mantarı tabii haliyle hava gözenekli taneler halindedir. Öğütme, ayırma, suya bastırma gibi işlemlerle kalite yükselir. 400 °C’ de hava gönderilerek hem gözenekler hem de küflenmenin önüne geçilir [26].

Kimyevi maddelere dayanıklıdır. Halojenlere, amonyağa, eter yağlarına dayanıksızdır. Yanıcıdır ve is çıkararak yanar. Tanelenmiş hali dökme mantarı

oluşturur. Dökme mantar higroskopiktir. Haşarat barındırmaya müsaittir ve küflenebilir. Ancak sayılan bu kötü özellikler mantara basınç altında bağlayıcı ilave edilerek (genellikle bitüm) ortadan kaldırılabilir. Pratikte bilhassa işçilik ve konstrüksiyon bakımlarında kolaylık sağlaması için; levha ve boru gibi şekle getirilmiş mantar kullanılır. Mantar tanelerine zift emdirilerek istenilen şekilde preslenirler. Bu şekilde elde edilen levha veya şekillendirilmiş haldeki mantarın yoğunlukları $\rho = 120-150 \text{ kg / m}^3$ arasında değişir ve ısı iletim katsayıları da $\lambda = 0,051-0,065 \text{ W / mK}$ değerini alır. Şayet izole edilecek kısımda hava geçirgenliği de önlenmek isteniyorsa, yoğunluk $\rho = 250 \text{ kg / m}^3$ olacak şekilde preslenir. Bu halde mantar en fazla $110 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye kadar kullanılabilir. Şayet alt kısmına kizelgur tabakası konursa $140 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye kadar yükselen sıcaklıklarda da kullanılabilirler [28].

Uygulamada özellikle soğuk hava tesislerinde, terleme olan duvar, döşeme ve tavanlarda, havalandırma kanallarında, ısıtma ve sıcak su devrelerinde, alçak basınç kazanlarında pres edilmiş mantar tercih edilir. Mantar levhaların döşenmelerinde önce temas edilecek yüzeylere bitüm ihtiva eden harç kullanılır. Mantar ısı yalıtım levhaları genellikle 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 mm kalınlığında imal edilirler.

5.3.2. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri

Bu tür malzemeler anorganik yalıtım malzemeleri olarak da adlandırılırlar. Çünkü lif, tane ve toz halindeki anorganik maddelerden meydana gelirler. Camyünü, curufyünü erimiş mineraller, asbest, kizelgur, sünger taşı, magnezit baca kurumu, kömür tozu, kül ise tane şeklindeki anorganik maddelerdir. Bağlayıcı eleman olarak portlant çimentosu tercih edilmek üzere çimento ve alçı kullanılır. Yüksek sıcaklıklar için kil ve kuvars gibi seramik cinsi bağlayıcı elemanlardan faydalanılır.

5.3.2.1. Camyünü

İlk olarak 1919 yılında Avrupa'da, 1967 yılından itibaren de Türkiye'de üretilmeye başlanmıştır [41]. Hammaddesi kum, soda, boraks gibi inorganik maddelerin karışımıdır. Silis kumunun $1200^\circ\text{C} - 1250^\circ\text{C}$ 'de ergitilerek çeşitli metotlarla elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Camyünü amorf yapıdadır ve camyünü lifleri

arasında % 99 oranında hava boşlukları vardır. Camyününü oluşturan lifler bağlayıcı kullanılmadan şilte halinde birleştirilebildikleri gibi, bağlayıcı olarak fenol-formaldehit bakalit kullanılarak sert levhalar halinde de üretilebilmektedir. Camyünü liflerinin üretiminden sonra malzemenin belli bir kalınlıkta tutunabilmesi için malzemeye yapıştırıcılık ve elastikiyet kazandırmak amacıyla bakalit ilave edilmektedir. Bağlayıcısız camyünü beyaz renkte, bakalitlenmiş camyünü sarı renktedir. Ülkemizde binalarda bakalitli türleri kullanılmaktadır. Bakalitsiz türleri ise kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere tel ile dikilerek şilte halinde kullanılmaktadır.

Camyünü, Alman Normu DIN 4102'ye göre 'yanmaz malzemeler' olan A sınıfındandır. Malzemenin bağlayıcısız olarak dayanım sıcaklığı üst sınırı 550°C, organik bağlayıcı (bakalit) ile 250°C'dir. Bakalit 250°C'den sonra yanmaya başlamakta ve gaz haline dönüşerek uçmaktadır. Böylece liflerin bağlanma özelliği kalmamaktadır. Camyününün TS 825'deki ısı iletkenlik değeri 0,040 W/mK'dir. Ultraviyole ışınlar karşı ve genellikle tüm asitlere karşı mukavemetlidir. Su ile temasında cam lifleri ıslanmamakta ancak lifler arasındaki hava boşlukları su ile dolmaktadır. Dolayısıyla malzeme ısı yalıtma özelliğini yitirmektedir. Malzeme yoğunluğunun düşük olması nedeniyle basınç dayanımı çok azdır. Bu nedenle üzerine yük gelmesi söz konusu olan döşeme, yürünen çatı veya ters çatılarda kullanılması uygun değildir [41].



Şekil 5.7. Isıtılmayan bir çatı arasında cam yünü ısı yalıtım ürününün döşemeye serilmesi



Şekil 5.8. Cam yünü ısı yalıtım ürününün katmanlı dış duvarda uygulanması

Camyününün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri: 0,04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: en fazla 250 °C,
- Yoğunluğu: 14–100 kg/m³,
- Yanma sınıfı: DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1
- Su emme: hacimce % 3–10,
- Mekanik dayanım: 1,5–6,5 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir

Yapılarda; duvarlarda ısı, ses yalıtımı ve akustik düzenleme amacıyla, döşeme altı ve asma tavan uygulamalarında ısı ve ses yalıtımı amacıyla, üzerinde yürünmeyen çatılarda ise ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Giydirme cephe sistemlerinde, tesisat, klima ve havalandırma kanallarında, dekoratif amaçlı uygulamalarda ve araçlarda da ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır [42]. Şilte, levha ve boru halinde üretilen camyünü malzemesinin kullanım alanı ve amacına göre et kalınlığı 3 – 12 cm arasında değişmektedir [43].

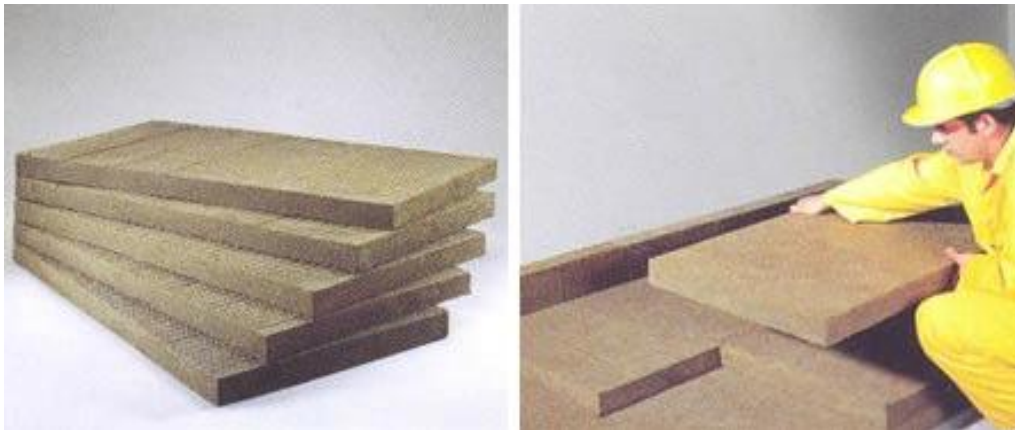


Şekil 5.9. Silikon katkılı camyünü levha yalıtım malzemesi [44].

5.3.2.2. Taşyünü

İlk olarak 1897 yılında Amerika'nın Indiana eyaletinde üretilmesine rağmen, yalıtım malzemesi olarak 1927 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ilk olarak 1993 yılında üretilmiştir.

Hammaddesi bazalt taşı, kireçtaşı, dolomit, feldspat ve kalker gibi minerallerdir. Taş yünü, bazalt taşının 1350°C – 1400°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Üretiminde bazaltla beraber geri dönüşümlü elyaf da eritilerek kullanılmaktadır. Üretim sonunda taş yünü lifli bir yapıya sahip olmaktadır. Taşyünü liflerinin belli bir kalınlıkta tutunabilmesi için malzemeye fenol-formaldehit bağlayıcısı ilave edilmektedir. Camyününe olduğu gibi düşük yoğunlukta olanları rulo şeklinde, yüksek yoğunlukta olanları ise levha şeklinde üretilmektedir [41].



Şekil 5. 10. Levha şeklindeki taş yünü ısı yalıtım ürününün döşemede uygulanması



Şekil 5.11. Rabitz teline dikili taşyünü şilte yalıtım malzemesi [44].

Taşıyünü, Alman Normu DIN 4102'ye göre 'yanmaz malzemeler' olan A sınıfı bir malzemedir. Bağlayıcısız olarak dayanım sıcaklığı üst sınırı 750°C, geçici süreler için 1000°C, organik bağlayıcı (bakalit) ile ise 250°C'dir. TS 825'teki ısı iletkenlik değeri 0,040 W/mK'dir. Ultraviyole ışınlarla dayanıklıdır. Bünyesinde kalsiyum bulunan taşıyünü, sert asitlere karşı dirençsizdir. Bileşiminde kükürt bulunan taşıyünü tipleri ise temas ettiği yüzeylerde korozyona sebep olmaktadır. Taşıyünü de camyünü gibi açık gözenekli bir malzemedir. Malzemenin % 99'unu hava boşluğu oluşturmaktadır. Bu nedenle su ile temasında ısı yalıtma özelliğini yitirmektedir. Ancak bazı taşıyünü tiplerinde, malzemenin içine su itici silikon katılarak ıslanması engellenebilmektedir. Taşıyününün basınç mukavemeti camyününe göre daha fazladır. Bunun nedeni, camyününde yatay olan liflerin, taşıyününde her doğrultuda olabilmesidir. Malzemenin basınç ve kopma mukavemetleri yoğunluklara göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunluklarda az, yüksek yoğunluklarda fazladır.

Taşıyününün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri 0,04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: en fazla 750 °C
- Yoğunluğu: 30 – 200 kg/m³,
- Yanma sınıfı: DIN4102 'e göre A sınıfı yanmaz
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1
- Su emme: hacimce % 2,5–10
- Mekanik dayanım: 1,5–6,5 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir.

Taşıyünü ısı yalıtım ürünleri, kullanıldığı yere göre kaplamasız ya da kaplamalı olabilmektedir. Kaplama gereci olarak alüminyum folyo ya da alçı plaka kullanılabilir (Şekil 5.12). Alçı plaka kaplı taş yünü levhalar kalibel olarak adlandırılmaktadır [45].



Şekil 5.12. Kalibel ısı yalıtım ürününün duvarda uygulanması

Yapılarda; duvarlarda ısı, ses, yangın yalıtımı ve akustik düzenleme amacıyla, döşeme altı, döşeme üstü ve asma tavan uygulamalarında ısı, ses ve yangın yalıtımı amacıyla, çatılarda ise ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır. Sanayi ve tesisatta ısı, ses, yangın yalıtımı ve titreşimi önlemek amacıyla, gemi yapımında ve gemi iç tesisatında, yangın kapılarında ve araçlarda kullanılmaktadır. Şilte, levha ve boru halinde üretilen taş yünü malzemesinin kullanım alanı ve amacına göre et kalınlığı 3–10 cm arasında değişmektedir [43].

5.3.2.3. Seramik yünü

Seramik yünü çok yüksek sıcaklarda kullanılan lifli bir yalıtım malzemesidir. Taş yününün kullanılmadığı 1200–1400 °C sıcaklıklar için kullanılır. Rulo, levha ve dökme şeklinde bulunup beyaz renklidir (Şekil 5.13). Yoğunluğu malzemenin şekline göre 100–150 kg/m³ arasında değişir. Yumuşak bir malzeme olması sebebiyle, levha tiplerinin bile basınca dayanımları çok düşüktür. En önemli özelliği yüksek sıcaklığa dayanabilmesidir [26]. 160 kg/m³ yoğunluğundaki rulo tiplerinin ısı iletkenlikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 5.3). Seramik yünü yanmaz özelliktedir. Hidroflorik asit ve fosforik asit dışında diğer asitlerden etkilenmez. Islanma ve diğer özellikler bakımından lifli malzemelere benzer nitelikler taşır. Ülkemizde üretimi olmayıp, ithal edilmektedir. Dolayısıyla da fiyat yönünden tüm lifli malzemelere oranla en pahalı olanıdır [28]. Seramik yünü diğer lifli malzemelerde olduğu gibi rulo, levha, halat vs. şeklinde bulunur. Prefabrik boru halinde üretilmez [22].



Şekil 5.13. Seramik Yünü

Tablo 5.3. Rulo tipindeki, 160 kg / m^3 yoğunluğundaki seramik yününün sıcaklığa bağlı olarak ısı iletim katsayısının değişimi

°C	400	600	800	1000	1200
λ (W / mK)	0,0688	0,0946	0,1376	0,1806	0,2752

5.3.2.4. Cam köpüğü (CG)

Cam köpüğü, borlu sisli camdan üretilir. Cam pulvarize edilip toz haline getirilir. Karbonla karıştırıldıktan sonra kalıplarda $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a kadar ısıtılır. Bu işlem sırasında karbon oksijen ile birleşip gaz kabarcıkları oluşur. Cam eriği böylece orijinal hacminin 20 katı kadar büyütülerek köpük haline dönüştürülmüş olur ve katı halde daha sıkı yapı elde etmek için soğutulabilir (Şekil 5.14) [26], [28].



Şekil 5.14. Cam Köpüğü

Elde edilen malzemenin gözenek yüzdesi %93-94 dolaylarındadır. Soğutma işleminden sonra bloklar, tabakalar ve levhalar halinde kesilir. Cam köpüğü ezilmeye karşı dayanıklı olan güçlü ve sert bir malzemedir. Cam köpüğü kolay kırılabilir sürtünmeye dayanıksızdır ve yüzeyi sürtünmeye karşı kolay tozlaşabilir. Su

sızıntılarına ve korozyona karşı da dirençlidir. Su emme özelliği olmadığından dolayı su absorpsiyon yüzdesi % 0'dır. Bu bakımdan cam köpüğü buharı hiç geçirmeyen yegane yalıtım malzemesidir. Higroskopik ve kapiler olmayıp ancak devamlı suya maruz kalması durumunda malzeme az miktarda korozyona uğrar (hidroliz olayından dolayı), çürümez, küflenmez ve hasarat barındırmaz. Bilhassa soğutucu imalat sektöründe boru hatlarının örülmesinde ve soğutma depolarının yalıtımında kullanılır. Yoğunlukları 100-500 kg / m³ arasında değişim göstermekte olup ısı iletkenlikleri ise 20 0 C 'de 0,045-0,060 W / mK arasındadır. Kullanım sıcaklıkları -60 ile +430 °C arasındadır. Sıcaklık karşısında lineer genleşme katsayısı 8,5x 10⁻⁶ dır [17], [22], [26], [28].

Türkiye'de cam köpüğü ürünler, “TS EN 13167 (11.12.2002): Isı Yalıtım Malzemeleri-Yapılarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Gözenekli Cam (CG) Malzemeler-Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre cam köpüğü (gözenekli cam); genleştirilmiş camdan üretilmiş, kapalı gözenekli yapıda ve esnek olmayan yalıtım ürünü olarak tanımlanmaktadır [46].

Cam köpüğünün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri 0,052 W/mK
- Kullanım sıcaklığı : -260 / +430°C ,
- Yoğunluğu: 100–500 kg/m³ (TSE, 1999),
- Yanma sınıfı: BS476 standardına göre Class0.
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 10000
- Su emme: Su emmez
- Mekanik dayanım: 48 – 880 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir

Astarlı gözenekli cam tabakalar şeklindeki cam köpüğü basta çatılar olmak üzere, dış ve iç duvarlarda da kullanım alanları bulmaktadır [48], [49]. TSE (2002b)'ye göre astarlı gözenekli cam tabaka, bir ya da iki yüzeyi, döşeme keçesi, metal folyo, kağıt, mukavva ya da plastik folyo gibi ürünlerle astarlanmış olan tabaka olarak tanımlanmaktadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.15. Astarsız cam köpüğü [47]



Şekil 5.16. Astarlı cam köpüğü [49]

Bununla birlikte cam köpüğü ürünlerin yapılar da baca yalıtımında da kullanıldığı bilinmektedir [48].

5.3.2.5. Genleştirilmiş perlit (EPB) ürünler

Türkiye’de genleştirilmiş perlit levha ısı yalıtım ürünleri, “TS EN 13169 (28.01.2004): Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Genleştirilmiş Perlitten Fabrikada İmal Edilmiş Mamuller (EPB)-Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre genleştirilmiş perlit; gözenekli bir yapı oluşturmak üzere, doğal oluşmuş volkanik kayaç ürünlerin ısı uygulanarak genleştirilmesiyle üretilen taneli hafif yalıtım ürünleri olarak tanımlanmaktadır [50].

Perlitin genleştirilmesinden sonra hacmi 10-30 kat arasında genişlemektedir. Bu yolla ham perlitin su emme özelliği azaltılabilmektedir [10].

Genleştirilmiş perlit levhaların teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri: 0,058 – 0,094 W/mK,
- Kullanım sıcaklığı: 650 °C,
- Yoğunluğu: 180-260 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: N/A (TSE, 1999),
- Su emme: 24 saat sonunda hacimce %10'un altında olarak bilinmektedir.

Bu özelliklerle ilişkili olarak genleştirilmiş perlit ürünler yapılarda;

- Açık ve kapalı çatılarda,
- Ara kat ve zemine oturan döşemelerde,
- Çift duvar arasında
- Boru kılıfı olarak ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 5.17, 5.18, 5.19).

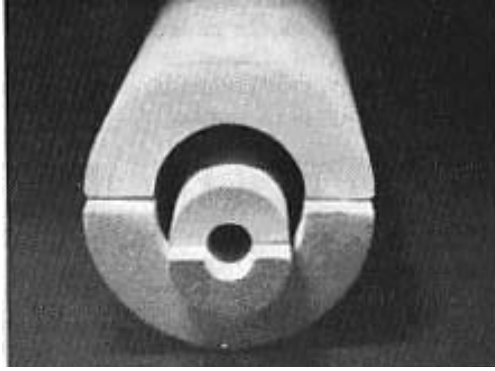
Genleştirilmiş perlit ürünler aynı zamanda ses ve yangın yalıtımı da sağlamaktadır. Perlit yapılarda ve sanayide ısı yalıtım malzemesi olarak gevşek dolgu şekli ve perlit betonu olarak uygulanır.



Şekil 5.17. Genleştirilmiş perlit şiltenin kapalı çatılarda uygulanması

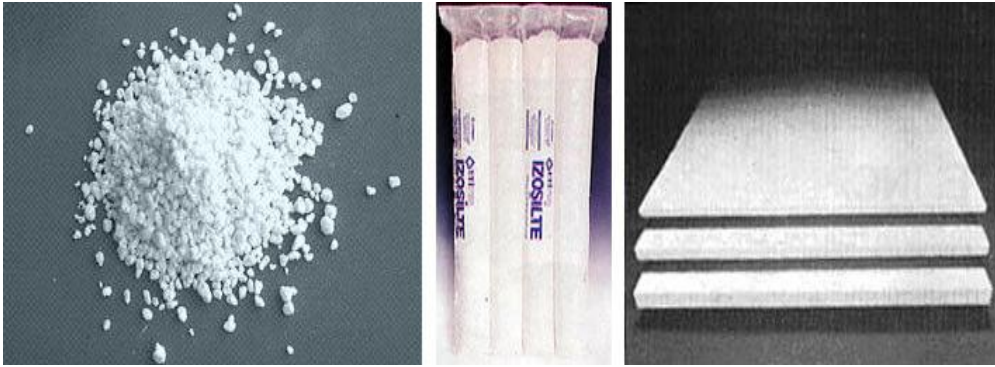


Şekil 5.18. Genleştirilmiş perlit şiltenin çift duvar arasında uygulanması



Şekil 5.19. Boru kılıfı olarak kullanılan genleştirilmiş perlit ürünler

Genleştirilmiş perlit ürünler, serbest şekilde kullanılabilirler gibi, şilte ve kompozit levha olarak da kullanılabilirler (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Genleştirilmiş perlit ürünler

5.3.2.6. Vermikülit (EV)

Vermikülit mikaya benzeyen madeni bir üründür. Malzeme 1000 °C' ye kadar ısıtıldığında, pullar birbirinden ayrılmaya baslar ve bunun sonucunda pullar arasındaki su, buhara dönüşür. Vermikülit bu asamadan sonra milyonlarca hava kabarcıklarının birbirine bağlı olduğu bir yapı halini alır. Böylece işlem yapılmadan

önce 1400-1500 kg / m³ olan yoğunluk, bu işlemten sonra 60-170 kg/m³'e düşer ki bu yoğunluk değeri yalıtım malzemeleri için ideal bir yoğunluktur.

Vermikülit gevsek tanecikler, pulcuklar ve tabakalar halinde uygulanabilir. Hafif ve yalıtım kabiliyetinin yüksek olması amacıyla, taneciklerin beton katkısı olarak kullanılması mümkündür. Tane çapları 0-15mm arasında değişmektedir. Vermikülitin 20 °C' de ısıl iletkenliği 0,04 W/mK'dir. 500 °C sıcaklığın altındaki uygulamalar için vermikülit, diğer yalıtım malzemelerine göre pahalı bir malzemedir. Dolayısıyla vermikülit, merkezi ısıtma sistemlerindeki kazanlar, buhar kazanları ve çelik konstrüksiyonların yanmaya karşı korunması gibi sıcaklığın 500 °C'den yüksek olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Maksimum kullanım sıcaklığı ise 1100 °C'dir [26], [28], [51].

Genleştirilmiş vermikülit ürünler, serbest şekilde kullanılabilirler gibi levha ve boru kılıfı şeklinde de kullanılabilir (Şekil 5.22).



Şekil 5.21. Vermikülit yalıtım malzemesinin tanecikli hali ve levha hali



Şekil 5.22. Genleştirilmiş vermikülit ürünler

Genleştirilmiş vermikülit ısı yalıtım ürünlerinin teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değerleri: 0,062–0,065 W/mK,
- Isı limitleri; 1260-1315 °C,

- Yoğunluğu: 65-130 kg/m³,
- Yanıcılık: yanmaz ve 1100 °C'ye kadar kullanılabilir,
- Su emme: % 240 olarak belirtilmektedir

Bu özelliklerle ilişkili olarak genişletilmiş vermikülit'in yapılarda ısı yalıtımına yönelik kullanım alanları;

- Ara bölme duvarlar,
- Dış duvarlar,
- Çatılar,
- Döşemeler,
- Borular,
- Soğuk oda depoları olarak sıralanabilmektedir

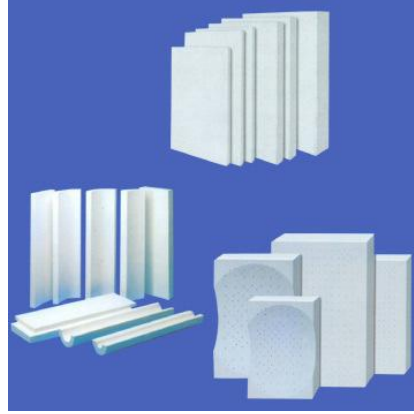
5.3.2.7. Kalsiyum silikat

Kalsiyum silikat kimyasal bir bileşimdir. Kalsiyum silikat yalıtım malzemeleri bir otoklavda, kimyasal bağlayıcıların etkisi ile şekillendirilmeleri sonucunda blok, tabaka ve kullanım amacına göre biçimlendirilmiş parçalar halinde üretilir. Aynı zamanda su ilavesiyle sertleşen toz halinde de bulunmaktadır. 1100 °C'ye kadar dayanan türleri mevcut olduğundan genellikle yüksek sıcaklık yalıtımlarında kullanılır (Şekil 5.23). Hammadde mineral esastır. Malzeme yüksek sıcaklıklara ve kötü hava şartlarına dayanıklıdır. Ancak kolay kırılabilir. Bu özelliklerinin yanı sıra kalsiyum silikat malzemeler yangın yalıtımı için de elverişli malzemelerdir. Sıcaklığa bağlı olarak 24 saatin ardından rötre (büzülme) durumları aşağıdaki gibidir:

- 500 °C'de % 0,3
- 750 °C'de % 1,0
- 900 °C'de % 1,7
- 982 °C'de % 2

Yoğunlukları 190-200 kg/m³ arasında değişmekte olup 20 °C'de ısı iletkenliği 0,049

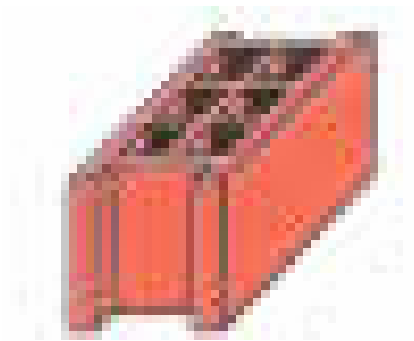
W/mK olurken, 500 0C’de ısı iletkenliği 0,100 W/mK olmaktadır. Kalsiyum silikat malzemelerin basınç dayanımı çok (yaklaşık 8-10 kg/m²) yüksektir [17], [22].



Şekil 5.23. Kalsiyum silikat levhaları

5.3.2.8. Isı yalıtım tuğlaları

Yalıtım özelliği yüksek olan bu tuğlaların binalarda uygulanışı diğer yalıtım malzemelerinden daha basittir. Bu nedenle izotuğlalar sadece duvarların yalıtımında uygulama alanı bulmuştur. Özel ve klasik çimento harcıyla örülen bu tuğlalar duvarı oluşturur (Şekil 5.24). Dış cephelerin sıvanması gerektiği hallerde özel sıvalar veya klasik çimento-kireç sıvasıyla sıvanır. İçindeki boşlukla yalıtım özelliği daha da artmıştır. Ayrıca kenarlarındaki girintiler dolayısıyla ısı iletim katsayısı daha yüksek olan harcın teması önlenmiştir. Uygulamada bazı tip izotuğlalar için düşey derzlerde harç kullanılmaz yalnızca yatay derzlerde harç kullanılır. Böylece yapıda meydana gelecek olası ısı köprülerinin önüne geçilir. Isı yalıtım tuğlaları ikinci bir yalıtım malzemesi uygulanmaksızın ikinci iklim bölgesinde gereken yalıtımı sağlar.



Şekil 5.24. İzotuğla

Kışın soğuk geçtiği ülkemizde ısı depolama özelliği yüksek olan bu tuğlalar vasıtasıyla daha konforlu bir yaşam sürülebilir. Yalıtım tuğlalarının uygulandığı duvar sistemi, insan için uygun olan nem oranını da sağlar [26], [52].

5.3.2.9. Hafif beton elemanlar

Bugün inşaat yapımında kullanılan elemanlar hafifliğinin yanı sıra ısı iletimlerinin de göz önüne alınarak üretilmektedir. Bunun için doğadaki uygun malzemeler bulunup, katkı maddeleriyle birleştirilerek, değişik nitelikte değişik hafif yapı elemanları bulunmuştur. Bunların ortak özelliği, kumların hafif olması ve çimento kullanılmasıdır. Bazılarında da sadece doğadan alınan malzemelerle yetinilmiştir. Gaz beton gözenekli bir beton yapı malzemesi olup ısı iletim katsayısı 0,55 W/mK'dir. Hammaddeleri, yüksek silisli dolgu maddesi olan kum, kumtaşı, baca külü, fırın cürufu ile bağlayıcısı kireç-çimentodur. Son yıllarda ülkemizde çok fazla rağbet gören gazbeton elemanı ısı tutuculuğu ile tanınmış bir malzeme olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Şekil 5.25). Pratikte ve teorik olarak kullanımda sağladığı faydaları ve özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yüksek bir ısı yalıtım özelliğine sahip olduğundan ikinci bir ısı yalıtım malzemesi kullanımına gerek duyulmaz.
- Yanıcı değildir.
- Basınca karşı yüksek mukavemetlidir.
- Çekme, eğilme ve kaymaya karşı mukavemetlidir.
- Erime noktası yüksektir.
- Uygun hacim sabitliği
- Uygun denge rutubeti, su emme kurulama, buhar ve hava geçirgenlik özelliklerine sahiptir.
- Pasa karşı korunmalıdır.
- Kimyasal etkenlere karşı dirençlidir.
- Yüksek işlenebilme özelliğine sahiptir.
- Yüksek ses yalıtımı özelliği vardır.



Şekil 5.25. Çeşitli boyutlarda gaz beton blokları

Bims beton, çatı döşeme plakları taşıyıcı demir donatılı olarak çatı ve döşemeler için TS 453 Gaz beton Standardına uygun imal edilmiş prefabrik yapı elemanıdır. Çatıda yekpare bir kabuk teşkil ettiğinden ayrıca rüzgar bağlantılarına lüzum kalmaz. Statik yönden olumlu olan birim ağırlığa sahiptir. Kolay monte edilirler, bu nedenle beton hazırlanması, beton dökümü, beton priz müddeti gibi işlemleri ortadan kaldırarak önemli ölçüde işçilik, zaman ve her türlü hava şartlarında inşaat yapabilme olanağı sağlar.



Şekil 5.26. Bims betondan yapılmış tuğla

Birbirine bağlantısız, gözenekli sünger görünümünde, yoğunluğu 500 kg/m^3 civarında volkanik amorf bir madde olan bims bu yalıtım elemanının özünü teşkil eder. Binalarda sağladığı faydaları ve özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- Yüksek ısı yalıtım özelliği.
- Yüksek ısı depo etme özelliği.
- Yüksek ses yalıtımı özelliği.
- Hafif olması dolayısıyla bina yükünü azaltışı.
- Basınca mukavemetli.

- Su tutmaz
- Yanıcı değildir
- Kimyasal etkilere karşı mukavemetli.

Yoğunluğunun çok düşük olması ve yapısındaki çok sayıda gözeneklerden dolayı yüksek ısı yalıtımı sağlar. Gözenekleri içindeki durgun havanın ısı iletim özelliği çok düşüktür. Isı iletim katsayısı 0,25 W/mK dir. Kışın ısıtma alanındaki ısının aşırı yükselmesini önler. Bu yapı sonucu yüksek ses emicilik özelliğine de sahiptir [26], [28], [29].

5.3.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri

Plastik köpük olarak da adlandırılan sentetik asıllı yalıtım malzemelerini, hammadde ve elde edilmiş, boşluk yapısı, köpürtme şekli ile sertlik derecesine göre sınıflandırmak mümkündür.

Hammadde ve elde edilmiş şekilleri,

- Polikondezasyon reaksiyonları sonucu Üre-Formaldehit ve Fenol
- Polimerizasyon reaksiyonları sonucu-polivinil klorür (PVC) ve polistren (PS)-
- Poliadiyon reaksiyonları sonucu -poliüretan-

Gözenek yapısı şekilleri,

- Açık gözenekli, boşluklar birbirleri ve dış ortam ile ince kanallar tarafından bağlantılı olurlar,
- Kapalı gözenekli, boşluklar arasında kanallar ile bağlantı yoktur,
- Karışık gözenekli, açık ve kapalı gözenekler çeşitli oranda karışık bulunurlar,

Köpürtme şekilleri,

- Gaz karışım yolu- hava veya kimyasal etkisi olmayan bir gaz ile hammaddenin çok hızlı köpüklendirilmesi,

- Fiziksel yol- freon gibi organik asıllı çözücü maddelerin hammadde ile karıştırılıp belirli derecede buharlaşmaları sonucu veya inert gazların çözümlendirilmesi ile köpürtme,
- Kimyasal yol- kimyasal reaksiyon sonucu,
Sertlik dereceleri,
- Yumuşak olanlar
- Sert olanlar-gevrek ve elastik olabilirler
- Yarı sert olanlar [28], [21]

5.3.3.1. Poliüretan köpük

İlk olarak 1937 yılında Almaya'da Farben Fabriken BAYER Firmasında poliüretan malzemesi üretilmiştir ancak poliüretan köpük olarak 1951 yılından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Hammaddeleri poliizosiyanat (desmodur) ve polialkol (desmofen) isimli iki kimyasal maddedir [41]. Poliüretan, hammaddenin karışımları sırasında hava yardımıyla köpürüp sertleşmesi ile elde edilmektedir. Plastik esaslı sarı renkli bir malzemedir. Genellikle levha şeklinde, bazen de boru halinde üretilmektedir (Şekil 5.27). Yerinde püskürtme olarak da uygulanabilmektedir. Hücrelerinin % 95'i kapalı gözeneklidir. Buna rağmen genleştirilmiş polistren köpük (EPS)'e oranla bünyesine daha fazla su almaktadır [53].



Şekil 5.27. Köpük ve levha halinde üretilmiş poliüretan ürünler

Poliüretan köpüğün, genellikle normal alev alan B2 tipi ülkemizde üretilmektedir ancak üretimi esnasında içine alev almayı zorlaştırıcı katkı maddeleri katılarak yangına dayanımı artırılarak B1 sınıfı da üretilmektedir. Dayanım sıcaklığı üst sınırı

110-120°C'dir. Hafif asitlere, benzine, mazota, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır ancak ultraviyole ışınlarına karşı dayanıksızdır.

Türkiye'de poliüretan köpük ısı yalıtım ürünleri, "TS EN 13165 (02.03.2004): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen Sert Poliüretan Köpük (PUR)-Özellikler" standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre poliüretan köpük; sert ya da yarı gözenekli, poliüretan esaslı ve kapalı hücre yapısında olan plastik yalıtım ürünü olarak tanımlanmaktadır [54].

Poliüretan köpüğün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri 0,035 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: -200 / +110 °C,
- Yanma sınıfı: B1 - B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan,
- Yoğunluğu: 30 – 40 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 30–100
- Su emme: hacimce % 3–5,
- Mekanik dayanım: 10 – 40 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir.

Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla ve sanayi alanındaki sandviç panellerin dolgu maddesi olarak ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 5.28). Lifli malzemeler ve genleştirilmiş polistren köpük (EPS)'e oranla daha pahalı olmasına karşılık prefabrik elemanlarda işçilik ve zamandan kazandırmaktadır [53]. Bununla birlikte, poliüretan köpük yeraltı kanallarındaki boruların yalıtımında da kullanılmaktadır.



Şekil 5.28. Yapılarda poliüretan sert köpükten oluşturulmuş kompozit panelin dış cephede uygulanması

Poliüretan köpüğün, kompozit panel olarak kullanımı yaygın olmakla birlikte, püskürtme yoluyla yapılan ısı yalıtım uygulamaları da bulunmaktadır (Şekil 5.29).



Şekil 5.29. Yapılarda poliüretan sert köpüğün püskürtülmesi yoluyla gerçekleştirilen ısı yalıtım uygulaması

Püskürtme uygulamalarıyla, düzgün bir şekle sahip olmayan ya da poliüretan panellerle kaplanması mümkün olmayan kapı ve pencerelerdeki hava kaçakları gibi detaylarda ısı yalıtımı gerçekleştirilebilmektedir.

5.3.3.2. Fenolik köpük (PF)

Türkiye’de fenolik köpük ısı yalıtım ürünleri, “TS EN 13166 (02.03.2004): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen Fenolik Köpük (PF)-Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre fenolik köpük; polimer yapısı esas itibariyle fenol, fenolün homolog serisi ve/veya türevlerinin aldehitler ya da ketonlarla polikondensasyonundan elde edilen sert köpük olarak tanımlanmaktadır [55].

Fenolik köpüğün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri 0.04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı : -180 / +120 °C,
- Yoğunluğu: 30–35 kg/m³,
- Yanma sınıfı: BS476 / Class1,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 10 – 50
- Su emme: N/A,
- Mekanik dayanım: 10–15 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir.

Bu özelliklerle ilişkili olarak fenolik köpük yapılarında;

- Dış duvarlarda,
- Çatılarda,
- Tavanlarda,
- Zeminlerde,
- Soğuk hava depolarında,
- Havalandırma ve yeraltı kanallarında ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır.

Fenolik köpük ısı yalıtım ürünleri, levha ya da boru kılıfı şeklinde önceden şekillendirilmiş olarak kullanılabilir. Bu ürünlerin, alt ve üst yüzeyi metal folyolarla ya da başka ürünlerle kaplı olabilmektedir (Şekil 5.30).



Şekil 5.30. Yapılarda ısı yalıtımında kullanılan fenolik köpük ürünler

Fenol köpüğü, haşarat barındırmaz, küflenmez. Birçok kimyasal maddeye dayanmakla beraber potasyum ve südkostike karşı, bir anlamda yoğun asitlere karşı dayanıksızdır. Metalleri korozyona uğratabilir [26].

5.3.3.3. Polietilen köpük

Polietilen esaslı malzemeler etilen ve propilenden hazırlanan polimerlerden imal edilen esnek ve yarı esnek, gözenekli, plastik esaslı malzemelerdir. Polietilen köpükten mamul, kalıptan ekstrüzyon yöntemiyle çekilerek boru ve levha halinde üretilmektedir. Polietilen mamullerin dış yüzeyi düzgün olarak elde edilebilmektedir (Şekil 5.31). Kapalı hücre yapılı, ekstrüzyon ile üretilmiş polietilen mamul,

dayanıklı, güvenilir, ekonomik ve kullanımı kolay bir yalıtım malzemesidir. Zehirli gaz içermez, kimyasal olarak nötr ve kokusuzdur. Günümüzde, gerek sanayi gerekse de yan sanayide çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Polietilen esaslı malzemeler;

- Düşük yoğunluğu,
- Elastikliği,
- Düşük ısı iletkenliği,
- Yüksek su buharı direnci,
- Bünyesine su almaması,
- Yüksek darbe dayanımı,



Şekil 5.31. Polietilen köpük

gibi üstün özellikleri ve mekanik özellikleri ile özellikle yalıtım alanında aranan bir üründür [29]. Polietilen esaslı yalıtım malzemeleri, ısı yalıtımında, döşemelerde, darbe sesi yalıtımında, su yalıtımında yardımcı malzeme olarak birçok alanda kullanılabileceği gibi, koruma amaçlı, ambalaj veya yalıtım tamamlayıcı ürün olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tüm kullanım alanlarındaki polietilen esaslı malzemeler, gerek yoğunluk gerek ebat olarak birbirlerinden farklı malzemelerdir. Dolayısıyla farklı özellikler göstermektedir. Bu malzemelerin tümü Türkiye’de üretilmektedir. Türkiye’de üretilen polietilen ürün çeşitleri şunlar sayılabilir.

Polietilen boru (B) : Boruların ısı yalıtımında kullanılan esnek prefabrik boru yalıtım malzemeleridir. Tesisat yalıtımında elastomerik kauçuk köpüğü ve cam yünü ile birlikte çok geniş bir kullanım alanına sahiptir.

- Zaman içerisinde ısı iletkenliğinin kötüleşmesi,
- Soğuk hatlarda yoğuşmayı önlemesi,
- Malzeme ve uygulama açısından korozyon riskinin minimum olması,

- Kapalı hacimlerde ilave bir koruyucu malzemeye ihtiyaç bırakmaması, gibi nedenlerden dolayı ılık olan yüzeylerin yalıtımında kullanılır.

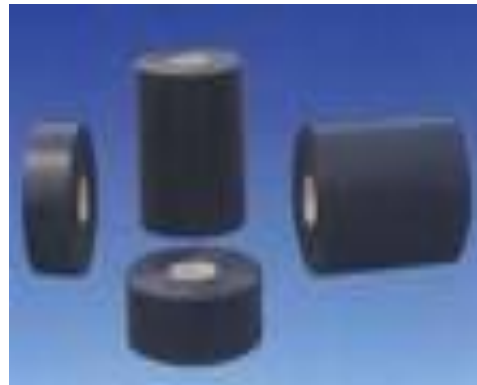
Dolgu fitili: Silindirik şekilde imal edilen, su ve ısı yalıtımında kullanılan yardımcı bir malzemedir. Derz ve dilatasyonların su yalıtımında kullanılan mastiklerin üç yanaktan yapışmasını önleyerek çatlamaması için gerekli esnekliği sağlar. $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kullanım sıcaklığı vardır (Şekil 5.32).

Ayrıca derzlerde oluşan ısı köprülerini de önler. Dolgu fitili, 10-15-20-25-30-35- 40-50-60-70 mm çaplarında üretilmektedir.



Şekil 5.32. Dolgu fitili

Polietilen bant: Rulo halinde alt kısmı kendinden yapışkanlı, ince ve dar olarak imal edilen ısı yalıtım yardımcı malzemesidir. Polietilen uygulamalarında ek yerlerinde ve yalıtımı zor yapılan yüzeylerde kullanım alanına sahiptir. Polietilen bantlar 3 mm et kalınlığında, 5 cm eninde rulolar halinde üretilmektedirler (Şekil 5.33).



Şekil 5.33. Polietilen bant

Polietilen levha (I): Rulo halinde imal edilen ısı ve darbe yalıtım malzemeleri kendi aralarında Polietilen Darbe Ses Kesici ve Polietilen Levhalar (L) olarak ikiye ayrılır. Polietilen levhalar ise kendi aralarında Standart Levhalar (ST), Kendinden Yapışkanlı Polietilen Levhalar (KY), Polietilen (F), Folyo Kaplı Polietilen Levhalar (1 ve 2) olmak üzere beşe ayrılırlar (Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Polietilen levha polietilen darbe ses kesici: Rulo halinde üretilen ses yalıtım malzemesidir

Dinamik sertliğin küçük olmasından dolayı darbe ses yalıtımı yapar. Özellikler katlar arasında, yapı yoluyla iletilen darbe seslerinin bir alt kata iletilmesini yüzey döşeme detayı ile önler. Parke altında da, darbe sesi yalıtımı haricinde, parkeyi nem gibi etkilerden korumak için 2 mm et kalınlığında kullanılır. Ayrıca yalıtım işleminin temel prensibi olarak, sese karşı yapılan yalıtım yapıyı ısıya da karşı korur. Yani aynı zamanda da ısı yalıtımı konusunda iyileşmeler sağlar. Darbe ses kesici levhalar 1 m eninde, 1-2-3-4-5 mm et kalınlığında rulo halinde üretilmektedir. Ancak istenildiği zaman farklı ebatlarda da kesilebilmektedir.

Standart levhalar (ST) : Polietilen ST levhaları ile yalıtılan kanallar özel bir yapıştırıcı ile 100 gr/m² sarfiyatla yapıştırılır. Eklerin sızdırmazlığı ve ısı köprülerinin önlenmesi için bant kullanılması gereklidir. Polietilen ST levhaları standart olarak 6-10-15-20-30mm et kalınlıklarında üretilmektedir [26].

Kendinden yapışkanlı polietilen levhalar: Bir yüzeyi yapışkanlı ve silikon kâğıt kaplı ısı yalıtım levhalarıdır. Kendinden yapışkanlı levhalar, standart levhalara alternatif olarak üretilmektedir. Klima kanallarının yalıtımında polietilen levhalar; çok çeşitli yapıştırıcılarla ham levhaya hem de kanala ya da sadece kanala sürülerek yapıştırılmakta, bu da çoğu zaman levhanın kanala iyi yapışmamasına sebep

olmaktadır. Bu nedenle kendinden yapışkanlı levhalar tercih edilmektedir. Yapışmanın ideal olması aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kullanılan yapıştırıcının tipi,
- Kullanılan yapıştırıcının miktarı,
- Kanalin temizliği,
- Ortam sıcaklığı ve bağıl nem,
- İşçilik

Yalıtım yapılan bir kanalda yukarıdaki şartların hepsinin sağlanması (ideal yapışma) teoride mümkün olsa da pratikte aksaklıklar çıkabilmektedir. Kesin çözüm kendinden yapışkanlı levhalar kullanılarak sağlanır. Kanal yüzeyindeki toz ve nem temizlendikten sonra, yapışkanlı yüzeyin üzerindeki silikonlu kağıt çıkarılıp, kanal yüzeyine kolayca yapıştırılır. Kendinden yapışkanlı levhalar da 6- 10-15-20-30 mm et kalınlıklarında da üretilmektedirler [28].

Polietilen (F) : Bir yüzeyi PE film lamineli levhadır. Özellikle yüksek katlı binalarda pis su tesisatının katlar arası gürültüyü iletmesini önlemek için ses yalıtımı amacıyla kullanılır. Tesisatlarda, sıcak-soğuk hatlarının ayırt edilmesinde ve klima kanallarının ısı yalıtımında dekoratif çözüm olarak kullanım alanına sahiptir. PE film kaplı levhalar, 1-2-3-4-5-6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında isteğe göre üretilmektedirler.

Folyo kaplı polietilen levhalar (1 ve 2) : Bir veya iki yüzeyine metalize film lamine edilmiş polietilen levhalardır. Bir yüzeyine film lamine edilmiş olanlar (1) özellikle soğutma hatlarında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Atmosfere açık alanlarda kullanım amacıyla alüminyum kaplı tipleri de mevcuttur.

Polietilen levhaların, cam yünü levhalara göre soğutma hatlarındaki en büyük avantajı; yoğuşmayı, ısı iletkenlik katsayısının kötüleşmesini ve korozyonu önleyen, yüksek μ faktörüne sahip olmasıdır. Ancak polietilen levhaların yüksek μ faktörlerine rağmen, levhaların ek yerlerinin sızdırmazlığı önem kazanır. Her iki tarafı da folyo kaplı polietilen levhaları (2) ısı yalıtımı amacıyla binalarda, özellikle

de yerden ısıtma sistemlerinde kullanılır (Şekil 5.35). Isı yalıtımını; ısı iletkenliğinin yanı sıra ısınım yolu ile de gerçekleştirilir. Sadece dikkat edilmesi gereken konu ısınım yolu ile kaybolan ısıyı yansıtabilmek için gerekli hava boşluğunun bırakılmasıdır.



Şekil 5.35. Her iki tarafı polietilen kaplı levhaların yapı zeminine uygulanması

Folyo kaplı polietilen (1 ve 2) levhalar isteğe göre 1-2-3-4-5-6-10-15-20-30 mm et kalınlıklarında üretilmektedir.

Kendinden yapışkanlı folyo kaplı polietilen levhalar: Bir yüzeyine metalize film lamine edilmiş diğer yüzeyi kendinden yapışkanlı silikon kaplı levhalardır (Şekil 5.36). Tam sızdırmazlık sağlar, dış etkenlere, iklim şartlarına ve UV ışınlarına dayanıklıdır. Su buharı difüzyon direnç faktörü yüksektir. İşçilik ve montaj süresinden % 70 tasarruf sağlar. Bu levhalar tam sızdırmaz ve ideal yapışmayı ;

- Kullanılan yapıştırıcının tipi ve miktarı,
- Kanalın temizliği,
- Ortam sıcaklığı ve bağıl nem
- Sızdırmazlık bandının tipi ve kalınlığı,

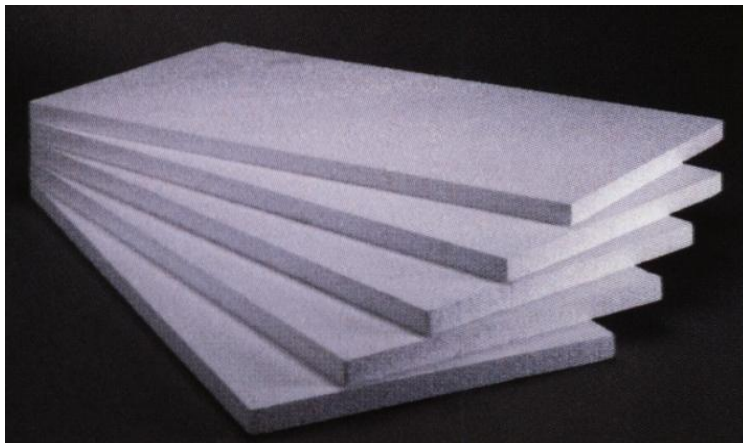
belirlemekle birlikte levhayı yapıştırma ve bandın yapıştırma işçiliğinden bağımsız hale getiren tek ve nihai bir üründür. Isı yalıtımı yapılması istenen kanalların yalıtımında, ideal bir malzeme olup, tercih edilmelidir [17].



Şekil 5.36. Kendinden yapışkanlı folyo kaplı polietilen levhalar

5.3.3.4. Genleştirilmiş (ekspande) polistren sert köpük – EPS

Sert köpük malzemeler grubuna giren genleştirilmiş polistren köpük (EPS), ilk olarak 1952 yılında Alman BASF Firması tarafından üretilerek "Styropor" adı altında dünyaya yayılan bir yapay organik ısı yalıtım malzemesidir [53]. Ülkemizde ilk olarak 1960'lı yılların başında soğuk hava depoları ile ticari buzdolabı üreticilerinin ihtiyacını karşılamak üzere üretilmeye başlanmış ve 1986 yılına kadar sadece bu sektörlerde kullanılmıştır. Genleştirilmiş polistren köpük, 1986 yılından itibaren Türkiye'de yapılarda en çok kullanılan ısı yalıtım malzemesi haline gelmiştir [41].



Şekil 5.37. Genleştirilmiş polistren köpük ısı yalıtım levhaları[9]

Türkiye'de ekspande polistren köpük ısı yalıtım ürünleri, "TS 7316 EN 13163 (17.04.2002): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen-Genleştirilmiş Polistren Köpük (EPS)-Özellikler" standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre ekspande polistren köpük; "genleştirilebilen

polistrenin ya da diğ er kopolimerlerin birinden oluşturulmuş taneciklerin (boncukların), kalıplarda şişirilmesi ile üretilen, iç i hava dolu kapalı hücreli yapıdaki rijit hücresel plastik ürün” olarak tanımlanmaktadır [56].

Ekspande polistren köpüğün teknik özellikleri;

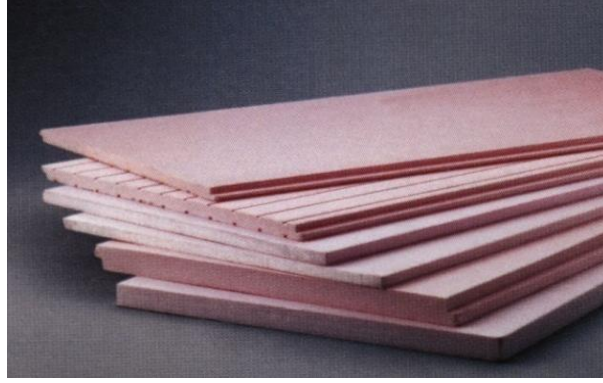
- Isı iletkenlik değ eri: ortalama 0,04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı : -180 / +75,
- Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan,
- Yoğunluğu: 15 – 30 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 20 – 250
- Su emme: hacimce % 0–5,
- Mekanik dayanım: 5–15 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir

Genleştirilmiş polistren sert köpük, petrolden elde edilen, köpük halindeki, termoplastik, kapalı gözenekli, genellikle beyaz renkli bir ısı yalıtım malzemesidir. Hammaddesi stendir. Bu hammadde kapalı hücre stren polimeridir. Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen genleştirilmiş polistren sert köpük ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz ‘Pentan’dır. Pentan, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu gözenekler beyaz renkte, yuvarlak ve kaygandır. Gözenekler içindeki pentan, malzemenin üretimi sırasında ve sonrasında çok kısa sürede hava ile yer değiştirmektedir. Böylece malzeme bünyesinde bulunan çok sayıdaki küçük kapalı gözenekli hücrelerin içine durgun hava dolmaktadır. Isı yalıtma özelliğini durgun hava dolu boşluklar sağlamaktadır. Bu kapalı gözenekli hava hücreleri % 85 oranındadır. Malzemenin şekil verme (kalıplama) aşamasında, taneciklerin birbirleri ile sıkıca kaynaşması sağlanarak bal peteği şekli verilmektedir [57]. Asit ve baz kimyasallara dirençli olmasına karşın, metan grubu gazları, benzin grubu, eter, ester ve amin grubu kimyasallara karşı ve ayrıca ultraviyole ışınlar karşı dirençsizdir. Malzemenin gözenekleri kapalı olduğundan ve küreciklerin çeperleri su geçirmediğ inden su alma oranı oldukça düşüktür. Malzemenin basınç dayanımı yoğunlukla doğru orantılı olduğundan, üzerinde yürünen çatılarda ve zemin yalıtımında emniyetle kullanılabilir.

Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla dış ve toprakaltı duvarlarda, teras çatılarda, çıkma altı açık döşemelerde ve zemin döşemelerinde, soğuk hava depolarında, dekorasyon işlerinde, otomotivde ve ambalaj maksadıyla kullanılmaktadır. Levha şekilli malzeme, kullanım alanı ve amacına göre et kalınlığı 2 – 10 cm arasında üretilmektedir [43]. Ayrıca günümüzde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri arasında en ekonomik olanlardan biridir.

5.3.3.5. Haddelenmiş (ekstrüde) polistren sert köpük – XPS

Sert köpük malzemeler grubuna giren haddelenmiş polistren köpük (XPS), ilk olarak II. Dünya Savaşı'ndan hemen sonra Amerika'da DOW Chemical Company tarafından köpürtme metoduyla üretilmiştir. Daha sonra Alman BASF Firması tarafından üretilmeye başlanmıştır. Hammaddesi, başta strem olmak üzere talk, boya, alev geciktirici ve geri döndürülmüş haddelenmiş polistren köpüktü. Ekstrüde polistren köpük, hammaddelerinin ekstrüzyon yöntemi olan sert köpüğün banttan çekilmesi ile meydana gelmektedir. Birçok firma tarafından farklı yöntem ve farklı renklerde üretilmektedir. Genellikle mavi, pembe ve sarı renkleri bulunmaktadır. Genleştirilmiş polistren köpükten farkı, HCFC gaz karışımından oluşan köpürtücü gazların, erimiş haldeki hammaddeye sonradan eklenmesidir. Bu köpürtücü gazlar sayesinde % 85 oranından daha fazla kapalı hücreler oluşmaktadır. Hücre yapısı ve dağılımı homojen yapıdadır. Hücrelerin boyutları talk oranıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Talk oranı arttıkça hücrelerin çapları küçülmekte, böylece malzemenin kırılma mukavemeti azalmakta, basınç mukavemeti ise artmaktadır. Haddelenmiş polistren köpük (XPS), zor alev alan B1 sınıfındadır. Dayanım sıcaklığı alt sınırı -50°C, üst sınırı 75°C'dir. Isı iletim katsayısı genleştirilmiş polistren köpük (EPS)'e oranla biraz daha düşük olup 0,028 – 0,035 W/mK arasında değişmektedir. Ultraviyole ışınlarla dayanıksızdır [12]. Plastik esaslı yapısı dolayısıyla birçok kimyasala karşı duyarlıdır. Tiner gibi çözücü maddeler ile bazı yapıştırıcılar ile birlikte kullanılması sakınca yaratmaktadır. Malzemenin önemli özellikleri basma mukavemetinin yüksek olması ve çok sıkı aynı zamanda kapalı gözenekleri sayesinde su alma yüzdesinin hacminin % 1'i kadar olmasıdır [53].



Şekil 5.38. Haddelenmiş polistren köpük ısı yalıtım levhaları [9]

Türkiye’de ekstrude polistren köpük ısı yalıtım ürünleri, “TS 11989 EN 13164 (30.04.2003):Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak Ekstrüzyonla İmal Edilen Polistren Köpük (XPS)-Özellikler”, standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre ekstrude polistren köpük; polistren ya da polistrenin kopolimerlerinden birinden, genişletilerek ve ekstrude edilerek üretilen, zırlı ya da zırsız, kapalı hücre yapısında olan sert gözenekli plastik yalıtım ürünü olarak tanımlanmaktadır [58].

Ekstrude polistren köpüğün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri: Yüzeyi pürüzsüz iken 0.028, yüzeyi pürüzlü iken 0.031 W/mK (TSE,1999),
- Kullanım sıcaklığı : -50 ile +75/+80 °C,
- Yanma sınıfı: B1 sınıfı zor alev alan,
- Yoğunluğu : ~ 25 – 45 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 8 – 250 (TSE, 1999),
- Su emme: hacimce % 0 – 0.5,
- Mekanik dayanım: 10 – 50 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir.

Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla duvarlarda, betonarme taşıyıcı yüzeylerde, döşemelerde, kırma ve teras çatılarda, soğuk hava depolarında ve tavuk kümeslerinde kullanılmaktadır. Levha şekilli malzeme, kullanım alanı ve amacına göre et kalınlığı 2 – 10 cm arasında üretilmektedir [43]. Ekonomik açıdan EPS ile kıyaslandığında fiyatı daha yüksektir.

5.3.4. Yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri

Alışlagelmiş malzemelerde, genel olarak, yalıtımı sağlayan havadır. Dolayısıyla, yalıtım malzemesinin performansı, havanın ısı iletim katsayısı olan 0,025 W/mK değeri ile sınırlıdır. Bu sınırlamayı asabilmek için, aşağıdaki teknolojilerin esas alındığı yeni teknikler geliştirilmiştir. Bu yeni tekniklerin gelişmesinde diğer etmen malzemedeki istenen özelliklerin artmasıdır ki tek bir malzeme istenen özellikleri karşılamada çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Bu durum karşısında kendisinden istenilen özellikleri karşılamak için kompozit malzeme üretimine geçilmiştir. Yani farklı özellikler taşıyan iki malzeme birbiri ile hem yapısal hem de görev olarak kombine edilip, ortaya ya kendi özelliklerini kaybederek yeni özellikli tek bir malzeme ortaya çıkmakta ya da kompozit yapıyı oluşturan her bir malzeme kendi özelliğini koruyarak ısı yalıtımı konusunda eş güdümlü olarak çalışmaktadır. Bu teknikler sonucu ortaya çıkan yapılar şunlardır;

- Mikro Gözenekli Yapılar
- Vakum Teknolojileri
- Özel Gaz Dolgular
- Saydam Yapılı Yapılar

Son yıllardaki çalışmalar, özellikle, mikro gözenekli yapıdaki, ısıl prosesten geçirilmiş silika (fumed silica) ve silika arojel (silica arojel) ürünler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu malzemelerin ısı iletim katsayıları, 0,010-0,022 W/mK arasında değişmekte olup, alışlagelmiş yalıtım malzemelerine göre daha düşüktür.

Gerek mikro gözenekli yapıdaki gerekse alışlagelmiş yalıtım malzemelerinin vakumlanması suretiyle, 0,004 W/mK gibi düşük değerlere inilebilmesi de mümkün olmaktadır. Bu ürünler, Vakum Panel (Vakumlanmış Yalıtım Panelleri) olarak anılmakta ve istenen sonuç açısından gelecek vadedeki en önemli ürün olarak görülmektedir.

Tanıtım ve ispata yönelik uygulamalar (özellikle mikro gözenekli yalıtım malzemelerinden imal edilen vakum paneller için), geliştirilen yeni ürünlerin iyi bir

performansa sahip olduğunu kanıtlamış, ayrıca endüstriyel uygulamalar açısından gelişmeye açık olduklarını da göstermiştir.

İlk uygulamalar, ısı iletim katsayısı olarak 0,005 W/mK seviyelerine inilebildiğini ve alışıla gelmiş yalıtım malzemelerine göre 5-10 kat daha ince yalıtım kalınlıkları ile istenen sonuçlara ulaşılabilirdiğini göstermiştir.

Pazar araştırmaları, yüksek performanslı yalıtım uygulamaları için büyük bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Bu ürünlerin başarılı olarak kullanılabilirdiği uygulama alanlarından bazılarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- Cephe Uygulamaları ve Hafif Yapılar
- Duvarların İçten Yalıtımı
- Buzdolapları, Derin Dondurucular
- Tanklar ve Nakliye Konteynerleri
- Isıtıcılar, Bacalar ve Boru Tesisatları

Isı yalıtım malzemeleri, ısı iletim katsayılarına göre aşağıda incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Buna göre:

- Alışıl gelmiş Yalıtım Malzemeleri : $\lambda > 0,020 \text{ W/mK}$
- Mikro Gözenekli Yalıtım Malzemeleri : $0,010 < \lambda < 0,020 \text{ W/mK}$
- Vakum Paneller : $\lambda < 0,010 \text{ W/mK}$

Alışıl gelmiş ısı yalıtım malzemelerine göre 2-5 kat daha ince yalıtım kalınlıkları ile aynı performansı veren ve ömrü süresince ısı iletim katsayısı ortalama olarak 0,015 W/mK 'in altında kalan ürünler, Yüksek Performanslı Isı Yalıtım Malzemeleri olarak kabul edilmektedir. Yukarıdaki sınıflandırma incelendiğinde, mikro gözenekli yapıdaki bazı yalıtım malzemelerinin ve vakum panellerin bu kapsama girdiği görülmektedir.

Mikro gözenekli yapıdaki yalıtım malzemeleri, Yarı Şeffaf Yalıtım Sistemi, Vakum Panel ve Kompozit Ürün olarak aşağıdaki uygulamalarda kullanılabilir.

- Çatı Yalıtımı
- Döşeme Yalıtımı
- Boru Tesisatı ve Depolama Tankı Yalıtımı
- Sandviç Cephe Sistemleri
- Güneş Kolektörleri
- Yarı Şeffaf Duvar / Pencere Elemanları

5.3.4.1. Mikro gözenekli yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri

Mikro gözenekli yapıdaki silika esaslı yalıtım malzemeleri, Isıl Proses veya Islak Kimyasal Proses ile imal edilerek, Isıl Prosesten Geçirilmiş Silika (Fumed Silica) ve Silika Aerojel (Silica Aerojel) adını alırlar. Silika aerojeller günümüzde dünyada en hafifi katı madde olarak kabul edilmektedir (Şekil 5.39).

Alışlagelmiş yalıtım malzemelerinde, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını, gazdaki iletim, $\lambda_{\text{gaz/hava}}$, katıdaki iletim, $\lambda_{\text{katı}}$ ve ısıma, birlikte belirlerler. Genelde, $\lambda > \lambda_{\text{gaz/hava}} + \lambda_{\text{katı}} + \lambda_{\text{ısıma}}$ olmakla birlikte, köpükler ve aerojellerde yaklaşık olarak bir eşitlik söz konusudur. Alışlagelmiş yalıtım malzemeleri (Genel ve EPS Köpük) için, gazdaki iletim, katıdaki iletim ve ısımanın nihai ısı iletim katsayısına etkileri aşağıda gösterilmiştir (Değerler oda sıcaklığı içindir).



Şekil 5.39. İçinde çok küçük ve milyonlarca boşluk bulunduran dünyanın var olan en hafif katı maddesi silika aerojel

- Isı İletim Katsayısı gaz/hava 0,025 W/mK 0,025 W/mK
- Isı İletim Katsayısı katı 0,001-0,030 W/mK 0,001 W/mK
- Isı İletim Katsayısı ışıma 0,001-0,010 W/mK 0,011 W/mK

Görüldüğü üzere, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını, büyük oranda içerdiği gazın yani havanın ısı iletim katsayısı belirlemektedir.

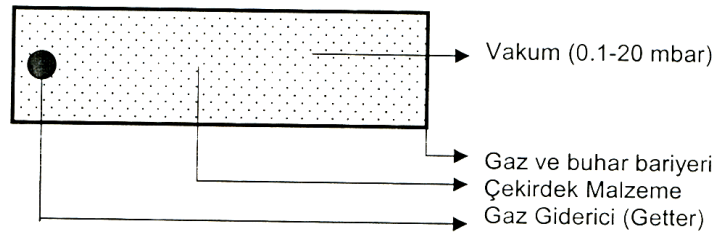
Mikro gözenekli yapıdaki yalıtım malzemeleri, örneğin arojeller incelendiğinde, gözeneklerin çok küçük olması sebebiyle, gazdaki iletimin 0,005-0,010 W/mK değerine düştüğü görülür.

Arojellerin doğal opak yapısı nedeniyle ısıma etkisi de azalmakta, Isıl Prosesten Geçirilmiş Silika (Fumed Silica) ürünlerde bunu sağlayabilmek için opaklık sağlayan katkıları ilave edilmektedir. Sonuç olarak; silika arojel ürünlerin ısı iletim katsayıları 0,020 W/mK değerinin altında kalmaktadır [59].

5.3.4.2. Vakumlanmış ısı yalıtım panelleri

Yukarıda da açıklandığı üzere, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını, büyük oranda, içerdiği gazın yani havanın ısı iletim katsayısı belirlemektedir. Bu hava boşaltıldığı takdirde, teorik olarak ürünün ısı yalıtım özelliğinin iyileştirilmesi de mümkündür. Bu noktadan hareketle vakum paneller geliştirilmiştir.

Vakum Panellerin yapısını aşağıdaki şekil ile tarif edebiliriz (Şekil 5.40). Havanın boşaltılması sonucu vakum panellerde 0,005 W/mK değerinin altında ısı iletim katsayılarına ulaşabilmektedir. Bu tür paneller birçok yerde uygulama alanı bulmuştur (Bkz. Tablo 5.4).



Şekil 5.40. Vakumlanmış panellerin yapısı

- Isı İletim Katsayısı gaz/hava 0 W/mK
- Isı İletim Katsayısı katı 0,003 W/mK
- Isı İletim Katsayısı ısıma 0,001 W/mK

Isıl Prosesten Geçirilmiş Silika (Fumed Silica) ve Silika Aerojel (Silica Aerojel) dışında, Camyünü ve XPS gibi alışlagelmiş ürünler ve vakum panellerde çekirdek malzeme olarak kullanılabilir. Tüm çekirdek malzemeler ile pilot üretimler yapılmış olup, üretimde yaşanan zorluklar, yüksek maliyetler ve uygulamadaki problemlerin asılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Tablo 5.4. Vakum panellerin uygulama alanları

Vakumlu Panel Kullanım Alanları		
Lojistik	Binalar	Ev Aletleri
Konteynerler	Cephe Kaplama	Soğutucular
Tank-Konteynerler	Çatı ve Döşeme Yalıtımı	Dondurucular
	Binaların İç Yalıtımı	Fırınlar
		Mikro Dalga Fırınlar

Uluslararası Enerji Ajansı IEA, tarafından başlatılan araştırma geliştirme çalışmasında hedef pazar binalardır. Vakum paneller ile ilgili olarak, üretimde yaşanan zorluklar, yüksek maliyetler ve uygulamadaki problemlerin asılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bugüne kadar yaşanan problemleri, diğer bir deyişle gelişmeye açık alanları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz.

- Vakumlama prosesi bazı çekirdek malzemeler için zordur.
- Maliyet ve fiyat alışlagelmiş yalıtım malzemelerine göre yüksektir.
- Kırılgan olusu en önemli dezavantajıdır.
- Ürünün 50 yıl ve üzerinde ömrü olduğu iddia edilmekte, ancak, tereddütler bulunmaktadır.
- Uygulama açısından tüm detaylar çözülmüş değildir.

Vakum panellerin ekonomik açıdan değerlendirilmesi durumunda özellikle, 'Az Enerji

Tüketen Yapılar (Pasif Ev-Passive House)' yaklaşımı dikkate alındığında, yeni yapılarda yüksek performanslı ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması aşağıdaki açılardan ekonomik olabilmektedir.

Arazi maliyeti bakımından az Enerji Tüketen Yapılarda (Avrupa'daki Pasif Standartlarda), alışlagelmiş yalıtımın hacmi, toplam yapı hacminin %30'una ulaşmaktadır. Dolayısıyla, yapı için gerekli zemin alanı artacaktır. Bu durumda, Vakum Panel ile yalıtım yapılması halinde; kapalı alan ve bahçe olarak hemen hemen aynı alan kullanılabilirken, arazi maliyetinden de tasarruf etmek mümkündür. Kullanılabilir zemin alanı kazancı bakımından belirli bir yapı alanı için, vakum panel kullanılarak yapılacak yalıtım, daha büyük bir kapalı alan veya oda hacmi elde edilmesini sağlayacaktır [59], [60].

5.3.4.3. Saydam ısı yalıtım malzemeleri

Saydam ısı yalıtım malzemeleri; ısı kaybını azaltırken aynı zamanda ısı kazancını da sağlayan, yüksek güneş ışınımı geçirgenliği ve iyi yalıtım özelliklerine sahip saydam veya yarı saydam malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Bu tür malzemeler güneş ışınlarının en az %40'nı geçirerek masif duvara iletirler. Şekilde saydam yalıtım malzemelerinin bir uygulaması yer almaktadır. Güneş ışınımı saydam yalıtım malzemesi aracılığı ile geçirilerek yutucu yüzey tarafından emilmektedir. Elde edilen ısı enerjisi masif duvar aracılığı ile hacim içerisine iletmektedir. Güneş ışınımının hacmi ısıtmak için yeterli olmadığı zamanlarda bile saydam yalıtım, dış duvarın yüzey sıcaklığının artırılmasına katkıda bulunarak, ısı kayıplarının azalmasına olanak sağlamaktadır. Yalnız yaygın ışınımın olduğu kapalı atmosfer koşullarında ise saydam yalıtım davranışı opak yalıtıma benzemeye başlamaktadır. Ancak saydam yalıtılmış dış duvarlar, gün boyunca güneş ışınımında kazandığı ve duvarda depoladığı enerjiyi gece saatlerinde iç ortama aktararak ısı konforun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Opak yalıtım kullanılan geleneksel dış duvarlar saydam yalıtım kullanılmış duvarlar ile karşılaştırılacak olursa saydam yalıtım kullanılan duvarların iç yüzey sıcaklıkları, iç hava sıcaklığından daha yüksek olmakta, dış duvarlar iç ortam için bir ısı kaynağı olmakta ve saydam yalıtım uygulanmış dış duvarlar güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürücü olarak işlev görmektedir. Saydam

ısı yalıtım malzemeleri, ‘Optik Özellikleri Değişken Saydam Yalıtım Malzemeleri’ ve ‘Optik Özellikleri Sabit Saydam Yalıtım Malzemeleri’ olarak iki grup altında ele alınabilmektedir.

Optik özellikleri değişken saydam yalıtım malzemeleri; optik özelliklerin değişimi sonucu, güneş ışınımı spektrumunun tümü veya belli bir bölümü için, yüksek geçirgenlik, kısmen yansıtıcılık ve hatta emici olma özellikleri aynı elemanda görülebilmektedir. Optik özelliklerin değişimine sebep olan etkenler elektriksel alan, ışık şiddeti ve ısıdır. Buna bağlı olarak optik özellikleri değişken saydam yalıtım malzemeler üç grupta toplanmaktadır.

- Elektriksel Olarak Etkilenenler
- Işık Şiddetinden Etkilenenler
- Isıdan Etkilenenler

Optik özellikleri sabit saydam yalıtım malzemeleri, yalıtım özelliklerinin yanında güneş enerjisinin kullanımına da imkan tanıdıkları için opak yalıtıma göre çok daha fazla enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir. Bu malzemelerin binalarda kullanımı ısıtmanın istendiği dönem için idealdir ancak, ısıtmanın istenmediği dönemde binanın aşırı ısınmasına sebep olabilmektedir. Aşırı ısınma problemine, saydam yalıtımın önüne konan gölgeleme elemanları ile çözüm getirilebilmektedir.

Yalıtım camı üniteleri: Yapılarda ısı etkenine karşı kullanılan doğal ve yapay kökenli ısı yalıtım ürünlerinin yanı sıra, duvar boşluklarındaki ısı kayıp ve kazançlarını engellemek amacıyla yalıtım camı üniteleri kullanılmaktadır.

Yalıtım camı ünitesi; iki ya da daha çok sayıda cam plakanın aralarında kuru hava ya da çeşitli gazlar bulunduracak şekilde fabrika koşullarında bir araya getirilmesiyle oluşturulan ürünlerdir. Bu ürünler, ısı ve güneş kontrolünü sağlamaktadır. Yalıtım camı ünitelerinin etkinliği;

- Yalıtım camı ünitesi ara boşluk genişliği,
- Yalıtım camı ünitesi ara boşluk dolgusu,

- Yalıtım camı ünitelerine uygulanan kaplamalar (low-e) ile ilişkili olarak değişiklik göstermektedir.

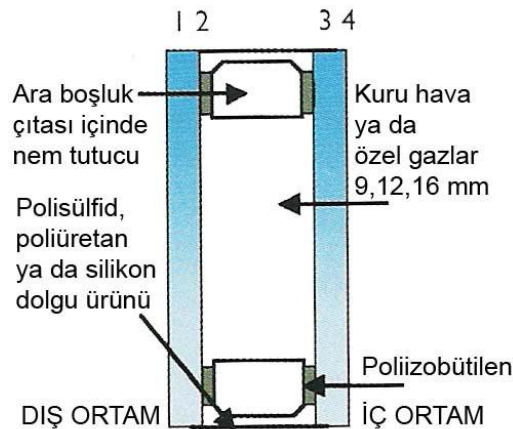
Bu durum;

- Ara boşluk genişlikleri 9-16 mm arasında değişiklik gösteren yalıtım camlarında bu değer in büyüklüğüyle orantılı olarak ısı iletkenliğinin azalması,
- Standart yalıtım camı ünitelerinde bulunan kuru havanın yerine, ağır gazlar kullanılırsa camların ısı iletkenliği azalması,
- Yalıtım camı ünitelerinde kullanılacak özel kaplamalarla ısı kayıp ve kazançlarının engellenebilmesi şeklinde açıklanabilmektedir.

Yalıtım camı üniteleri işlevleri ve özelliklerine göre;

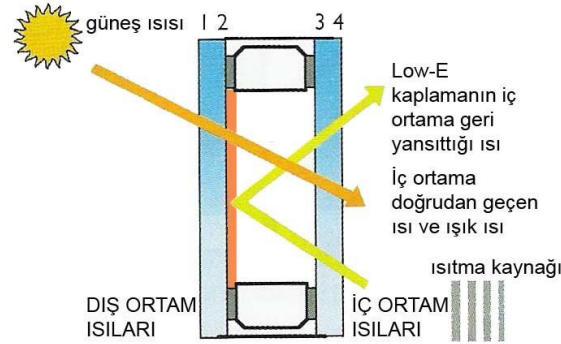
- Standart yalıtım camı ünitesi,
- Low-e ısı kontrol kaplamalı cam ünitesi,
- Low-e ısı ve güneş kontrol kaplamalı cam ünitesi olarak ele alınmaktadır

Standart yalıtım camı ünitesi; iki ya da daha çok cam plakanın aralarında ortam basıncına uygun kuru hava ya da özel gazları barındıracak şekilde fabrika koşullarında bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Şekil 5.4’de de gösterildiği gibi, camların birleşimlerinde nem ve ısı sızdırmaz ürünlerin kullanımına dikkat etmek gerekmektedir.



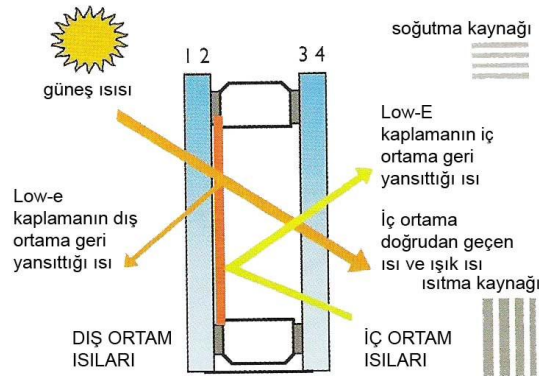
Şekil 5.41. Standart yalıtım camı ünitesi kesiti [61]

Low-E ısı kontrol kaplamalı cam ünitesi; standart yalıtım camı ünitesi ile aynı sistemde kurgulanmakta, ancak, dış camın 2. yüzeyinde ısı kontrol kaplaması bulunmaktadır (Şekil 5.42). Bu tür camlar, oda içi nem oranına bağlı olarak soğuk günlerde oda içine bakan camlardaki terlemenin önlenmesini ve pencere önlerindeki soğuk bölge kavramının ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 5.42. Low-E ısı kontrol kaplamalı cam ünitesi kesiti [61]

Low-E ısı kontrol kaplamalı cam ünitesi; low-E ısı kontrol kaplamalı cam ünitesinde olduğu gibi, dış camın 2. yüzeyinde bir kaplama bulunmaktadır (Şekil 5.43). Bu kaplama, dışarıdan gelecek güneş ısını içeriye almayacak ve aynı zamanda içerideki ısının da dışarı kaçmasını engelleyecek niteliktedir. Bu yolla, iç ortam ve dış ortam arasındaki ısı dengesi, ışık girişi engellenmeden gerçekleşmektedir.



Şekil 5.43. Low-E ısı ve güneş kontrol kaplamalı cam ünitesi kesiti [61]

5.3.4.4. Metal sandviç paneller

Metal sandviç paneller, iki metal levha arasında çeşitli kalınlık ve yoğunlukta ısı yalıtım malzemesi doldurularak elde edilir. Bu metal levhaların yapımında kalınlığı

0,5-0,7 mm arasında değişen alüminyum veya galvanize sac levhalar kullanılır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesi ise genellikle poliüretan ve camyünü olmaktadır. Üretim aşamasında bir uçtan üretim hattına giren metal levhalar şekillendirilerek, panelin alt ve üst yüzeylerini oluşturan forma sokulmaktadır (Şekil 5.44).



Şekil 5.44. Sandviç panel

Daha sonra metal levhalar arasına yalıtım malzemesi doldurulmakta, yalıtım malzemesi ve metal levhalar kompozit bir panel oluşturmaktadırlar. Paneller istenilen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmektedirler. Metal sandviç paneller özel fırın boya ile istenilen her renge boyanabilmektedir. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine polietilen koruyucu folyo uygulanabilmektedir. Metal sandviç panelleri ısı yalıtım malzemesine ve yüzey kaplama malzemesine göre iki grupta sınıflandırmak mümkündür [62].

Isı yalıtım malzemesine göre sandviç paneller; Mineral yün izolasyonlu metal sandviç paneller ve Poliüretan izolasyonlu metal sandviç paneller olmak üzere iki farklı türdedir.

Mineral yün izolasyonlu metal sandviç paneller, galvanize veya alüminyum dış kabuk arasına yoğunluğu 100-110 kg/m³ arasında değişen taş yünü ve yoğunluğu 60- 70 kg/m³ arasında değişen camyünü izolasyon tabakası kullanılan panellerdir.

Mineral yün, dolgu panelin içine, birbirine göre şaşırtılmış eklerle

yerleştirilmektedir. Tas yünü dolgu paneller, diğer kompozit panellere kıyasla daha ağır olduklarında dolayı, nakliye ve şantiyede daha rahat taşınması için tavsiye edilen maksimum boylar; 50 mm kalınlıklı paneller için 6 metre, 80 mm kalınlıklı paneller için 5 metre ve 100 mm alınlıklı paneller için ise 4 metredir. Panellerin yapımında kullanılan yalıtım malzemelerinin DIN 4102'ye göre A sınıfı yanmaz malzeme olması ve DIN 4109'a uygun ses yalıtımı sağlaması gerekmektedir. Aşağıdaki Tablo 5.5'de taşıyıcı izolasyonlu metal sandviç panellerin yapı fiziği değerleri verilmektedir [62].

Tablo 5.5. Taşıyıcı izolasyonlu metal sandviç panellerin yapı fiziği değerleri

Panel Kalınlığı (mm)	λ Değeri (W/m K)	Yangın Dayanımı (DIN4102-TSE263)	Ses Yalıtımı (Db)
50	0,60	F60	30
60	0,50	F60	32
75	0,41	F90	32
100	0,31	F120	32

Poliüretan izolasyonlu metal sandviç paneller, şekillendirilmiş iki metal levha arasına yoğunluğu 38-42 kg/m³ arasında değişen sert köpük malzeme enjekte edilmesiyle gerçekleştirilen panellerdir. Poliüretan 0,035 W/mK ısı iletkenlik katsayısı değerine sahiptir. 4 cm poliüretan köpük, 4,5 cm polistren köpük, 4,5 cam mineral lifli yalıtım malzemeleri, 30 cm gaz beton, 50 cm tuğla duvar ve 240 cm betonarme duvar ile eşit ısı geçirgenlik katsayısına (U değerine) sahiptir. Bu nedenle panel kalınlıklarının diğer dış kabuk malzemelerine göre daha ince kullanılabilmesi mümkündür. Uygulandığı bölge şartları dikkate alınarak 3,5-10 cm arasında değişen kalınlıklarda kullanılabilir.

Yüzey kaplama malzemesine göre sandviç paneller; Gofrajlı veya düz alüminyumlu, Galvanizli saclı, Karma paneller, Membran Örtülü sandviç paneller olmak üzere çeşitlere ayrılır.

Gofrajlı veya düz alüminyumlu panellerde, panel yapımında kullanılacak alüminyum

malzemelerin, DIN 1725 ve TSE 412 standartlarına uygun olması gerekmektedir. Kullanılan alt ve üst yüzey malzemesinin tipine göre 0,4-0,7 mm arasındaki kalınlıklarda değişen ve isteğe bağlı olarak gofrajlı yani trapez, tırtıl, fugalı veya düz desende profilendirilen panellerdir (Şekil 5.45).



Şekil 5.45. Trapez kesitli panel

Galvanizli panellerde kullanılan sac malzemesinin DIN 1725 ve TSE 412 standartlarına uygun olması gerekmektedir. Bu paneller dış hava koşullarına dayanım sağlamaları ve uzun ömürlü olmaları için polyester, food grade polyester, plastisol veya PVdf adı verilen özel boyalarla boyanmaktadır [60].

Karma paneller, metal sandviç paneller her iki tarafı alüminyum veya galvanizli sac ya da bir tarafı alüminyum diğer tarafı galvanizli sac olarak üretilebilmektedirler.

Membran örtülü türlerinde ise, bir yüzeyi metal, diğer yüzeyi membran kaplama olarak üretilen panellerdir. Genellikle teras çatı uygulamalarında kullanılan panel türüdür [60].

5.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması

Ticari yalıtım malzemeleri genellikle iki temel yapıya sahiptirler.

- Katı parçacıkların veya liflerin sürekli gaz ortam içinde dağılmasıyla elde edilen yapılar.

- Sürekli katı bir matris içinde gaz dolu boşlukların gelişigüzel boşlukları ile oluşan gelişigüzel strüktür.

Az miktarda katı malzeme sürekli hava boşluğu içinde dağılmışsa bu katı malzeme boşluk içindeki kondüksiyon ve radyasyonla ısı iletimini engeller ancak kondüksiyonla ısı iletimini az miktar artırır. Sonuç olarak boşluğun ısıl direncini önemli bir miktar artırır. Cam, kaya, plastik gibi ısı iletimine az bir direnç gösteren katı malzemeler bu şekilde kullanıldıklarında iyi bir ısı yalıtım malzemesi oluşturabilirler [63].

Yaşlanma etkisi: Eğer hücreler içinde havadan başlıca bir gaz varsa bu gaz hücre zarından difüzyon ile dışarı kaçmaya eğilimidir. Bu arada hava ve su buharı ise hücre çeperinden, dışarıdan içeriye doğru girmeye çalışırlar. Bu iki difüzyon süreçleri birbirlerinden bağımsız olarak birbirlerinden farklı hızlarda gelişirler. Büyük moleküllü FREON 11 ve FREON 12'nin iyi kalitedeki poliüretan köpükten atmosfere yayılması yıllar alır. Halbuki karbondioksitin aynı köpükten dışarı yayılımı birkaç gün içinde gerçekleşir. Havanın hücre içinde yayılımı ise haftalar mertebesinde. Süreler yüksek sıcaklıklarda daha kısadır. Hücreler içindeki gaz karışımı için sağlanan ısıl direncin büyüklüğü denge sağlanıncaya kadar zamanla değişir. Bunun sonucu olarak yalıtımın ısıl direncide malzeme yaşlandıkça değişecektir. Hesaplarda binanın beklenen kullanım ömrü içinde aşırı sıcaklıklarda ve su buharının yoğunlaşması durumunda ve malzemenin tamamen yaşlandığı zamandaki direnç değerleri kullanılmalıdır. Açık boşluklu yalıtımlar yalnızca hava barındırdıkları için kapalı hücreli yalıtımlardaki gazın gözeneklerden kaçması ile ortaya çıkan ısıl direnç değişikliğini göstermezler. Alüminyum folyo veya metal gibi geçirimsiz malzeme ile kaplanması halinde (hazır poliüretan paneller gibi) kapalı hücrelerdeki gazın difüzyonu önlenir. Az geçirimli tabakalar ile zırhlama yapılması halinde difüzyonu düşürür.

Isıl direnç üzerine yoğunluğun etkisi: Her tip yalıtımın direnci, içindeki katı malzemenin miktarına sıkı bir şekilde bağlıdır. Düşük yoğunluklarda bu bağımlılık daha da etkilidir. Çok düşük yoğunluklarda o kadar az katı malzeme vardır ki konveksiyon ve radyasyonla gerçekleşen ısı transferinin miktarı fark edilebilir

mertebededir. Katı malzemenin oranı arttıkça radyasyon ve konveksiyonla ısı transferi gayet küçük değerler alır. Bu arada kondüksiyonla artan ısı iletimi ile konveksiyon ve radyasyonla azalan ısı iletiminin dengelediği bir nokta vardır ki bu yoğunlukta maksimum direnç elde edilir. Bu noktadan sonra katı malzeme arttıkça direnç azalacaktır. Yalıtım ile temas edecek şekilde yansıtıcı yüzey ile kaplanmış yalıtımlar düşük yoğunluklarda ısıl direncin artırılması amacıyla kullanılabilirler. Eğer yalıtım düzeyleri düşük inisivitiye sahip olursa, radyasyonla ısı iletimi azalacak ve toplam direnç, yoğunluğa daha az bağımlı olacaktır. Yalıtım maliyeti yoğunlukla çok sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Üreticiler birim kalınlık başına maksimum R(direnç) için gerekenden daha düşük yoğunluktaki malzemeleri pazarlamaya eğilimlidirler. Çünkü daha düşük yoğunluk birim direnç başına daha küçük maliyet demektir.

Ortalama sıcaklıklara etkisi: Binalardaki yalıtım malzemeleri -50° - 200° F ve üzerine kadar değişen sıcaklıkların etkisinde kalırlar. Dolayısıyla malzemedeki ısı akısı ve yalıtım malzemesinin ısıl direnci, boşluklardaki havanın ısıl direncinin sıcaklıkla değişimine paralel olarak değişecektir.

$$^{\circ}\text{C}=(^{\circ}\text{F}-32) 5/9$$

$$^{\circ}\text{C}=(-50-32) 5/9 = - 45,5\sim 46$$

$$^{\circ}\text{C}=(+200-32) 5/9 = 93\sim 100 ^{\circ}\text{C}$$

Sıcaklık arttıkça yalnızca kondüksiyonla ısı transferinden kaynaklanan direnç azalır. Mesela -50° F bir inç kalınlıktaki hava boşluğunun direnci yaklaşık 7'dir. Hâlbuki aynı hava boşluğunun 150° F direnci yaklaşık 5'tir. Hava boşluklu yalıtım malzemelerinde benzer durum görülür. Cam lifli yalıtım malzemesinin direnci -50° F 6,5 iken, $+150^{\circ}$ F 4 değerine düşer. Yeni üretilen poliüretan köpüklerin ısıl direnci sıcaklık $+50^{\circ}$ F üzerine çıktıkça da altına düştükçe de azalır (50° F'da maksimum değer denilebilir). Bunun sebebi kapalı hücrelerin içindeki köpük yapıcı gazın yoğunlaşmasıdır.

Tasarım direnci: Pek çok yalıtım malzemesinin direnç değeri, kitapçıklarda, teknik literatürlerde, broşürlerde oda sıcaklığı için verilmiştir. Kritik olmayan tasarımlarda

tek bir ortalama sıcaklık değerine dayanan bu değerler, çalışma sıcaklığı bunun dışına ıkırsa bile yalıtım malzemelerini seçmek ve karşılaştırmak için yeterli olabilir. Daha ciddi tasarımlarda yalıtım kalınlığını minimize etmek isteyen veya en ekonomik kalınlığı seçmek isteyen tasarımlarda ısıl direnci etkileyen faktörlerin dikkate alınması gerekir. Özellikle kapalı boşluklarında havadan başka gaz ihtiva eden yalıtımlarda gazda yoğuşma oluşması ile birlikte ısıl direnç azalacaktır. Ayrıca su buharı basınçlarından dolayı eleman kesitini geçen su buharının yoğuşması veya basınçlı yağmur kar ve benzeri suların geçmesiyle ıslanan malzemelerin ısıl dirençlerinin azalacağı unutulmamalıdır.

Fiziksel özellikleri bakımından karşılaştırılması: Lifli yapıda olan ısı yalıtım malzemeleri ile termo-plastik yapıda olanlar arasında belirgin farklar vardır. Camyünü ve taş yünü gibi lifli yapıdaki malzemelerin buhar geçirgenlik direnci $\mu = 1$ gibi çok düşük bir değer olurken ahşap yününde bu değer $\mu = 4-6$ arasında olup camyünü ve taş yününe göre biraz daha yüksek olmaktadır. EPS, XPS ve poliüretan gibi termo-plastik malzemelerin buhar geçirgenlik dirençleri 10-200 arasında değişmektedir. μ değeri düşük olan ısı yalıtım malzemeleri kesit içinde i yüzeye yaklaştıka yoğuşma riskini arttıırırlar ve buhar kesici malzemelerle korunmaları gerekebilir.

Isı yalıtım malzemelerinde aranan en önemli özellik ısı iletkenlik katsayısının düşük olmasıdır. Camyünü ve taş yünü gibi lifli malzemelerin TS 825'e göre ısı iletkenlik katsayısı $\lambda = 0,04$ W/mK iken bir diğer lifli malzeme ahşap yününde bu katsayı 0,09 W/mK arasında değişmektedir. Bu değer ahşap yününün ısıyı daha fazla geçirdiğini göstermektedir. Bu olumsuzluğu, ısı iletkenlikleri düşük malzemelerin ahşap yünü ile kaplanması ile elde edilen kompozit ürünlerle çözümlenebilmektedir.

EPS, XPS ve poliüretan gibi plastik esaslı malzemelerin içindeki hava gözeneklerinin oldukça küçük ve kapalı yapıda olması ısı iletkenlik değerlerinin lifli malzemelerden düşük olmasına neden olmaktadır (λ yaklaşık 0,04 W/mK). EPS'de λ değeri yoğunluk arttıka iyileşir. Düşük yoğunluklarda $\lambda = 0,04$ W/mK olabilmektedir.

Yapısı açık gözenekli olan lifli malzemelerin su ile temasında malzeme bünyesinde bulunan hava boşluklarının, iletkenliği çok fazla olan su ile dolması malzemenin yalıtım özeliğini bozar. Bu gruba giren malzemelerden ahşap yünü, taş yünü ve camyünü böyle bir durumda yalıtım görevlerini aksatırlar. Ancak günümüzde özel işlemlerden geçirilmiş taş yünün' de su emme değeri %1'in altına çekilebilmektedir.

Su alma yüzdeleri oldukça düşük olan plastik esaslı EPS, XPS ve Poliüretan kapalı gözeneklere sahiptirler ve bu küreciklerin çeperleri su geçirmezler. Ancak EPS'nin üretimi sırasında küreciklerin birbirlerine iyi yapışmaması durumunda küreler arasında su kalabilmektedir. Poliüretanın bünyesine suyu az almakla beraber yine de EPS'den fazladır. 24 saat suya daldırılmış poliüretan numunesi hacminin %0,2-1'i kadar su alırken, birkaç haftalık numunelerde bu oran %3/5 civarındadır. Sıkı ve kapalı gözenekli bir yapıya sahip olan XPS'nin su alma yüzdesi hacminin %1'i civarındadır. Isı yalıtım malzemelerinin hemen hemen hepsi asitlere ve çözücü maddelere karşı duyarlıdırlar. Mineral yünleri ve ahşap yünü, polimer esaslı malzemelerden daha dayanıklıdır.

Sıcaklığa dayanım ve yanma durumu bakımından ele alındığında mineral kökenli malzemelerden camyünü ve taş yününün sıcaklığa dayanımları fazla olmaktadır. Bunun nedeni hammaddelerinin cam ve taş gibi yanma özellikleri olmayan mineral maddelerden oluşmasıdır. Yangın sınıfı olarak da A (yanmaz) grubuna girerler. Ancak hammaddesi yanabilen madde ahşap olan lifli malzeme ahşap yünü B1 (zor alevlenen ve kendi kendine sönebilin) sınıfındadır. Plastik esaslı malzemelerden olan EPS, XPS ve poliüretan yanıcı malzemelerdir. Ancak zor alev alıcı veya kendi kendine sönmeye özelliklerine sahip olabilmeleri için üretim esnasında özel maddeler katılmaktadır. Böylece B1 sınıfına dahil olurlar.

Isı yalıtım malzemelerinin basınç, çekme, kopma v.s. gibi dayanımları yoğunluklarına göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunluklarda az, yüksek yoğunluklarda ise genellikle fazla olmaktadır. Taşyününün basınç mukavemetinin cam yününden fazla olmasının nedeni camyününde liflerin yatay doğrultuda, taş yününde ise liflerin her doğrultuda olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kopma mukavemeti camyününde liflerin doğrultusuna göre değişmektedir.

Plastik esaslı malzemelerin basınç, çekme, kopma vs. gibi mukavemetleri lifli malzemelere göre daha yüksektir.

Kullanım alanları bakımından karşılaştırılması: Isı yalıtım malzemeleri sahip oldukları özelliklere göre doğru bir şekilde uygulanmaları gerekmektedir. Rastgele kullanıldıklarında gerekli verim alınamamakta ve yalıtım görevlerini yerine getirememektedirler.

Lifli malzemelerden cam yünü ve taş yününün su alma riski, EPS, XPS ve Poliüretan'a göre oldukça fazladır. Bu nedenle buhar kesici kullanmak şartıyla içten yalıtımlarda ve kapalı çatılarda kullanılmaları uygun dur. Yoğunlukları fazla olan taşyününün basma mukavemetlerinin fazla olması nedeniyle üzerinde gezilen ve gezilmeyen çatılarda alttan buhar dengeleyici, üstüne ise su yalıtımının uygulanması ile kullanılmaları gerekmektedir. Camyünü ise yüklenemez olmasından dolayı teraslarda ve döşemelerde kullanılamamaktadır.

Ahşap yününün geleneksel sıvayla aderansının yüksek olması nedeniyle dıştan yalıtımda kullanılabilirken geleneksel sıva ile aderansı olmayan camyünü dıştan yalıtımda kullanılamamaktadır. Giydirme cephe uygulamalarında ısı yalıtım malzemesi hangisi olursa olsun yangın bariyerlerinin yerleştirilmesi önemli olmaktadır. Taş yünü giydirme cephelerde kullanılabileceği gibi ince sıva yardımı ile dış duvarda dışarıdan yalıtım yöntemi ile uygulanabilmektedir.

Lifli ısı yalıtım malzemeleri kapiler su emmeleri olmayacak şekilde işlemlerden geçirildikten sonra, polimer ısı yalıtım malzemeleri gibi çift duvar arasında kullanılabilirler. Ancak iki duvar arasındaki boşluğun dibinde yoğuşma vb. sebeplerden kaynaklanacak su problemi için gerekli detayların oluşturulması gerekmektedir.

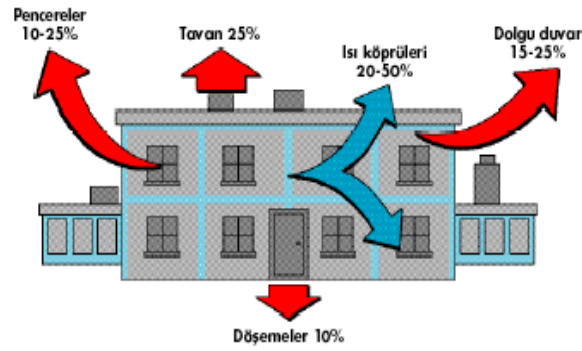
Su alma riskleri hemen hemen hiç olmayan XPS ve EPS yüksek mukavemetleri nedeni ile üzerinde gezilen veya gezilmeyen çatı ve teraslarda ters yalıtım yöntemi (su yalıtımının ısı yalıtımı altında olması durumu) ile uygulanabilmektedir. Ayrıca EPS ve XPS dıştan yalıtımda polimer esaslı ince sıva ile iyi sonuç

verebilmektedirler. Poliüretan ülkemizde genellikle sanayi yapılarında sandviç panellerde kullanılmaktadır. Ahşap yününün tavan yalıtımında kullanılması uygun olmaktadır [63].

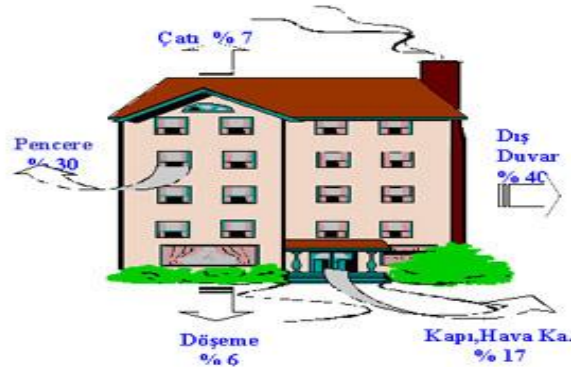
BÖLÜM 6. BİNA ELEMANLARINDA UYGULANAN ISI YALITIM SİSTEMLERİ

Yapı teknolojisindeki gelişmeler ve buna bağlı değişimler kalın ve tek tabakalı eski kabuk yapısını değiştirmiş, katmanlardan oluşan kesitleri gündeme getirmiştir. Yalıtım malzemelerinin ve yapı elemanlarının oluşturduğu katmanlaşmış kesitler; örtülü çatılar (soğuk çatılar), teras çatılar (sıcak çatılar), bina dış duvarları, altı dışa açık döşemeler, toprağa oturan döşemeler ile betonarme kolon ve kirişler (ısı köprüleri) şeklinde sınıflandırılmaktadır [64]. Yapının bu bölgeleri ısı kayıp yerleri olup kayıp miktarları ve oranları gösterilmektedir (Şekil 6.1 - 6.2).

Bu doğrultuda, konutlarda ısı yalıtımı uygulanan bölgeler; çatılar, döşemeler, betonarme kolon ve kirişler (ısı köprüleri) ve duvarlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 6.1. Tek veya iki katlı binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları[65]



Şekil 6.2. Çok katlı binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları

Mevsim değişiklikleri ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkları iki ortam (konfor şartlarını sağlamaya çalıştığımız iç mekanlar-dış hava) arasındaki ısı geçişini azaltmak için bina dış kabuğunu oluşturan çatı, döşeme, duvar, kolon-kiriş, pencere ve kapı gibi elemanlarda alınması gereken önlemler aşağıda incelenmektedir.

6.1. Duvarlarda Yapılan Isı Yalıtımı

Binalardaki ısı kayıpları, duvar, döşeme ve çatı konstrüksiyonları ile baca, pencere ve kapı gibi yapı elemanlarından gerçekleşmektedir. Bu bölgelerden oluşan ısı kayıpları oranları yapının mimarisine, konumuna, ısı yalıtım durumuna ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Ancak genel olarak, bina yüksekliği arttıkça dış duvarlardan gerçekleşen ısı kayıp oranlarının da arttığı görülmektedir. Son yıllarda diğer binalarda olduğu gibi konutların da bina yükseklikleri göz önüne alındığında dış duvarlara ısı yalıtımı uygulanması gereği bir defa daha anlaşılmaktadır.

Duvarların genelde taşıma, ayırma, ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve yangından koruma gibi temel işlevleri vardır. Duvar tek bir katmandan oluşabileceği gibi, birden fazla katmandan oluşan bir yapı elemanı olarak da ele alınabilmektedir. Yapı dış duvarları geçmişteki kalın, ağır ve homojen yapılarına karşılık; günümüzde, gelişen taşıyıcı sistemlerin bir sonucu olarak incelmış ve hafiflemiştir. Dolayısıyla farklı malzemelerden ve katmanlardan oluşan detaylar ortaya çıkmıştır.

Bu bölümde, dış duvarlarda yapılan ısı yalıtım detayları ve uygulamaları incelenmektedir. Dış duvarlarda yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre çeşitli farklı sistemlerde uygulanmaktadır.

6.1.1. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtımı

Dış ülkelerde yaygın bir şekilde kullanılmakta olan bu sistem Türkiye’de son birkaç yıldır uygulanmaktadır. Dışarıdan yapılan yalıtım, yapı fiziği yönünden en uygun sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistemde yalıtım binayı bir manto gibi sarmakta, soğuk köprü bırakmamaktadır. Böylece sıcaklık değişimlerinden meydana

gelecek gerilme ve çatlaklar önlenmekte, havalandırma sayesinde konstrüksiyonun sürekli kuru kalması sağlanmaktadır (Şekil 6.3) Isıtma sisteminin kısa süreli kapatılması (geceleri) halinde, iç ortam sıcaklığının düşmesi önlenmektedir. Bu durum ofis, okul gibi kısa aralıklarla sürekli kullanılan binalar için önemli bir özellik olmaktadır.

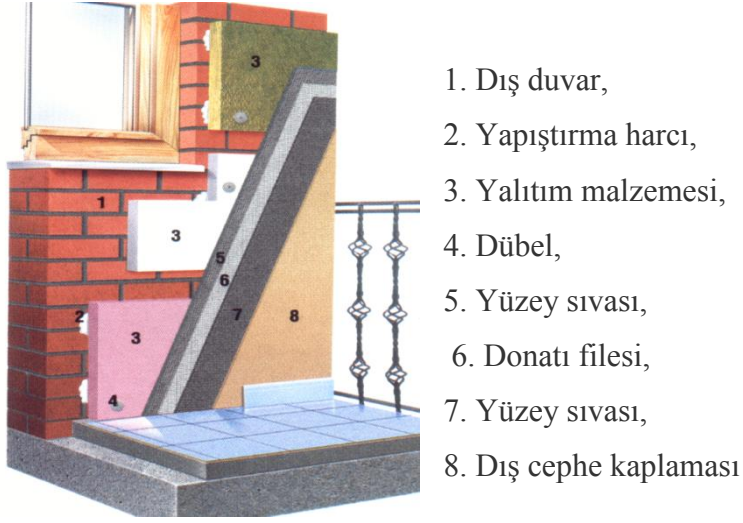


Şekil 6.3. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulaması

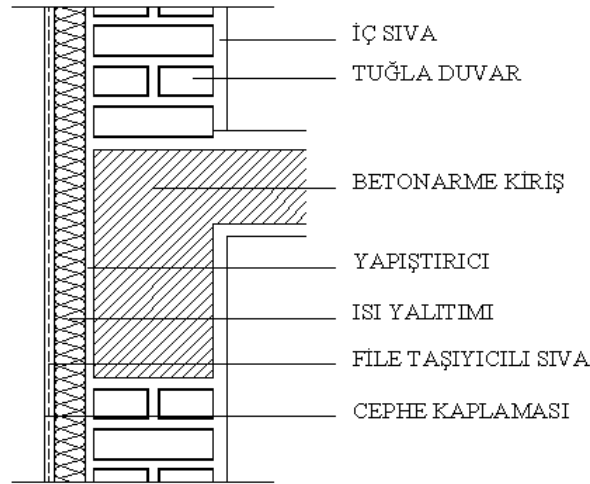
Mantolama sistemi, yeni yapılara uygulanabileceği gibi, mevcut binalara da kolayca uygulanabilmektedir. Dıştan ısı yalıtımı eski bina yüzeylerinde kullanılarak binaya yeni bir görünüm kazandırmaktadır. Kullanılmakta olan binalarda, uygulama sırasında tüm işlemler bina dışında gerçekleşmektedir. Bunun için tüm cepheye iskele kurulması gerekmektedir.



Şekil 6.4. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulaması

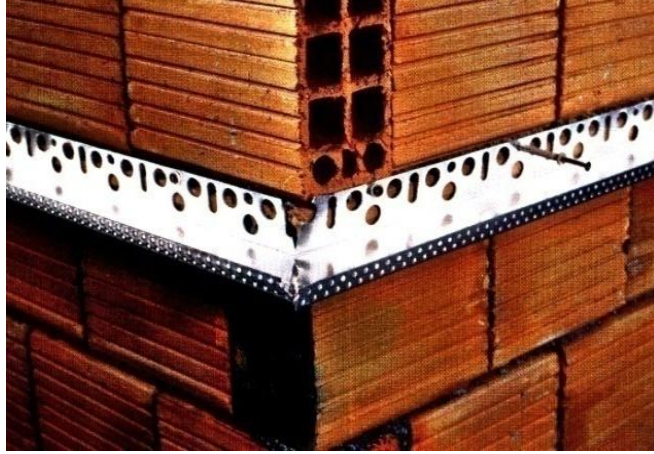


Şekil 6.5. Duvarların dıştan yalıtımında kullanılan taş yünü, genleştirilmiş polistren sert köpük (EPS) ve haddelenmiş polistren sert köpük (XPS) levha uygulama detayı [44]



Şekil 6.6. Dış duvarlarda dıştan yalıtım detayı

Sistemin uygulamasında öncelikle duvar yüzeyine başlangıç profilleri yerleştirilmektedir. Başlangıç profilinin ölçüsü, kullanılacak yalıtım levhasının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenmektedir. Profiller duvarlara özel dübeller ile tespit edilmektedir. Köşe bağlantıları ise, başlangıç profili köşe elemanlarıyla veya profilin köşeye uygun olarak kesilmesiyle oluşturulmaktadır (Şekil 6.7). Uygulama yapılacak yüzeydeki eğrilikler, yapıştırıcı, siva veya yalıtım levhalarının uygun kalınlıklarda kullanılmasıyla giderilebilmektedir. Isı yalıtım levhaları cephelerde ve köşelerde şaşırtmalı olarak yerleştirildikten sonra yapıştırma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 6.7. Başlangıç (subasman) profilinin yerleştirilmesi [44]

Yapıştırma iki farklı metot kullanılmaktadır. Noktasal yapıştırma metodunda, yalıtım levhalarının kenarları boyunca yapıştırıcı sürülmekte, orta kısımlara da noktasal olarak öbekler halinde yapıştırıcı uygulanmaktadır. Yalıtım levhalarının dış kenarlarına yapıştırıcı sürülmemesi dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır (Şekil 6.8). Dişi mala ile uygulama yapılacak yüzeylerde eğriliklerin olmaması gerekmektedir. Yapıştırıcı, yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde sürülmektedir. Daha sonra bu yüzey dişi mala ile taranmaktadır. Yalıtım levhalarının dış kenarlarına yapıştırıcı sürülmemesi dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır (Şekil 6.9).



Şekil 6.8. Yapıştırma noktasal yapıştırma metodu [44]



Şekil 6.9. Yapıştırımda dişi mala metodu [44]

Yapıştırıcı sürüldükten hemen sonra yalıtım levhaları, birbirlerine bitişirilerek tam binme yapmaları sağlanmakta, duvar yüzeyinde ve köşelerde şaşırtmalı olarak yerleştirilmesine dikkat edilmektedir. Levhaların birleşim yerlerinde yüzeyin düzgün olması için törpüleme işlemi yapılmaktadır. Pencere gibi cephenin açık kısımlarında; levhalar bu kısımlara uygun olarak kesilerek uygulanmaktadır. İyi bir yapışmanın sağlanması için yalıtım levhalarına, geniş yüzeyli düzgün bir tahta parçası ile vurmak gerekmektedir. Yalıtım levhalarının yüzeye yapıştırılma periyodu sonrasında ise dübelleme işlemine başlanmaktadır. Kullanılacak dübel ve açılacak derinlik seçimi, uygulanacak duvar özelliklerine uygun olarak yapılmaktadır.

Dübelleme işlemi iki farklı türde dübellerle yapılmaktadır. Çakma dübel, yalıtım levhalarının üzerine matkapla açılan deliklere yerleştirilmekte ve çakılarak sabitleştirilmektedir. Patlatma dübel ise matkap ile yalıtım malzemesinin üzerinden patlatılarak sabitleştirilmektedir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Patlatma ve çakma dübellerin uygulanması [44]

Dış cephe yalıtım uygulamalarında, pencere, kapı ve duvar elemanlarının köşelerinde düzgün bir kenar oluşturabilmek için özel köşe profilleri kullanılmaktadır. Köşe profilleri, donatı katmanının oluşturulmasından önce köşeye yerleştirilerek, üzeri sıva ile kapatılmaktadır (Şekil 6.11). Alt kat sıvası yüzeye mala ile sürüldükten sonra, henüz kurumamış olan yüzey üzerine donatı filesi, kenarları birbirinin üzerine binecek şekilde yerleştirilmektedir. Sistemin donatısını bu katman oluşturmaktadır. Sıva içerisine gömülecek olan fiber donatı filesi, ilave olarak, pencere ve kapı köşelerinde, yatayla 45⁰'lik açı yapacak şekilde uygulanmaktadır. İnce katmanlı alt kat sıvada, fiber donatı, katman kalınlığının ortasına gelecek şekilde sıva içerisine bastırılarak gömülmektedir (Şekil 6.12) [44]. Kalın katmanlı alt kat sıvada ise, fiber donatı katmanının kalınlığının üçte birlik kısmına yerleştirilmektedir. Cephenin zemine yakın yerlerinde yaşanabilecek darbe riskine karşı, bu bölgelerde darbelere karşı dayanıklı bir sistem oluşturmak gerekmektedir. Bu durumda yapılabilecek uygulama, bu bölgelerde kullanılacak filenin dört kat güçlendirilmiş donatı filesi olarak tercih edilmesi ve son kat sıvada darbelere karşı güçlendirilmiş özel sıva kullanılmasıdır (Şekil 6.13 – 6.14). Son kat kaplamanın uygulanması, istenilen dokudaki boya veya kaplama malzemesinin rulo veya mala ile donatı katmanına uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6.11. Köşelerde düzgün bir kenar oluşturmak amacıyla özel köşe profillerinin uygulanması



Şekil 6.12. Alt kat sıvasının yüzeye mala ile sürülmesi ve üzerine donatı filesinin uygulanması



Şekil 6.13. Cephede yalıtım katmanının üzerine yapılan sıva uygulaması



Şekil 6.14. Cephenin zemine yakın yerlerinde darbelere karşı güçlendirilmiş donatı filesi ve güçlendirilmiş son kat sıvanın uygulaması

Eski ve yeni her türlü yapının dış cephelerinde yoğunluğu yüksek olmayan sert köpük levhalar, boyutlandırılarak pencere kenarı, söve, kat arası, köşe dekoratif

elemanları vb. gibi yerlerde estetik amaçlı kullanılabilir. Duvarların dıştan yalıtım uygulaması sırasında, dekoratif amaçla boyutlandırılmış levhaların yüzeyine özel yapıştırma harcı sürülmektedir. Duvar yüzeyindeki sıva kurumadan levhalar duvara yapıştırılmaktadır. Gerekliğinde mekanik bağlantılar da kullanılabilir. Ek yerlerine file uygulanmasından sonra son kat sıva ile kaplanarak istenilen renkte boya uygulanmaktadır (Şekil 6.15).



Şekil 6.15. Pencere kenar ölçülerine göre boyutlandırılmış EPS yalıtım malzemesinin cephede dekoratif amaçlı uygulanması

Binaların dış yüzeyden yalıtılması durumunda sistem; yağmur, rüzgar, nem gibi atmosferik olaylara açıktır. Bu sebeple oluşabilecek problemleri önlemek amacıyla ısı yalıtım katmanı, yarım tuğla kalınlığında taşıyıcı olmayan bir dış duvar ile korunmaya alınabilmektedir. Uygulanan bu dış kaplama malzemesi ile ısı yalıtım katmanı arasında hava boşluğu bırakılarak alt ve üst kısımlarda açılacak delikler yardımıyla sistemin havalandırılması sağlanabilmektedir. Böylece dışarı çıkmak isteyen buhar, hava boşluğundan dışarı atılmakta ve yapı fiziği açısından çok daha uzun ömürlü bir yapı elde edilmektedir. Bu durumda ayrıca bir buhar kesici malzeme kullanımına gerek kalmamaktadır.

Bu sistemin maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olup, konut yapıları gibi uzun süreli kullanılan mekanlar için en uygun sistemdir. Isı yalıtım malzemelerinin tüm binayı dışarıdan bir manto gibi sarmasıyla ısı köprülerinin oluşması önlenmekte, su buharının kesit içinde yoğunlaşma riski en aza inmektedir. Böylece rutubetsiz ve

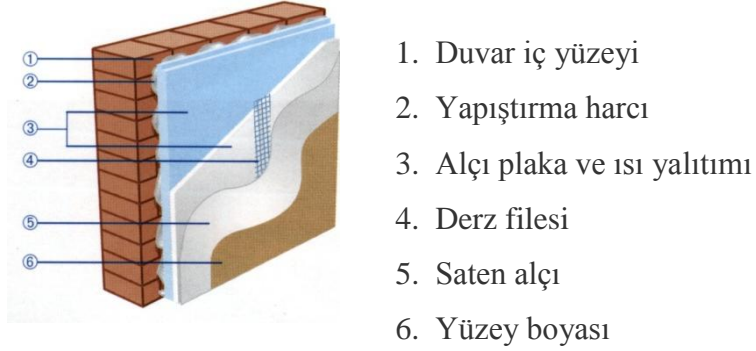
homojen ısı dağılımına sahip konforlu yaşam koşulları sağlanmış olmaktadır. Duvarlara dıştan ısı yalıtım uygulanması ile binanın dış kabuğu sıcak tarafta kalacağından, onarım ve bakım masrafları azalmaktadır. Dolayısıyla bina ömrü uzamaktadır. Ancak kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direncinin düşük olması gerekmektedir. Ayrıca yapı fiziği hasarlarının önemli bir bölümü duvarların dış yüzeyden yalıtılması ile engellenebileceği gibi, mevcut hasarların onarımı da bu uygulama sistemi ile mümkün olmaktadır.

Dış yüzeyden yalıtım uygulaması sonucunda, sıcaklık farklılıkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler minimuma inmekte ve buna bağlı olarak duvar bünyesinde yapı bozulmalarının ve çatlakların oluşumu engellenmektedir. Ayrıca kış mevsiminde oluşabilecek donma noktası, yalıtım tabakası içinde gerçekleştiğinden dolayı duvar iç yüzeyindeki nemsel olayların (yoğuşma, terleme, küflenme vb) oluşumu en alt düzeyde olmaktadır. Yalıtım katmanının yapı yüzeyinde sürekli olması ısı köprülerinin oluşumunu engellemektedir. Bu sistemde; yapının ön ısınma süresi uzun olmasına karşılık ısı depolama yeteneği oldukça fazladır. Dıştan yalıtım uygulamasının diğer avantajları arasında iç mekanda hacim daralmasına sebep olmaması ve bakım, onarım gerektiği durumlarda yapı iç mekanının kullanılmaması sayılabilmektedir. Ayrıca bu sistem dış ortamdaki sese karşı en iyi yalıtım şeklidir.

Bu avantajlarına karşılık sistemin yüksek maliyetli olması, yağmur, rüzgar ve dış atmosferik olaylara karşı koruyuculuk gerektirmesi ve iskele kurulması ihtiyacı dış yüzeyden yalıtım uygulamasının dezavantajları olarak gösterilebilmektedir.

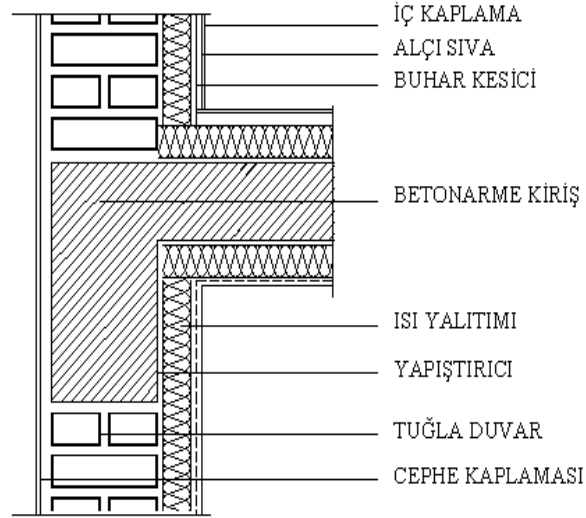
6.1.2. Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtımı

Binaların mevcut konumundan veya dış cephe görünüşünün bozulması istenmediği durumlarda dıştan ısı yalıtımı yerine içten ısı yalıtımı tercih edilebilmektedir. Binaların dış duvarlarında iç yüzeyden ısı yalıtımı uygulamaları, büro binaları, konser ve sinema salonları gibi kısa süreli kullanılan, sürekli bir ısıtma gerektirmeyen mekanlarda uygulanmaktadır. Ancak günümüzde konutlarda da sıklıkla bu uygulamalara rastlanmaktadır. Bu sistemde duvarların ısı depolama yeteneği az, ancak ön ısınma süreleri kısadır.



Şekil 6.16. Dış duvarların içten ısı yalıtımı uygulamasında sıvalı sistem [66]

İç yüzeyden ısı yalıtımı yapılması durumunda, buhar difüzyonu sonucunda ısı izolasyon malzemesi içerisinde yoğuşma olasılığı oldukça yüksektir. Bu sebeple, yalıtım levhalarının sıcak tarafında bir buhar kesici malzeme kullanılmaktadır (Şekil 6.17).



Şekil 6.17. Dış duvarlarda içten yalıtım detayı

Levhaların iç yüzeye uygulanması dış yüzeyden yapılan uygulama yöntemlerine çok benzemektedir. Düz bir döşemenin olmasından dolayı su basman profili kullanılmayan uygulamada, levhaların duvara monte edilme yönteminde herhangi bir farklılık yoktur. Asıl farklılık levhalar üzerine uygulanan sıvada olmaktadır. Dış duvarların içten ısı yalıtımı uygulamasında sert köpük levhalar, sıvalı ve kuru sıva olmak üzere iki farklı sistemde uygulanmaktadır.

Sıvalı sistemde yapıştırma yüzeyinin düzgünlüğüne bağlı olarak, çimento bazlı yapıştırma harcı levha arka yüzeyinin tümüne uygulanmaktadır. Yapıştırma harcı taraklı mala ile uygulanacaksa tüm yüzeye sürekli uygulanmakta veya kenarları boyunca sürekli şerit şeklinde orta kısımlara ise noktasal öbekler halinde sürülmektedir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Yapıştırıcının levhalara uygulanması [67]

Levhalar duvar yüzeyine yapıştırılırken levha ek yerlerinin aralık kalmaması ve levha kenarları binili ise tam binmesi gerekmektedir. Levhalara master ile kuvvet uygulanarak yapışmaları sağlanmaktadır ve yüzey düzgünlüğü terazî ile kontrol edilmektedir (Şekil 6.19). Levhaların mekanik tespitini sağlamak amacıyla matkap yardımı ile dübel delikleri açılmakta ve dübel çivileri çakılmaktadır (Şekil 6.20). Levhaların ek yerleri file bandı ile yapıştırıldıktan sonra derz dolgu alçısı sürülmektedir. Daha sonra üzerine alçı sıva yapılarak uygulama tamamlanmaktadır. Boya istenilirse ince bir kat saten alçı uygulaması da yapılmaktadır (Şekil 6.21).

Kuru sıva sisteminde ise bir yüzü alçı plaka kaplı yalıtım levhaları çimento bazlı yapıştırma harcı ile iç duvar yüzeyine yapıştırılmaktadır. Yapıştırma öncesi, duvar yüzeyinin duvar kağıdı, sıva kabarıkları vb. pürüzlerden arınmış olması gerekmektedir. Yapıştırma harcı levha üzerine uygulanırken levhaların kenarlarına ve ortasına kesintisiz düşey bantlar şeklinde yerleştirilmektedir. Özellikle cephedeki açıklıkların çevresi boyunca, levhaların tavan ve döşeme birleşimlerinde yoğunlaşma ihtimaline karşın yapıştırmanın kesintisiz olarak devam ettirilmesine dikkat edilmektedir. Levhalar yapıştırıldıktan sonra, standart alçı plaka birleşim ve bitiş teknikleri ile uygulama tamamlanmaktadır (Şekil 6.22).



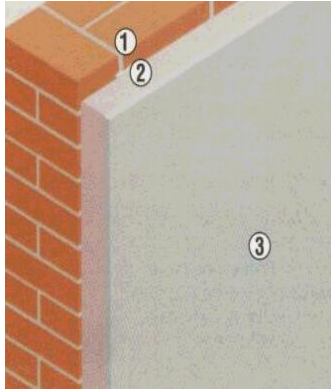
Şekil 6.19. Levhanın duvar yüzeyine yapıştırılması ve mistar ile preslenerek teraziye alınması [67]



Şekil 6.20. Duvara sabitlenen levhada matkap ile dübel deliklerinin açılması ve tespit edilen dübellere çivi çakılması [67]



Şekil 6.21. Levha birleşim yerlerindeki derz bantı üzerine derz dolgu alçısı takviyesi ve levha yüzeyinin alçı sıva ile sıvanması [67]



1. Dış duvar
2. Yapıştırma harcı
3. Alçı plaka kaplı XPS

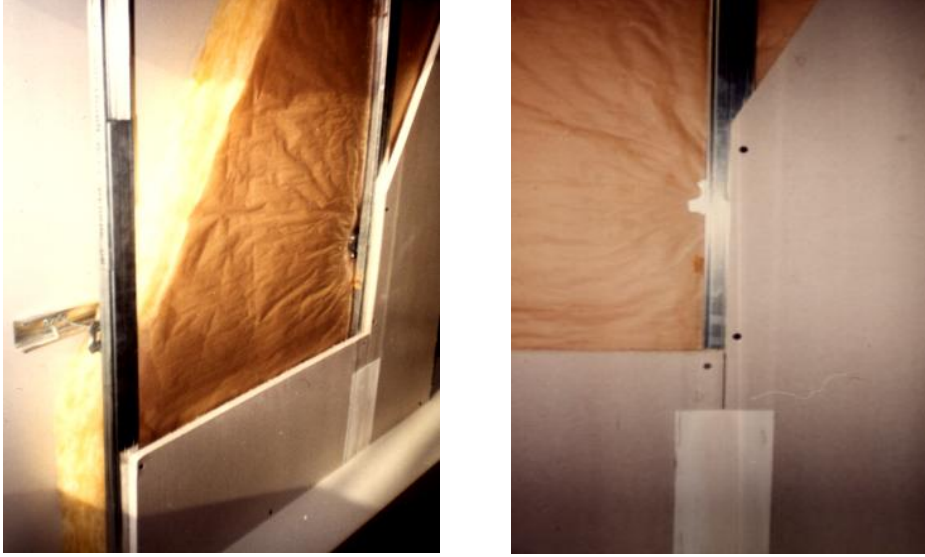
Şekil 6.22. Duvarların içten yalıtımında kullanılan alçı plaka kaplı XPS [44]

Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamalarının bir başka sisteminde ise yalıtım malzemesi duvar yüzeyine harç veya dübel gibi malzemelerle yapıştırılmaksızın bağlantı elemanları yardımıyla tespit edilmektedir. Bu sistemde yalıtılacak mekanın tavan ve döşemesine dübel yardımıyla U profilleri tespit edilmektedir. Yalıtım uygulanacak duvar yüzeylerine de yatay bir hat boyunca C profilleri dübel ile tespit edilmektedir. Duvardaki C profil elemanlarına belirli aralıklarla yalıtım malzemesini sabitleyecek tespit tijleri yerleştirilmektedir. Bir yüzü kraft kağıdı kaplı camyünü şiltesi, tavan ve döşemedeki U profilleri içine duvar boyunca yerleştirilerek tespit tijleri ile sabitlenmesi sağlanmaktadır. Yalıtım katmanının iç yüzeyindeki yatay C profillerine dış yüzeyde dikey C profilleri tespit edildikten sonra alçı plakalar duvara yerleştirilmektedir. Plakaların dikey C profillere monte edilmesiyle uygulama tamamlanmaktadır (Şekil 6.23).



Şekil 6.23. Dikey C profillerinin yatay C profillerine tijler yardımıyla tespiti [44]

Plakaların ek yerleri derz bantı ile kaplandıktan sonra derz dolgu alçısı sürülmektedir ve üzeri alçı sıva ile kapatılmaktadır (Şekil 6.24). İstenilirse ince bir kat saten alçı katmanı üzerine boya uygulaması yapılmaktadır.



Şekil 6.24. Alçı plakaların dikey C profillere montajı ve plaka derzlerinin bant ile takviye edilmesi

Dış duvarların ısı yalıtımı uygulamalarında içten yalıtım, özellikle mevcut binaların ısı yalıtımında ve dıştan ısı yalıtımı tercih edilmeyen durumlarda uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamada, döşemelerin, kolon, kiriş ve perdelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda meydana gelen ısı köprülerini ortadan kaldıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Dıştan yalıtımlı duvarlardaki görülen uygulama tekniğinin güçlüğü ve maliyet artışı gibi olumsuz özelliklere karşılık iç yüzeyden yalıtımlı duvarlarda uygulama kolaylığı ve maliyetin düşmesi olumlu özellikler arasında sayılmaktadır.

İçten uygulamanın avantajları arasında, bina dış görünüşüne etki etmemesi, iskele gerektirmemesi, uygulama sırasında dış hava durumundan etkilenmemesi, uygulama kolaylığı, istenilen mekan için ya da duvar için uygulama olanağı vermesi, daha ekonomik olması sayılmaktadır. Bu sistem teknik ya da estetik sebeplerle dış yüzeyden ısı yalıtım uygulamasının uygun olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Ancak içten yalıtımda sıcaklık farkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler sonucu içyapıda bozulmalar ve çatlaklar oluşabilmekte, yazın iklimlendirme cihazı kullanılmaması durumunda iç ortam sıcaklığında yüksek artışlar olabilmekte ve iç hacimde alan kayıpları oluşmaktadır.

6.1.3. Çift duvar arası ısı yalıtımı (sandviç duvar)

Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları sandviç duvar, sandviç yalıtım veya sandviç sistem yalıtımı gibi tanımlarla ifade edilmektedir. Aslında sandviç ifadesinin, tabakaları fabrikasyon olarak birleştirilmiş hazır elemanlar için kullanılması daha uygun ise de masif duvar yalıtım tekniği olan bu sistemi tanımlamak için de ülkemizde sandviç duvar ifadesi sıkça kullanılmaktadır. Çift duvar arası ısı yalıtım uygulaması, iki duvar arasına sert köpük levhaların yerleştirilmesinden ibaret olup, uygulaması en kolay yöntemdir. Ülkemizde duvar malzemesi olarak genellikle tuğla kullanılmaktadır. Levha tabakalarının arasına yerleştiği duvar konstrüksiyonları farklı kalınlıkta ve taşıyıcılıkta olabilmektedir. Dış kesimde kalan duvar, dış hava koşullarından, özellikle atmosferik yağışlardan koruyuculuk ve genellikle de dış görünüşü sağlamak görevini yüklenmektedir. İç kesimde kalan duvar ise genellikle taşıyıcılık işlevi görmekte ve iç yüzey özellikleri ile bir iklim dengeleyici rolünü üstlenmektedir. Yurt dışında özellikle iç duvar, tuğladan farklı başka malzemelerle de örülebilmektedir ve uygulama tekniği ülkemizdekinden oldukça farklıdır.

Sandviç duvar olarak bilinen çift tabakalı duvarlar boşluksuz veya boşluklu olarak uygulanabilmektedir.

Boşluksuz sandviç duvarlarda, duvar uygulaması dıştan içe doğru gerçekleşmektedir. Dış yüzeyde taşıyıcı dış duvar örüldükten sonra yalıtım levhaları, dış duvar gövdesine yapıştırılarak tespit edilmekte ve iç duvar gövdesi boşluk bırakılmaksızın örülmektedir (Şekil 6.25). Isı yalıtım malzemeleri tespit edilirken levhalar arasındaki fazla harcın temizlenmesine dikkat edilmektedir. Aksi takdirde bağlantı yerlerinden dıştan harcın, ısı yalıtım malzemelerinin ek yerlerinde kalması durumunda yağmur suyu iç duvara hatta iç yüzeye geçme imkanı bulmaktadır. Ayrıca bu harç çıkıntıları ısı yalıtım malzemesinin bu noktalarda ezilmesine ve performansının azalmasına da sebep olmaktadır [68]. Dış duvar ile ısı yalıtım tabakası arasında boşluk kalmamasına ve yalıtım levhalarının birbiri üzerine tam bini yapmasına özen gösterilmektedir.

Ülkemizde çift duvar arası ısı yalıtımı genellikle boşluksuz uygulanmaktadır.

Uygulama, kolon – kiriş ve döşeme aralarına 8,5 cm kalınlığında iki sıra tuğla duvar örülmesi ve aralarına yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bazı durumlarda iç veya dış duvar kalınlığı 13,5 cm olabilmektedir. İç yüzeydeki tuğla duvar katmanı yerine farklı duvar malzemeleri veya kaplama türünde malzemeler de uygulanabilmektedir. Ülkemizdeki iç duvar uygulamalarında iç duvar malzemesi olarak sadece tuğla kullanılmaktadır. Avrupa ülkelerinde ise iç duvar malzemesi olarak beton bloklar, gaz beton veya alçıpan gibi kaplama malzemeler kullanılmaktadır [69].

Avrupa ülkelerindeki çift duvar arası yalıtım uygulamalarında duvar detayları şu şekildedir:

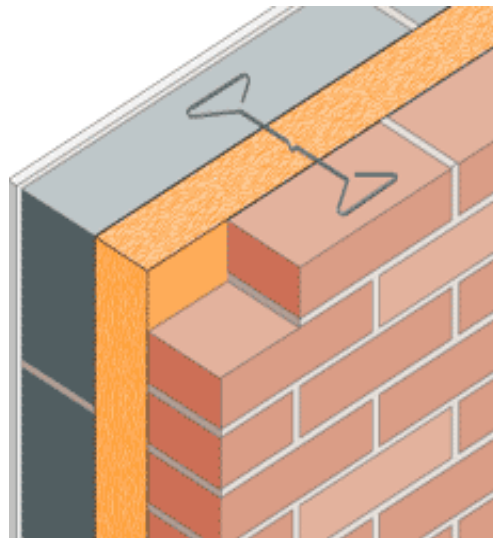
Beton bloklar arasına ısı yalıtımı.

İç duvar beton blok, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı.

İç duvar orta yoğunlukta beton blok, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı.

İç duvar gazbeton, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı [70].

Sandviç duvar uygulamalarında, iki farklı duvar katmanının deprem anında açılıp birbirlerinden ayrılmaması için sık aralıklarla tel veya metal kenetlerle birbirine bağlanması gerekmektedir. Ancak ülkemizde bu önlemin pek uygulanmadığı görülmüştür.



İçten dışa doğru

- 1- İç sıva
- 2- Beton blok
- 3- Yalıtım malzemesi
- 4- Bağlantı elemanı
- 5- Tuğla duvar

Şekil 6.25. Boşluksuz sandviç duvar uygulaması detayı [71]



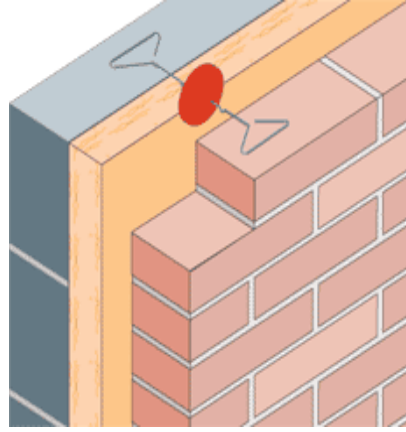
Şekil 6.26. İki tuğla duvar arasında (XPS) ısı yalıtım malzemesinin boşluksuz olarak uygulaması [72]



Şekil 6.27. Çift duvar arasında boşluksuz ısı yalıtım uygulaması [73]

Bir diğer uygulama şekli de boşluklu sandviç duvar sistemidir. Bu uygulamada, genellikle dışta ana taşıyıcı duvar, içte ise boşluk bırakıldıktan sonra tuğla vb. duvar gövdesi veya giydirme cephe özelliğindeki kaplamalardan oluşmaktadır. Dış tarafa gelen duvar gövdesinin örülmesinden sonra levhalar, dış duvar gövdesinin iç yüzeyine yapıştırılmaktadır. Bu uygulamada dübel kullanımı duvar yüzeyinin boyutları ile ilgilidir. Duvar yüzeyi yüksekliğinin 3m'yi aşması durumunda dübel kullanılmaktadır (Şekil 6.28 – 6.29). Levhaların dış duvara bağlanmasından sonra, istenen boşluk bırakılarak iç duvar örülmektedir. Aradaki hava boşluğunda harç malzemesinin birikmemesine özen gösterilmektedir. İki duvarın birlikte çalışması bağ elemanları ile mümkün olmaktadır. Bağlantı elemanları, boşluklu duvarların birbirlerini desteklemesini ve daha güçlü bir duvar oluşumunu sağlamaktadır. Çeşitli tipleri ve renkleri olabilen bağ elemanları, sistemin mukavemetini sağlamak

amacıyla her katmana en az 5 cm içeri girmektedir. Isı yalıtım levhalarının alttan ve üstten en az ikişer bağ elemanı ile desteklenmesi gerekmektedir. Sandviç duvar uygulamalarında iç kaplama olarak alçı pano vb. kaplamaların kullanılması durumunda tavan ve döşeme birleşim hatları, panoların arkasına sürekli yapıştırma harcı ile duvara yapıştırılmaktadır. Bu yapıştırma sırasında alt ve üstte boşluk bırakılmaması durumunda, hava hareketinden dolayı ısı kayıpları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yangın gazlarının duvara sızmasını önlemek amacıyla yanıcı olmayan ısı yalıtım malzemeleri ile doldurulmakta, duvar boşluğu üstünden kapatılmaktadır. Boşluklu duvar uygulamaları sistemin ses yalıtım özelliğini de arttırmaktadır ancak ülkemizde uygulamalarına rastlanmamaktadır [74].



- İçten dışa doğru
- 1- İç sıva
 - 2- Beton blok
 - 3- Yalıtım malzemesi
 - 4- Boşluk
 - 5- Bağlantı elemanı
 - 6- Tuğla duvar

Şekil 6.28. Boşluklu sandviç duvar uygulaması detayı[75]



Şekil 6.29. İki tuğla duvar arasında (XPS) ısı yalıtım malzemesinin boşluk bırakılarak uygulaması[76]

Yurtdışındaki uygulamalarda, iki duvar arasındaki boşluk tamamen hava boşluğu şeklinde bırakılmakta daha sonra bu hava boşluğuna özel aletler ile ısı yalıtım malzemesi püskürtülmektedir. Bu yöntem yeni binalara uygulanabildiği gibi mevcut yapılara da sonradan uygulanabilmektedir. Uygulaması şu şekilde olmaktadır:

Cephe yüzeyindeki dış duvar gövdesinde bulunan derz aralarına özel uçlu matkaplar ile küçük delikler açılmaktadır (Şekil 6.30). Ancak matkap ucunun iç duvara kadar ulaşip malzemeyi delmemesine dikkat edilmektedir. Açılan deliklerin aralarındaki uzaklık 135 cm olmaktadır. Isı yalıtım malzemesi bu deliklerden özel tabancalarla boşluğa enjekte edilmektedir (Şekil 6.31). İki duvar katmanı arasındaki boşluk, deliklerden püskürtülen malzeme ile dolduğunda püskürtme tabancasındaki basınç sensörü uyarı vermektedir ve akıtma işlemi durmaktadır.

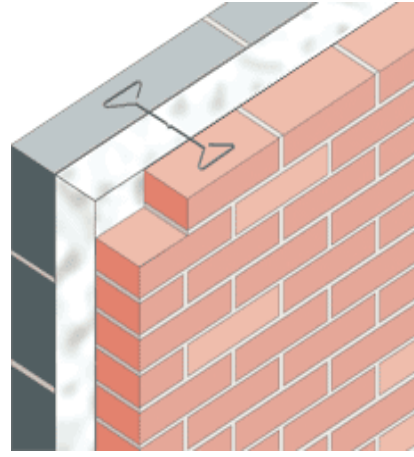


Şekil 6.30. Dış duvar yüzeyine matkapla delik açılması ve püskürtme makinesi ile yalıtım malzemesinin püskürtülmesi [70], [77]



Şekil 6.31. Dış duvar yüzeyine açılan deliklere püskürtme makinesi ile yalıtım malzemesinin püskürtülmesi ile oluşan duvar kesiti [70], [77]

Bu uygulamada kullanılan ısı yalıtım malzemesi kendiliğinden rijitlik kazanabilecek özellikte olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin büzülmemesine, çatlamamasına ve zamanla deforme olmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Püskürtme işleminden sonra delikler dikkatli bir şekilde işaretlenerek harç veya sıva ile kapatılmaktadır. Bu uygulamada da iki duvar katmanının birbirinden ayrılmaması için kenetler kullanılmaktadır.



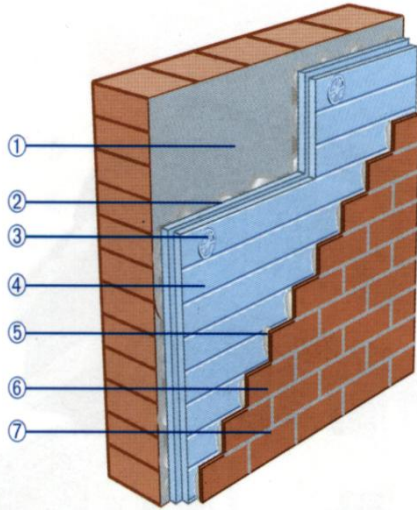
İçten dışa doğru

- 1- İç sıva
- 2- Beton blok
- 3- Yalıtım malzemesi
- 4- Bağlantı elemanı
- 5- Tuğla duvar

Şekil 6.32. Yurtdışındaki boşluksuz sandviç duvar uygulaması detayı [75]

Dış duvarlarda cephe tuğlası vb. modüler elemanlar kullanılması durumunda ısı yalıtım malzemesinin yüzeyine dikkat edilmektedir. Yalıtım levhaları, pürüzlü ön ve arka yüzeylerinin yanı sıra tuğla tespitini kolaylaştırmak ve işçiliği hızlandırmak amacıyla önceden hazırlanmış tuğla genişliğinde yatay oluklar içermektedir. Bu oluklar yatayda taşıyıcı destek dişleri oluşturmakta ve derzlerin yatayda ve düşeyde düzgün oluşmasını sağlamaktadır. Uygulamaları şu şekildedir:

İlk olarak bina subasman kotu altına subasman profilleri yerleştirilmektedir. Yalıtım levhaları bina dış yüzeyine subasman profili seviyesinden başlayarak özel yapıştırıcı ile yüzey özelliklerine göre taraklama veya öbek yöntemiyle yapıştırılmaktadır. Yapıştırıcının kuruması ile ısı yalıtım levhaları duvar yüzeyine dübel ile tespit edilmektedir. Kaplama tuğlalar yalıtım levhaları yüzeyinde açılmış oluklar arasına yapıştırılarak kuruması beklenmektedir (Şekil 6.34). Son olarak özel dolgu malzemesi ile derzler doldurularak yüzey düzeltilmektedir (Şekil 6.35) Bu sayede tuğla görünüşü ile estetik ve dekoratif dış bir cephe meydana gelmektedir [66].



1. Duvar dış yüzeyi
2. Yapıştırma harcı
3. Dübel
4. Isı yalıtımı
5. Yapıştırma harcı
6. Kaplama tuğlası
7. Derz dolgusu

Şekil 6.33. Tuğla kaplamalı dış cephe detayı [66]



Şekil 6.34. Tuğla kaplamalı dış cephe sistemi

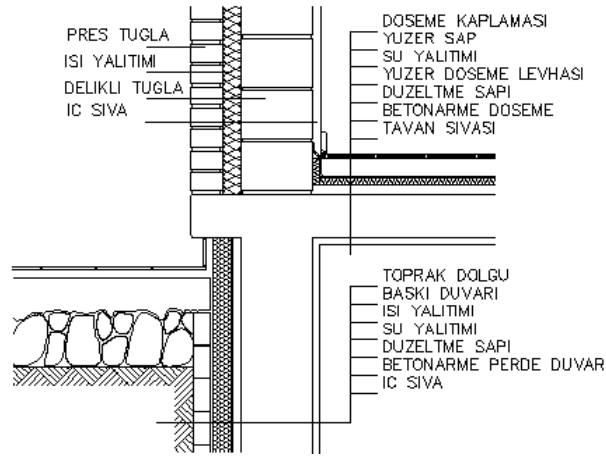


Şekil 6.35. Kaplama tuğlalar arasında derz dolgusu uygulaması [66]



Şekil 6.36. Cephe tuğlası kaplamalı dış cephe uygulaması [66]

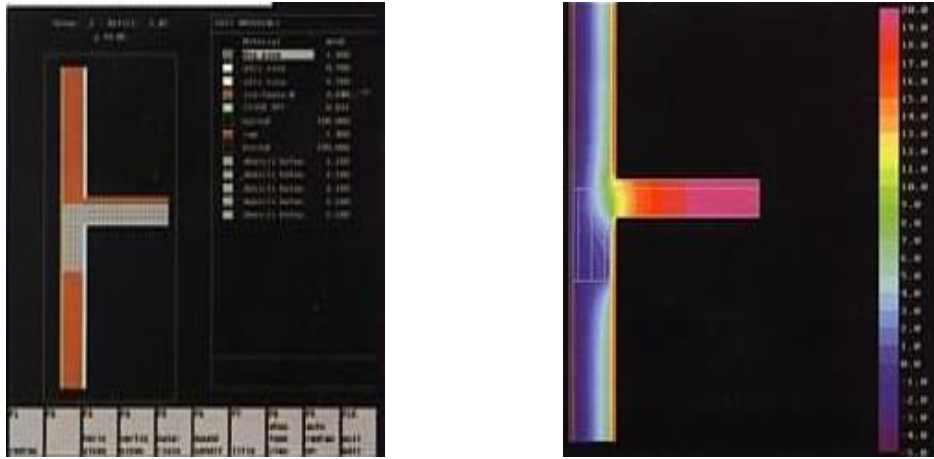
Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında yalıtım malzemesi, ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde zemin döşemesinden biraz daha aşağıya indirilmektedir. Bazı durumlarda bu yalıtım uygun bir malzeme ile temele kadar indirilmektedir (Şekil 6.37). Balkon döşemesi ile kat döşemesi, yalıtımın sürekliliğini bozmayacak şekilde birleştirilmektedir. Altı açık döşemelerde duvardaki yalıtım kesintiye uğramadan döşeme altı yalıtımla birleştirilmektedir [78]. Ancak ülkemizdeki uygulamalarda bu detaylara rastlanmamaktadır.



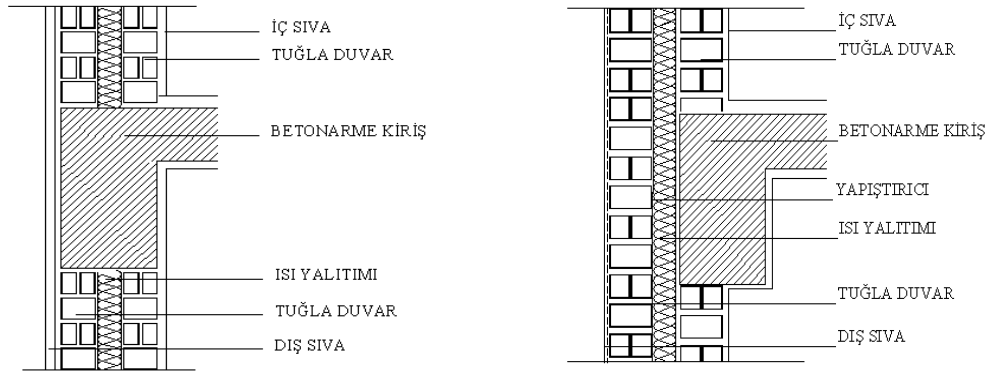
Şekil 6.37. Sandviç duvarlarda duvar- döşeme birleşim detayı

Çift duvar arasına uygulanan yalıtım, kolon, kiriş ve döşeme tarafından kesilmekte ve bu noktalarda yoğun bir şekilde ısı köprüleri oluşmaktadır. İç tarafta kalan duvar yüzeyinde ısı yüksek, dış tarafta kalan duvar yüzeyinde ise ısı düşük olmaktadır (Şekil 6.38) Ayrıca kiriş hizasında ısı köprüsü oluşmaktadır. Dolayısıyla iç mekan, dıştan yalıtılmış duvar uygulamalarına oranla daha hızlı, içten levha uygulaması yapılan mekanlara göre daha yavaş ısıtılabilen ve soğuyabilmektedir.

İngiltere'deki çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında ise iç taraftaki duvar ara kat döşemelerine oturmakta, ısı yalıtımı ve dış taraftaki duvar ise cephe boyunca sürekli olmaktadır (Şekil 6.39). Böylece gerek ısı yalıtımı ve gerekse dış taraftaki duvar, kolon, kiriş veya döşeme ile kesilmemektedir. Bu şekilde ısı köprülerinin oluşumu engellenmektedir.



Şekil 6.38. Çift duvar arası yalıtılmış duvar ve döşeme kesitinde ısı transferi durumu [76]



Şekil 6.39. Türkiye ve İngiltere'de uygulanan çift duvar arası ısı yalıtım detayları

Ülkemizde yapılan uygulamalarda, her iki duvar arasında bu duvarların birlikte çalışmalarını sağlayacak bağlantı elemanları kullanılmamaktadır. Bu nedenle duvar katmanları birbirinden ayrılmakta hatta yıkılmaktadır. Duvar kesitinde, dış duvar ile ısı yalıtım tabakası arasında yoğuşma olabilmektedir. Bu durum hem ısı yalıtım malzemesinin verimini düşürmekte hem de iç yüzeyde istenmeyen görüntülere sebep olabilmektedir. Duvar kesitinden içeri sızabilecek yağmur suyunun ve oluşabilecek yoğuşma suyunun dışarı atılmasına imkan veren drenajlar detaylandırmada

oluşturulmamaktadır. Bu da hem duvar malzemesine hem de ısı yalıtım malzemesine zarar vermektedir [78].

6.1.4. Havalandırmalı dış duvar yalıtımı

Yapının mevcut duvarının dışında uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzeme arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Giydirme cephe sistemleri ve Türkiye’de son dönemlerde sıklıkla tercih edilen yalıtımlı baskısı sistemi buna iyi bir örnektir.

6.1.4.1. Giydirme cephe sistemleri

İngilizcede “giydirme cephe” sisteminin genel tanımı olarak “cladding wall” deyimini kullanılmaktadır. Ancak “cladding wall” genellikle tüm asma cepheleri ifade etmektedir. Hafif asma giydirme cephe sistemlerini tanımlamak için Türkçe’ye “perde duvar” olarak çevrilen, “curtain wall” deyimini daha çok kullanılmaktadır [79]. Giydirme cepheler, isimlerini aldıkları perdeler gibi hafif, duvarlar gibi kalıcı ve hareketsizdirler.

Binanın dış kabuğunu oluşturan giydirme cephe, cam panellerden oluşan ve dış mekanla görsel bağlantıyı sağlayan vizyon kısım ile opak ya da cam panellerden oluşan spandrel kısım adı verilen parapet bölgesinden oluşmaktadır.

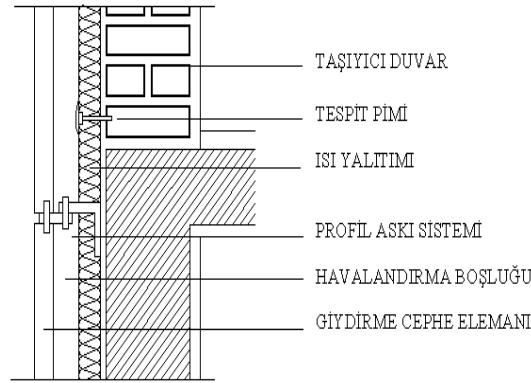
Giydirme cephe sisteminin tarihçesine bakıldığında; dünyadaki ilk asma giydirme cephe uygulamasının 1820 yılında Philadelphia’da iki katlı bir banka binasının cephesinde yapılmış olduğu görülmektedir [80]. Giydirme cephe konseptinin ortaya çıkmasına neden olan çelik konstrüksiyonlu ilk gökdelen ise 1883 yılında inşa edilen Chicago’da Home Insurance binasıdır [79]. Türkiye’de ise giydirme cephe sistemi ilk olarak 1965 yılında kullanılmıştır [81].

Giydirme cephe çözümleri de sandviç duvar çözümleri ile benzerlik göstermektedir. İşlev açısından da birbirine benzeyen giydirme cepheler ve sandviç duvarlar

arasındaki fark, renk ve ürün açısından giydirme cephe seçeneklerinin daha çok olmasıdır [20].

Giydirme cepheler, mermer, granit gibi doğal tas kaplamalarla, alüminyum kompozit panel, cam gibi ürünlerden oluşmaktadır. Bu ürünlerin uygulanmasında öncelikle, ısı yalıtım levhaları yapı cephelerine yapıştırılmakta ve yapıştırma işleminden 24 saat sonra, ürünlerin kalınlığına uygun dübellerle mekanik tespitleri yapılmaktadır. Sonrasında, cephe elemanları taşıyıcılarına monte edilmektedir [20].

Giydirme cephe elemanları ile ısı yalıtım ürünleri arasında belirli bir havalandırma boşluğu bırakılmaktadır. Cephede, en alt ve üst kotlarda bırakılan boşluklarla cephe elemanlarının arkasındaki bu boşluk havalandırılabilir (Şekil 6.40). Böylece, giydirmeye cephe kesitinde yoğuşma oluşması engellenebilir. Bununla birlikte cephede kullanılan parçalı gereçlerin taşıyıcı sistemle birleşmelerinde fitiller, profiller ya da derz dolguları kullanılmaktadır. Bu yolla, dış ortamdan kaynaklanan su geçişi engellenebilir. Aynı zamanda, cephede kullanılan gereçlerin yüzeyleri su tutmaz özellikte olabilir.



Şekil 6.40. Giydirmeye cephe sistemlerinde dıştan havalandırılmalı yalıtım detayı

Bununla birlikte, hava bölgesindeki dış duvarlarda su ve ısı etkenlerine karşı sandviç panel çözümleriyle de önlem almak mümkündür. Cephede, genellikle fabrika ortamında üretilmiş paneller kullanılmaktadır [20]. Ancak, panel kesitinde yoğuşma oluşmaması, panellerin dış ya da iç ortamdan kaynaklanan su etkisinde kalmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Havalandırılmalı giydirme cephelerde, yanıcı ısı yalıtım malzemeleri kullanılıyorsa, her kat hizasındaki mineral yün yangın bariyerlerine ilave olarak her kat döşemesi hizasında metal yangın kesici bantlar kullanılması faydalı olacaktır. Geçirimsiz dış kaplama ile ısı yalıtım malzemeleri arasında mutlaka havalandırma boşluğu bulunmalı ve muhtemel yoğunlaşma suyu için, drenaj imkanı sağlanmalıdır. Yanıcılık sınıfı A1, A2 ve B1 sınıfı ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Yangına dirençli tespit elemanları ve her kat hizasında 100 mm'lik bant halinde mineral yün yangın bariyerleri takviye edilmelidir. Yağmur suyu sızmasına karşı, kaplama arkasında bir membran kullanılıyorsa mutlaka buharı dışarı atan, suyu iç tarafa geçirmeyen (nefes alan su yalıtım membranı) bir membran kullanılmalıdır.

6.1.4.2. Yalı baskısı sistemi

Yalı baskısı, geleneksel ahşap yalı baskısını hatırlatan profiliyle günümüzde özellikle konutların cephelerinde uygulanmaktadır. Eski yapıların yenilenmesinde, tarihi yapıların restorasyonunda veya yeni cephelerde günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır.

Yalı baskısının uygulaması kolay olup her türlü binaya uygulanabilmektedir. Masif yüzeyler üzerine vidalanarak montajı yapılmaktadır. Uygulanacak yüzey sıvalı veya sıvasız olabileceği gibi tuğla duvar, gazbeton, ahşap v.b. yüzeyler üzerine dıştan yalıtım uygulamasında olduğu gibi önce ısı yalıtım tabakası uygulanmaktadır.

Yüzeye öncelikle su basman kotunda sistem kadronu yerleştirilmektedir. Bu kadronun genişliği kullanılacak yalıtım malzemesinin kalınlığına göre seçilmektedir. Daha sonra polimer esaslı kadronlar dikine monte edilmektedir. Su terazisi yardımıyla bu kadranların doğruluğunun kontrol edilmesi sistemin düzgünlüğü bakımından önemlidir (Şekil 6.41). Kadranların arasında 49,8 cm mesafe bırakılmaktadır. Standart olarak 50 cm ölçüde olan yalıtım malzemeleri, kadronlar arasındaki bu mesafeye hafifçe esnetilerek monte edilmektedir. Yerlerine sıkıştırılarak yerleştirilen levhaların tam bir yalıtım sağlayacak şekilde tüm yapıyı sarması için pencere, kapı kenarları ile birleşim noktalarının da yalıtımla kaplanması gerekmektedir (Şekil 6.42).



Şekil 6.41. Subasman kadronu ve taşıyıcı polimer kadrnların montajı [82]



Şekil 6.42. Kadronlar arasına ısı yalıtım levhalarının ve buhar yalıtım örtüsünün yerleştirilmesi [82]

Uygulanan yalıtım levhaları üzerine hava geçiren buhar dengeleyici örtü serilmektedir. Örtünün birleşim yerlerinin binme yapması dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır. Bu örtü üzerine öncelikle tabanda başlangıç profilleri yerleştirilmektedir. İç ve dış köşe dönüş profilleri de aşağıdan vidalanmaya başlanmaktadır. Pencere iç kaplamalarında kullanılacak profiller uygun ölçüde kesilerek kenarlara monte edilmektedir. İstenilirse pencere alınlıkları, köşe rozetleri ve taç profilleri gibi elemanlar uygulanarak estetik açıdan güzel bir görünüm sağlanabilmektedir.

Daha sonraki aşamada profiller arasında istenilen türde ve renkte kaplama paneller yatayda aşağıdan yukarıya doğru sırayla yerleştirilip gizli vidalama yöntemi ile monte edilmektedir. Cephe yüzeyinin kaplanmasından sonra çatı saçaklarında saçak panelleri ve alın profilleri, saçak birleşim noktalarında ise alın kaplama profilleri kullanılmaktadır (Şekil 6.43 – 6.44).



Şekil 6.43. Cephe kaplama panellerinin ve saçak profilleri ile alın profillerinin montajı [82]

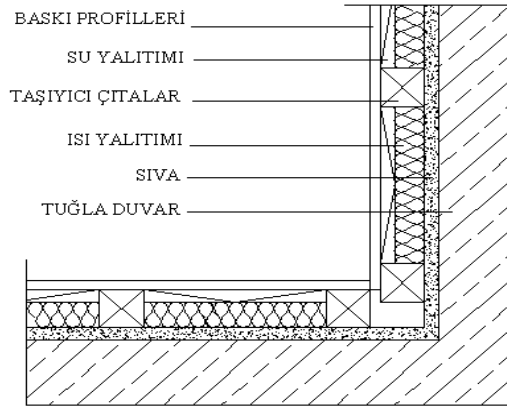


Şekil 6.44. Saçak profilleri ile alın profillerinin montajı [82]

Yalıtım baskısı, tüm yapıyı boşluksuz bir şekilde ve tek bir malzeme ile kapladığından dolayı ısı köprüleri oluşmamakta ve hatasız bir ısı yalıtımı sağlamaktadır. Yalıtım

baskısı sisteminde, diğer uygulama sistemlerinden kaynaklanan statik ve yapı fiziği hataları oluşmamaktadır. Bunun en önemli sebebi ise bu sistemin yapıya ankastre şekilde monte edilmesi ve tüm plakların eş çalışmasıdır.

Yalı baskısı küçük gözenekli yüzey özelliği sayesinde iyi boya tutma özelliği göstermektedir. Boya çok iyi nüfuz ettiği için uzun süreli dayanım ömrü bulunmaktadır. Astar boyalı olarak üretilmekte bu sayede istenilen tüm renklere boyanabilmektedir. Doğal malzemeler kullanılarak PVC esaslı üretilen yalı baskısı sahip olduğu ahşap görünümü ile cephelere estetik bir görünüm vermektedir. Zararlı UV ışınlarına, yüksek ısıya, kurtlanmaya, böceklenmeye ve özellikle kıyı bölgelerindeki tuzdan kaynaklanan yanma ve çürümeye karşı dayanıklıdır.



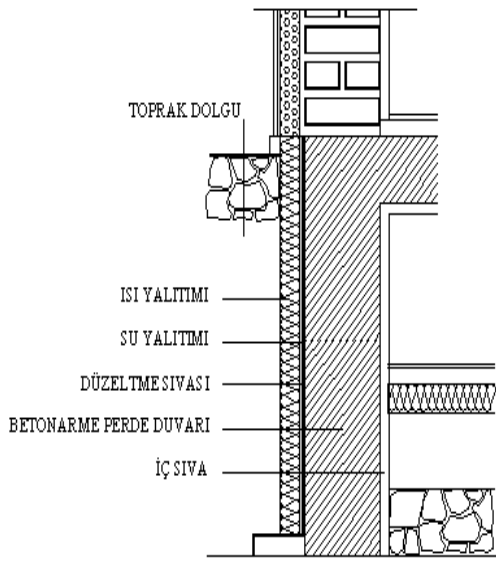
Şekil 6.45. Yalı baskısı iç köşe detayı ve düz levha detayı



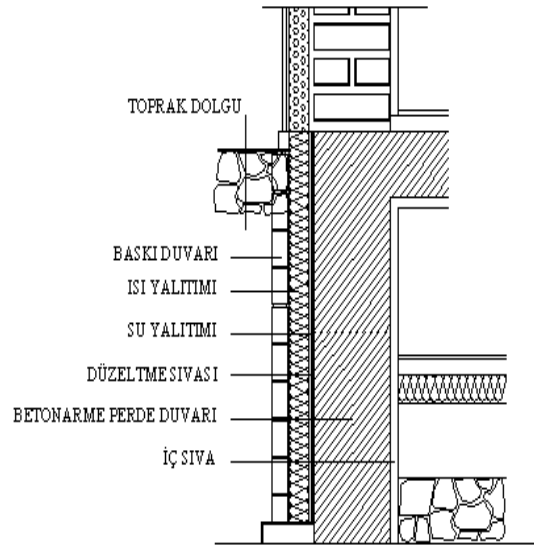
Şekil 6.46. Dış cephesine yalı baskısı uygulanmış yapı

6.1.5. Toprağa bitişik dış duvar yalıtımı

Binaların toprak altında kalan bodrum duvarlarında su yalıtımı ile beraber ısı yalıtımının da yapılması gerekmektedir. Isı yalıtımı malzemeleri böyle bir uygulamada hem ısı yalıtımı sağlamakta, hem de su yalıtımını toprak dolgu işlemi esnasında olabilecek hasarlara karşı korumaktadır. Ancak böyle bir uygulamada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin suya dirençli olması gerekmektedir.

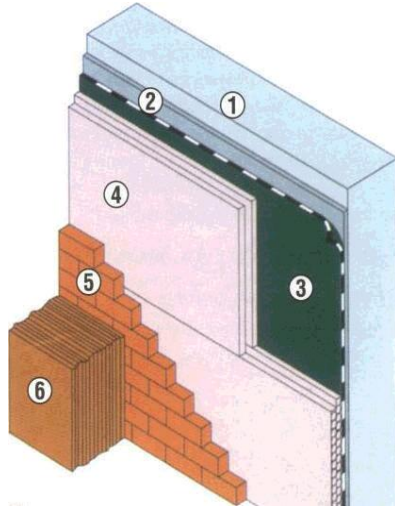


Şekil 6.47. Toprağa bitişik dış duvarlarda ısı yalıtım detayı – Toprak dolgu



Şekil 6.48. Toprağa bitişik dış duvarlarda ısı yalıtım detayı – Baskı duvarı

Toprağa bitişik dış duvar ısı yalıtımında ısı yalıtım malzemeleri su yalıtım örtüleri ile birlikte kullanılmaktadır. Öncelikle yüzeyi düzeltmek amacıyla sıva yapılmakta ve su yalıtım örtüsü kaynak yöntemi ile duvara yapıştırılmaktadır. Isı yalıtım levhaları temel duvarı üzerine şaşırtmalı olarak, ek yerlerinde derz oluşmayacak biçimde yerleştirilmektedir. Bu işlem, baskı duvarı veya toprak dolgu ile birlikte yürütüldüğünde ısı yalıtım malzemelerinin yapıştırılmasına gerek duyulmamaktadır. Eğer baskı duvarı veya toprak dolgu sonra uygulanacaksa ısı yalıtım malzemeleri solvent içermeyen soğuk bitümlü bir yapıştırıcı ile su yalıtım malzemesine yapıştırılmaktadır. Burada su yalıtım örtüsünün delinmemesi için dübel kullanılmamaktadır. Bu işlemden sonra baskı duvarı veya toprak dolgu yapılarak uygulama tamamlanmaktadır (Şekil 6.49) [44].



1. Bodrum duvarı
2. Düzeltme sıvası
3. Su yalıtımı
4. Isı yalıtımı
5. Baskı duvarı
6. Toprak dolgu

Şekil 6.49. Toprağa bitişik dış duvar ısı yalıtım uygulama detayı [44]



Şekil 6.50. Toprağa bitişik dış duvar XPS ısı yalıtım malzemesi uygulaması[44]



Şekil 6.51. Temel duvarı yalıtımı [66]

6.2. Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları

Döşemelerde ısı yalıtımı; zemine oturan döşemeler, ara kat döşemeler ve alt geçit üzerindeki döşemelerde (çıkmalarda) yapılmaktadır.

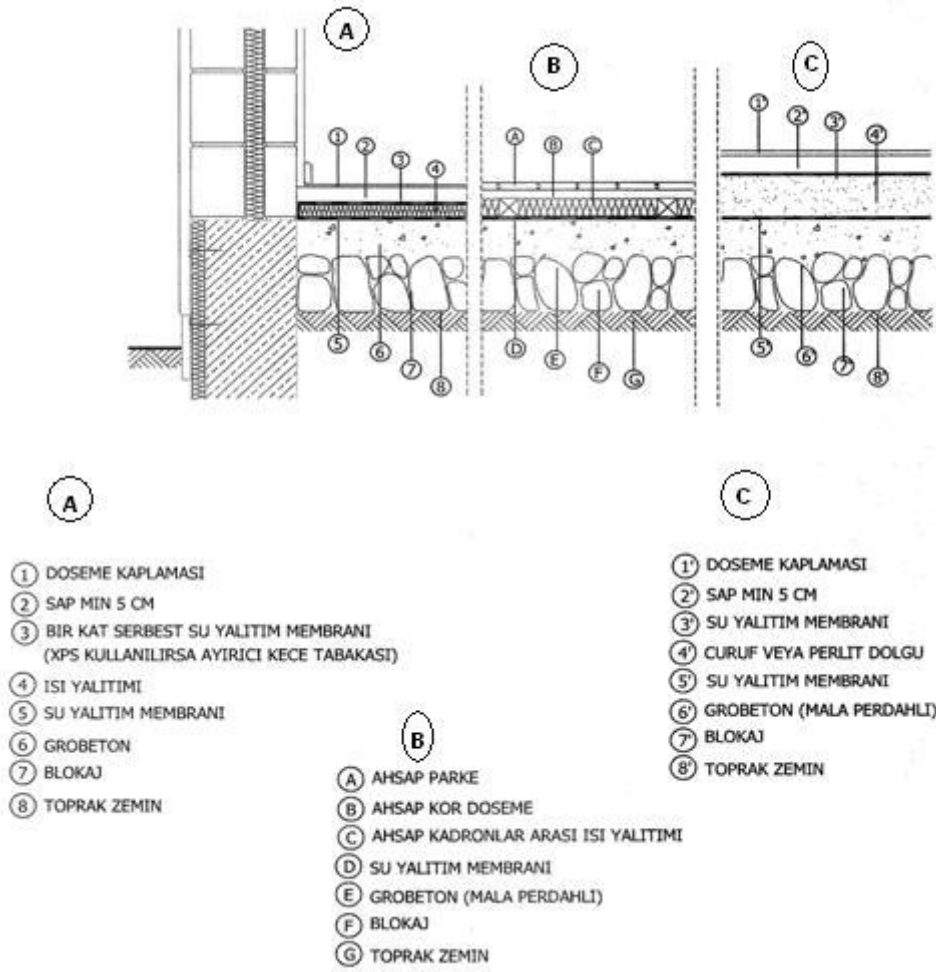
6.2.1. Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı

Zemin kat döşemelerinde ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi, yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunun başlıca nedeni, zemine oldukça yakın yada doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerin kurulması kaçınılmaz olmaktadır [30].

Toprak zemine oturan döşemelerde, ısı yalıtımında kullanılması en uygun malzeme yanma sınıfı minimum B1 olan, minimum yoğunluğu 39 kg/m^3 , %10 deformasyonda basınç gerilmesi minimum 300 kPa olan, ekstrüde polistren köpük levhalardır.

Toprak zemine oturan döşemelerde blokaj ve grobeton yapıldıktan sonra su yalıtım örtüsü serilmektedir. Bunun üzerine ısı yalıtım tabakaları uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin ıslanmasının önlemek amacıyla üzerine bir malzeme örtülmekte ve üzerine şap dökülmektedir. Şap üzerin istenilen döşeme kaplaması uygulanabilmektedir. Bu gibi detaylarda ısı yalıtım malzemesi olarak kapalı gözenekli sert köpük levhalar (extrüde polistren levhalar) kullanılması durumunda su yalıtım malzemesi yerine ayırıcı keçe tabakası serilebilmektedir.

Kullanılmakta olan binalarda ısı yalıtım malzemesi üzerine şap uygulamasının mümkün olmadığı durumlarda ise ısı yalıtım malzemesi ahşap kadronlar arasına yerleştirilmektedir. Ahşap parkenin döşenmesiyle de uygulama tamamlanmaktadır.



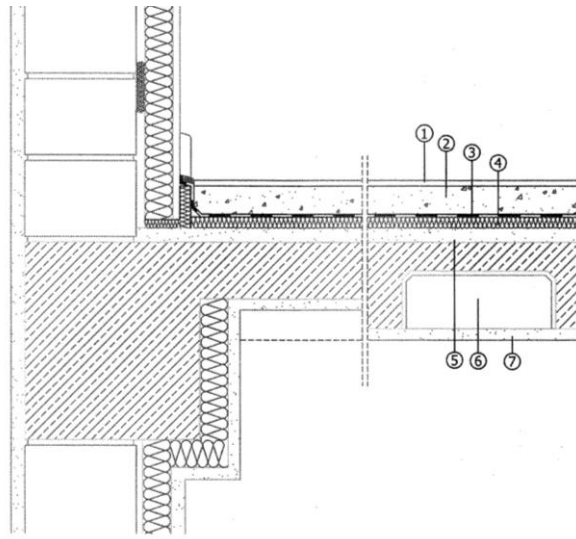
Şekil 6.52. Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtım uygulaması [11]

Bir başka uygulama şeklide blokaj üzerine grobeton uygulanmayarak tesviye şapı atılmasıdır bu tesviye şapı üzerine ısı yalıtım malzemeleri yapılmadan yerleştirilmelidir. Isı yalıtım malzemesi üzerine su yalıtım örtüsü uygulanmakta ancak yapıştırma işleminin kaynak ile olmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Su yalıtım örtüsünün üzerine grobeton dökülerek mala perdahı veya tesviye şapı uygulanmaktadır [83].

6.2.2. Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı

Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı, ses yalıtımı sağlamak amacıyla da yapılan yüzer şap uygulaması ile yapılmaktadır. Döşem betonuna üzerine yüzer levhaların serbest olarak yerleştirilmesinden sonra su geçirimsiz bir örtü serilir ve şap betonu dökülür. Şap işleminin ardından döşeme kaplamasıyla uygulama tamamlanmaktadır. Kullanılmakta olan

binalarda yüzer şap mümkün değil ise döşeme altından (alt kattan) kadronlar döşenerek arasına yalıtım levhaları konulur ve kaplama yapılır. Ara kat döşemelerde; minimum 30 kg/m^3 yoğunlukta, %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan ekspande polistren köpük levhalar, minimum 30 kg/m^3 yoğunlukta, %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan ekstrüde polistren köpük levhalar veya yanma sınıfı A sınıfı olan minimum 100 kg/m^3 yoğunlukta taş yünü levhalar kullanılabilir [43], [83].



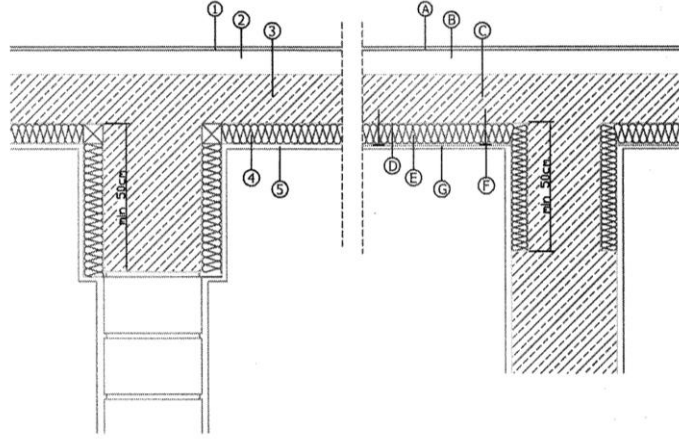
- ① DOSEME KAPLAMASI
- ② YUZER SAP 5 CM (DONATILI, ANOLU, 400 DOZLU)
- ③ BİR KAT SERBEST SU YALITIM MEMBRANI (ISI YALITIMI OLARAK XPS KULLANILIRSA AYIRICI TABAKA)
- ④ ISI YALITIMI
- ⑤ BETONARME PLAK VEYA ASMOLEN DOSEME VEYA GAZBETON DOSEME PANELI
- ⑥ SIVA

Şekil 6.53. Ara kat döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması [11]

6.2.3. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı

Bu tip döşemelerde ara kat döşemesi detayı uygulanabileceği gibi döşemenin dış yüzüne ısı yalıtım levhalarının dübel ile tespiti şeklinde bir uygulama yapılabilmektedir. Levhaların bağlantısı, donatı katmanının oluşturulması ve son kat hazır sıva uygulaması, dış duvarların dıştan yalıtım detayı ile aynıdır. Ayrıca iki veya bir tarafı ahşap yünü kaplı kompozit levhalar ile de ısı yalıtımı yapılabilir. Bu

levhaların yüzlerin çok güzel sıvı tutan lifleri bulunduğundan levhalar çimento harç ile yapıştırılabilir ve geleneksel sıva ile kolayca sıvanabilir. Sıvadan önce, levhaların birleşim yerlerini sıva teli ile örtmek gerekir,



- ① DOSEME KAPLAMASI
- ② DUZELTME SAPI 3- 5 CM
- ③ BETONARME DOSEME
- ④ AHSAP KADRONLAR ARSI ISI YALITIMI
- ⑤ SUNTA,ALCI PLAKA VB. KAPLAMA

- Ⓐ DOSEME KAPLAMASI
- Ⓑ DUZELTME SAPI 3- 5 CM
- Ⓒ BETONARME DOSEME
- Ⓓ YAPISTIRICI (ISI YALITIMI KALIP ICINE KONURSA YAPISTIRICI VE DUBELE GEREK YOKTUR
- Ⓔ ISI YALITIMI
- Ⓕ DUBEL
- Ⓖ FILE TASIYICILI INCE SIVA VEYA RABITZ
- Ⓗ TELLİ NORMAL SIVA

Şekil 6.54. Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması [11]

Açık geçit üzeri döşemelerde ısı yalıtım uygulamasının bir diğer yöntemi de ısı yalıtım levhalarının döşeme kalıbı içerisine yerleştirilmesi ve üzerine betonun dökülmesidir [83], [84].

6.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Konutlarda toplam ısı kaybının %25'nin yaşandığı çatılarda ısı yalıtım uygulamaları, çatının özellikleri, kullanım amacı gibi faktörlere bağlıdır. Çatılar özellik bakımından; “Soğuk ve Sıcak Çatılar” olmak üzere iki grupta incelenir. Çatıyı teşkil eden tabakalar arasında havalandırılabilen hava boşluğu bulunan çatılara “Soğuk Çatılar” denir. Meyilli çatılar genellikle bu cinstendir. Eğer çatıyı meydana

getiren tabakalar arasında hava boşlukları bulunmazsa, yani tabakalar birbiri üzerine teşkil edilmişse, bu tip çatılara “ Sıcak Çatılar” denir. Genellikle düz teras çatılar bu tipe iyi bir örnektir. Her ne kadar uluslar arası literatürde çatılar genel olarak soğuk ve sıcak diye tanımlanırsa da ülkemizde bu şekilde bir tanımlama yaygın değildir. Bizde daha ziyade oturtma veya teras çatılar diye adlandırılır [62], [85].

6.3.1. Kıрма çatılarda ısı yalıtımı

Bazı konutlarda, çatı arasının kullanılan bir çatı katı olarak değerlendirildiği ve yaşanan bir mekan olarak ısıtılıp soğutulduğu görülmektedir. Isıtma ve soğutma yapılması nedeni ile kullanılan çatı katı odalarında ısı yalıtımı da enerji ihtiyacının sınırlandırılması ve yoğuşma kontrolü açısından zorunluluk olmaktadır.

Çatı katlarının üzerinde kimi zaman eğimli bir betonarme döşeme bulunmakla beraber, kimi zamanda doğrudan ahşap çatı konstrüksiyonu yer almaktadır. Eğimli betonarme döşeme ile örtülü çatı katlarında ısı yalıtımı döşemenin üzerine uygulanmaktadır. Döşeme üzerinde, genellikle çatı altı ahşap kadronları yer aldığı için, ısı yalıtımı da bu kadronların arasına döşenir. Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yünlü ve polistren malzemeler uygulanabilir. Kadron ara mesafelerine uygun ölçüce kesilen yalıtım malzemesi, çıplak ve serbest olarak döşenir. Eğimli betonarme döşeme üzerine yapılan ısı yalıtımı uygulamasında, ısı yalıtımının dış(üst) yüzünün havalandırılması tavsiye edilir. Saçaktan hava girişi, mahyadan da hava çıkışı detaylandırılarak havanın sirkülasyonu sağlanabilir. Üzerine serilen su yalıtımı amaçlı örtü ardından çatı kaplaması yapılarak uygulama tamamlanır [86].

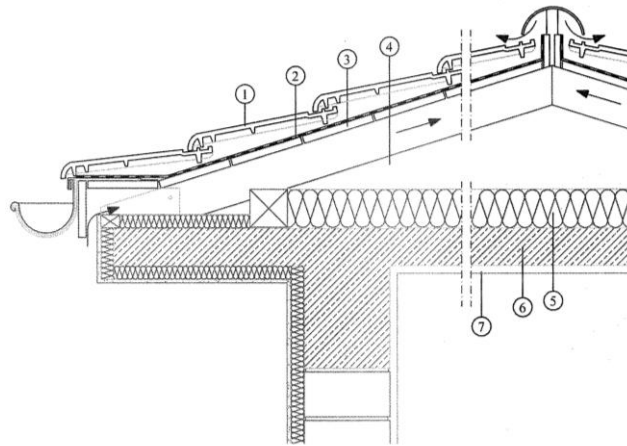
Çatı katı üzerinde ahşap konstrüksiyon bulunan durumlarda mertek üzerinden, mertek arasından ve mertek altından yalıtım uygulamaları yapılmaktadır.

Mertek üzerinden ısı yalıtım uygulamalarında, belirlenen aralıklarda mertekler döşenir. Merteklerin ucuna alın tahtası çakılır ve ısı yalıtım levhaları mertekler üzerine yerleştirilir, levhalar merteklere çivi ile tutturulur. Nefes alan su yalıtım örtüsü, ek yerlerinde bini bırakılarak serilir. Baskı çitaları merteklerin üzerine gelecek şekilde başlıklı çivilerle sabitlenir ve çatı kaplamaları yerleştirilir.

Mertek aralarına uygulamalarda ise, mertek aralıklarına uygun genişlikte üretilmiş veya kesilmiş yalıtım malzemesinin mertek aralarına yerleştirilmesi ardından iç yüzeyde buhar kesici örtü ve üstüne ahşap, sunta veya alçı esaslı malzemelerle kaplama yapılarak uygulama tamamlanır [21].

Mertek arası uygulamalar için 50 cm genişlikte özel üretilen bir yüzü alüminyum folyo kaplı camyünü şilteler, hem ısı yalıtımı hem de buhar kesici ihtiyacını birlikte karşılamaktadır. Alüminyum folyonun şilte boyunca ve 5 cm genişlikte flaplarının olması; alüminyum folyo alt yüzeye gelecek şekilde mertek aralarına yerleştirilen şiltenin, folyonun flaplarından ahşap merteklerin alt yüzüne tel zımba ile tespit edilerek kolay uygulanmasını sağlar. Burada da mertek yüksekliklerinin “Binalardan Isı Yalıtım Kurallarına” uygun hesaplanmış ısı yalıtım malzemesi kalınlığına göre belirlenmesi, uygulamada yalıtım malzemelerinin ezilerek hesaplanan kalınlıkların altına düşmemesi ve ek yerlerinde ısı köprülerine neden olacak boşlukların bırakılmaması dikkat edilecek hususlar arasındadır.

Mertek altından yalıtım uygulamalarında, levhalar mertekler üzerine sabitlenir. Daha sonra alçı plaka veya lambri gibi bir iç yüzey kaplaması levhalar üzerine dübellenerek uygulama tamamlanır [86].



- ① ÇATI ÖRTÜSÜ
- ② SU YALITIM MEMBRANI
- ③ ÇATI TAHTASI
- ④ HAVALANDIRILAN ÇATI ARASI BOŞLUĞU
- ⑤ ISI YALITIMI
- ⑥ BETONARME PLAK VEYA ASMOLEN DÖŞEME VEYA GAZBETON DÖŞEME PANELİ
- ⑦ TAVAN SIVASI

Şekil 6.55. Tavan arası döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması [11]

İster ısıtma, ister soğutma uygulansın, yapıların tüm dış yüzeyleri ile ısıtılmayan mekanlara bitişik yüzeylerinin ısı yalıtımlı olması gerekmektedir. Bu uygulama gerek iç konfor gerekse yakıt tasarrufu amacıyla yapılır. İşte bu yüzeylerden bir diğeri de, kullanılmayan çatı arası döşemesidir. Çatı arası döşemesi yoluyla gerçekleşen ısı geçişi ile çatı arası boşluğunun gereksiz yere ısıtılmasının veya soğutulmasının önlenmesi ve daha etkin enerji tasarrufu sağlanması amacıyla, kullanılmayan çatı aralarında yalıtımın yeri döşeme üzeridir. Su yalıtımı ile akmaya karşı önlem alınmış çatı altında, çatı arasının en uzak kısmından başlanarak çatı arası çıkış kapağına doğru serbest bir şekilde döşenen ısı yalıtım malzemesi; duvar diplerinde 15 -20 cm duvar yüksekliği boyunca yukarı doğru kıvrılmalı, çatıyı taşıyan ahşap dikmelerin olduğu yerde malzeme falçata ile kesilerek dikmenin etrafına sarılmalıdır. Sistemin rahat nefes alabilmesi için yalıtım malzemesinin üstü, çatıdan herhangi bir akmaya karşın önlem amaçlı yanıcı naylon veya bitümlü karton gibi malzemelerle örtülmemelidir. Çatı arası havalandırılması saçaklarda hava girişi, mahyada hava çıkış boşluğu bırakılarak sağlanmalıdır [86].

Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yün esaslı camyünü şilte seçimi halinde, malzemenin yüklenemez olması, çatı arasında asansör makine dairesi, imbisat deposu, çatı çıkış kapağı gibi yerlere ulaşmak için ahşap kadronlar üzerine çakılmış kalaslarla yürüme yolu yapılmasını ve kesinlikle camyünü şilte üzerinde yürünmemesini, üzerine ağırlık konulmamasını gerektirmektedir. Böyle bir uygulamada, ahşap kadronların yalıtım malzemesi kalınlığı ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Çatı arası boşluğunun ardiye amaçlı kullanımı halinde ise; çatı yük taşıyacak kısmı diğer kısımlarla aynı kalınlıkta yalıtım sağlayacak şekilde, üzeri yükü yayacak bir malzeme ile kaplanmak kaydıyla basma mukavemeti yüksek yalıtım malzemeleri ile yalıtılabilir. Oturtma çatı yalıtım uygulamalarında “TS 825- Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” esas alınarak yalıtım malzemesi kalınlığı belirlenirken seçilecek yalıtım malzemesinin mineral yün esaslı camyünü şilte olması; ucuzluğu, hafifliği ve kolay işçiliği ile uygulama maliyetlerinde tasarruf sağlayacağı gibi, sıkıştırılabilirlik özelliği sayesinde uygulama kolaylığı, elyaf yapısı sayesinde ses yalıtımı ve yanmazlık özelliği ile yangın güvenliğini de sağlayacaktır [86].

6.3.2. Teras çatılarda ısı yalıtımı

Teras çatılar, bir yapının en kritik yerlerinde biridir. Yazın en çok güneş alan, kışın ise kar ve buz nedeniyle en uzun süre ile soğuğa maruz kalan kısımlardır. Bu nedenle, ısı yalıtımı mutlaka gereklidir. Yapılacak ısı yalıtımı sadece soğuğu ve sıcaklığı önlemekle kalmayıp aynı zamanda betonarme döşemeyi ısı gerilmelerde ve tahribatlardan korur [84].

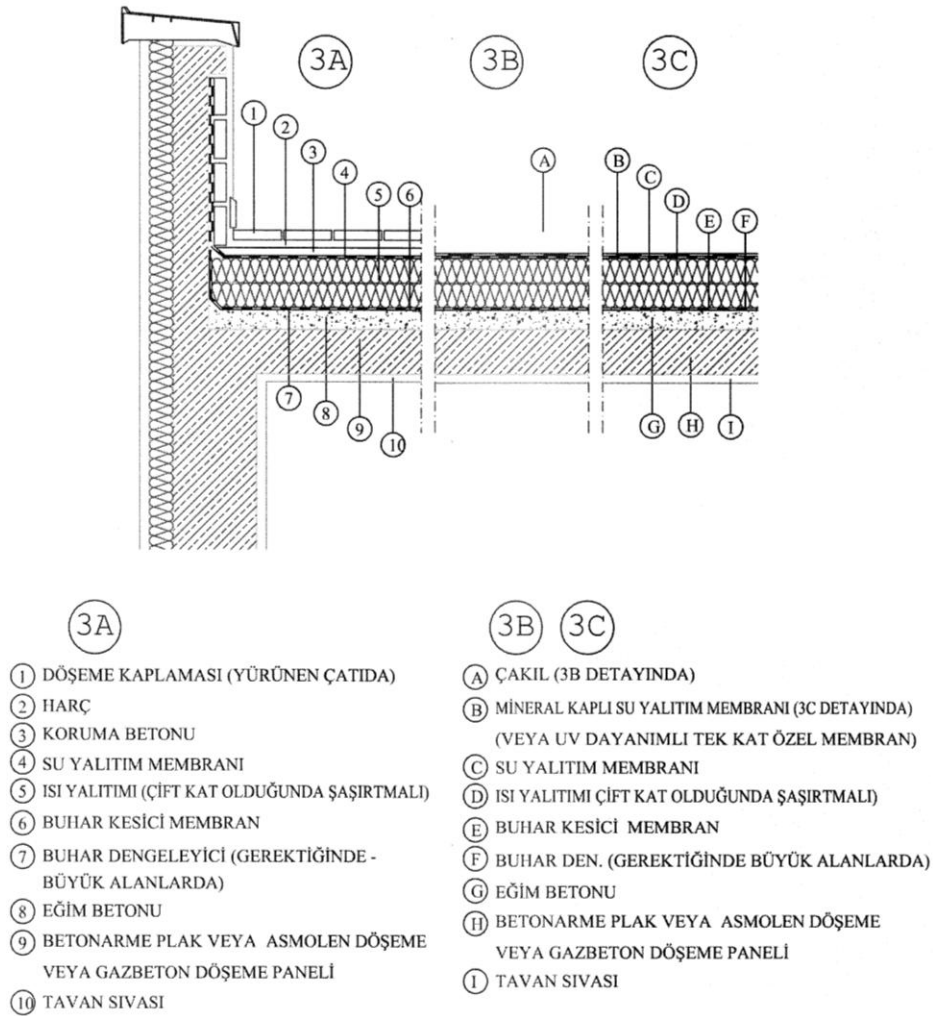
Teras çatılarda; ısı yalıtımı, su yalıtımı katmanı, koruyucu tabakalar ile tavan döşemesi bir bütün olarak (hava boşluğu bırakılmaksızın) yer alırlar. Teras çatıların yalıtımında; çatının kullanım amacı ile ısı yalıtım malzemesinin özelliklerine göre değişik detaylar uygulanabilir [85].

6.3.2.1 Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı

Geleneksel teras çatılarda, su yalıtım katmanı ısı yalıtımının üzerinde yer almaktadır. Gerek çift katlı uygulanan bitüm esaslı membranların son katı, gerekse de tek katlı uygulanan sentetik membranlar; gece/gündüz ve yaz/kış sıcaklık farkı sebebi ile oluşabilecek temel gerilmeleri azaltmak amacıyla güneş ışığını yansıtıcı bir bitiş tabakası ile korunmalıdır. Isı yalıtım malzemesi su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit olmalıdır. Su buharının, ısı yalıtımının içerisinde geçerek su yalıtım membranı altında birikmesi ve yoğunlaşması sonucu, ısı yalıtımının işlevini kaybetmesini ve membranlarının tahrip olmasını önlemek için; ısı yalıtımının altına (sıcak tarafa) yüksek performanslı buhar kesici uygulanmalıdır. Eğer ısı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit değil ise yalıtım katmanı üzerine eğim betonu dökülmeli ve su yalıtım malzemesi eğim betonun üzerine uygulanmalıdır. Böyle ısı yalıtım malzemesi yapıştırma sıcaklığından korunur ve yayılı yük altında rijitliği bozulmadan işlevini yerine getirir. Üzerinde gezilebilen teras çatılarda; su yalıtım üzerine harç uygulanmadan önce mutlaka ayırıcı tabaka kullanılmalıdır. Ayrıca tabaka kullanılması ile hem harç uygulaması esnasında su yalıtım malzemeleri korunur hem de farklı ısıl genleşmelere sahip malzemelerin su yalıtımına zarar vermesi önlenir. Ayrıca, ayırıcı tabakaların

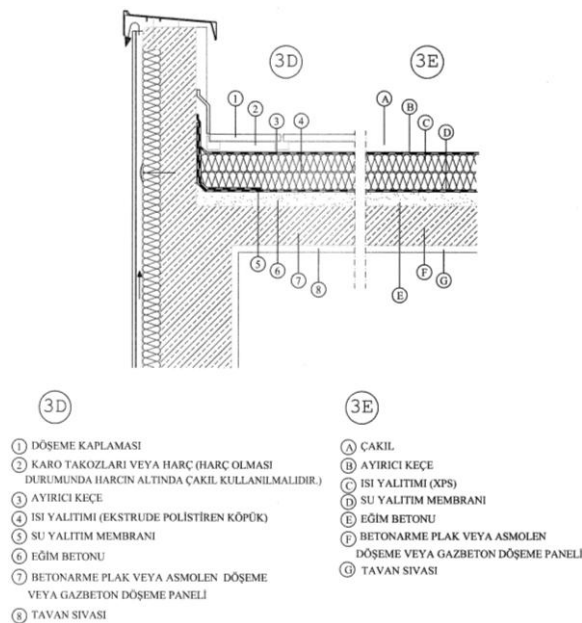
kullanılması sayesinde su yalıtım katmanları ile üzerine yapılan uygulamaların yapışması önlenir ve çatı tamir edilirken su yalıtımı korunmuş olur [85].

Geleneksel teras çatı yalıtım uygulamasını ters teras çatı uygulamasından ayıran en önemli özellik ise ısı yalıtımının altında buhar kesici örtü ve üstünde su yalıtım örtüsü kullanmak kaydıyla, ısı yalıtımı için kullanılan malzemelerinin su yalıtımının altında kalmasıdır. Betonarme döşemenin üzerine buhar yalıtımı görevi görecektir malzeme serildikten sonra, üzerine taşıyacağı yayılı yükü karşılayacak basma mukavemetine sahip ısı yalıtım malzemesi serbest şekilde döşenir ve üstü su yalıtım örtüleri ile kapanır. Burada dikkat edilmesi gerekli önemli bir hususta, en üst yüzeyde dış ortamın (güneş-UV) etkilerine açık kalan örtünün (arduvaz kaplı örtüler, ayırıcı keçe ve şap) çeşitli kaplamalarla korunmasıdır [86].



6.3.2.2. Ters teras çatılarda ısı yalıtımı

Bu sistemde ısı yalıtımı su yalıtımının üzerinde yer alır. Bu çatılar bu yerleşiminden ötürü ters teras çatı olarak anılırlar. Ters teras çatı yalıtımında; yüksek basma mukavemeti ve kapalı gözenek yapısı ile bünyesine su almama özelliklerine sahip ekstrüde polistren esaslı ısı yalıtım malzemesi, bu özellikleri sayesinde su yalıtımının üzerinde yer alarak onu güneş, dış ortam (sıcaklık farklılıkları ve ısıl gerilmeler) ve mekanik etkilerden korur. Bu, su yalıtım malzemesinin kullanım ömrünü de uzatan bir faydadır. Su yalıtım malzemesi sıcak tarafta yer aldığından buhar kesici kullanılması gerekmez. Su yalıtım malzemesi olarak buhar geçirgenliği oldukça düşük olan bitümlü membranlarla uygulama yaparken; ilk kat su yalıtım örtüsü noktasal veya şeritsel yapıştırılmalı, su buharının birikerek su yalıtım örtüsü üzerinde noktasal basınç uygulaması önlenmelidir. Mevcut betonarme döşemenin üzerine parapetlerde 45 derece yukarı dönecek şekilde eğim betonu uygulanarak yüzeyin perdahlanması ardından; hem buhar kesici hem de su yalıtımı görevini yapacak su yalıtım örtüsü yüzeye uygulanır, üzerine “TS 825 – Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” esas alınarak belirlenmiş kalınlıkta, taşıyacağı yüke göre hesaplanmış yeterli basma mukavemetine sahip ekstrüde polistren ısı yalıtım levhaları serbest olarak (yapıştırılmadan) döşenir, üzeri ayırıcı keçe ve istenilen şekilde (çakıl, şap, bahçe) kaplanarak uygulama tamamlanır [21], [86].



Şekil 6.57. (3D - Yürünen teras çatıları, 3E - Yürünmeyen teras çatılarda) ısı yalıtımı uygulaması [11]

6.4. Pencere ve Kapıların Yalıtılması

Binaların toplam ısı kayıpları içinde pencere ve kapılardan meydana gelen kayıplar önemli bir yer tutarlar.

Yaşama mekanlarındaki pencerelerin su alması insanı rahatsız ettiği ve de gözle görülebilen bir tahribat meydana getirdiği için öncelikle giderilmeye çalışılmış fakat çok uzun bir süre pencerelerden kaçan ısı kayıpları ile ilgilenilmemiştir.

Özellikle ülkemizde, kalitesiz ahşap çerçeve ile birlikte tek cam kullanılması bu yapı elemanlarından kaynaklanan ısı kayıplarını arttırmaktadır. Pencerelerden meydana gelen ısı kaybının toplam ısı kaybı içindeki yüzdesi pencere/duvar oranına bağlı olmakla birlikte, çok katlı binalarda genellikle % 30 ile 40 arasında değişir. Duvarlardan farklı olarak, pencere ve kapıların yalıtım değerlerinin belli bir noktadan sonra iyileştirilebilmesi teknik olarak mümkün değildir. Bu sebeple de pencerelerin iyileştirilmesi ile toplam enerji tasarruf potansiyelinin yaklaşık % 20'si sağlanabilmektedir.

Pencere alanı toplam cephenin % 25'i olan beş katlı ve hava kaçakları önlenmiş binalarda, tek camlı adi ahşap çerçeve, yerine, ısı yalıtım tedbirleri alınmış çerçeve ve çift cam kullanılması halinde ise ($U=2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$) enerji tüketiminde yaklaşık olarak % 15 (döşeme alanının m^2 'si başına yılda yaklaşık 30 kWh) tasarruf sağlanır.

Çok katlı ve hava kaçakları önlenmiş binalarda ısı yalıtım tedbirleri alınmış çerçeveler ile birlikte low-e kaplamalı çift cam kullanılması halinde ($U=1.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) yıllık enerji tüketiminde kalitesiz ahşap çerçeve ve tek cama nazaran yaklaşık % 25 enerji ve yakıt tasarrufu elde edilir.

Binaların en zayıf noktaları olan pencerelerde ısı kayıpları, kondüksiyona (iletimi) ilave olarak ventilasyonla (havalandırma ve hava kaçakları) da meydana gelir. Kondüksiyon ile olan kayıplarda kullanılan cam ve çerçeve etkindir. Tek cam Avrupa'da atık kullanılmaktadır. Çift cam uygulamalarında ara boşluğu 20 mm'den küçük ve rutubet emici malzeme ile desteklenmiş normal çift cam kullanımlarının

yanında, ısı ışınımını iç ortama yansıtarak ısı kaybını azaltan low-e kaplamalı çift cam uygulamaları ve güneş ışınlarını yansıtıcı kaplamaların kullanıldığı çift cam uygulamaları da mevcuttur. Ülkemizdeki çift cam uygulamalarında, cam elemanının U değeri olarak $1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerine kadar inilebilmiştir [87].

Diğer yandan pencereler aynı alana sahip yalıtımlı bir duvara nazaran çok daha düşük ısı direnç gösterirler. Ancak ısı direnç göz önünde tutulması gereken tek faktör değildir. Pencereler aynı zamanda güneş enerjisini iç mekana alarak ısı kayıplarını dengeleyen ısı kazanç noktalarıdır. Binalarda güney duvarının çift camlı pencere olması halinde ısıtma sezonu boyunca net ısı kaybının yalıtımlı duvara nazaran eşit olduğu belirtilmektedir. Bu sebebi kışın güney cephelerinden içeriye girebilen bol miktardaki güneş enerjisidir. Bununla birlikte diğer yönlerde pencerelerden sağlanacak güneş enerjisi miktarı daha az olabilir. Pencerelerde mutlaka çift cam kullanılmalı ve pencere boyutu ısı direnç, güneş enerjisi kazancı, gün ışığı ile aydınlatma ve dışarıyı görebilme kriterlerinin hepsini dikkate alarak belirlenmelidir.

Güney ve batı cephelerinde yazın önemli boyutlarda konforsuzluk yaşanmaktadır. Bu cephelerde yalnız low-e kaplamalı camlar kullanılması halinde kış konforu iyileşmekle beraber yazın aşırı ısınma meydana gelebilir. Bundan kaçınmak için güneye ve batı cephelerinde low-e kaplamanın yanında güneş enerjisini dış ortama geri yansıtan kaplamaların da kullanıldığı gelişmiş iklim kontrol camlarının tercih edilmesi daha uygun olabilir.

Bununla beraber çift cam arasına havadan daha yalıtkan gazlar doldurularak ısı yalıtım özelliğini daha da arttırılabilen ancak ülkemizde özel sipariş ile üretilen bu özellikteki camların da tercih edilmesi mümkündür.

Pencere sisteminde camlar kadar çerçeveler de önemlidir. Çerçeveler açısından ülkemizde üç seçenek mevcuttur:

- ahşap çerçeveler
- PVC çerçeveler
- alüminyum çerçeveler

Ahşap ve PVC çerçevelerin U-değerleri hemen hemen aynıdır ve düşüktür. Ancak gereği gibi ıslah edilememiş ahşap kullanılması halinde çerçeveler hacim sabitliğini koruyamaz. Eğilmeler sonucu açılır kanat ile kasa arasında açıklıklar meydana gelir ve kullanım ömürleri kısa olur. Alüminyum çerçeveler ise herhangi bir yalıtım tedbiri alınmadan kullanıldıklarında büyük ısı kayıplarına sebep olurlar. Alüminyum çerçeve kullanılmak istenmesi halinde, ısı iletimi polimer esaslı malzemelerle engellenmiş profiller kullanılmalıdır. Alüminyum ve PVC çerçevelerin kesitinde birden fazla odacık bulunmalıdır. Odacık sayısının artması ısı yalıtım kapasitesini arttırır. Çerçevenin ve camla birlikte pencerenin U-değeri kullanılan sistemin özelliklerine bağlı olarak değişiklikler gösterir. Sistemin U-değerinin ve diğer özelliklerinin ilgili standartlara ve firma tarafından açıklanan değerlere uygunluğu deney sonuçları ile belgelenmelidir.

Çerçevelerde istenmeyen hava kaçaklarının meydana geldiği üç nokta vardır.

- Pencere veya kapı çerçevesi ile bina arasından (açılır kanat ile sabit çerçeve arasından)
- Cam ile çerçevenin birleştiği ara kesitten
- Pencere veya kapı kasası ile duvar arasından

Kanat binilerinden meydana gelen hava kaçaklarının önlenmesi için, kanat ile kasa arasına mutlaka conta yerleştirilmelidir. Bu conta hava şartları etkisi ile elastikiyetini kaybetmemelidir. Conta fitillerin köşelerde yapıştırılması ve tüm bini boyunca kesiksiz devam etmesi hava kaçaklarının oluşma ihtimalini daha da azaltır. Menteşelerin tasarımı, conta fitilinin kesiksiz devamını sağlamalıdır. Conta fitilinin tüm bini boyunca yeterli ve her noktada eşit bir baskı altında tutulması gerekir. Bunun için çerçeve profilinin deforme olmaması. Menteşe ve kapatıcı aksesuarı gereği şekilde tasarlanmış olması gerekir. Bunlardan birinin uygun olmaması hava kaçaklarının önemli miktarda artmasına sebep olur. Bu açıdan çerçevelerde kalite kontrolü çok önemlidir. Çerçeve üreticisi problemleri çözülmüş, tüm uygulama adımları ve aksesuarları belirlenmiş ve deney sonuçları ile kalitesi kanıtlanmış sistemler önermelidirler. Çerçevelerde kullanılan malzemelerin kalitesinin de yeterliliği kanıtlanmış olmalıdır.

Çerçeve profiline camın yerleştirilmesi sırasında dolgu tabakasının veya fitille çitanın arada boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmesi ve kullanılan malzemenin zamanla hava şartları etkisinde çatlamalara maruz kalmaması ve elastikiyetini kaybetmemesi önemlidir. Çerçeveler ile ilgili olarak açıklanan, bu tedbirlerin çerçeve üreticisi tarafından sistem içinde çözülmüş olması gerekir. Başından gereği şekilde tasarımı yapılmamış bir çerçeve kullanıcının kendi imkanları ile uygulamaya çalışacağı tedbirler sistem bütününde çözülmüş detaylar kadar başarılı olmayacaktır.

Pencereler ile duvar arasındaki detaylar ülkemizde genellikle ihmal edilen ve önemli hava ısı kaçaklarına sebep olan noktalardır. Ülkemizdeki uygulamalarda bu noktalarda genellikle yalnızca suya karşı tedbir alınmaktadır. Çerçeve-duvar birleşimlerinde su yalıtımı ısı yalıtımı ve ısı köprüleri birlikte düşünülerek çözülmelidir. İç ve dış denizliklerin mütemadi olması ve ısı yalıtımı ile ısı köprülerinin önlenmesi gerekir. Stor yuvaları duvar içinde ise mutlaka yalıtılmalıdır. Su yalıtım macununun kesiti üçgen değil dörtgen olmalıdır.

Hava kaçakları önlenmemiş binalarda özellikle soğuk havalarda gayet yüksek hava cereyanları meydana gelir. Hava hızının artması, üşüme ve konforsuzluğa sebep olur. Hava cereyanı önlenirse, daha düşük sıcaklıklarda konfor sağlanabilir. Hava kaçaklarının önlenmesi ile yakıt tüketiminde en az % 10 (döşeme alanının m²'si başına da vida yaklaşık 25 kWh) tasarruf yapılması mümkündür.

Camların arasındaki hava sebebiyle iç ve dış cam levhaları arasında kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyonla ısı transferi meydana gelir buna karşılık camlarda gerçekleşen ısı iletimi yalnızca kondüksiyonlardır. Çünkü cam, oda sıcaklığında yayınlanan radyan enerjiyi (pek) geçirmez.

Çift camlı bir pencerede iç yüzey sıcaklığının değişimi iç tasarruftaki camın her iki tarafında da oluşan hava hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Oradaki sıcak hava camın önce üst tarafından temas eder, sonra aşağıya doğru hareket eder. İki cam arasındaki hava ise soğuk taraftaki camda aşağıya doğru sıcak taraftaki camda yukarıya doğru hareket eder. Dolayısıyla pencerelerin iç tarafındaki cam iç ve dış yüzeylerinde farklı doğrultularda hava hareketleri oluşur ki sonuç olarak camın alt

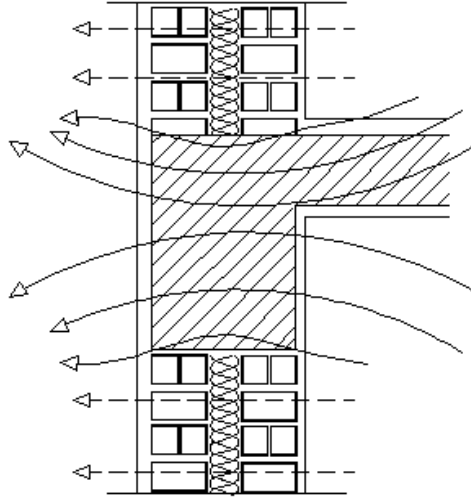
tarafı üst tarafından daha soğuktur. Eğer camın altına bir ısıtıcı yerleştirilirse sıcaklık değişim kesikli eğriyle gösterilen şekilde olacaktır. Bu arada konveksiyonla ısı transferine ilave olarak cam hava hareketlerinde radyasyonla ısı transferi meydana gelmektedir.

Pek çok binada hava kaçakları ve havalandırma ile oluşan ısı kaybı kondüksiyonla oluşan ısı kaybıyla aynı büyüklüklerde dir. Bu kaybı azaltmak için açılan kanatlarla sabit kanatlar arasında ve pencerelerle duvarların ara kesitlerinde (saydam elemanlarla opak elemanların) tam sızdırmazlığın sağlanması gerekebilir. Bu durumda iç ortamda gerekli olan temiz havanın kontrolü hava değişimleri ile sağlanması gerekir. Her iki saatte bir odanın havasının değişmesi iç hava kalitesi için gerekli minimum değer olarak verilmektedir. Yönetmeliklerde ise bu değer 0,8 ila 1H^{-1} arasında değişmektedir. Bu hava değişiminin sürekli açık bırakılan küçük boşluklardan ziyade hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi (kısa süreli açılmış açıklıklarla) hem yeterli hava değişimi sağlaması açısından hem de yüksek sıcaklıklarının soğumaması açısından tercih edilir. Hastane ve benzeri büyük binalarda taze hava ihtiyacı fazladır. Ve ısınmış hava ile kaybedilen ısı miktarı da fazladır. Böyle durumlarda ısı değiştirici sistemler kullanılarak (Heat exchanger) kirli havadaki ısının dışarıdan alınan taze havanın ön ısıtılmasında kullanılması binanın enerji verimliliğini önemli ölçüde artırır.

6.5. Isı Köprülerinde (Betonarme Kolon ve Kirişler) Isı Yalıtımı

Yapı kabuğu üzerinde yer alan betonarme kolon ve kirişler, hatıllar, lentolar, döşeme alınları gibi yapı elemanları kabuğun tuğla, gazbeton gibi duvar ögesinden daha yüksek ısı iletkenliğine sahip oldukları için ısı köprüsü olarak çalışmaktadırlar [12]. Bunlar ısının soğuk tarafa aktığı köprülerdir. Isı köprüleri, yapı kabuğunda öngörülen ısı ve nem korunumunun uygulanması sırasında sürekliliğin korunamadığı, yani ısı ve nem korunumu açısından zayıf kesimler olduklarından dolayı yerine göre ısı ya da nem köprüleri olarak da tanımlanmaktadırlar (Şekil 6.58).

Isı köprüleri genel olarak iklimsel değişkenlerin yapı içi değişkenler üzerindeki etkilerini arttırarak yapı içi ısısal konforu olumsuz yönde etkilemektedirler. Nemsel olaylara (terleme, yoğuşma) neden olarak yapı sağlığını bozmakta ve ısı enerjisi tüketimini arttırarak enerji sorununu meydana getirmektedirler.



Şekil 6.58. Kirişin oluşturduğu ısı köprüsü

Yapı kabuğunun ısı geçirgenlik direnci arttıkça iç yüzey sıcaklığı da artmaktadır. Isı köprüleri ısı geçirgenlik direncini azaltarak yüzey sıcaklıklarını önemli ölçüde düşürmektedirler. Dolayısıyla yüzey sıcaklığı ile iç ortam hava sıcaklığı arasında sıcaklık farkı oluşmaktadır. Kış aylarında iç yüzey sıcaklıklarında düşmeler, yaz aylarında ise artışlar görülmektedir. Yüzey sıcaklıklarını optimum bir düzeyde tutmak hem ısısal konforu sağlamakta hem de yüzeylerde yoğuşmanın oluşmasını engellemektedir.

Isıl konfor, bir insanın sağlıklı ve üretken olabileceği ısıl parametrelerin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda ısıl konfor, bir insanın kaybettiği ve kazandığı enerjilerin vücut sıcaklığını 37°C 'de tutmasına yetecek düzeyde olduğu durumdur. Isıl konforu etkileyen faktörleri kişisel faktörler ve iç ortama ait faktörler olarak iki grupta incelemek mümkündür. Kişisel faktörler; insanın giyim tarzı ve hareket düzeyidir. İnsanların giyimi çevresi ile ısı alışverişine direnç oluşturmaktadır. Hareket düzeyi de; gıdaların dönüşümü ile birim zamanda üretilen enerji miktarı olan metabolik hızı belirtmektedir. Isıl konforu etkileyen iç ortama ait faktörler; ortam hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık, hava hareketleri ve hava rutubetidir. Bir

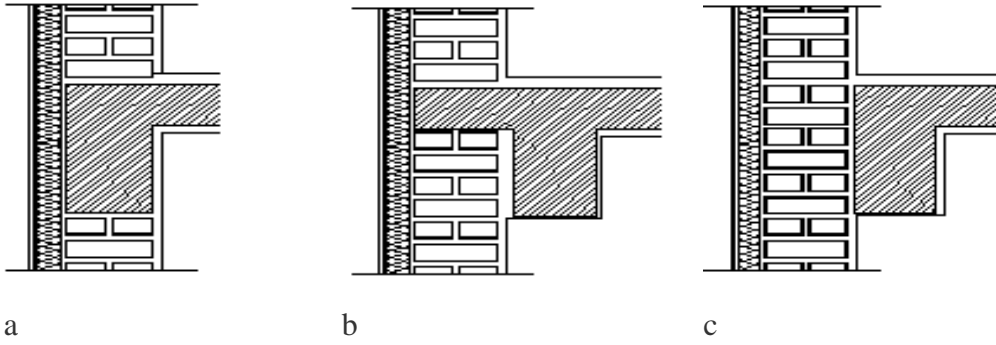
hacimdeki rutubet miktarı arttıkça konforsuzluk meydana gelmektedir. İdeal oran, bağıl nem miktarının % 50 - % 60 olmasıdır. Ancak rutubet oranının % 20'nin altında olduğu ortamlarda insanlar solunum problemleri yaşamakta, % 75'in üzerine çıktığında ise mantar, küf gibi bakteri üremesi olmaktadır.

Isı yalıtımının yapı konforuna direkt etkisi bulunmaktadır. Yalıtımın yetersiz olduğu durumlarda, mekan içindeki yaşam konfor sıcaklığının kabul edilebilir seviyelerde olmasına karşılık, yaşayan bireylerin konforsuzluktan şikayet ettiği çeşitli gözlemler sonucu tespit edilmiştir. Yapıya yeterli ısı yalıtımı uygulanmadığı durumlarda, konforsuzluk ve enerji savurganlığı kaçınılmaz olmaktadır. Enerji kaybının kontrol altına alınması ve iç mekanda yaşayanların konfor düzeyinin sağlanabilmesi; bina iç ve dış mekanı arasında oluşan basınç farklılıklarının oluşturduğu hava infiltrasyonunun önlenmesi ile mümkün olmaktadır. Yeterli ısı yalıtımının sağlanamaması ya da hava infiltrasyonunun önlenemediği durumlarda; gereksiz enerji sarf edileceği gibi yüzeyler arasında 4 °C'den fazla bir ısı farkı oluşacağından ortamda hava cereyanı söz konusu olacaktır. Böylece 20 °C olan iç ortam konfor sıcaklığı hava cereyanı altındaki ortamlarda 25–26 °C sıcaklığa ihtiyaç duyacaktır.

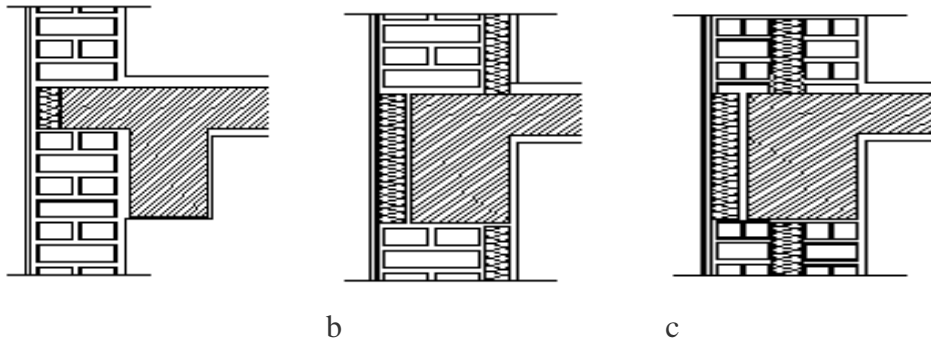
Dış hava sıcaklık değerleri; +3 °C ile –24 °C arasında ise ısısal konfor açısından kabul edilen iç hava sıcaklık değerleri 18 °C, 20 °C, 22 °C olarak alınmaktadır. Yapı içinde kullanıcıların etkinliklerine bağlı olarak; bağıl nem, hava hareketleri, sıcaklık ve mekanı çevreleyen öğelerin iç yüzey sıcaklıkları kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunda ısısal konfor sağlanmış olmaktadır. Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığının düşük olması kabuktan kaynaklanan ısı kayıplarının fazla olduğunu göstermektedir.

Yapılarda ısı yalıtımı, duvar, döşeme, çatı, ısı köprüleri vb. elemanlardan ısı geçişlerini yavaşlatmak ve yapının sağlığını korumak amacıyla yapılmaktadır. Isı yalıtımının yetersiz olması yapı içi ısısal konfor koşullarının eksik olmasına yol açmaktadır. Yapı kabuğu, ısı yalıtımı açısından yalıtımlı ve yalıtımsız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Isı yalıtımının konumuna göre yapı kabuğu kendi içinde içten yalıtımlı, ortadan yalıtımlı (sandviç duvar), dıştan yalıtımlı vb. olmak üzere alt sınıflara ayrılmaktadır.

Yapı kabuğunda ısı yalıtım katmanının konumu ısı köprülerinin oluşumu açısından önemlidir. Cephenin dıştan yalıtılması, yalıtımın bir bütün olduğunu benimseyen bir sistemdir. Dıştan uygulanan yalıtımla hem duvar elemanlarının oluşturdukları yüzeyler hem de kolon, kiriş, lento, perde duvar gibi betonarme yüzeyler yalıtılarak ısı köprüleri ortadan kaldırılmaktadır (Şekil 6.59). Oysa diğer alternatifler olan duvarların içten yalıtımı veya çift duvar arası yalıtım uygulamalarında ısı köprülerini engellemek ancak ek olarak yapılan ısı yalıtım uygulamaları ile mümkün olabilmektedir (Şekil 6.60). Dolayısıyla duvarların dıştan yalıtılması yapı fiziği açısından en uygun çözümdür.



Şekil 6.59. Dış yüzeyleri yalıtılmış duvarlar



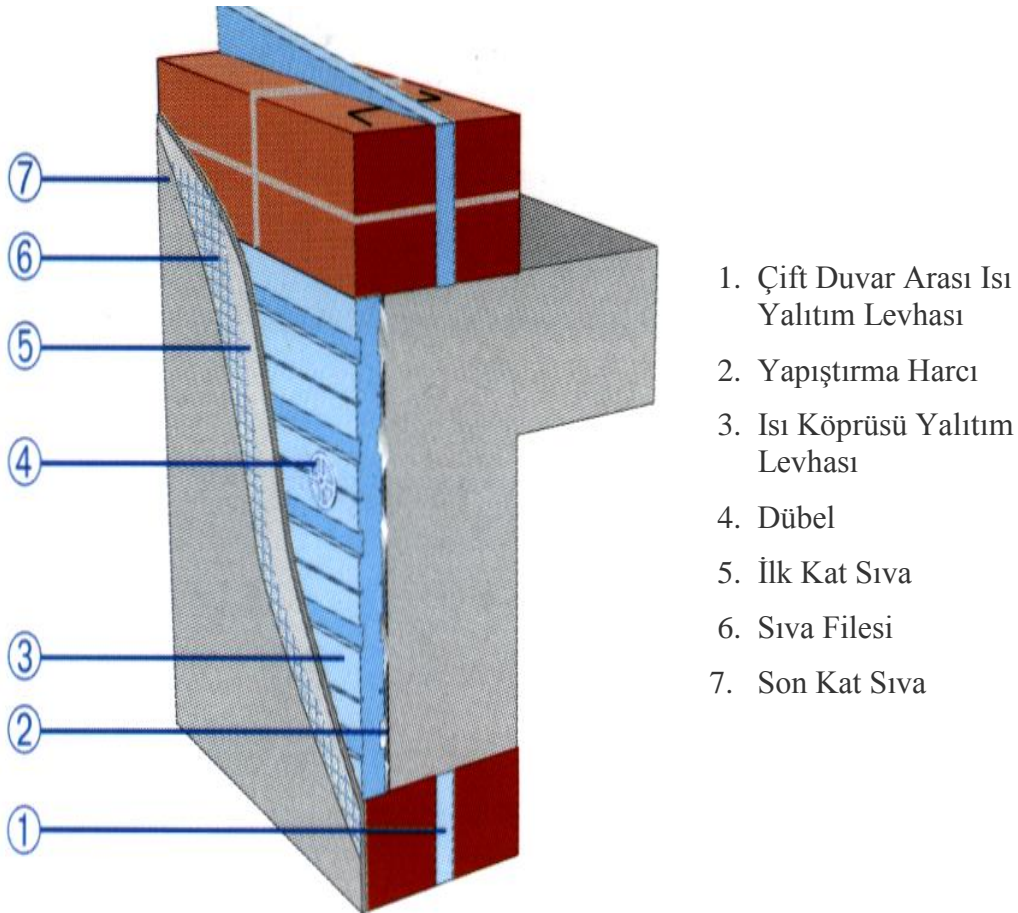
- a) Kiriş yalıtılmış yalıtımsız duvar
- b) Kiriş yalıtılmış içten yalıtımlı duvar
- c) Kiriş yalıtılmış çift duvar arası yalıtımlı duvar

Şekil 6.60. Kirişleri yalıtılmış duvarlar

Yapının dış duvarlarına içten yalıtım veya sandviç duvar yalıtımı uygulanması durumunda, ısı köprülerinin yalıtımı iki farklı sistem ile sağlanabilmektedir.

Bunlardan ilki; yalıtım katmanının beton yüzeylerin kalıp içlerine uygulandığı sistemdir. Uygulaması şu şekildedir:

Kolon, kiriş, döşeme alnı gibi yapı elemanlarının beton döküm işlemlerinden önce yalıtım levhaları, kalıp boyutlarına uygun ölçülere getirilmekte ve levha birleşimlerinde boşluk kalmayacak şekilde kalıp içine yerleştirilmektedir. Kalıp içindeki plastik ayırıcılar (saperatör), basınca dayanıklı olan yalıtım levhalarına zarar vermeyerek donatı demirlerinin gerekli beton kalınlığıyla muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Isı yalıtım levhaları, özel hücre yapıları, pürüzlü ve oluklu yüzeyleri sayesinde dökülen betonla iyi bir tutunma gerçekleştirmektedir. Betonun prizini tamamlaması ve yalıtım levhaları ile aderansının sağlanmasından sonra kalıplar sökülmemektedir ve duvar örme işlemi yapılmaktadır. Ancak duvar bloklarının dış yüzeylerinin yalıtım levhalarının dış yüzeyleri ile aynı hizada olması gerekmektedir (Şekil 6.61)



Şekil 6.61. Isı köprülerinin yalıtım detayı [66]

Isı köprülerinin yalıtımında uygulanan bir diğer sistem, yalıtım katmanının kolon, kiriş veya döşeme alımlarına sonradan tespiti şeklindedir. Uygulaması şu şekildedir:

Yalıtım levhaları kolon, kiriş, çıkmalar veya lento ölçülerine uyacak şekilde boyutlandırılmaktadır. Yüzeylerin düzgünlüğüne uygun olarak, yapıştırma harcı levhaların kenarlarına sürekli, orta eksen boyunca 2-3 öbek yerleştirilerek veya taraklama yöntemiyle uygulanarak levhalar yapıştırılmaktadır. Yapıştırılan levhalar dübel ile tespit edilmektedir (Şekil 6.62.). Tespit işleminin duvar örme işleminden önce yapılması durumunda, duvar bloklarının dış yüzeylerinin, levha dış yüzeyleri ile aynı hizada olması gerekmektedir. Duvar bloklarının tespit işleminden önce örülmeleri durumunda ise duvarın kolon-kiriş yüzeyinden, uygulanacak yalıtım levhasının kalınlığı kadar dışa taşacak şekilde örülmesi gerekmektedir.



Şekil 6.62. Isı köprülerinde yalıtım uygulaması

Yalıtılmış yüzeylerin sıvanmasından önce yüzey temizlenmektedir. Sıva olarak cam tülü file taşıyıcılı ince sıva sistemleri veya nokta kaynaklı galvaniz çelik donatı telli kalın sıva sistemleri uygulanmaktadır. Sıva donatısının doğru uygulanması yüzeylerde çatlak oluşma riskinin en aza indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Isı köprülerinin yalıtımı, enerji kayıplarını önlemek dışında, yapı iskeletini oluşturan beton ve donatı demirlerini; ısıf farklılıklardan, yoğuşma ve nemin neden olduğu zararlı etkilerden korumaktadır ve yapı ömrü uzamaktadır.

BÖLÜM 7. ÖRNEK BİNA ÜZERİNDE ISI YALITIM SİSTEMLERİNİN ANALİZİ ve KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı esas alınarak örnek bina için standartlara uygun ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak binanın yalıtımsız durumu, bina duvarlarında dıştan içten ve ortadan ısı yalıtım uygulamalarının analizi ile yapı bileşenlerinde farklı yalıtım malzemeleri (EPS, XPS, Taşyünü, Gazbeton) kullanılarak yapılan ısı yalıtım sistemlerinin karşılaştırmalı maliyet analizleri incelenecektir.

7.1. Çalışmada Referans Olarak Alınan Örnek Binanın Tanıtımı ve Isı Kaybeden Yüzey Alanlarının Hesabı

Hesaplarda örnek olarak kullanılacak bina, TS 825'e göre 2. bölgede aylık ortalama iç sıcaklığı değeri 19 °C olarak alınan Bursa ili merkezinde yer almakta olup; Betonarme karkas sistemde asmolen döşemeli 1 BK + 1 ZK (Dükkan) + 5 NK olmak üzere toplam 7 kattan oluşan 10 daireli bir konut projesidir. Örnek konutun plan, kesit, cephe görünüşlerinden oluşan uygulama projesi tezin ekler bölümünde yer almaktadır (Bkz. Ek A)

Isı yalıtım hesaplarının analizinde İZODER (Isı Ses Su İzolasyoncuları Derneği)'in TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılmıştır. Örnek bina projesi ilk olarak yalıtımsız, daha sonra binanın duvarlarında dıştan EPS, XPS, taşyünü, dolgu duvarlarda gazbeton, kolon ve giriş gibi ısı köprülerinde EPS kullanılarak yapılan ısı yalıtım uygulamalarında her malzeme durumu için yıllık ısıtma enerjisi ve binanın özgül ısı kaybı hesapları yapılmıştır. Ayrıca bina duvarlarında dıştan, içten, çift duvar arası yalıtım sistemlerinin de ısı yalıtım hesapları analiz edilmiştir.

Bu hesaplamaların yapılabilmesi için öncelikle ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdaki, eğer varsa ısıtılmayan iç ortamdaki ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve

pencerelerde oluşan ısı kayıplarının gerçekleştiği alanların hesaplanması gerekmektedir. Isı yalıtım hesaplarında kullanılacak veriler Tablo 7.1’de sunulmuştur.

Tablo 7.1. Örnek konut projesinin ısı kaybeden alanları

ISI KAYBEDEN ALANLAR		MİKTAR (m ²)
Dış Havaya Açık Duvar Alanları	Dolgu duvar	592,50
	Betonarme (kolon-kiriş)	269,64
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu duvar	274,86
	Betonarme (kolon-kiriş)	38,77
Toprağa Temas Eden Duvar Alanı	Betonarme (kolon-kiriş)	63,34
Tavan Alanı	Kullanılan çatı	82,60
	Kullanılmayan çatı	136,40
Taban Alanı	Toprağa temas eden	67,58
	Isıtılmayan iç ortama bitişik	108,04
	Açık geçit üzeri	35,54
Pencere Alanı	Kuzey batı	65,60
	Güney doğu	36,30
	Güney batı	97,60
Kapı Alanı	Dış ortama bakan	43,78
	İç ortama bakan	22,20
BİNA TOPLAM BÜRÜT HACMİ		4070,02 m ³

7.2. Örnek Bina Projesinin Yalıtım Yapılmadan Özgül Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması

Yalıtımsız durumdaki bina projesinde özgül ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesapları yapılmıştır.

Tablo 7.1’deki bina verileri TS 825 Isı Yalıtımı Programında girilerek binanın özgül ısı kayıpları hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda binanın bileşenlerinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kayıplarının toplamı H=4072,59 W/K olarak bulunmuştur (Bkz. Ek B).

Analiz raporları değerlendirildiğinde örnek bina projesinin yalıtımsız durumu için yıllık gerekli olan enerji ihtiyacı $Q_{yıl}=178.975$ kWh'dır. TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m² iken hesaplanan ısı ihtiyacı $Q=137,42$ kWh/m²'dir (Bkz. Ek B). Hesaplanmış olan ısı ihtiyacı standardın sınırlamış olduğu ısı ihtiyacından fazla olduğundan binanın yalıtımsız durumu standarda uymamıştır.

Yapı bileşeni içinde bulunan su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi durumu yoğuşma olarak tariflenmektedir. Yoğuşma yapı bileşenlerinde küf ve mantar oluşumuna sebebiyet vermekte, yer çekimi etkisiyle akma ve damlama şeklinde gerçekleşmektedir. Bundan dolayı yapı bileşenleri içerisinde yoğuşabilecek su miktarı sınırlandırılmalıdır.

Analiz raporları incelendiğinde binadaki betonarme yapı elemanlarından dış havaya temaslı betonarme elemanlarda, toprağa temaslı betonarme elemanlarda, çatı arası kullanılan ve kullanılmayan tavanda, toprağa temas eden tabandaki yapı bileşenlerinde yoğuşma meydana geldiği; çatı arası kullanılan, ısıtılmayan iç ortama bitişik ve açık geçit üzeri taban haricindeki yapı elemanlarında da küf oluşma riskinin olduğu görülmektedir (Bkz. Ek B).

Yalıtımsız haldeki örnek bina projesinde bina için gerekli olan enerji ihtiyacı standardın sınırlamış olduğu enerji ihtiyacının 2,77 katı kadardır. Dolayısı ile standarda uymamakta ve birçok yapı bileşeninde yoğuşma olmaktadır. Yine birçok yapı elemanının iç yüzey sıcaklığı 17 °C nin altında olduğundan yapı bileşeninin iç yüzeylerinde küf oluşma riski vardır. Binaya ısı yalıtımı yapılmak suretiyle hem ısı enerjisi ihtiyacı azaltılarak tasarruf sağlanacak hem de ısı konfora sahip yoğuşma ve küflenme oluşmayacak sağlıklı binalar inşa edilecektir.

7.3. Yapı Fiziği Açısından Duvarların Dıştan, İçten, Çift Duvar Arasında Yalıtım Yapılması Durumunun İncelenmesi

Seçilen örnek bina projesindeki yapı elemanlarından çatı, döşeme elemanlarında yalıtım malzemesi çeşidi ve kalınlığı sabit tutulup; aynı nitelikte cam ve kapı türleri

kullanılarak duvarların dıştan, içten ve çift duvar arası yalıtılması durumunun irdelenmesi amacıyla Tablo'7.1 de verilen yapı elemanlarında ısı kaybeden yüzey alan değerleri ısı yalıtım hesap programına veri olarak girilmiştir. İletim havalandırma ile meydana gelen ısı kayıp değerleri ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır.

İlk olarak örnek bina projesindeki duvarların dıştan 5 cm EPS ile yalıtılması durumunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2073,49$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=71.703$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=55,05$ kWh/m²' dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından küçük olduğundan bina duvarlarının dıştan yalıtılması standarda uygundur (Bkz. Ek C)

Yapı bileşenlerinde yoğuşma durumu değerlendirildiğinde; toprak altı beton duvar elemanı ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşemede yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak kabul edilebilir değerdedir. Bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları 17 °C'nin üzerinde olduğundan yapı elemanlarında küf oluşma riski de bulunmamaktadır.

Uygun ısıtma, ortam içinde havanın hızlı hareket etmeyecek şekilde düzenlenmesiyle sağlanmaktadır. Bu da ortam içindeki bütün yüzeylerde ısı farklılıklarının 4 °C'yi aşmasını engellemekle mümkün olmaktadır. Konforlu bir iç ortam için iç yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkın en fazla 2-3 °C olması gerekmektedir.

Isıl konforu etkileyen faktörler; ortam sıcaklığı, duvar iç yüzey sıcaklığı, hava hızı ve havadaki nem miktarıdır. Örnek bina projesinde yapı bileşenlerinin iç yüzey sıcaklıkları ile ortam sıcaklıkları arasındaki ısı farkı 2-3 °C'yi geçmediğinden ısı konfor şartları da sağlanmıştır.

İkinci olarak örnek bina projesindeki duvarlar içten 5 cm EPS ile yalıtılmıştır. İç duvar alanı ile dış duvar alanı arasındaki fark ısı köprüsü olarak çalışacağından

hesaplamalarda dış duvar alanlarına göre sınırlandırılmış enerji ihtiyacını elde etmek için iç ve dış duvar alanları arasındaki fark kadar duvar alanı yalıtımsız (beton ve dolgu) duvar alanı olarak sisteme dahil edilmiştir. Böylece bina için gerçekte gereken enerji ihtiyacı bulunarak ısı köprülerinden kaynaklanan ısı kayıplarını karşılayacak enerji miktarının da tespit edilmesi mümkün olmuştur.

Isı yalıtım hesap programında söz konusu ısı yalıtım sisteminin analizi sonucunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2455,59$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=91.290$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=70,09$ kWh/m²'dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından büyük olduğundan bina duvarlarının içten yalıtılması durumu standarda uygun olmamıştır (Bkz. Ek D).

İçten yalıtımlı duvarların dolgu kısımlarında yoğuşma olmamasına karşın, betonarme kısımlarda yoğuşma olduğu belirlenmiştir. Ancak kabul edilebilir sınırlarda kalmaktadır. İç yüzey sıcaklıkları ile ortam sıcaklığı arasındaki fark 3 °C'yi geçmediğinden küf oluşma riski de bulunmamaktadır.

Üçüncü olarak örnek bina projesindeki duvarlar çift duvar arasına 5 cm EPS konularak ortadan yalıtılmıştır. Dolgu duvarlar haricindeki betonarme elemanlar ortadan yalıtılmadığından yalıtımsız eleman olarak sisteme dahil edilip ısı köprüsü olarak değerlendirilmiştir. Böylece bina için gerçekte gereken enerji ihtiyacı bulunarak ısı köprülerinden kaynaklanan ısı kayıplarını karşılayacak enerji miktarının da tespit edilmesi sağlanmıştır.

Çift duvar arası yalıtım sistemi ısı yalıtım programında analiz edildiğinde binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2835,89$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=111.407$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,30$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=85,54$ kWh/m²'dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından büyük olduğundan bina duvarlarının çift duvar arası yalıtım uygulaması ısı ihtiyacı bakımından standarda uygun olmadığı

gibi yalıtım yapılmayan ve ısı köprüsü olarak çalışan betonarme elemanlarda yoğuşma ve küflenme olmaktadır. Ancak çift duvar arası yalıtımlı duvarlarda küflenme ve yoğuşma olmamaktadır (Bkz. Ek E).

7.4. Bina Duvarlarındaki Dıştan İçten ve Çift Duvar Arası Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

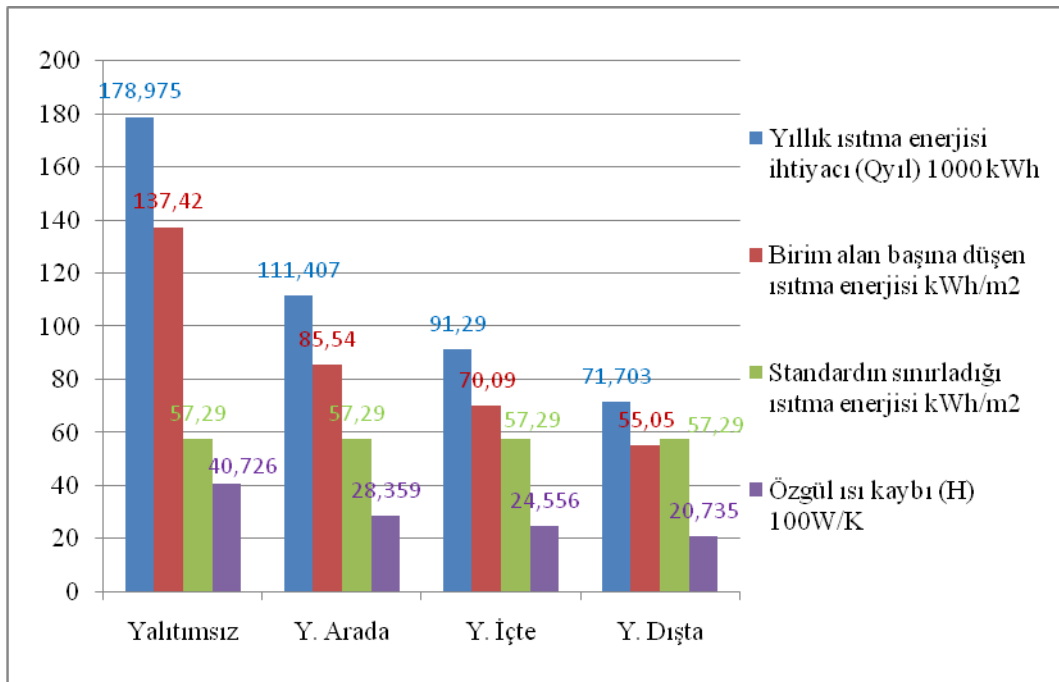
Örnek bina projesinde yalıtım sistemleri uygulandığında binanın dıştan 5 cm kalınlığında EPS ile yalıtılması durumunda ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825 Isı Yalıtım Standardı gereği sınırlandırılan ısıtma enerjisi ihtiyacından daha küçük olduğu incelenmiş ve standarda uygun olduğu belirlenmiştir. Bina duvarlarında yoğuşma meydana gelmediği gibi ısıl konfor açısından iç duvar yüzeyi sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark 3 °C'yi geçmediğinden binada ısıl konfor da sağlanmıştır. Yapı bileşenleri yüzeyinde küflenme olmamaktadır.

Bina duvarlarında içten 5 cm kalınlığında EPS ile yalıtım yapılması halinde iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı dıştan yalıtım durumuna göre %18,5 artmasına karşın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise %27 artış göstermiştir. Örnek binada birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825 standardının sınırladığı ısı enerjisi ihtiyacından büyük olduğundan standarda uymamaktadır. İçten yalıtılmış olan beton yapı elemanlarında da yoğuşma meydana gelmiştir. Ancak duvarın iç yüzeylerindeki ısı ile ortam ısısı arasındaki fark 3 °C'yi aşmadığından küflenme riski bulunmamaktadır. İçten yapılan yalıtım uygulamasının standarda uymasını sağlamak için yapıdaki bütün elemanlarda 5 cm lik yalıtım kalınlıklarının dış hava temaslı duvarlarda 16 cm, toprak temaslı duvarlarda 15 cm, kullanılan ve kullanılmayan çatıda 20 cm, toprağa, ısıtılmayan iç hacme bitişik ve açık geçit üzeri döşemelerde 15 cm kalınlığında yalıtım yapılması ile mümkün olabilmektedir (Bkz. Ek F)

Çift duvar arası 5 cm EPS ile yalıtım yapılan sistemde ise iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı dıştan yalıtım durumuna göre %36,8 artmasına karşın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise %55,3 artış göstermiştir. Örnek binada birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825 standardının sınırladığı ısı enerjisi ihtiyacından büyük olduğundan standarda uymamaktadır. İçten yalıtılmış olan beton

yapı elemanlarında da yoğuşma meydana gelmiştir. Ancak duvarın iç yüzeylerindeki ısı ile ortam ısısı arasındaki fark 3 °C'yi aşmadığından küflenme riski bulunmamaktadır. Çift duvar arası yalıtım uygulamasında bina elemanlarında 5 cm kalınlığında EPS yerine 1 mt kalınlığa kadar yalıtım malzemesi kullanılarak ısı yalıtım programında analiz yapılmasına rağmen TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırlamış olduğu enerji ihtiyacının üzerinde ısı enerjisi hesaplanmakta ve standarda uygunluk sağlanamamaktadır (Bkz. Ek G). Bu durum ısı köprülerinin yalıtılmasının ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Duvarların yalıtımsız, dıştan içten ve çift duvar arası yalıtım uygulanmış haline göre örnek bina projesinin havalandırma ve iletim yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve binadaki birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyaçları karşılaştırmalı olarak Şekil 7.1'deki grafikte verilmektedir.



Şekil 7.1. Örnek binanın yalıtımsız dıştan içten ve çift duvar arası yalıtımlı durumlarının ısı performansları

Örnek bina projesinde duvar haricindeki yapı elemanlarında her örnek için yalıtım sabit tutulup, duvarlarda dıştan, içten ve çift duvar arasından aynı kalınlık ve nitelikteki yalıtım malzemesi ile yapılan yalıtım sistemlerinden sadece dıştan yapılan yalıtım standarda uymuştur. Her üç yalıtım sisteminin yıllık enerji ihtiyacı yalıtımsız

duruma göre dıştan yalıtımda %59,9, içten yalıtımda %49, çift duvar arası yalıtımda %37,7 azalma olmaktadır.

Yukarıda yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda dıştan, içten ve çift duvar arası yalıtım sistemlerinin olumlu ve olumsuz yönlerini ortaya koyabiliriz.

Dış taraftan yalıtım yapı fiziği açısından en uygun sistem olup, ısı yalıtım levhalarıyla tüm binayı dışarıdan bir manto gibi sararak binayı dış etkenlerden tam olarak korur. Yalıtım kesintisiz olarak yapıldığından ısı köprüleri en az hatta pratikte yok kabul edilir. Su buharının yapı bileşenleri içerisinde yoğuşma riski en az olan sistemdir. Isıtma sistemlerinin kısa süreli kapatılması durumunda ortam sıcaklığının ani düşmesini önler. Yaz aylarında iç ortamın aşırı ısınmasının önüne geçer.

Dış taraftan yalıtım yeni yapılara uygulandığı gibi mevcut yapı stoğuna da kolaylıkla uygulanma imkanı bulunmaktadır. Yapı hasarlarının büyük bölümü bina dış kabuğunda meydana geldiğinden dışarıdan yapılan ısı yalıtım uygulaması bu hasarları en aza indirebileceği gibi mevcut hasarların giderilmesinde de etkin ve kalıcı çözüm sağlamaktadır.

Dış taraftan yalıtım uygulaması bütün bina cephesine iskele kurulmasını gerektirmesi, uygulamada özel yapıştırıcı ve dübelleme işlemi yapılması, bu işlemler için kalifiye ekiplere ihtiyaç duyulması sebebiyle maliyeti diğer yalıtım sistemlerine nazaran daha yüksektir. Ancak duvarların yalıtılmasında tercih edilecek en doğru sistemdir.

İçten yalıtım sistemi, mevcut binalarda kolay uygulanan bir sistemdir. Ancak yalıtımın parçalı olması döşemelerin ve iç duvarların birleşim noktalarında ısı köprülerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak da yalıtımın verimi düşürmektedir. Betonarme elemanların iç yüzeyinde yapılan yalıtım, betonarme eleman ile ısı yalıtımı ara kesitinde yoğuşma meydana getirmektedir. İç taraftan yapılan yalıtım hızlı ısınma sağladığından kısa süreli ısınma ihtiyacı olan yapılar için uygun olabilecek bir sistemdir. Isıtma sisteminin kapatılması durumunda ısı

köprüleri sebebiyle iç ortam hızla soğumakta ve sıcaklık düşmektedir. Yaz konforuna önemli bir katkı da sağlayamamaktadır.

Bu sistemde su buharının yapı bileşenleri içinde yoğuşma riski daha fazladır. Binaların kuzeye bakan cephelerinin köşe kısımlarında küflenme ve terleme oluşabilecektir.

Yapı fiziği açısından çok da uygun olmayan bu sistem, başka seçenek olmadığında yapı mekanlarında kolay uygulanması, maliyetinin düşük olması, yalıtım malzemesinin alçı sıva ve alçı levhalarla kolay kaplanabilmesi gibi sebeplerle kullanılabilir.

Çift duvar arası yalıtım sistemi ise ülkemizde en yaygın biçimde uygulanmış olan sistem olup; yapı fiziği kurallarına aykırı bir sistemdir. Bu sistem ülkemizde genel olarak taşıyıcı betonarme elemanların arasına örülen iki tuğla ortasına ısı yalıtım malzemesinin rastgele yerleştirilmesi şeklinde uygulanmaktadır.

Bu sistemde tüm betonarme elemanlar ve yalıtım levhaları arasındaki boşluklar ısı köprüsü oluşturur. Binanın cephelerinin büyük bölümü yalıtımsız taşıyıcı betonarme elemanlardan oluşması binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını son derece fazla artırmaktadır. Söz konusu sistemde yapının taşıyıcı elemanları tamamen atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır. Yapı bileşenleri içinde yoğuşma olma ihtimali de yüksektir.

Az katlı yapılar için geliştirilmiş bu sistem ülkemizdeki yanlış uygulamaları da dikkate alındığında yüksek katlı binalarda ısı yalıtım performansı açısından önemli bir katkı sağlamamaktadır.

7.5. Örnek Bina Projesinde Farklı Yalıtım Malzemeleri Kullanılarak Yapılan Isı Yalıtım Sistem Çözümleri

Bu bölümde; örnek bina projesinde çatı, döşeme, kapı ve pencere gibi ısı kaybeden yapı elemanlarında ısı yalıtım malzeme kalınlıkları sabit tutup, aynı kalınlıktaki EPS,

XPS, Taşyünü gibi farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak yapılan yalıtım ile duvarlarda dolgu malzemesi gazbeton olmak üzere kiriş ve kolonlara dıştan yalıtım yapılmak suretiyle oluşturulmuş dört farklı ısı yalıtım sistemi (Bkz. Tablo 7.2) analiz edilmiştir.

Tablo 7.2. Örnek bina projesinde uygulanan yalıtım sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3	Sistem 4
Dış ve İç Ortamdaki Duvarlar	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taşyünü	Dolgu duvar – Gazbeton Kolon ve Kiriş - Ekspande Polistren Levha
Toprağa Temas Eden Duvar	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taşyünü	Ekspande Polistren Levha
Kullanılmayan Çatı	Camyünü	Camyünü	Camyünü	Camyünü
Arası Kullanılan Çatı	Camyünü	Camyünü	Camyünü	Camyünü
Toprağa Temas Eden Taban	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taşyünü	Ekspande Polistren Levha
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taşyünü	Ekspande Polistren Levha
Açık Geçit Üzeri Taban	Ekspande Polistren Levha	Ekstrüde Polistren Levha	Taşyünü	Ekspande Polistren Levha

Hesaplamalar sonucunda dıştan yapılan farklı ısı yalıtım uygulama sistemlerinin ısı performansları ve ısı yalıtım maliyet analizleri karşılaştırılmıştır. Tablo 7.3’de Isı yalıtım sistem uygulamalarının 2010 yılı Aralık ayı piyasa fiyatları yer almaktadır.

Tablo 7.3. Isı yalıtım sistemlerinin birim fiyatları

İMALATIN ADI	BRM.	BİRİM FİYATI (TL)	
		Sıvalı	Sıvasız
5 cm kalınlığında EPS ısı yalıtım levhaları ile dış duvarlarda, açık geçit ve ısıtılmayan iç mekanlara bitişik döşemelerde ısı yalıtımı yapılması	m ²	28,60	13,48
5 cm kalınlığında XPS ısı yalıtım levhaları ile dış duvarlarda, açık geçit ve ısıtılmayan iç mekanlara bitişik döşemelerde ısı yalıtımı yapılması	m ²	33,33	18,07
5 cm kalınlığında taşıyıcı ısı yalıtım levhaları ile dış duvarlarda, açık geçit ve ısıtılmayan iç mekanlara bitişik döşemelerde ısı yalıtımı yapılması	m ²	42,46	27,00
5 cm kalınlığında EPS ile toprağa temas eden döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı yapılması	m ²		7,80
5 cm kalınlığında XPS ile toprağa temas eden döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı yapılması	m ²		12,60
5 cm kalınlığında Taşyünü ile toprağa temas eden döşeme ve duvarlarda ısı yalıtımı yapılması	m ²		18,95
Çatılarda 4 cm cam yünü ile ısı yalıtımı yapılması ve üzerine bir kat bitümlü karton serilmesi	m ²		13,80
22 cm gazbeton bloklarla tutkal ile duvar yapılması	m ²		36,30
Yatay delikli tuğla ile 20 cm tuğla duvar yapılması	m ²		12,70
Gazbeton yapılan duvarlara tuğla yapılmadığından gazbetonun ısı yalıtım sistemine maliyeti	m ²		23,60

7.5.1. Ekspande polistren levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi

Örnek bina projesindeki ısı kaybeden yapı elemanlarında Tablo 7.2'deki ısı yalıtım malzemeleri TS 825 Isı Yalıtım Standardının öngördüğü şartları sağlayacak kalınlıklarda seçilerek ısı yalıtım programında 1. Isı Yalıtım Sisteminin analizi yapılmıştır. Duvarların dıştan 5 cm EPS levhaları ile yalıtılması durumunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2073,49$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{y1}=71.703$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=55,05$ kWh/m²' dir. Hesaplanan ısı

ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından küçük olduğundan binada uygulanan dıştan yalıtım standarda uygundur (Bkz. Ek C).

Yapı bileşenlerindeki yoğuşma durumu incelendiğinde; toprak altı beton duvar elemanı ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşemede yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla yoğuşma $0,4740 \text{ kg/m}^2$ olarak kullanılan çatı elamanındaki yapı bileşeninde meydana gelmiştir. Bu da 1 kg/m^2 sınır değerinden daha küçük olduğundan kabul edilebilir değerdedir. Bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları $17 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde olduğundan yapı elemanlarında küf oluşma riski de bulunmamaktadır (Bkz. Ek C). Tablo 7.4 ve Tablo 7.5'de örnek bina projesi için ekspande polistren levhalarla yapılmış yalıtım sisteminin sıvalı ve sıvasız maliyetleri yer almaktadır.

Tablo 7.4. Ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temaslı Duvar	Dolgu	m^2	592,50	28,60	16945,50
	Betonarme	m^2	269,64	28,60	7684,74
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m^2	274,86	28,60	7860,99
	Betonarme	m^2	38,74	28,60	1107,96
Toprak temaslı duvar	Betonarme	m^2	63,34	7,80	494,05
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m^2	108,04	28,60	3089,94
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m^2	35,54	28,60	1016,44
Toprak Temaslı Taban Döşeme	Betonarme	m^2	67,58	7,80	527,05
Çatı	Kullanılan	m^2	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m^2	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					41748,87

Tablo 7.5. Ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temaslı Duvar	Dolgu	m ²	592,50	13,48	7986,90
	Betonarme	m ²	269,64	13,48	3634,74
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m ²	274,86	13,48	3705,11
	Betonarme	m ²	38,74	13,48	522,21
Toprak temaslı duvar	Betonarme	m ²	63,34	7,80	494,05
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m ²	108,04	13,48	1456,38
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m ²	35,54	13,48	479,08
Toprak Temaslı Taban Döşeme	Betonarme	m ²	67,58	7,80	527,05
Çatı	Kullanılan	m ²	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m ²	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					21827,72

7.5.2. Ekstrüde polistren levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi

Örnek bina projesindeki ısı kaybeden yapı elemanlarında Tablo 7.2'deki ısı yalıtım malzemeleri TS 825 Isı Yalıtım Standardının öngördüğü şartları sağlayacak kalınlıklarda seçilerek ısı yalıtım programında 2. Isı Yalıtım Sisteminin analizi yapılmıştır. Duvarların dıştan 5 cm XPS levhalar ile yalıtılması durumunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2058,39$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=70.927$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=54,46$ kWh/m²'dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından küçük olduğundan binada uygulanan dıştan yalıtıma standarda uygundur (Bkz. Ek H).

Yapı bileşenlerindeki yoğuşma durumu incelendiğinde; toprak altı beton duvar elemanı ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşemede yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla yoğuşma 0,4740 kg/m² olarak kullanılan

çatı elamanındaki yapı bileşeninde meydana gelmiştir. Bu da 1 kg/m^2 sınır değerinden daha küçük olduğundan kabul edilebilir değerdedir. Bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları $17 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde olduğundan yapı elemanlarında küf oluşma riski de bulunmamaktadır (Bkz. Ek H). Tablo 7.6 ve Tablo 7.7'de örnek bina projesi için ekstrüde polistren levhalarla yapılmış yalıtım sisteminin sıvalı ve sıvasız maliyetleri yer almaktadır.

Tablo 7.6. Ekstrüde polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temash Duvar	Dolgu	m^2	592,50	33,33	19748,03
	Betonarme	m^2	269,64	33,33	8987,10
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m^2	274,86	33,33	9161,08
	Betonarme	m^2	38,74	33,33	1291,20
Toprak temash duvar	Betonarme	m^2	63,34	12,60	798,08
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m^2	108,04	33,33	3600,97
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m^2	35,54	33,33	1184,55
Toprak Temash Taban Döşeme	Betonarme	m^2	67,58	12,60	851,51
Çatı	Kullanılan	m^2	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m^2	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					48644,72

Tablo 7.7. Ekstrüde polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temash Duvar	Dolgu	m^2	592,50	18,07	10706,48
	Betonarme	m^2	269,64	18,07	4872,40
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m^2	274,86	18,07	4966,72
	Betonarme	m^2	38,74	18,07	700,03
Toprak temash duvar	Betonarme	m^2	63,34	12,60	798,08
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m^2	108,04	18,07	1952,28
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m^2	35,54	18,07	642,208
Toprak Temash Taban Döşeme	Betonarme	m^2	67,58	12,60	851,51
Çatı	Kullanılan	m^2	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m^2	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					28511,91

7.5.3. Taşyünü levhalar ile dıştan yapılan ısı yalıtım sisteminin ısıl performansı ve maliyet analizi

Örnek bina projesindeki ısı kaybeden yapı elemanlarında Tablo 7.2'deki ısı yalıtım malzemeleri TS 825 Isı Yalıtım Standardının öngördüğü şartları sağlayacak kalınlıklarda seçilerek ısı yalıtım programında 3. Isı Yalıtım Sisteminin analizi yapılmıştır. Duvarların dıştan 5 cm Taşyünü levhalar ile yalıtılması durumunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2073,39$ W/K lık ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=71.714$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=55,06$ kWh/m²'dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından küçük olduğundan binada yapılan dıştan yalıtım standarda uygundur (Bkz. Ek I).

Yapı bileşenlerindeki yoğuşma durumu incelendiğinde; toprak altı beton duvar elemanı ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşemede yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla yoğuşma $0,4740$ kg/m² olarak kullanılan çatı elamanındaki yapı bileşeninde meydana gelmiştir. Bu da 1 kg/m² sınır değerinden daha küçük olduğundan kabul edilebilir değerdedir. Bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları 17 °C'nin üzerinde olduğundan yapı elemanlarında küf oluşma riski de bulunmamaktadır(Bkz. Ek I)

Tablo 7.8 ve Tablo 7.9'de örnek bina projesi için ekspande polistren levhalarla yapılmış yalıtım sisteminin sıvalı ve sıvasız maliyetleri yer almaktadır.

Tablo 7.8. Taşyünü levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temash Duvar	Dolgu	m ²	592,50	42,46	25157,55
	Betonarme	m ²	269,64	42,46	11448,91
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m ²	274,86	42,46	11670,55
	Betonarme	m ²	38,74	42,46	1644,90
Toprak temash duvar	Betonarme	m ²	63,34	18,95	1200,29
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m ²	108,04	42,46	4587,37
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m ²	35,54	42,46	1509,03
Toprak Temash Taban Döşeme	Betonarme	m ²	67,58	18,95	1280,64
Çatı	Kullanılan	m ²	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m ²	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					61521,44

Tablo 7.9. Taşyünü levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temash Duvar	Dolgu	m ²	592,50	27,00	15997,50
	Betonarme	m ²	269,64	27,00	7280,28
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m ²	274,86	27,00	7421,22
	Betonarme	m ²	38,74	27,00	1045,98
Toprak temash duvar	Betonarme	m ²	63,34	18,95	1200,29
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m ²	108,04	27,00	2917,08
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m ²	35,54	27,00	959,58
Toprak Temash Taban Döşeme	Betonarme	m ²	67,58	18,95	1280,64
Çatı	Kullanılan	m ²	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m ²	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					41124,77

7.5.4. Duvarların gazbeton, betonarme elemanların dıştan ekspande levhalarla yapılan ısı yalıtım sisteminin ısı performansı ve maliyet analizi

Örnek bina projesindeki ısı kaybeden yapı elemanlarında Tablo 7.2'deki ısı yalıtım malzemeleri TS 825 Isı Yalıtım Standardının öngördüğü şartları sağlayacak kalınlıklarda seçilerek ısı yalıtım programında 4. Isı Yalıtım Sisteminin analizi

yapılmıştır. Dolgu duvarlar gazbeton kolon ve kiriş gibi betonarme elemanlar dıştan 5 cm EPS ile yalıtılması durumunda binada iletim ve havalandırma yoluyla $H=2078,68$ W/K ısı kaybı gerçekleştiği, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının $Q_{yıl}=71.910$ kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu alan ve hacimdeki yapı için TS 825 Isı Yalıtım Standardının sınırladığı enerji ihtiyacı $Q^1=57,29$ kWh/m², hesaplanan ısı ihtiyacı ise $Q=55,21$ kWh/m²'dir. Hesaplanan ısı ihtiyacı standardın sınırladığı ısı ihtiyacından küçük olduğundan binanın dıştan yalıtılması standarda uygundur (Bkz. Ek J).

Yapı bileşenlerindeki yoğuşma durumu incelendiğinde; toprak altı beton duvar elemanı ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşemede yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla yoğuşma 0,4740 kg/m² olarak kullanılan çatı elemanındaki yapı bileşeninde meydana gelmiştir. Bu da 1 kg/m² sınır değerinden daha küçük olduğundan kabul edilebilir değerdedir. Bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları 17 °C nin üzerinde olduğundan yapı elemanlarında küf oluşma riski de bulunmamaktadır(Bkz. Ek J)

Tablo 7.10 ve Tablo 7.11' de örnek bina projesi için ekspande polistren levhalarla yapılmış yalıtım sisteminin sıvalı ve sıvasız maliyetleri yer almaktadır.

Tablo 7.10. Duvarlar gazbeton kolon ve kirişler ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvalı maliyeti

YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temash Duvar	Dolgu	m ²	592,50	36,30	21507,75
	Betonarme	m ²	269,64	28,60	7711,70
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m ²	274,86	36,30	9977,42
	Betonarme	m ²	38,74	28,60	1107,96
Toprak temash duvar	Betonarme	m ²	63,34	7,80	494,05
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m ²	108,04	28,60	3089,94
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m ²	35,54	28,60	1016,44
Toprak Temash Taban Döşeme	Betonarme	m ²	67,58	7,80	527,05
Çatı	Kullanılan	m ²	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m ²	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					48454,51

Tablo 7.11. Duvarlar gazbeton kolon ve kirişler ekspande polistren levhalar ile oluşturulan ısı yalıtım sisteminin sıvasız maliyeti

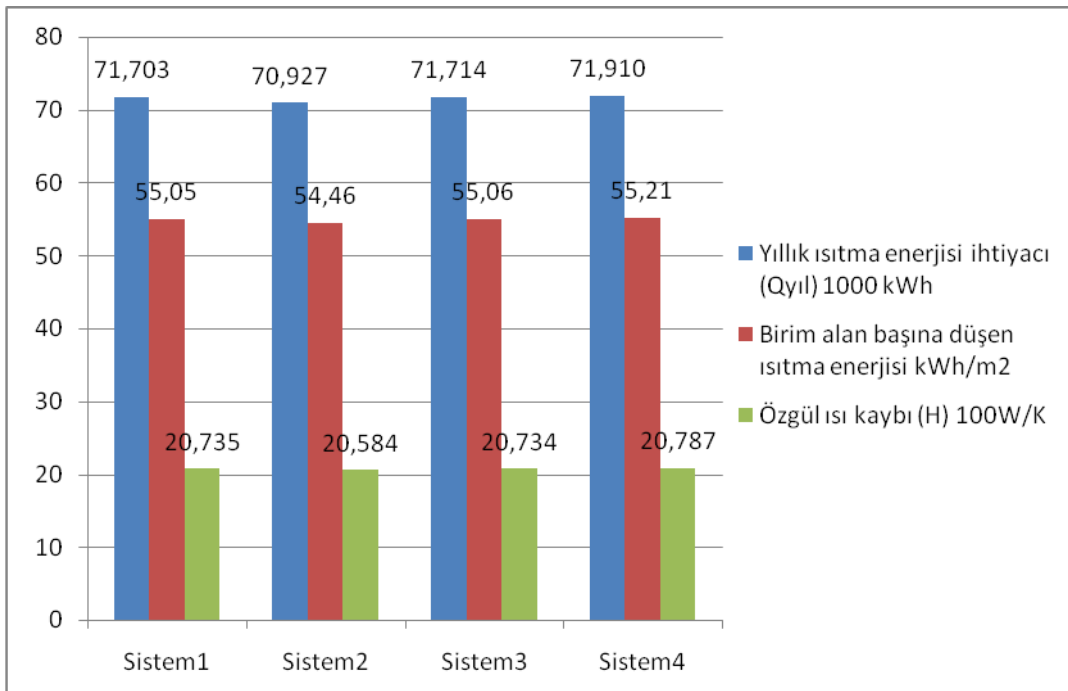
YALITIM YAPILAN YAPI ELEMANI		BİRİMİ	MİKTAR	B. FİYATI (TL)	TUTAR (TL)
Dış Hava Temaslı Duvar	Dolgu	m ²	592,50	23,60	13983,00
	Betonarme	m ²	269,64	13,48	3634,74
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	Dolgu	m ²	274,86	23,60	6486,70
	Betonarme	m ²	38,74	13,48	522,21
Toprak temaslı duvar	Betonarme	m ²	63,34	7,80	494,05
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Taban	Asmolen	m ²	108,04	13,48	1456,38
Açık Geçit Üzeri Taban Döşeme	Asmolen	m ²	35,54	13,48	479,08
Toprak Temaslı Taban Döşeme	Betonarme	m ²	67,58	7,80	527,05
Çatı	Kullanılan	m ²	82,60	13,80	1139,88
	Kullanılmayan	m ²	136,40	13,80	1882,32
GENEL TOPLAM					30605,41

7.6. Örnek Bina Projesinde Uygulanan Yalıtım Sistemlerinin Isıl Performans ve Maliyet Analizleri Bakımından Karşılaştırılması

Örnek konut projesinde uygulanan yalıtım sistemlerinin ısı performans ve maliyet hesapları önceki bölümde sunulmuştur. TS 825 Isı Yalıtımı Standardına göre ısı yalıtım programıyla yapılmış hesaplamalar sonucunda 5 cm EPS ile dıştan yapılan yalıtım uygulamasında binanın özgül ısı kaybı $H=2073,49$ W/K, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl}=71703$ kWh, birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q=55,05$ kWh/m²; 5 cm EXS ile dıştan yapılan yalıtım sisteminde binanın özgül ısı kaybı $H=2058,39$ W/K, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl}=70927$ kWh, birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q=54,46$ kWh/m²; Dıştan 5 cm taşıyıcı uygulaması ile yapılan yalıtımda binanın özgül ısı kaybı $H=2073,39$ W/K, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl}=71714$ kWh, birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q=55,06$ kWh/m²; Dolgu duvarların 22 cm gazbeton kiriş ve kolon gibi taşıyıcı betonarme elemanların dışarıdan 5 cm EPS ile yalıtılması halinde de binanın özgül ısı kaybı $H=2058,39$ W/K, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q_{yıl}=70927$ kWh, birim alan başına düşen ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q=54,46$ kWh/m² olduğu tespit edilmiştir.

Her dört sistemde de hesaplanan bina projesi için birim alan başına düşen ısı ihtiyacı standardın sınırlamış olduğu $Q^1=57,29$ kWh değerinin altında olup; ısı enerjisi ihtiyacı bakımından standarda uygunluk sağlanmıştır.

Görüleceği üzere birim alan başına düşen ısı enerjisi ihtiyacı, yıllık ısı enerjisi ihtiyaçları ile iletin ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıp miktarları bütün yalıtım sistemlerinde birbirlerine neredeyse eşit durumdadır.



Şekil 7.2. Yalıtım sistemlerine göre binada m^2 başına ve yıllık olarak ısıtma enerjisi ihtiyacı ve özgül ısı kayıplarının karşılaştırılması

Yapı bileşenlerindeki yoğuşma durumu ile ısı konfor incelendiğinde; her örnek ısı yalıtım sistemindeki yapının toprak altı beton duvar ile çatı arası kullanılan tavan ve torağa temas eden döşeme elemanlarındaki yapı bileşenlerinde yoğuşma meydana geldiği belirlenmiştir. En fazla yoğuşma $0,4740$ kg/m^2 olarak kullanılan çatı elemanındaki yapı bileşeninde oluşmuştur. Bu da 1 kg/m^2 sınır değerinden daha küçük olduğundan kabul edilebilir değerdedir. Çatı elemanındaki yapı bileşenlerinde yoğuşan suyun tamamı da yaz aylarında buharlaşmıştır.

Uygun ısıtma ortam içindeki havanın hızlı hareket etmeyecek şekilde düzenlenmesi ile sağlanmaktadır. Bu da ortam içindeki tüm yüzeylerde ısı farkının 4 °C'yi aşmayacak şekilde düzenleme ile mümkün olabilmektedir. Konforlu bir ortam meydana getirebilmek için yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkın en fazla 2-3 °C olması gerekmektedir.

Söz konusu örnek bina projesinde Tablo 7.2 deki her yalıtım durumunda bütün yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıkları 17 °C'nin üzerinde olduğu ve 20 °C olan ortam sıcaklığı ile arasındaki fark 3 °C'yi aşmadığı görülmüştür. Dolayısıyla binada ısı konfor sağlandığı gibi yapı elemanlarında küf oluşma riski de ortadan kalkmıştır.

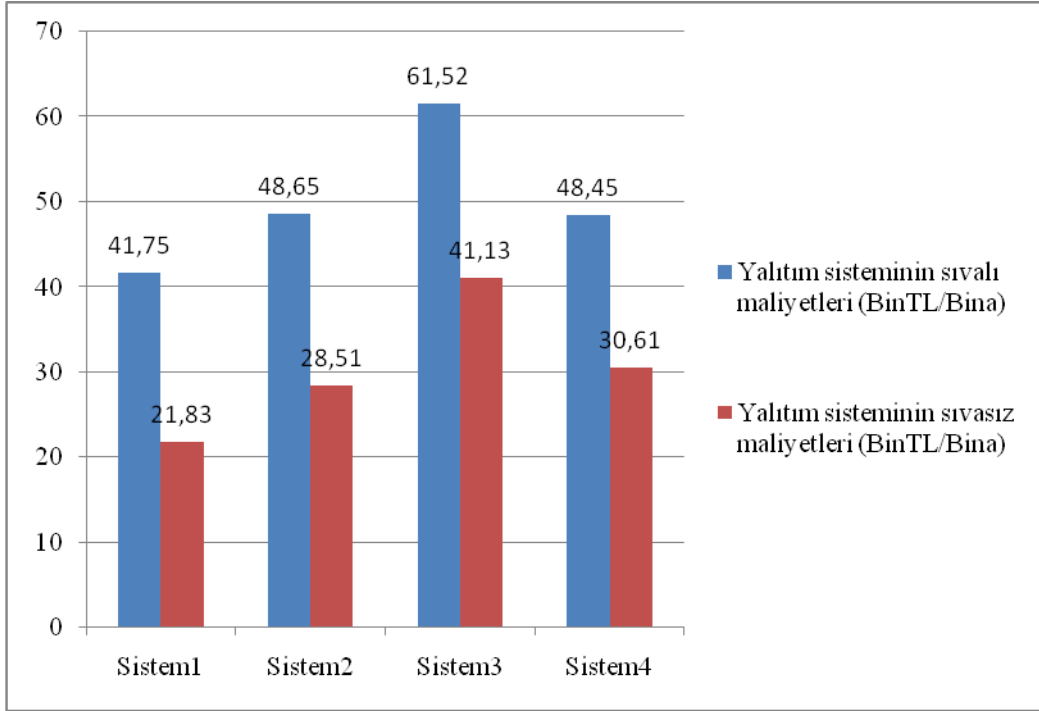
Örnek konut projesinde uygulanan yalıtım sistemlerinin bütün bina için maliyetleri yalıtım sisteminin sıvalı ve sıvasız olması durumuna göre 2010 yılı güncel fiyatlarıyla hesaplanmıştır.

Tablo 7.12. Yalıtım sistemlerinin maliyetleri

	Sistem1	Sistem2	Sistem3	Sistem4
Sıvalı Yalıtım Sisteminin Maliyeti (TL/Bina)	41.748,87	48.644,72	61.521,44	48.454,51
Sıvasız Yalıtım Sisteminin Maliyeti (TL/Bina)	21.827,72	28.511,91	41.124,77	30.605,41

Yeni inşa edilecek binalarda yalıtım yapılmassa dahi sıva imalatı ve iskele kurma maliyetleri olacağından yeni inşa edilen binalarda ısı yalıtım maliyetlerinin sıvasız olarak değerlendirilmesi ısı yalıtım sistemi geri dönüşüm sürelerinin daha gerçekçi olarak değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Yalıtım sistemlerinin maliyet açısından karşılaştırılması durumunda maliyeti en yüksek olan sistem yalıtım uygulanacak yapı elemanlarında taşıyıcı ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı sistem, en düşük maliyetli sistem ise ısı kaybeden yapı elemanlarında EPS ısı yalıtım malzemesinin kullanıldığı sistem olduğu görülmüştür (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Yalıtım sistemlerinin maliyetlerinin karşılaştırması

Ekstrüde ve ekspande polistren levhaların üretimleri sırasında yanıcılık sınıflarını iyileştirmek amacıyla yanma geciktirici maddeler kullanılmaktadır. Ancak tam olarak yanmaz hale getirilememektedir. Taşyünü ise yanmaz mineral kökenli ısı yalıtım malzemesi olduğundan ısı yalıtımı yanında yangın güvenliği ve ses yalıtımı da sağlamaktadır. Yangın güvenliğinin ön planda olduğu yapılarda, taşyünü ısı yalıtım malzemesi kullanılması yangın güvenliği, ısı ve ses yalıtımını aynı anda sağlayacağından taşyünü ile yapılan ısı yalıtımı sistemi diğer sistemlere nazaran daha avantajlı konuma gelmektedir.

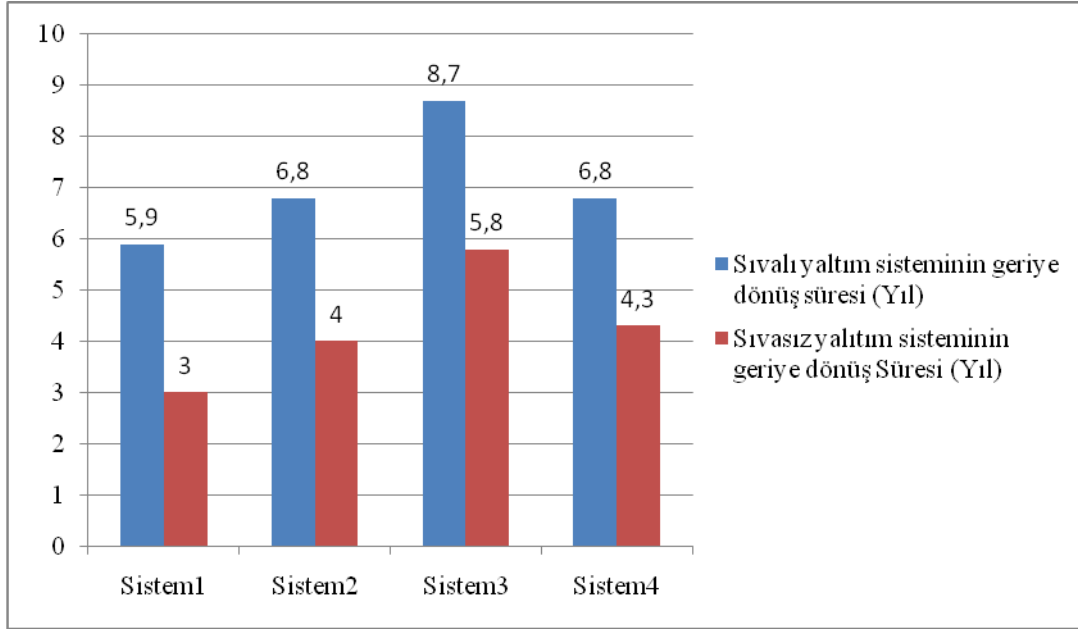
Binalarda ısı yalıtımı yapılması ile yıllık ısı enerjisi ihtiyacı azaltılmakta, buna bağlı olarak da yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının düşmesi bina için kullanılacak ısıtma sistemi elemanlarından radyatör alanlarında, boru çaplarında ve kazan kapasitesinde azalmaya sebep olduğundan ısıtma sisteminin ilk maliyetini de düşürecektir. Örnek bina projesine yalıtım sistemlerinin uygulanması sonucunda yalıtımsız haldeki binaya göre sağlanan yakıt tasarrufları ile yalıtımın yatırım maliyetlerinin geriye dönüş süreleri güncel verilerle hesaplanmıştır (Tablo 7.13)

Tablo 7.13. Örnek projedeki yalıtım sistemlerinden sağlanan yakıt tasarrufları ve geri dönüşüm süreleri

	Yalıtımsız	Sistem1	Sistem2	Sistem3	Sistem4
Yıllık Enerji İhtiyacı ($Q_{yıl}$) kWh	178.975	71.703	70.927	71.714	71.910
Yıllık Doğalgaz İhtiyacı m^3	18.657	7.475	7.394	7.476	7.496
Yıllık Doğalgaz Maliyeti TL	11.795	4.726	4.674	4.726	4.739
Tasarruf Edilen Doğalgaz Tutarı TL	---	7.069	7.121	7.069	7.059
Yıllık Tasarruf Oranı %	---	59,9	60,3	59,9	59,8
Sıvalı Isı Yalıtım Sisteminin Maliyeti TL		41.749	48.645	61.521	48.455
Sıvasız Isı Yalıtım Sisteminin Maliyeti TL		21.828	28.512	41.125	30.605
Sıvalı Sisteminin Geriye Dönüş Süresi (Yıl)		5,9	6,8	8,7	6,8
Sıvasız Sisteminin Geriye Dönüş Süresi (Yıl)		3	4	5,8	4,3
1kWh=860 kCal 1 m^3 Doğalgaz= 8250 kCal Doğalgazın Birim Fiyat= 0,6322 TL/ m^3 (Bursagaz 2010)					

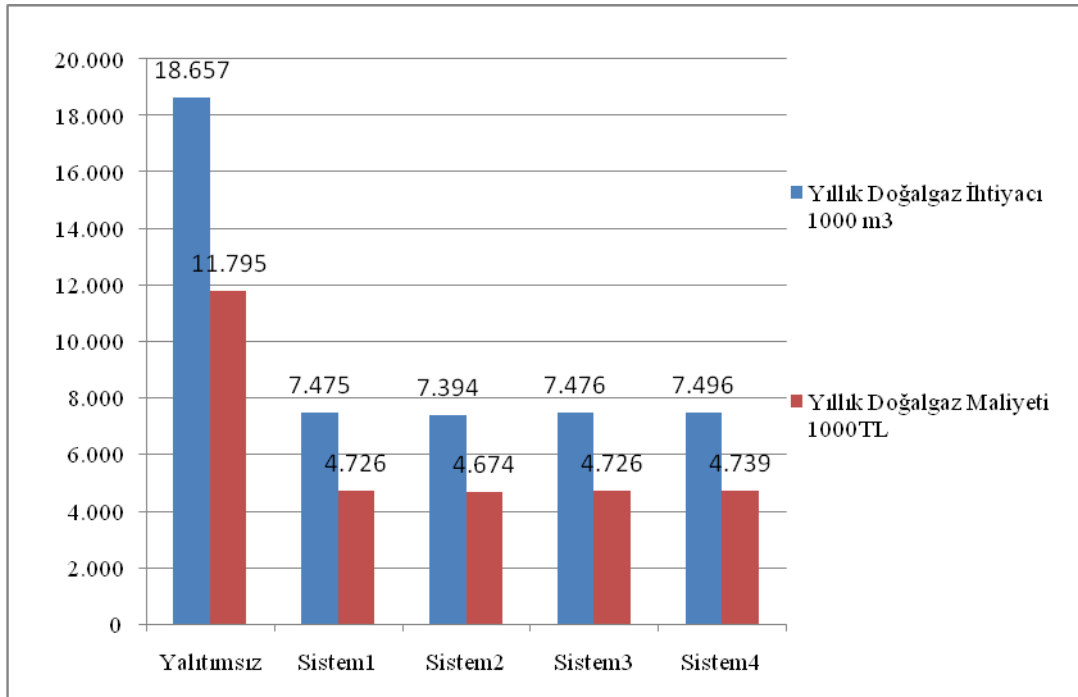
Yapılan hesaplamalar sonucunda sıvalı ısı yalıtım sistemlerinin geri dönüşüm süreleri ortalama 7 yıl olmaktadır. Bu sistemler atmosfer şartlarından dolayı bina dış kabuğu aşınma ve yıpranmalara maruz kalmış mevcut yapı stokuna uygulandığında ısı yalıtım sistemi ile aşınma ve yıpranmalara maruz kalan bina kabuğunun da bakım ve onarımı da yapılmış olacaktır. Bakım onarım masraflarının ısı yalıtım maliyetinden indirildiğinde yalıtım sisteminin geri dönüşüm süresi azalacağı gibi, bina kabuğu da dış etkenlerden korunmuş olacaktır.

Yeni inşa edilen binalarda sıva ve iskele kurma maliyetleri her halükarda olacağından ısı yalıtım sistemlerinin sıvasız maliyetiyle geri dönüşüm sürelerinin hesaplanması sonucunda ortalama yaklaşık 4 yıl olduğu bulunmuştur. Isıtma sistemlerine yapılacak yatırım ısı yalıtımı yapılması ile azalacağından ısı yalıtım sisteminin dolaylı katkı sağlayarak geri dönüşüm süresinin 4 yıldan daha az süreye indirecektir.



Şekil 7.4. Yalıtım sistemlerinin maliyetlerinin geriye dönüş süreleri

Örnek konut projesine uygulanmış yalıtım sistemleri sayesinde binanın yalıtımsız durumuna göre harcanmış yakıt tüketimine göre %60 yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Yalıtımsız ve yalıtımlı duruma göre yakıt tüketim miktarları ve maliyetleri karşılaştırmalı olarak Şekil 7.5'te grafikte verilmiştir.



Şekil 7.5. Yalıtımlı ve yalıtımsız binalarda tüketilen yıllık doğalgaz miktarları ve maliyetlerinin karşılaştırılması

Petrol Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) verilerine göre 2009 yılında toplam 33,6 milyar m³ doğalgaz ithalatı gerçekleşmiştir. İthal edilen doğalgazın %22'si konutlarda tüketilmiştir. Konutlarda tüketilen enerjinin %85'i de ısıtma amaçlı kullanıldığına göre ithal edilen doğalgazın yaklaşık 6,3 milyar m³'lük kısmı bu amaçla kullanılmıştır. Binalara ısı yalıtım sistemlerinin uygulanması ile sağlanacak tasarruf ile sadece konutlarda ısıtma amaçlı kullanılan doğalgaz ithalatında yaklaşık 1,2 milyar USD dolar olabilecektir.

BÖLÜM 8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli girdilerinden biri enerjidir. Bu yönüyle enerji bir toplumun yaşam standardının yükseltilmesinde önemli rol oynar. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması da yine enerji ile mümkündür. Ancak, enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmekte oluşu ve enerji tüketimindeki hızlı artışa bağlı olarak bu kaynakların yol açtığı ozon tabakasının incilmesi, sera gazı emisyonları gibi çevresel sorunlar enerji verimliliğini gündeme getirmiştir.

Sanayi ve teknoloji alanında yaşanan büyük gelişmelerle birlikte enerjinin kullanımı ve maliyetleri giderek artmıştır. Bu amaçla, tüm dünyada enerji verimliliğini artırmaya yönelik çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Enerjiyi üretmek kadar, üretilen enerjiden verimli şekilde faydalanmak da artık ülkelerin önemli konularından biri haline gelmiştir.

Ülkemizdeki enerji tüketiminin büyük bir bölümü sanayi ve konutlarda gerçekleşmekte ve tüketilen toplam enerjinin % 27'si de konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Kullandığı enerjisinin % 61,5'ini ithal eden ülkemizde bu durumun kalkınma ve sanayileşmede bir engel oluşturmaması için enerjinin verimli kullanımı ve enerji tasarrufu, üzerinde ısrarla durulması gereken bir konudur.

Daha iyi ısınmak için ortam ısısının artırılması çözüm olmamaktadır. Tüm dünyada enerji verimliliğinin en gözde alanı olan binalarda, ısınma amaçlı enerji tüketiminde ısıl konfordan taviz vermeden mevcut tasarruf potansiyelini kullanmak gerekmektedir. Nitekim iklim şartları Türkiye'ye benzerlik arz eden hatta kış ayları daha uzun ve soğuk geçen Almanya'da, konfor şartlarında 100m² bir dairenin yıllık yakıt sarfiyatı, ülkemize göre yaklaşık % 50 daha azdır. Bunun ülke ekonomisine olan zararı göz ardı edilmeyecek boyuttadır.

Binalarda enerji verimliliği, konfor şartlarından taviz vermeden minimum enerji tüketimi, minimum çevre kirliliği ve minimum maliyetle sağlanmalıdır. Bu amaçla binanın kullanım ömrü boyunca, özelliklerini yitirmeyecek şekilde binadaki ısı kayıplarını azaltmak ve iç mekândaki yüzeylerin sıcaklığını arttırmak için ısı yalıtım malzemeleri kullanarak, binaların yalıtılmasını sağlamak gerekmektedir.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Standardı ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kurallarının uygulanması ile ısı konfor şartlarının sağlandığı enerji verimli binalar inşa etmek mümkün olacaktır.

Bu çalışmada, örnek bina projesine dış yüzeyden, iç yüzeyden ve çift duvar arası yalıtım uygulanmış; Bu yalıtım sistemlerin olumlu olumsuz yönleri analiz edilmiş ve yalıtımsız binaya göre kıyaslamalar yapılmıştır. Ayrıca örnek bina kabuğunda, ekspande polistren, extrüde polistren ve taşyünü ısı yalıtım levhaları kullanılarak yapılan ısı yalıtım uygulamaları ile binada dolgu duvarlar gazbeton, betonarme taşıyıcı elemanların dıştan ekspande polistren ısı yalıtım levhaları uygulanarak yalıtılmış dört farklı duruma göre oluşturulan ısı yalıtım sistemleri incelenmiştir. Böylece hem yalıtım malzemeleri çeşidine, hem de ısı yalıtımının iç yüzeyden, dış yüzeyden ve çift duvar arası uygulamalarının ısı performans ve maliyet analizlerinin değerlendirilmesi incelenmiş ve aşağıdaki özet sonuçlar elde edilmiştir.

Yalıtım sistemleri içinde dış yüzeyden yalıtım yapı fiziği açısından en uygun sistem olup, ısı yalıtım levhalarıyla tüm binayı dışarıdan bir manto gibi sararak binayı dış etkenlerden tam olarak korur. Bu sayede yapının servis ömrünün uzamasını sağlar. Yalıtım kesintisiz olarak yapıldığından ısı köprüleri en az hatta pratikte yok kabul edilir. Su buharının yapı bileşenleri içerisinde yoğuşma riski en az olan sistem olup standardın sınırladığı değerleri aşmamaktadır.

İç yüzeyden yalıtım sisteminde standart şartlarını sağlayabilmek için dış yüzeyde yapılmış olan ısı yalıtım malzemesinin üç katı kalınlıkta malzeme kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Yalıtım kalınlığı artmasına rağmen betonarme eleman ile ısı yalıtımı ara yüzeyinde yoğuşmalar önlenememiştir. Betonarme elemanların yalıtılmadığı çift duvar arası yalıtım sisteminde ise yalıtım kalınlığının 1 metreye

kadar çıkarılmasına rağmen standart şartları sağlanamamıştır. Bunun en önemli sebebinin de yalıtılmayan ısı köprülerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

2. Derece gün bölgesindeki bina kabuğuna dıştan uygulanan yalıtım sistemlerinin tamamında 5 cm yalıtım malzemesi kalınlığı ile aynı ısıl performanslarla TS825 Isı Yalıtımı Standardına uygunluk sağlanarak yıllık % 60'a varan yakıt tasarrufu gerçekleşeceği belirlenmiştir. Böyle bir oranla sadece, ülkemizdeki konutlarda ısıtma amacıyla harcanmış olan doğalgaz tüketiminde 2009 yılı itibariyle 1,200 milyar USD doları tasarruf sağlanabilirdi.

Taşyünü yalıtım malzemesi ile oluşturulan yalıtım sistemi en yüksek maliyetli sistem, ekspande yalıtım malzemesi ile oluşturulan sistem de en düşük maliyetli sistem olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak yalıtım maliyetlerinin geri dönüş süreleri yeni inşa edilecek binalarda ortalama 4,3 yıl, mevcut binalarda ise 7 yıl olmaktadır. Ancak ısı yalıtımı uygulaması ile ısıtma sistemlerinin kapasitelerinin azalmasından kaynaklanan maliyet düşmesini, mevcut binalarda yapı kabuğunda dış etkenlerden oluşmuş bakım onarım giderlerinin ortadan kalkmasını, yazın soğutma maliyetinin düşmesini sağladığından yatırım maliyetini azaltıcı bu dışsal faydalar geriye dönüş sürelerini daha da aşağıya çekecektir.

Taşyünü yalıtım sistemi diğer yalıtım sistemlerinden daha pahalı olmasına karşın yangın güvenliği ve ses yalıtımı sağlamasından dolayı fonksiyon bakımından ısı yangın ve ses yalıtımının zorunlu olduğu yapılarda kullanılması diğer yalıtım sistemlerine göre daha avantajlı olmaktadır.

Ülkemizde yaygın olarak uygulanmış olan çift duvar arası yalıtım sistemlerinde genellikle betonarme elemanlar yalıtılmadığından her ne kadar yalıtımsız binaya nazaran ısı ihtiyacı azalsa da bu sistem yapı fiziği açısından uygun olmayan sistemdir. İki duvarın yalıtımla ayrılmış ve bağlantıyı sağlayacak detayların yeterince geliştirilmiş olmaması yatay itkilere maruz kalacak duvar elemanında ayrışmaya sebep olacaktır. Bu da deprem kuşağında yer alan ülkemizde önem arz etmektedir. Isı yalıtımı sağlandığına inanılan bu sistemin ülkemizdeki yanlış uygulamaları ıslah edilerek doğru detaylar oluşturulmalı ve böyle bir sistemin kullanılma durumu söz

konusu olduğunda mutlaka ısı köprüsü olarak çalışan betonarme taşıyıcı elemanların yalıtılması sağlanmalıdır.

Binayı oluşturan farklı elemanlar, maruz kaldıkları farklı şartlarda bina bütünü içinde yüklendikleri farklı görevleri yerine getirirler. Bu nedenle sahip olmaları gereken özelliklerin önem sıraları, kullanıcının talebi ve yapının kalitesine göre değişmektedir. Isı yalıtımı açısından ele aldığımızda, duvarlar için çok uygun olabilen bir ısı yalıtım malzemesi döşemede ya da çatıda aynı verimi vermeyebilir. Öncelikle ısı yalıtımı yapılacak elemanın özellikleri bu elemandan beklentiler ve yalıtım malzemelerinin birbirine göre olumlu ve olumsuzlukları belirlenerek yapının ve yapı elemanlarının fonksiyonuna göre uygun ısı yalıtım malzemesi seçimi yapılmalıdır.

Binalarda ısı yalıtımıyla enerji tasarrufu, buna bağlı olarak sera gazı emisyonlarının azalmasıyla çevrenin korunmasını, hava kirliliğinin azaltılmasıyla halk sağlığına olumlu katkı, binaların dış etkenlerden korunmasıyla binaların servis ömürlerinin uzaması, ısı konfor vb. yararlar sağlanmaktadır. Isı yalıtımının dışsal faydaları dikkate alındığında, çevre ve halk sağlığının korunması için yapılan harcamalar, enerji ithalatını azaltması merkezi yönetimin bu alana yapacağı teşvik uygulamalarını dolaylı olarak da amorti edeceğinden; ısı yalıtımı uygulamaları merkezi yönetimlerce teşvik kapsamına alınmalıdır. Böylece ülkemizdeki büyük bölümü yalıtımsız olan bina stokunun da yalıtımlı hale getirilmesi sağlanabilir.

Ülkemizde 2000 yılından sonra TS 825 Isı Yalıtımı Kuralları Standardı uyulması gereken mecburi standart haline getirilmesine rağmen proje ve uygulamaların birçoğunda anılan standart şartlarına uyulmadığı gözlenmiştir. Halbuki ısı yalıtım sistemlerinin yapıda gerekli ısı performansını sağlayabilmesi standart kurallarının titizlikle uygulanması ile mümkün olabilecektir.

Enerjinin etkin kullanılması, israfı önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yüklerinin hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 2007 yılında, ve bu kanuna bağlı olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca

Çıkarılan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin 05.12.2009 tarihinden itibaren yürürlüğe konulması enerji tasarrufu ve çevrenin korunmasının ülke politikası haline geldiğinin bir göstergesidir.

Bu bağlamda ülkemizdeki toplam enerji tüketiminin %27'sinin binalarda ısıtma amaçlı kullanıldığı göz önüne alındığında; binalara standarda uygun olarak yapılacak ısı yalıtım sistemleri kanun ve yönetmeliğın çıkarılış amacı olan enerji tasarrufu, enerjinin verimli kullanımı ve sera gazı emisyonlarını sınırlayarak çevrenin korunmasını sağlayacak en etkin çözümlerden biri olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] EVCİL N., Isı İzolasyon ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s: 37-50, Şubat-2000.
- [2] DİKİCİ, A., Yapılarda Isı Yalıtımı, Seminer, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Edirne,1991.
- [3] DİLMAÇ, Ş., Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı ve Ülkemizdeki Sorunları, Tuğla ve Kiremit Endüstrisi, Yıl 2, Sayı: 8, s: 8-16, 1999.
- [4] ERİÇ, M., Yapı Fiziği ve Malzemesi 2, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2002.
- [5] KESKİNKOL, M., Isı Yalıtımında Unutulmaması Gerekenler, İzolasyon Dünyası, Sayı: 63, s: 52-53, 2007.
- [6] DAĞSÖZ, A. K., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi, Alp Teknik Yayınları, İstanbul, 1991.
- [7] DAĞSÖZ, A. K., Isı Geçişi, Alp Teknik yayınları, İstanbul, 1990.
- [8] DAĞSÖZ, A.K., IŞIKEL, K., BAYRAKTAR, K.G., Yapılarda Sıcak Etkisinin Getirdiği Problemlerin Isı Yalıtımı İle Çözümü ve Enerji Tasarrufu, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 1999.
- [9] İZODER, Bina ve Tesisatta Isı Yalıtımı Genel Teknik Sarnamesi, İstanbul 2004.
- [10] DAĞSÖZ, A.K., Türkiye’de Derece Gün Sayıları Ulusal Enerji Tasarruf Politikası ve Yapılarda Isı Yalıtımı, İstanbul, 1995.
- [11] TSE, TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebliği, Ankara, 1999.
- [12] BAYAR, A.M., Yapı Kabuğunda Isı Geçirgenlik Direnci Düşük Olan Parça ve Bileşenlerin Uygulamalarına Yönelik Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [13] ÖZER, M., Yapılarda Isı Su ve Buhar Yalıtımları, İstanbul, 1974.

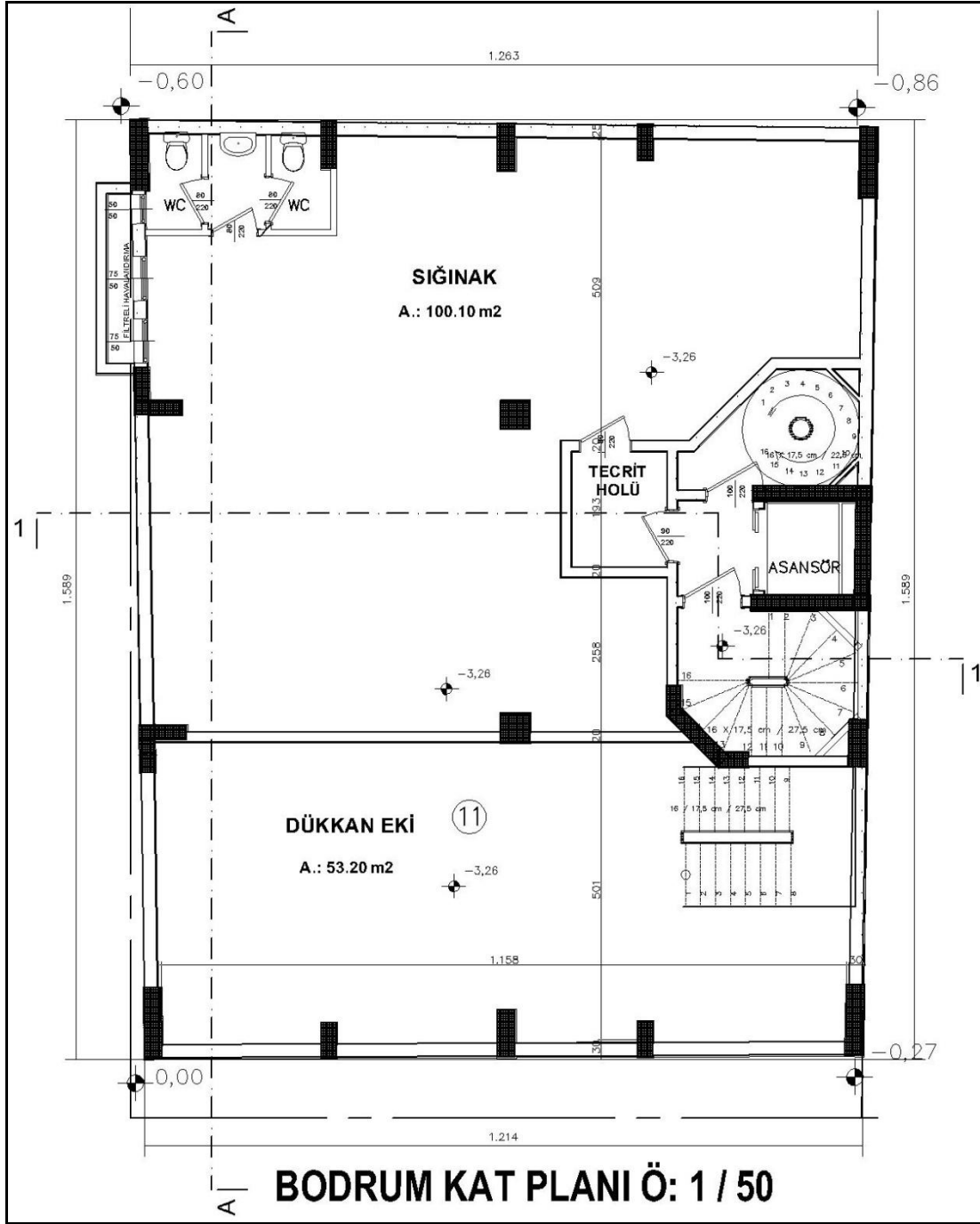
- [14] DİLMAÇ, Ş., Bina Kabuğundan Buhar Geçişi, Ders Notları, Çorlu Mühendislik Fakültesi-İnşaat Bölümü, 1997.
- [15] Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, İstanbul, 2006.
- [16] ARIKAN, S., Binalarda Yakıt Tasarrufu Deprem Emniyeti Yangın Emniyeti ve Yakın İlişkileri, Ankara, 2003.
- [17] TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yalıtım, MMO Yayın No: 005/399, s: 7-15, 19-37, 81-104, 2005.
- [18] ÖZYAMAN, C., Katı Yakıtlı Yakma Sistemlerinin Neden Olduğu Çevre Kirliliğinin Akışkan Yakıt İle Kontrolü, Çevre' 86 Sempozyumu, İzmir, 1986.
- [19] RUBACI, E., 'Yaşanan Konutlarda Enerji Tasarrufu' Martav Yalıtım A.Ş. s: 25-36, 2006.
- [20] ŞENGÜL D., SAYIN B., KAPLAN A. S., 'Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliği ve Yalıtımdaki Uygulamaların Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi' İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği, s: 8-28, Kasım-2005.
- [21] Ode Yalıtım San. ve Tic. A.Ş. Firma Ürün ve Tanıtım Katologları.
- [22] <http://www.izoder.org.tr>, Şubat-2009.
- [23] YILMAZ, R., Betonarme Karkas Yapılarda Kolon ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi' Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, s: 1-4, 28-49, 63-67, Haziran-2006.
- [24] CAN, A., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Türkiye'de Enerji İhtiyacının Azaltılması Yönünden Önemi, Trakya Üniversitesi, 2006.
- [25] DİLMAÇ, Ş., Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması, Dizayn Konstrüksiyon, Yıl 18, Sayı: 198, s: 72-76, 2002.
- [26] <http://www.yapex.com>, Mart-2009.
- [27] ÖZEREN, Y., Para Kazandıran Konfor, İnşaat&Malzeme Dergisi, Altan Matbaacılık, Ekim-2005.
- [28] <http://www.kimyamuhendisi.com>, Şubat-2009.
- [29] 'Isı + Ses + Yangın İzolasyon' IZOCAM A.Ş, s: 13-20, 37-50, 75-79.
- [30] EMİN EKİNCİ, C., Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.

- [31] ORAL, K.G., ALTUN, C., Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı ve Nem Kontrolü, İTÜ Mimarlık Fak., Ağustos-2005.
- [32] <http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/isiyalitim/genelozellik/turleri.htm>
'Isı Tutucu Malzemelerde Aranılan Özellikler', Mart-2009.
- [33] REMAN, O., Isı-Su İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması, Özellikleri, Soru ve Seçim Kriterleri, Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fak., Balıkesir, s: 9-14, 22-26, 2000.
- [34] TSE (2003b), TS EN 13171: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Odun Lifli (WF) Mamuller-Özellikler, Ankara, Nisan-2003.
- [35] TSE (2003c), TS EN 13168: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Rende Yongası Mamuller (WW)-Özellikler, Ankara, Nisan-2003.
- [36] HASOL, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 1998.
- [37] BALCIOGLU, Balko OSB Ahsap Paneller Teknik Föyü.
- [38] http://www.onlineboyaci.com/izo_isi.html, Haziran-2009.
- [39] http://www.siempelkamp.com/fileadmin/media/downloads_de/woodfiber.pdf, Ağustos-2009
- [40] TSE (2003d), TS 304 EN 13170: Isı Yalıtım Mamülleri-Binalar İçin-FabrikaYapımı Genleştirilmiş Meşe Mantarı Levhaları (ICB)-Özellikler, Ankara, Nisan-2003.
- [41] DEMİR., P., Isı Yalıtım Malzemeleri ve Yapılarda Kullanımları. Trakya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yayınlanmamış Bitirme Ödevi. Çorlu, s: 68, Mayıs-1999.
- [42] BAYRAKTAR., K. G., Yalıtım ile Nitelikli Yaşama Doğru, İzocam Diyalog Dergisi, s: 12-14, Ocak/Şubat/Mart 2003.
- [43] İzocam Ürün Kataloğu, 2002.
- [44] İZOCAM 2003, Camynü, Taşyünü, Ekspande Polistiren, Ekstrüde Polistiren, Elastomerik Kauçuk, İzocam Optimum, Cam Giydirme Cephe Levhası Ürün Kataloğu, İstanbul, 2003.
- [45] <http://www.sartema.com.tr/default.asp?git=7&kategori=11938>, Eylül-2009.
- [46] TSE (2002b), TS EN 13167: Isı Yalıtım Malzemeleri-Yapılarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Gözenekli Cam (CG) Malzemeler-Özellikler, Ankara, Aralık-2002.

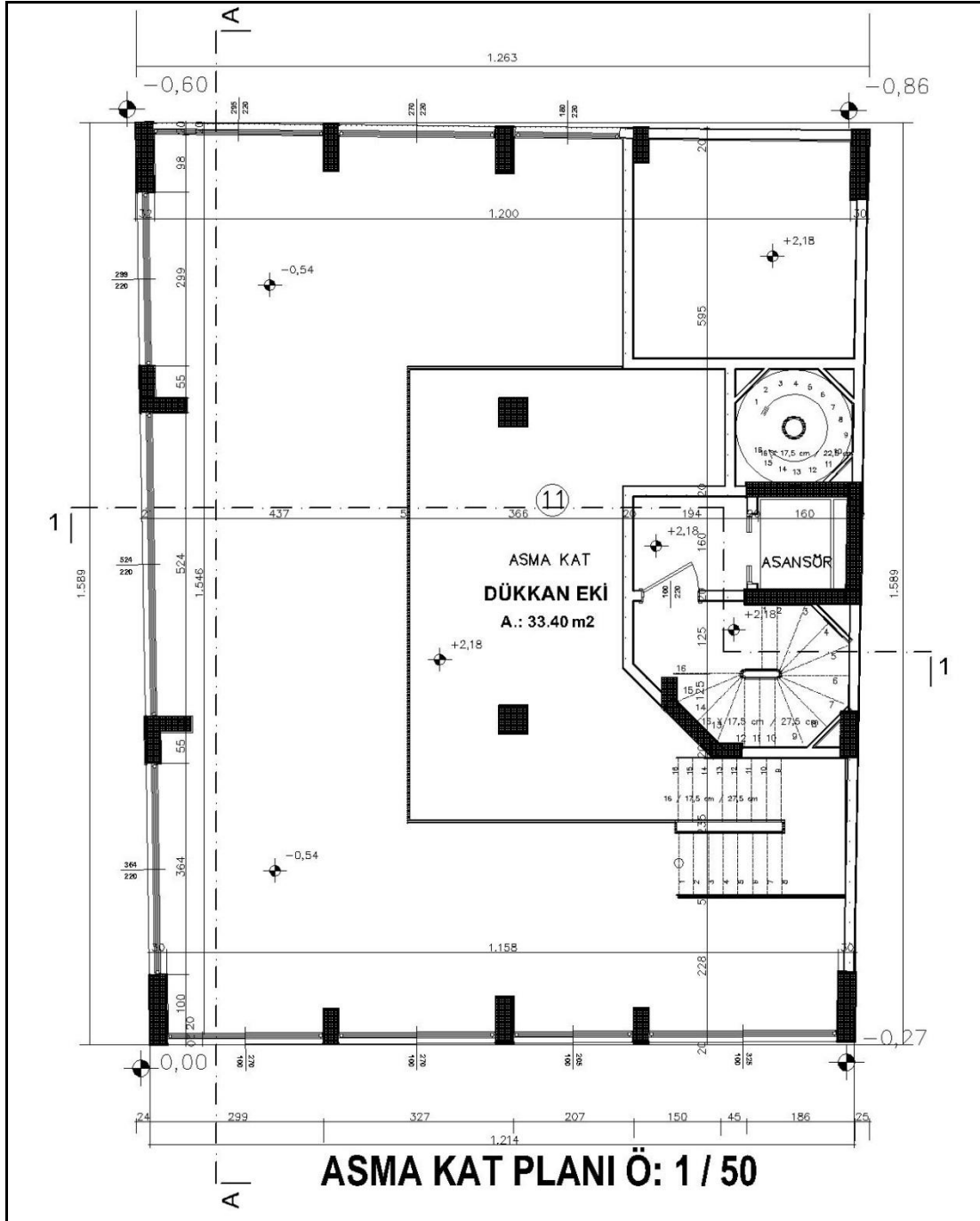
- [47] http://www.gltproducts.com/product_detail.php?id=479, Mayıs-2009.
- [48] <http://www.foamglass.cn/>, Kasım-2009.
- [49] <http://www.benchmark-inc.com/articles/Perspective%20Articles/issue39a.html>, Mayıs2009.
- [50] TSE (2004a), TS EN 13169: Isı Yalıtım Malzemeleri-Binalar İçin-Genleştirilmiş Perlitten Fabrikada İmal Edilmiş Mamuller (EPB)-Özellikler, Ankara, Ocak-2004.
- [51] Türk Yapı Sektörü Raporu 2004, Çatı Kaplama Malzemeleri, 2004.
- [52] ORAL, K. G., ALTUN C. Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı ve Nem Kontrolü İTÜ Mimarlık Fak., Ağustos-2005.
- [53] ŞENKAL, F., Yapıda Giydirme Cephe Sistemlerinin Kullanımında Optimal Konfor Koşullarının Sağlanması İçin Performans Kriterlerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2002.
- [54] TSE (2004b), TS EN 13165: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen Sert Poliüretan Köpük (PUR)-Özellikler, Ankara, Mart-2004.
- [55] TSE (2004c), TS EN 13166: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen Fenolik Köpük (PF)-Özellikler, Ankara, Mart-2004.
- [56] TSE (2002c), TS 7316 EN 13163: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen-Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS)-Özellikler, Ankara, Nisan-2002.
- [57] <http://www.pud.org.tr>, Mayıs-2009.
- [58] TSE (2003e), TS 11989 EN 13164: Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Olarak Ekstrüzyonla İmal Edilen Polistiren Köpük (XPS)-Özellikler, Ankara, Nisan-2003.
- [59] KUBILAY, S., L. ÖZCAN ‘Yüksek Performanslı Isı Yalıtım Malzemeleri’ İZOCAM A.S , 2005.
- [60] <http://www.mcizolasyon.com> ‘Isı Yalıtımında Kullanılan Kompozit Malzemeler’, Haziran-2009.
- [61] MAĞGÖNÜL, G., Yapıda Cam, Mimarlıkta Malzeme, 2: 13-18, 2006.
- [62] SEZER, F., Metal Sandviç Panellerin Çatı ve Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Yapıda Uygulanışı ve Görülen Uygulama Hataları, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2.

- [63] DİLMAÇ, Ş., Binalarda Isı Yalıtımı, Polistren Üreticileri Derneği, Ankara, 2001.
- [64] ERİÇ, M., Yapıda Isı Kaybı ve Malzeme Seçimi, Literatür Yayıncılık, İstanbul, Nisan-1994.
- [65] http://www.dow.com/wallmate_tb_uygulamasi, Aralık-2009.
- [66] MARDAV, Styrofoam Çözümleri Kitapçığı, Mardav Yalıtım ve İnşaat Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, 2002.
- [67] STANDART, Standart İzolasyon Panelleri. Standart İzolasyon ve Yapı Materyalleri San. Tic. A.Ş., İstanbul, 2002.
- [68] ALAMUT., H. Ö., Tuğla ve Duvarlarda Kalite ve Standardizasyon, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Edirne, s: 170-187, 2001.
- [69] <http://www.saveenergy.co.uk/cavity>, Kasım-2009.
- [70] <http://www.warmfill.com/whybead.htm>, Aralık-2009.
- [71] <http://www.knaufalcopor-insulation.co.uk/main.htm>, Kasım-2009.
- [72] <http://www.dow.com/styrofoam/europe/tr/proddata/pd02.htm>, Ekim-2009.
- [73] www.izocam.com.duvar_arasi_levhasi_1, Aralık-2009.
- [74] KANDEMİR., N., Isı Enerjisi Tasarrufu Açısından Yapı Kabuğu Teşkili ve Malzeme Seçimi İlkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., İstanbul, s: 1-96, Ocak-1990.
- [75] <http://www.knaufalcopor-insulation.co.uk/main.htm>, Mayıs-2009.
- [76] http://www.dow.com/wallmate_tb_uygulamasi, Ekim-2009.
- [77] <http://www.ncia-ltd.org.uk/main.asp>, Aralık-2009.
- [78] DİLMAÇ, Ş., Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı Uygulamalarında Türkiye’deki Mevcut Durumun Değerlendirilmesi ve Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar İle Karşılaştırılması. Trakya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu, s: 35, 1998.
- [79] UZAK., E., Metal Çerçevesiz Giydirme Cephe, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s: 1-146, 1998.

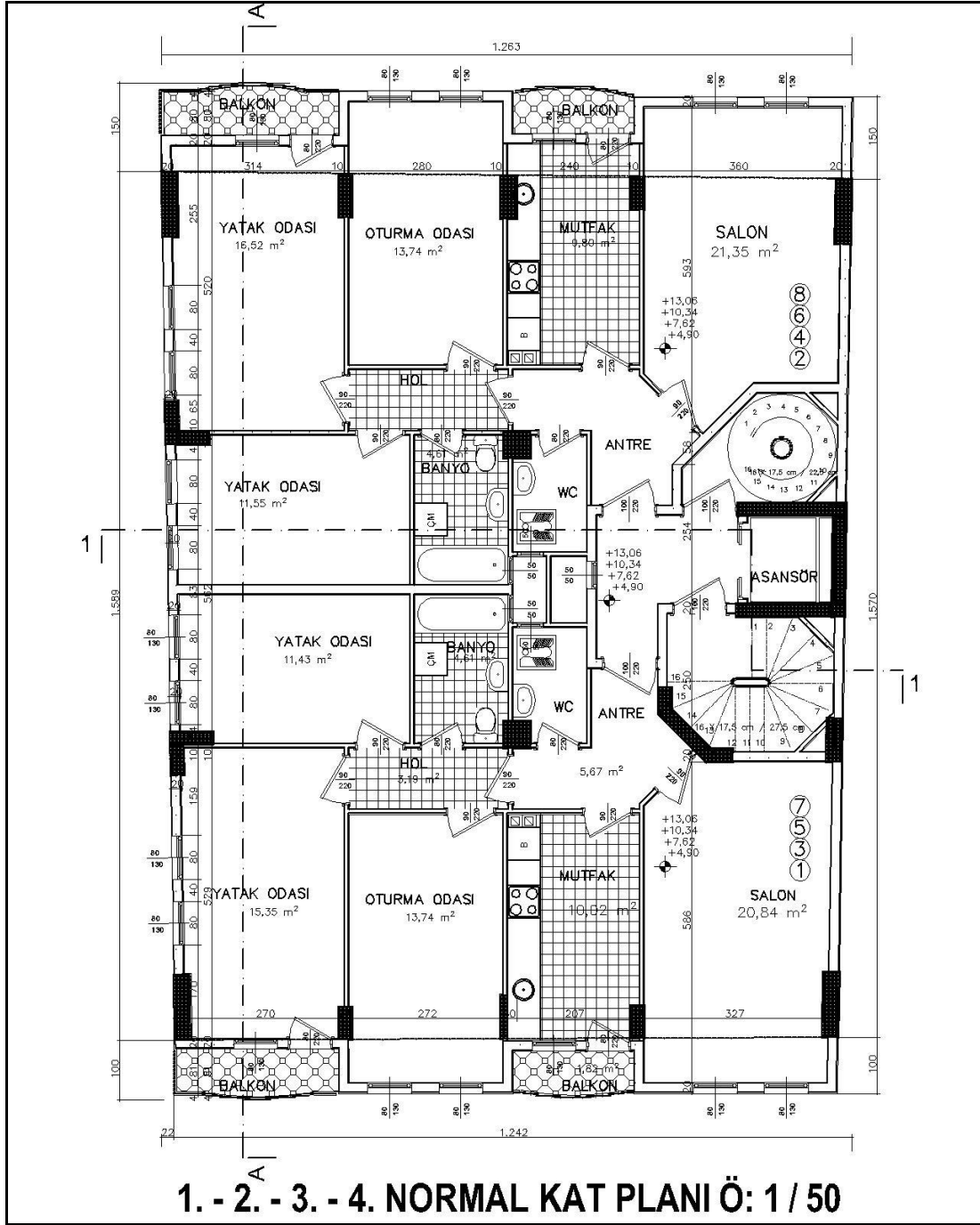
- [80] AKKAYA, Ş., Giydirmeye Cephe Sistemleri ve Bunların Tasarım ve Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sayfa: 1-46, 1995.
- [81] ÇUHADAROĞLU, Alüminyum San. Ürün Kataloğu, İstanbul, s:1-72, 2000.
- [82] AMERİCAN SİDİNG. Polimer Cephe Kaplama Sistemleri. Uygulama CD'si.
- [83] KARAGÖZ N., ŞENKAL SEZER F., Betonarme Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları, Şantiye Dergisi, Sayı:197, s: 52-53, 2004.
- [84] POLİSTREN ÜRETİCİLERİ DERNEĞİ, Isı Yalıtımında Beyaz Güç Kitapçığı.
- [85] <http://www.arkitera.com>, Nisan-2009.
- [86] KARASU T., BÜYÜKLÜ K., Çatılarda Yalıtımın Önemi ve Konutlarda Uygulama Örnekleri, İzolasyon Dünyası Dergisi, Sayı:40, s:33-39.
- [87] EREL, G., Kapı ve Pencere Yalıtımı , Sayı: 56-57, s: 67, 1989-90.

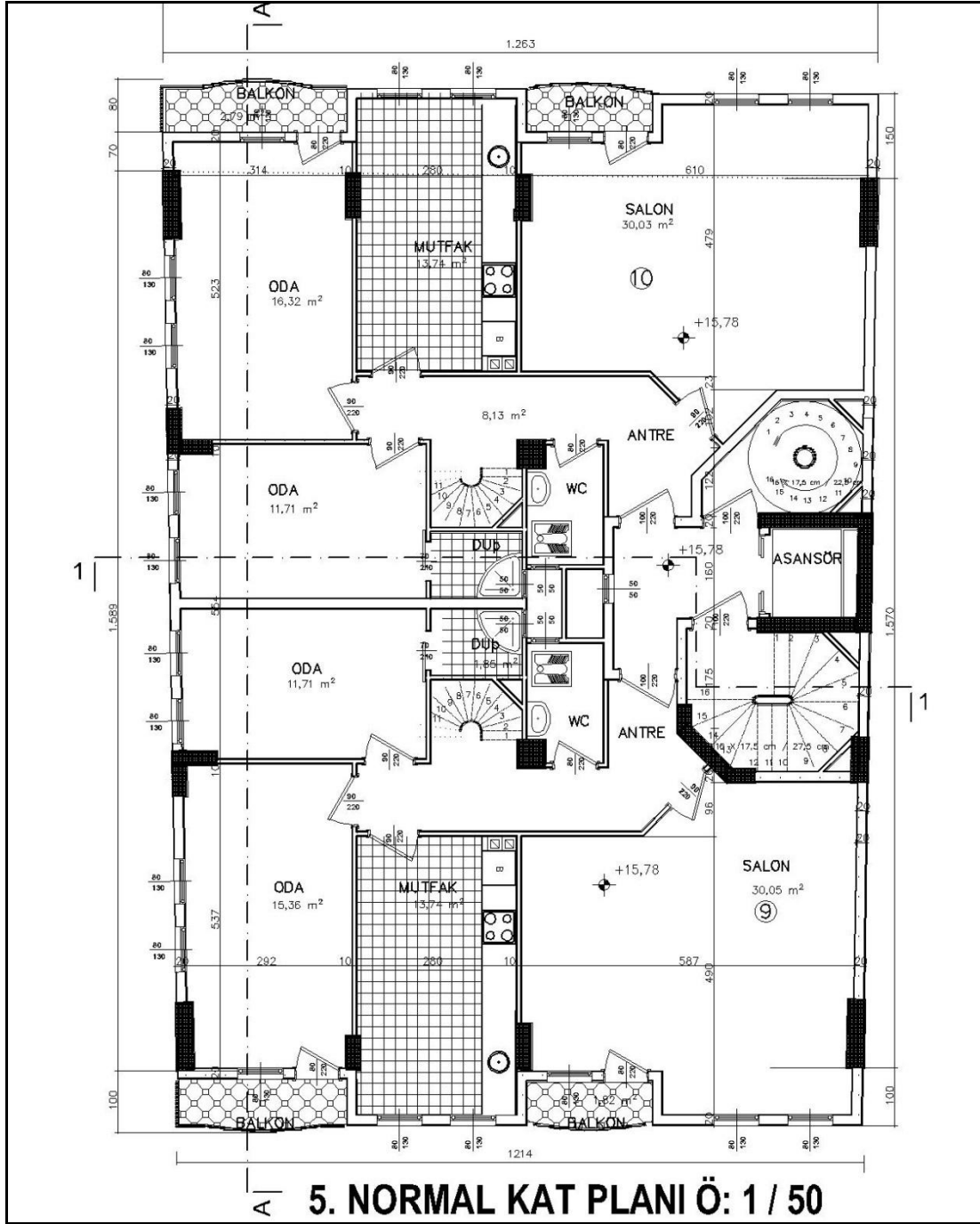


Şekil A.2 Örnek bina projesi bodrum kat planı

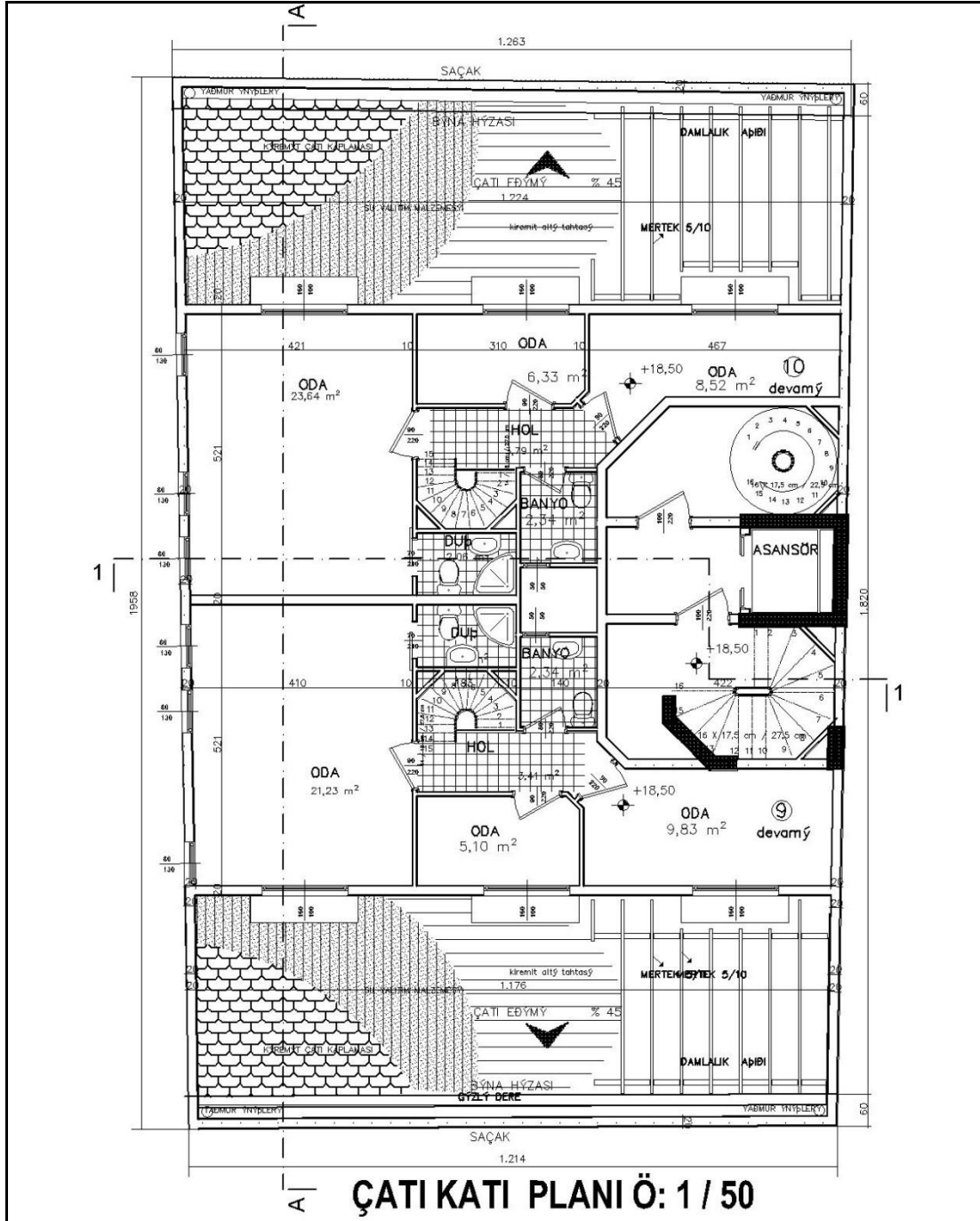


Şekil A.4 Örnek bina projesi asma kat planı

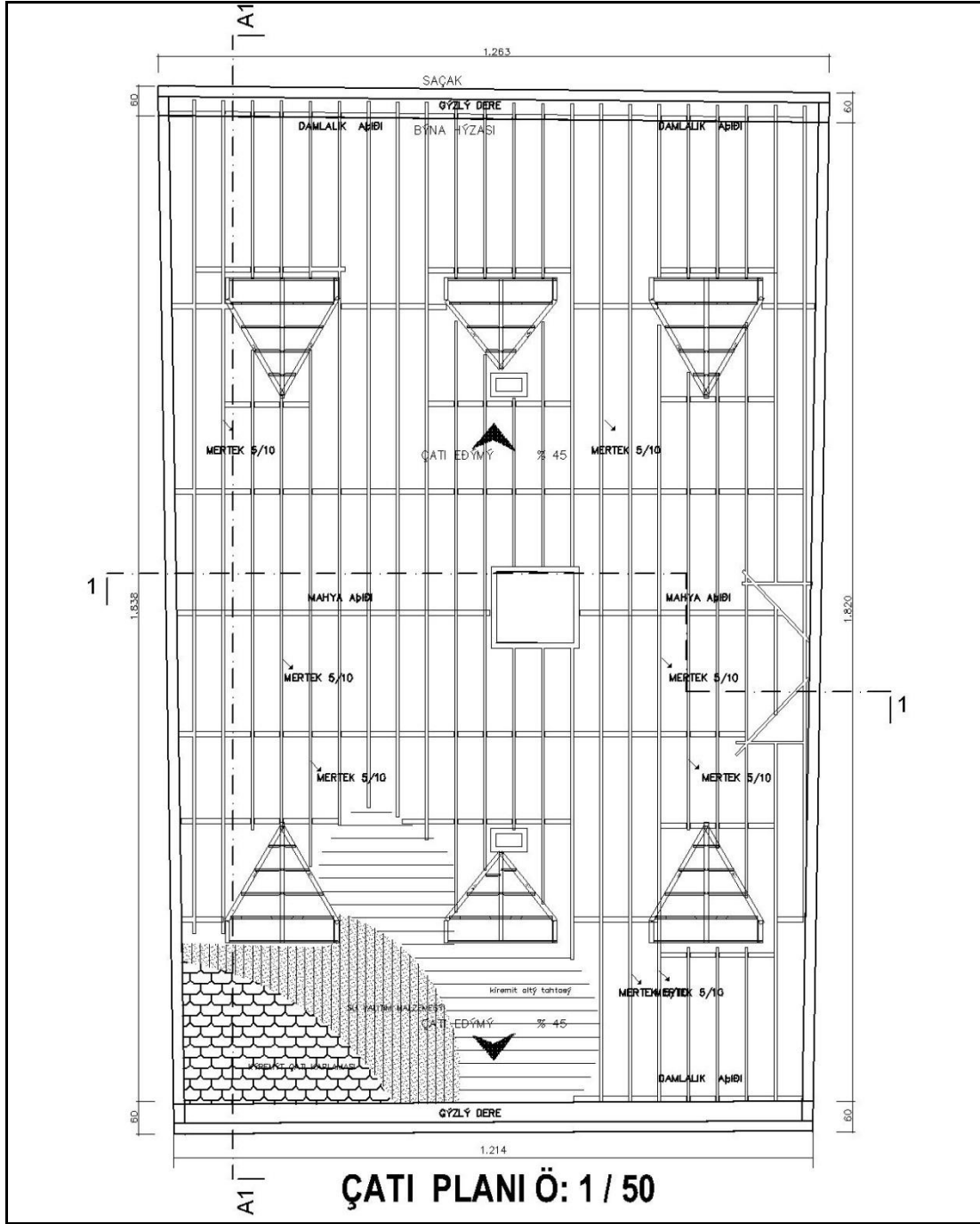




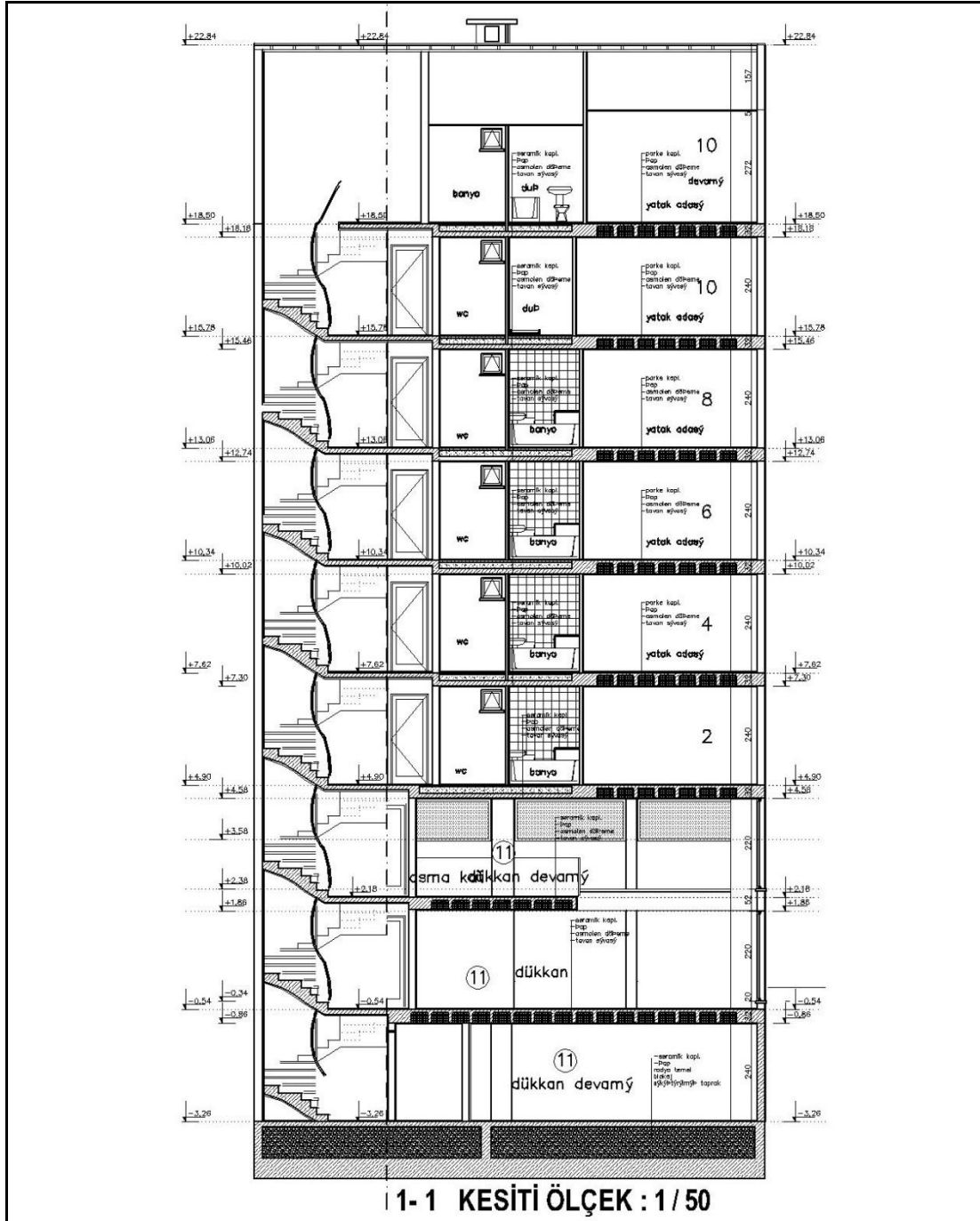
Şekil A.6 Örnek bina projesi 5.normal kat planı



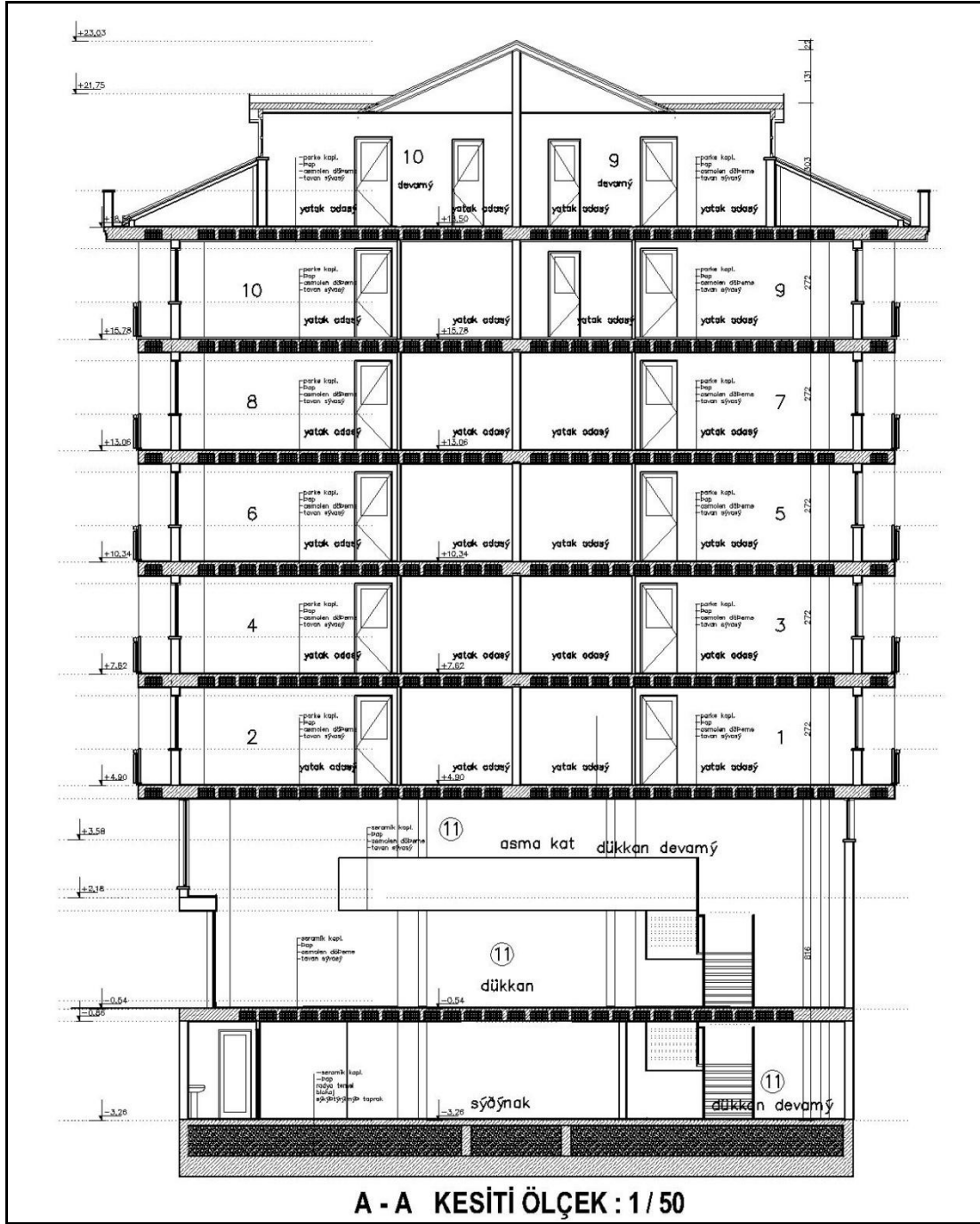
Şekil A.7 Örnek bina projesi çatı katı planı



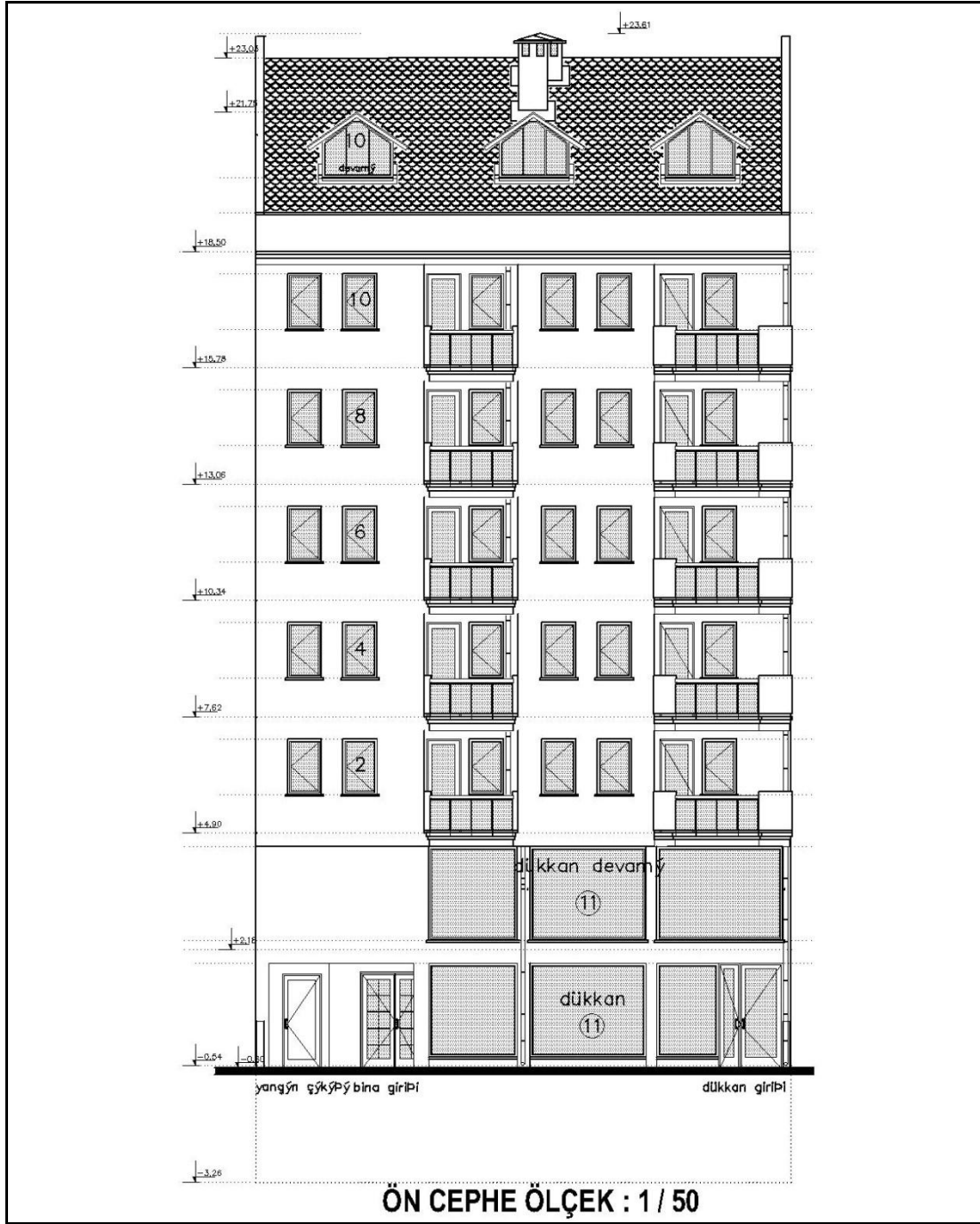
Şekil A.8 Örnek bina projesi çatı planı



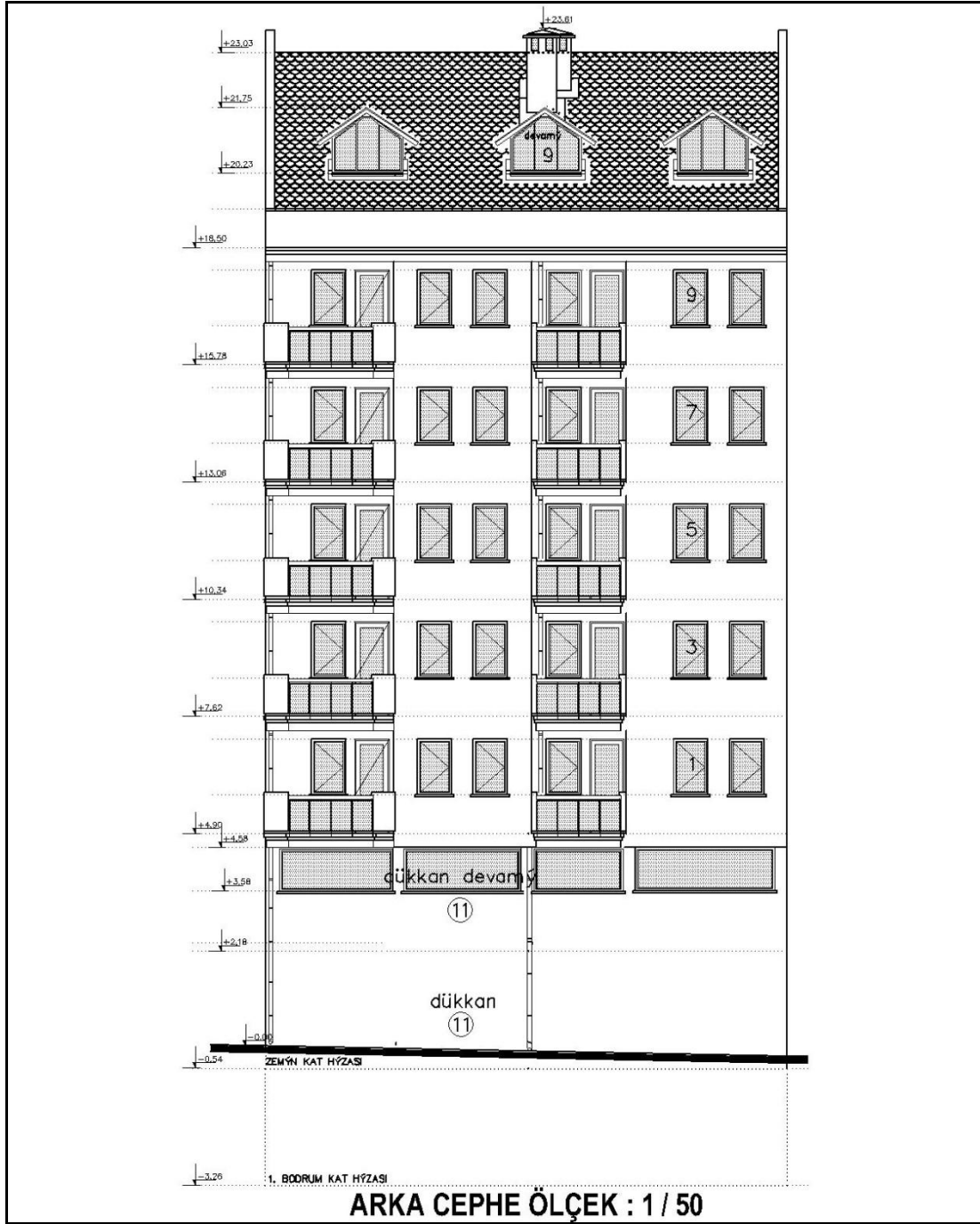
Şekil A.9 Örnek bina projesi 1-1 kesiti



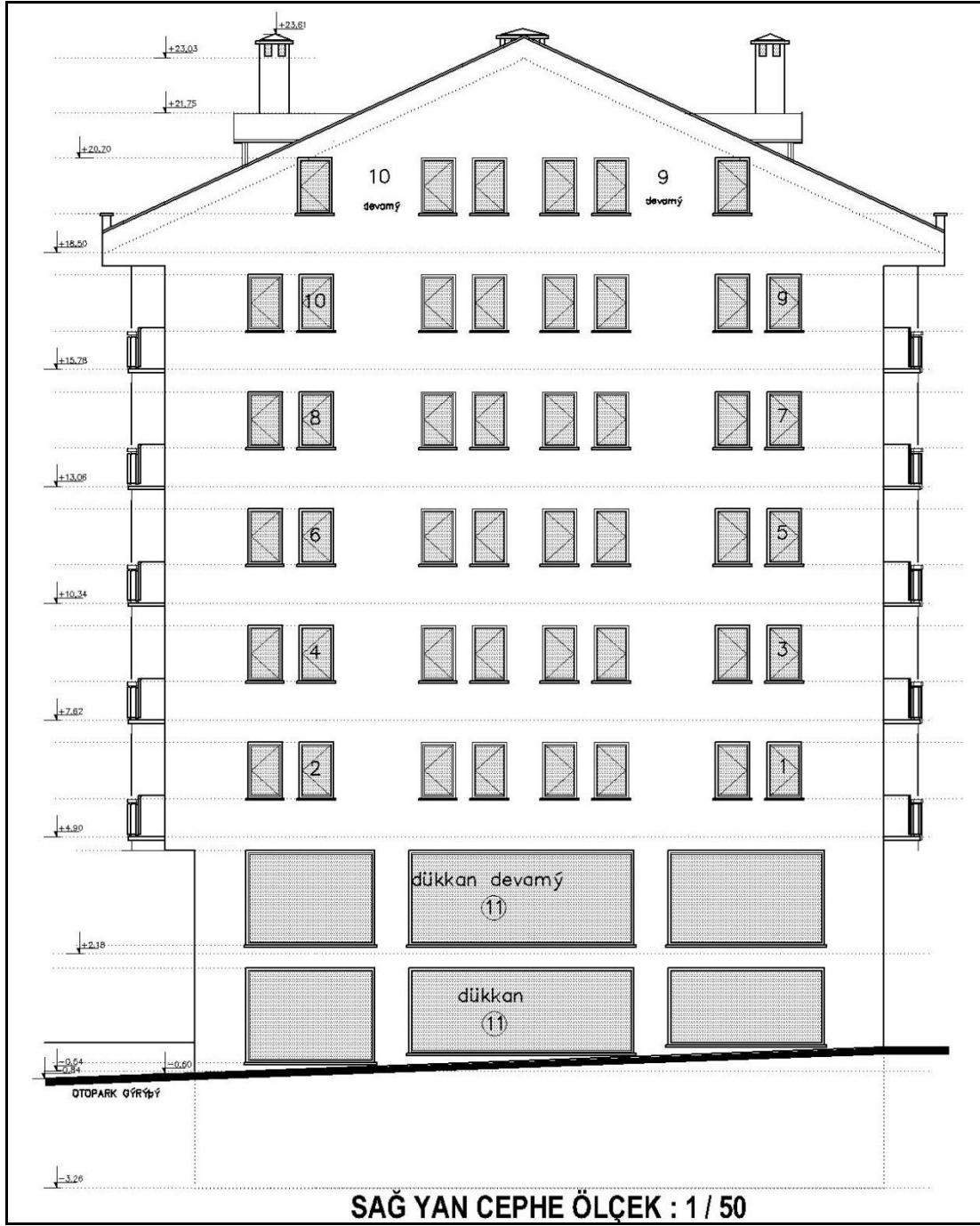
Şekil A.10 Örnek bina projesi A-A kesiti



Şekil A.11 Örnek bina projesi ön cephe görünüş planı



Şekil A.12 Örnek bina projesi arka cephe görünüş planı



Şekil A.13 Örnek bina projesi sağ yan cephe görünüş planı

Ek B - Yalıtımsız Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	YALITIMSIZ
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo B.1 Yalıtımsız binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				,816	1,225	592,50	726,05
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				,310	3,226	269,64	869,81
DUVAR:İstilmeyen İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	,906	1,104	274,86
DUVAR:İstilmeyen İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	,400	2,500	38,74
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	,270	3,704	63,34
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057			
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay , ısı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,940	0,516	82,60	42,59
TAVAN:Çatılı Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			

Tablo B.1 Yalıtımsız binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
TOPLAM		0,8 x A x U		2,358	1,182	136,40	128,96	
TABAN:Toprak Temaslı Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM		0,5 x A x U		,518	1,932	67,58	65,27	
TABAN:İstilmayan İç Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,05	2,5	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
TOPLAM		0,5 x A x U		2,658	0,873	108,04	47,15	
TABAN:Açık Geçit Üzeri Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,021				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM		0,5 x A x U		2,479	1,033	35,54	36,73	
Dış Pencere1					3,4	199,5	678,3	
Dış Kapı1					3,5	43,78	153,23	
İsit.lc.Ort.Kapı1					0,5 x A x U	3,5	22,2	38,85
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						3.213		
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_r A_r + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU =$ 3.213				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h =$ 859,59 W/K				
$H = H_i + H_h = \dots$ 4.072,59 W/K								

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo B.2 Yalıtımsız binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	4.072,59	16,1	65.569	6.512	4.085	10.597	0,16	1,00	142.486.644
ŞUBAT		14,6	59.460		4.924	11.436	0,19	0,99	124.773.991
MART		11,7	47.649		5.423	11.935	0,25	0,98	93.190.184
NISAN		6,2	25.250		5.898	12.410	0,49	0,87	37.463.104
MAYIS		1,0	4.073		6.301	12.813	3,15	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	19.956		4.898	11.410	0,57	0,83	27.178.133
KASIM		10,5	42.762		3.868	10.380	0,24	0,98	84.472.749
ARALIK		15,2	61.903		3.605	10.117	0,16	1,00	134.230.266

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J) \quad 1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh} \quad Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 643.795.561$$

$$\text{Toplam ısı kaybı} \quad Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 643.795.561 \text{ (kJ)} = 178.975 \text{ kWh}$$

$$\text{İç ısı Kazancı} \quad \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı} \quad \phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı} \quad KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü} \quad \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

$$A_{\text{toplam}} = 1.912,52 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 4070,02 \text{ m}^3$$

Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi

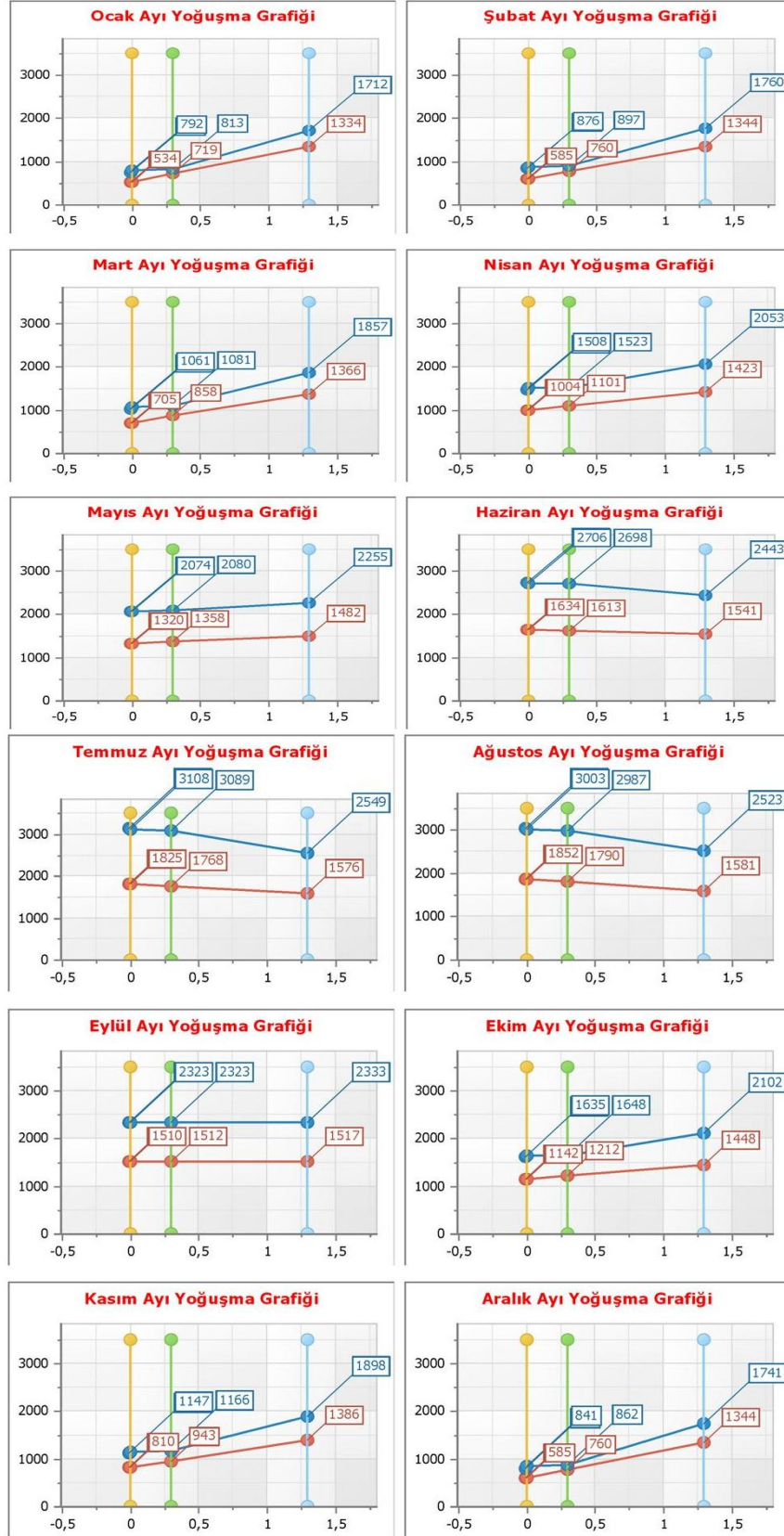
$$Q = Q_{yil} / A_n \quad 137,42 \text{ kWh/m}^2 \quad A_n = 0,32 \times V_{\text{brüt}} = 1.302,41 \text{ m}^2$$

$A_{\text{top}} / V_{\text{brüt}} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,29 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.

$Q > Q'$ (137,42 > 57,29) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil B.1 Yalıtımsız binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo B.3 Yalıtımsız binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standartta uygun değildir.

Tablo B.4 Yalıtımsız binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,059136	0,059136
Aralık	3,8	0,73	12,583675	12,642811
Ocak	2,9	0,71	14,864482	27,507293
Şubat	4,4	0,7	11,027683	38,534976
Mart	7,3	0,69	3,043302	41,578278
Nisan	12,8	0,68	-0,432160	41,146118
Mayıs	18	0,64	-1,130766	40,015352
Haziran	22,5	0,6	-1,846958	38,168394
Temmuz	24,9	0,58	-2,275204	35,893190
Ağustos	24,3	0,61	-2,162289	33,730901
Eylül	19,9	0,65	-1,418755	32,312146
Ekim	14,1	0,71	-0,593469	31,718677

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,578278 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.

* Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (41,578278 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standartta uygun değildir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standartta uygun değildir.

Tablo B.5 Yalıtımsız binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T _d (°C)	(%) ϕ _d	m _y (kg/m ²)	m _y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	1	12,587148	12,587148
Ocak	2,9	1	14,868133	27,455281
Şubat	4,4	1	11,031948	38,487229
Mart	7,3	1	3,048792	41,536021
Nisan	12,8	1	-14,368043	27,167978
Mayıs	18	1	-1,117053	26,050925
Haziran	22,5	1	-1,826069	24,224856
Temmuz	24,9	1	-2,249489	21,975367
Ağustos	24,3	1	-2,139816	19,835551
Eylül	19,9	1	-1,403918	18,431633
Ekim	14,1	1	-18,929350	-0,497717
Kasım	8,5	1	-0,476149	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.
- * Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,536021 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.
- * Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (41,536021 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standarta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo B.6 Yalıtımsız binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T _d (°C)	(%) ϕ _d	m _y (kg/m ²)	m _y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,850430	0,850430
Aralık	3,8	0,73	1,867150	2,717580
Ocak	2,9	0,71	2,033029	4,750609
Şubat	4,4	0,7	1,749352	6,499961
Mart	7,3	0,69	1,133649	7,633610
Nisan	12,8	0,68	-0,021602	7,612008
Mayıs	18	0,64	-0,317650	7,294358
Haziran	22,5	0,6	-0,643649	6,650709
Temmuz	24,9	0,58	-0,848760	5,801949
Ağustos	24,3	0,61	-0,794759	5,007190
Eylül	19,9	0,65	-0,446274	4,560916
Ekim	14,1	0,71	-0,088037	4,472879

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.
- * Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 7,633611 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.
- * Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (7,633611 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standarta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo B.7 Yalıtımsız binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,039925	0,039925
Aralık	3,8	0,73	11,809091	11,849016
Ocak	2,9	0,71	14,089910	25,938926
Şubat	4,4	0,7	10,305104	36,244030
Mart	7,3	0,69	2,372794	38,616824
Nisan	12,8	0,68	-0,443908	38,172916
Mayıs	18	0,64	-1,131565	37,041351
Haziran	22,5	0,6	-1,833247	35,208104
Temmuz	24,9	0,58	-2,252456	32,955648
Ağustos	24,3	0,61	-2,143518	30,812130
Eylül	19,9	0,65	-1,414430	29,397700
Ekim	14,1	0,71	-0,603701	28,793999

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 38,616823 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.

* Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (38,616823 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standarta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo B.8 Yalıtımsız binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0019	0,0019	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0032	0,0051	0,0275	0,0275
Ocak	2,9	0,71	0,0033	0,0084	0,0536	0,0811
Şubat	4,4	0,7	0,0029	0,0113	0,0089	0,0900
Mart	7,3	0,69	0,0020	0,0133	-0,0817	0,0082
Nisan	12,8	0,68	-0,0001	0,0131	-0,2730	-0,2648
Mayıs	18	0,64	-0,0035	0,0095	-0,4787	0
Haziran	22,5	0,6	-0,0077	0,0017	-0,6791	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,0104	-0,0087	-0,7947	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,0092	0	-0,7654	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0047	0	-0,5605	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0005	0	-0,3222	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0135 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,0901 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0135 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0901 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standarta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo B.9 Yalıtımsız binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001943	0,001943
Aralık	3,8	0,73	0,003247	0,005190
Ocak	2,9	0,71	0,003349	0,008539
Şubat	4,4	0,7	0,002961	0,011500
Mart	7,3	0,69	0,002086	0,013586
Nisan	12,8	0,68	-0,000155	0,013431
Mayıs	18	0,64	-0,003569	0,009862
Haziran	22,5	0,6	-0,007722	0,002140
Temmuz	24,9	0,58	-0,010457	-0,008317
Ağustos	24,3	0,61	-0,009272	0
Eylül	19,9	0,65	-0,004797	0
Ekim	14,1	0,71	-0,000512	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,013586 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo B.10 Yalıtımsız binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001943	0,001943
Aralık	3,8	0,73	0,003247	0,005190
Ocak	2,9	0,71	0,003349	0,008539
Şubat	4,4	0,7	0,002961	0,011500
Mart	7,3	0,69	0,002086	0,013586
Nisan	12,8	0,68	-0,000155	0,013431
Mayıs	18	0,64	-0,003569	0,009862
Haziran	22,5	0,6	-0,007722	0,002140
Temmuz	24,9	0,58	-0,010457	-0,008317
Ağustos	24,3	0,61	-0,009272	0
Eylül	19,9	0,65	-0,004797	0
Ekim	14,1	0,71	-0,000512	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,013586 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek C - EPS İle Dıştan Yalıtılmış Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	DIŞTAN EPS İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın		ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN	
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.	
Sicil No		
Kuruluşu		
İmza		

Tablo C.1 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,249	0,445	592,50	263,45
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,743	0,574	269,64	154,70
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	2,339	0,428	274,86
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,833	0,546	38,74
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,085	0,33	0,258			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,964	0,509	63,34
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			

Tablo C.1 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66
TAVAN:Çatılı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,22	0,11	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200			
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030			
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,946	0,514	67,58
TABAN:İsıtılmayan İç	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170			
TOPLAM				0,5 x A x U	4,057	0,393	108,04
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,917	0,416	35,54	14,78

Tablo C.1 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23
Isıt.Ic.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						1.213,9
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$		
$\Sigma AU = 1.213,9$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$		
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots 2.073,49 \dots \text{ W/K}$		

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo C.2 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.073,49	16,1	33.383	6.512	4.085	10.597	0,32	0,96	60.160.551
ŞUBAT		14,6	30.273		4.924	11.436	0,38	0,93	50.900.281
MART		11,7	24.260		5.423	11.935	0,49	0,87	35.967.455
NISAN		6,2	12.856		5.898	12.410	0,97	0,64	12.735.113
MAYIS		1,0	2.073		6.301	12.813	6,18	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.160		4.898	11.410	1,12	0,59	8.885.897
KASIM		10,5	21.772		3.868	10.380	0,48	0,88	32.755.739
ARALIK		15,2	31.517		3.605	10.117	0,32	0,96	56.517.907
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ 1 kJ=0,278.10 ⁻³ kWh							$Q_{yil} = \Sigma Q_{ay} = 257.923.432$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 257.923.432$ (kj) = 71.703 kWh									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 1.912,52 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi									
$Q = Q_{yil} / A_n = 55,05 \text{ kWh/m}^2$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,29 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q < Q' (55,05 < 57,29) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Tablo C.3 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenlerinin termofiziksel özellikleri çizelgesi

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No	Tabaka	Tabaka Kalınlığı (d)	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı (μ)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (S_d)	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (Kümülatif) ($S_{d\tau}$)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ_h)	Yüzeysel Isıl İletkenlik Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (R)	Yüzeysel Isıl İletkenlik Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (Kümülatif) (R_{τ})
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,04	0,04
1	4.2 Çimento harcı	0,007	15	0,105	0,1050	1,6	0,004	0,044
2	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS 7316 EN 13163e uygun Isı iletkenlik grupları 035	0,05	30	1,5	1,6050	0,035	1,429	1,473
3	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	1,9050	1	0,02	1,493
4	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	0,2	5	1	2,9050	0,33	0,606	2,099
5	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	15	0,3	3,2050	1	0,02	2,119
-	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,25	2,369
					$S_{d\tau}$:	3,2050	1 / U :	2,369

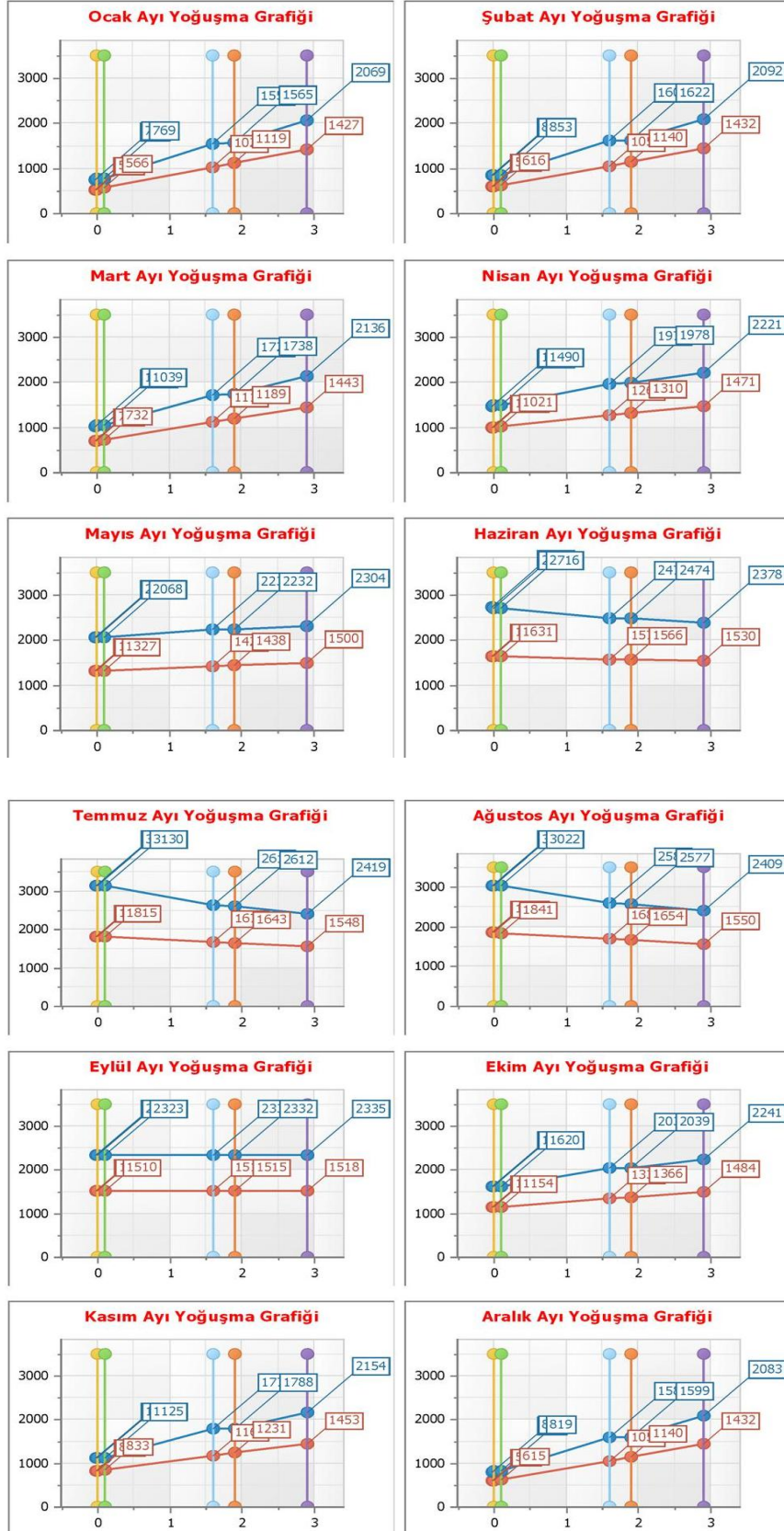
Tablo C.4 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşeninin basınç ve sıcaklık dağılımı çizelgesi

	Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart		Nisan	
	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)	Sıcaklık Dağılımı (°C)	Basınç Dağılımı (Pa)
Dış Ortam	8,5	1109	3,8	801	2,9	752	4,4	836	7,3	1022	12,8	1477
Dış Yüzey	8,6	1124	4,0	817	3,1	768	4,6	852	7,5	1037	12,9	1489
1.Yüzey	8,7	1125	4,1	819	3,2	769	4,6	853	7,5	1039	12,9	1490
2.Yüzey	15,6	1777	13,8	1585	13,5	1550	14,0	1608	15,1	1726	17,2	1971
3.Yüzey	15,7	1788	14,0	1599	13,6	1565	14,2	1622	15,3	1738	17,3	1978
4.Yüzey	18,6	2154	18,1	2083	18,0	2069	18,2	2092	18,5	2136	19,1	2221
İç Yüzey	18,7	2167	18,2	2101	18,1	2088	18,3	2109	18,6	2150	19,2	2229
İç Ortam	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337	20	2337

* İç Yüzey Sıcaklığı 17°C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil C.1 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo C.5 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo C.6 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo C.7 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	ϕ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0104	0,0104	0	0
Kasım	8,5	1	0,0190	0,0294	0	0
Aralık	3,8	1	0,0245	0,0539	0	0
Ocak	2,9	1	0,0253	0,0792	0	0
Şubat	4,4	1	0,0239	0,1031	0	0
Mart	7,3	1	0,0206	0,1237	0	0
Nisan	12,8	1	0,0126	0,1363	0	0
Mayıs	18	1	0,0026	0,1389	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0084	0,1304	-44,624	-44,624
Temmuz	24,9	1	-0,0154	0,1149	-46,795	0
Ağustos	24,3	1	-0,0136	0,1012	-46,226	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,0994	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1392 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Tablo C.8 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	ϕ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

Tablo C.9 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo C.10 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,022013 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo C.11 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) ϕ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo C.12 EPS ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) ϕ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek D - EPS İle Dıştan Yalıtılmış Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	İÇTEN EPS İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo D.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004		
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			2,249	0,445	562,28	250,01
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004		
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			1,743	0,574	132,03	75,75
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,2	1	0,200		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,996	1,004	30,22	30,34
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.4	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM			,310	3,226	137,61	443,90
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004		
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
TOPLAM		0,5 x A x U	2,339	0,428	274,86	58,76
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130		
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004		
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100		
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020		
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130		
TOPLAM		0,5 x A x U	1,833	0,546	38,74	10,57

Tablo D.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	1,964	0,509	63,34	16,12
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay , ısı akışı)	0,05	0,036	1,389				
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66	
TAVAN:Çatılı Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
	TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40
TABAN:Toprak Temaslı Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030				
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	1,946	0,514	67,58	17,36
TABAN:İstilmayan İç Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				

Tablo D.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,170				
TOPLAM				0,5 x A x U	4,047	0,395	108,40	21,38
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,170				
Taban 1.1	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				3,917	0,416	35,54	14,78	
Dış Pencere1					1,9	199,5	379,05	
Dış Kapı1					3,5	43,78	153,23	
Isıt.lc.Ort.Kapı1					0,5 x A x U	3,5	22,2	38,85
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						1.596		
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p . A_p + U_k . A_k + 0.8 U_T . A_T + 0.5 U_i A_i + U_d A_d + \dots$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$					
$\Sigma AU = 1.596$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$					
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$			$H = H_i + H_h = \dots 2.455,59 \dots \text{W/K}$					

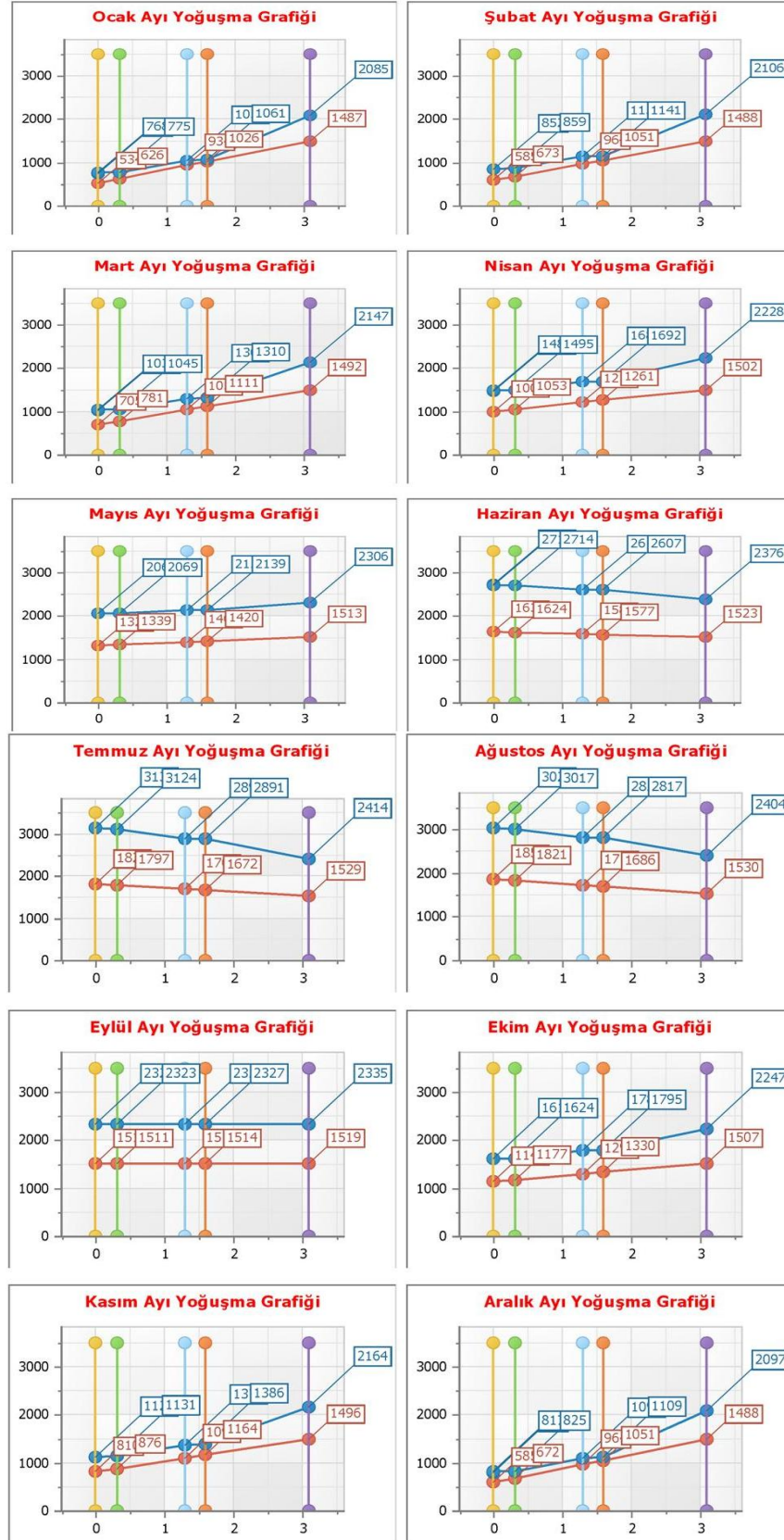
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo D.2 EPS ile içten yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.455,59	16,1	39.535	6.512	4.085	10.597	0,27	0,98	75.556.538
ŞUBAT		14,6	35.852		4.924	11.436	0,32	0,96	64.470.852
MART		11,7	28.730		5.423	11.935	0,42	0,91	46.317.752
NİSAN		6,2	15.225		5.898	12.410	0,82	0,70	16.945.610
MAYIS		1,0	2.456		6.301	12.813	5,22	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	12.032		4.898	11.410	0,95	0,65	11.964.389
KASIM		10,5	25.784		3.868	10.380	0,40	0,92	42.078.774
ARALIK		15,2	37.325		3.605	10.117	0,27	0,98	71.047.415
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 328.381.820$		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 328.381.820 \text{ (kj)} = 91.290 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 1.912,88 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n = 70,09 \text{ kWh/m}^2$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,30 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q > Q' (70,09 > 57,30) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil D.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo D.3 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,123266	0,123266
Ocak	2,9	0,71	0,141889	0,265155
Şubat	4,4	0,7	0,104404	0,369559
Mart	7,3	0,69	0,024544	0,394103
Nisan	12,8	0,68	-0,154703	0,239400
Mayıs	18	0,64	-0,377309	-0,137909
Haziran	22,5	0,6	-0,618551	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,767877	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,715771	0
Eylül	19,9	0,65	-0,462792	0
Ekim	14,1	0,71	-0,194300	0
Kasım	8,5	0,73	-0,003037	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,394104 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

TabloD.4 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,094740	0,094740
Aralık	3,8	0,73	0,194250	0,288990
Ocak	2,9	0,71	0,210051	0,499041
Şubat	4,4	0,7	0,182077	0,681118
Mart	7,3	0,69	0,121684	0,802802
Nisan	12,8	0,68	-0,018794	0,784008
Mayıs	18	0,64	-0,173545	0,610463
Haziran	22,5	0,6	-0,345315	0,265148
Temmuz	24,9	0,58	-0,453550	-0,188402
Ağustos	24,3	0,61	-0,423392	0
Eylül	19,9	0,65	-0,239835	0
Ekim	14,1	0,71	-0,052180	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,802801 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,802801 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

Tablo D.5 Isı köprüsü olan ve içten yalıtılmayan dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,123266	0,123266
Ocak	2,9	0,71	0,141889	0,265155
Şubat	4,4	0,7	0,104404	0,369559
Mart	7,3	0,69	0,024544	0,394103
Nisan	12,8	0,68	-0,154703	0,239400
Mayıs	18	0,64	-0,377309	-0,137909
Haziran	22,5	0,6	-0,618551	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,767877	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,715771	0
Eylül	19,9	0,65	-0,462792	0
Ekim	14,1	0,71	-0,194300	0
Kasım	8,5	0,73	-0,003037	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,394104 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,394104 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo D.6 Isı köprüsü olan ve içten yalıtılmayan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,059136	0,059136
Aralık	3,8	0,73	12,583675	12,642811
Ocak	2,9	0,71	14,864482	27,507293
Şubat	4,4	0,7	11,027683	38,534976
Mart	7,3	0,69	3,043302	41,578278
Nisan	12,8	0,68	-0,432160	41,146118
Mayıs	18	0,64	-1,130766	40,015352
Haziran	22,5	0,6	-1,846958	38,168394
Temmuz	24,9	0,58	-2,275204	35,893190
Ağustos	24,3	0,61	-2,162289	33,730901
Eylül	19,9	0,65	-1,418755	32,312146
Ekim	14,1	0,71	-0,593469	31,718677

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,578278 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.

* Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (41,578278 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo D.7 EPS ile içten yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0104	0,0104	0	0
Kasım	8,5	1	0,0190	0,0294	0	0
Aralık	3,8	1	0,0245	0,0539	0	0
Ocak	2,9	1	0,0253	0,0792	0	0
Şubat	4,4	1	0,0239	0,1031	0	0
Mart	7,3	1	0,0206	0,1237	0	0
Nisan	12,8	1	0,0126	0,1363	0	0
Mayıs	18	1	0,0026	0,1389	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0084	0,1304	-44,624	-44,624
Temmuz	24,9	1	-0,0154	0,1149	-46,795	0
Ağustos	24,3	1	-0,0136	0,1012	-46,226	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,0994	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1392 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

TabloD.8 EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo D.9 EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo D.10 EPS ile içten yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,022013 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo D.11 EPS ile içten yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo D.12 EPS ile içten yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek E - Çift Duvar Arası EPS İle Ortan Yalıtılmış Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	ORTADAN EPS İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo E.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,33	0,409			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040			
TOPLAM				2,305	0,434	562,28	243,91
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,2	1	0,200			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040		
TOPLAM				,996	1,004	30,22	30,34
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,040		
TOPLAM				,310	3,226	269,64	869,81
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,33	0,409			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,130		
TOPLAM				0,5 x A x U	2,395	0,417	274,86
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,130		
TOPLAM				0,5 x A x U	,400	2,500	38,74
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,000		
TOPLAM				0,5 x A x U	1,964	0,509	63,34
TAVAN:Çatılı Kullanılan	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			

Tablo E.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
Tavan 1.1	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,05	0,036	1,389				
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66	
TAVAN:Çatılı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130				
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40	
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030				
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
	TOPLAM				0,5 x A x U	1,946	0,514	67,58
TABAN:Isıtılmayan İç	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
	TOPLAM				0,5 x A x U	4,047	0,395	108,40
	TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				

Tablo E.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM			3,917	0,416	35,54	14,78	
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05	
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23	
Isıt.lc.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2	38,85
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					1.976,3		
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$		İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$					
$\Sigma AU = 1.976,3$		Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$					
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$							
$H = H_i + H_h = \dots \mathbf{2.835,89} \dots \text{W/K}$							

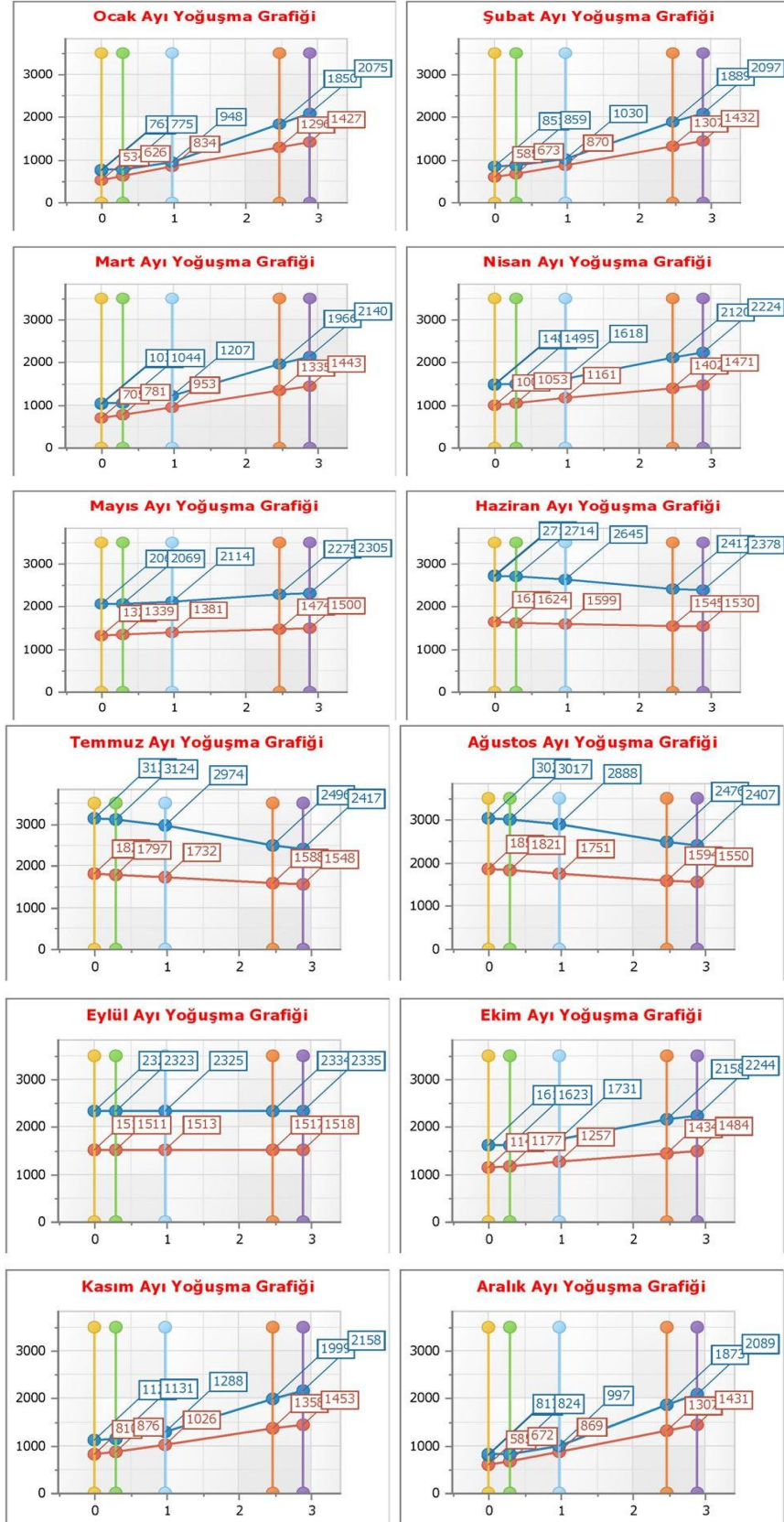
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo E.2 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.835,89	16,1	45.658	6.512	4.085	10.597	0,23	0,99	91.152.162
ŞUBAT		14,6	41.404		4.924	11.436	0,28	0,97	78.566.356
MART		11,7	33.180		5.423	11.935	0,36	0,94	56.922.946
NİSAN		6,2	17.583		5.898	12.410	0,71	0,76	21.127.179
MAYIS		1,0	2.836		6.301	12.813	4,52	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	13.896		4.898	11.410	0,82	0,70	15.315.768
KASIM		10,5	29.777		3.868	10.380	0,35	0,94	51.890.920
ARALIK		15,2	43.106		3.605	10.117	0,23	0,99	85.768.316
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 400.744.136$		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 400.744.136 \text{ (kJ)} = 111.407 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \eta_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 1.912,88 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / A_n = 85,54 \text{ kWh/m}^2$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$							
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,30 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q > Q' (85,54 > 57,30) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil E.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo E.3 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo E.4 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,123266	0,123266
Ocak	2,9	0,71	0,141889	0,265155
Şubat	4,4	0,7	0,104404	0,369559
Mart	7,3	0,69	0,024544	0,394103
Nisan	12,8	0,68	-0,154703	0,239400
Mayıs	18	0,64	-0,377309	-0,137909
Haziran	22,5	0,6	-0,618551	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,767877	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,715771	0
Eylül	19,9	0,65	-0,462792	0
Ekim	14,1	0,71	-0,194300	0
Kasım	8,5	0,73	-0,003037	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,394104 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,394104 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standartta uygun değildir.

Tablo E.5 Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,059136	0,059136
Aralık	3,8	0,73	12,583675	12,642811
Ocak	2,9	0,71	14,864482	27,507293
Şubat	4,4	0,7	11,027683	38,534976
Mart	7,3	0,69	3,043302	41,578278
Nisan	12,8	0,68	-0,432160	41,146118
Mayıs	18	0,64	-1,130766	40,015352
Haziran	22,5	0,6	-1,846958	38,168394
Temmuz	24,9	0,58	-2,275204	35,893190
Ağustos	24,3	0,61	-2,162289	33,730901
Eylül	19,9	0,65	-1,418755	32,312146
Ekim	14,1	0,71	-0,593469	31,718677

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,578278 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.

* Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (41,578278 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo E.6 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0104	0,0104	0	0
Kasım	8,5	1	0,0190	0,0294	0	0
Aralık	3,8	1	0,0245	0,0539	0	0
Ocak	2,9	1	0,0253	0,0792	0	0
Şubat	4,4	1	0,0239	0,1031	0	0
Mart	7,3	1	0,0206	0,1237	0	0
Nisan	12,8	1	0,0126	0,1363	0	0
Mayıs	18	1	0,0026	0,1389	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0084	0,1304	-44,624	-44,624
Temmuz	24,9	1	-0,0154	0,1149	-46,795	0
Ağustos	24,3	1	-0,0136	0,1012	-46,226	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,0994	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1392 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Tablo E.7 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo E.8 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo E.9 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) ϕ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,022013 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo E.10 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) ϕ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo E.11 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

**Ek F - İçten EPS İle Yalıtılmış Binanın Standarda Uygun Hale Getirilebilmesi İçin
Gerekli Yalıtım Kalınlığında Malzeme Kullanımına Göre Yapılan Isı Yalıtım Hesap
Raporları**

BİNANIN	Sahibi	İÇTEN EPS İLE YALITIMLI STANDART
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	
Ünvanı	
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo F.1 EPS ile iten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama izelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.2 imento harcı	0,007	1,6	0,004			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,16	0,035	4,571			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				5,392	0,185	562,28	104,28
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.2 imento harcı	0,007	1,6	0,004			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,16	0,035	4,571			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				4,886	0,205	132,03	27,02
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,2	1	0,200			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				,996	1,004	30,22	30,34
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.4	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				,310	3,226	137,61	443,90
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.2 imento harcı	0,007	1,6	0,004			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,16	0,035	4,571			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	5,482	0,182	274,86
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.2 imento harcı	0,007	1,6	0,004			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,16	0,035	4,571			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	4,976	0,201	38,74
TOPLAM				4,976	0,201	38,74	3,89

Tablo F.1 EPS ile iten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama izelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeyssel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,15	0,035	4,286			
	4.2 imento harcı	0,02	1,6	0,013			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım rtleri	0,003	0,19	0,016			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	$1/\alpha_d$ Yüzeyssel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM		0,5 x A x U		4,822	0,207	63,34	6,57
TAVAN:atılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeyssel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,20	0,035	5,714			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay , ısı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			
	$1/\alpha_d$ Yüzeyssel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				7,670	0,130	82,60	10,77
TAVAN:atılı Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeyssel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,2	0,035	5,714			
	$1/\alpha_d$ Yüzeyssel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
	TOPLAM		0,8 x A x U		8,072	0,152	136,40
TABAN:Toprak Temaslı Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeyssel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,170			
	4.6 imento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200			
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030			
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,15	0,035	4,286			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım rtleri	0,004	0,19	0,021			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061			
	$1/\alpha_d$ Yüzeyssel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM		0,5 x A x U		4,803	0,208	67,58	7,03
TABAN:İstilmayan i Taban 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeyssel Isıl İletim Katsayısı (i)			0,170			
	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 imento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-imento harcı	0,01	1	0,010			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,15	0,035	4,286			
	4.2 imento harcı	0,007	1,6	0,004			

Tablo F.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
TOPLAM				0,5 x A x U	6,904	0,185	108,40	
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,15	0,035	4,286				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				6,774	0,190	35,54	6,75	
Dış Pencere 1					1,9	199,5	379,05	
Dış Kapı 1					3,5	43,78	153,23	
Isıt.lc.Ort.Kapı 1					0,5 x A x U	3,5	22,2	38,85
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						1.267,5		
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_r A_r + U_d A_d + \dots$				İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$				
$\Sigma AU = 1.267,5$				Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$				
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				$H = H_i + H_h = \dots 2.127,09 \dots \text{ W/K}$				

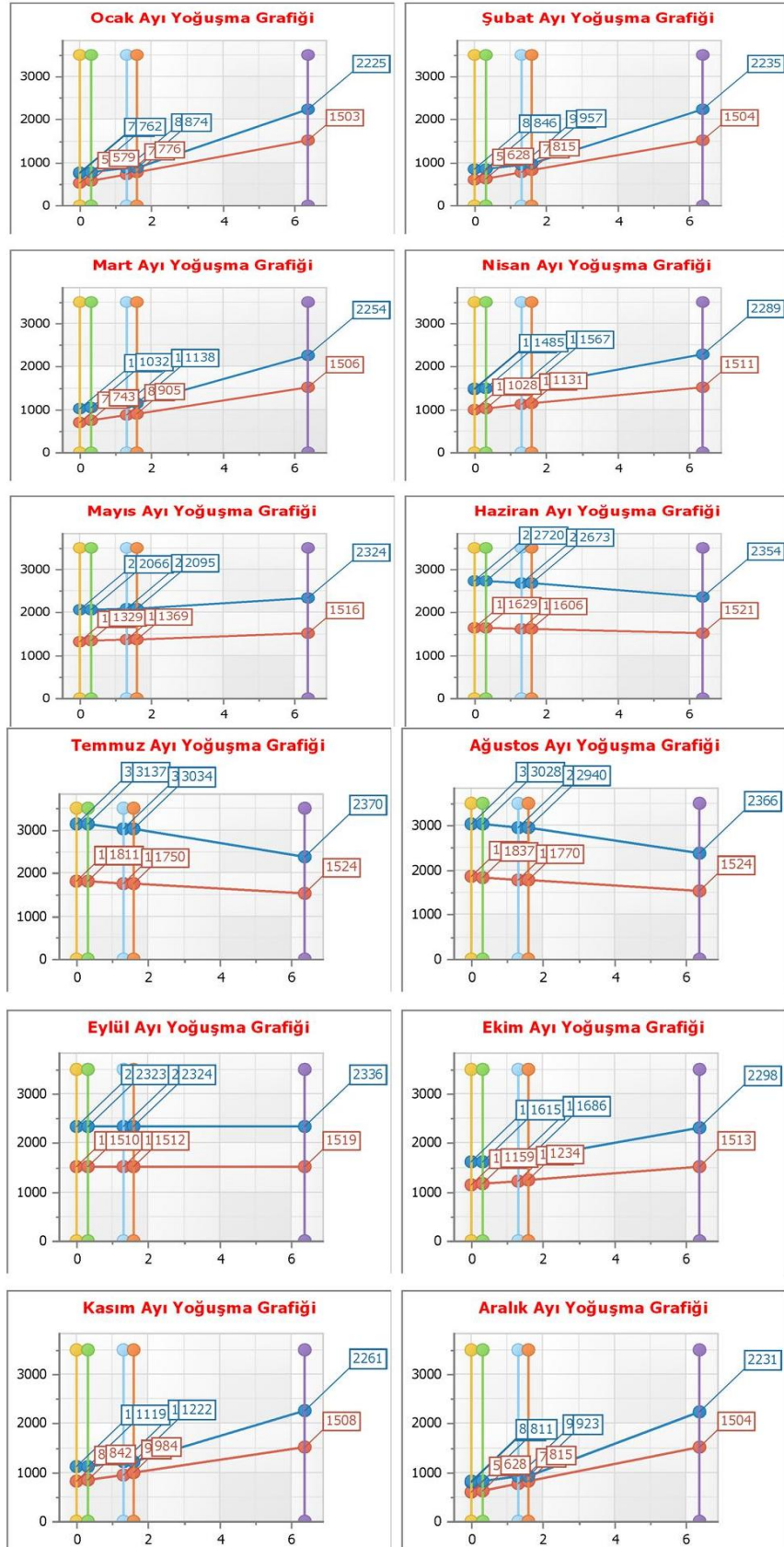
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo F.2 EPS ile içten yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_t + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.127,09	16,1	34.246	6.512	4.085	10.597	0,31	0,96	62.397.343
ŞUBAT		14,6	31.056		4.924	11.436	0,37	0,93	52.928.676
MART		11,7	24.887		5.423	11.935	0,48	0,88	37.283.725
NISAN		6,2	13.188		5.898	12.410	0,94	0,65	13.274.819
MAYIS		1,0	2.127		6.301	12.813	6,02	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.423		4.898	11.410	1,09	0,60	9.270.913
KASIM		10,5	22.334		3.868	10.380	0,46	0,89	33.945.467
ARALIK		15,2	32.332		3.605	10.117	0,31	0,96	58.629.661
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} = 267.731.094$		
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 267.731.094 \text{ (kJ)} = 74.429 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$							
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \pi_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$							
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_i - \theta_e)$							
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$							
$A_{toplam} = 1.912,88 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yıl} / A_n$		$57,15 \text{ kWh/m}^2$		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$					
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,30 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
$Q < Q' (57,15 < 57,30)$ olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil F.1 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo F.3 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo F.4 EPS ile içten yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,031605	0,031605
Aralık	3,8	0,73	0,066014	0,097619
Ocak	2,9	0,71	0,071141	0,168760
Şubat	4,4	0,7	0,061527	0,230287
Mart	7,3	0,69	0,040209	0,270496
Nisan	12,8	0,68	-0,010769	0,259727
Mayıs	18	0,64	-0,074151	0,185576
Haziran	22,5	0,6	-0,146217	0,039359
Temmuz	24,9	0,58	-0,192269	-0,152910
Ağustos	24,3	0,61	-0,178190	0
Eylül	19,9	0,65	-0,100832	0
Ekim	14,1	0,71	-0,023262	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,270496 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,270496 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo F.5 Isı köprüsü olan dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,123266	0,123266
Ocak	2,9	0,71	0,141889	0,265155
Şubat	4,4	0,7	0,104404	0,369559
Mart	7,3	0,69	0,024544	0,394103
Nisan	12,8	0,68	-0,154703	0,239400
Mayıs	18	0,64	-0,377309	-0,137909
Haziran	22,5	0,6	-0,618551	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,767877	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,715771	0
Eylül	19,9	0,65	-0,462792	0
Ekim	14,1	0,71	-0,194300	0
Kasım	8,5	0,73	-0,003037	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,394104 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,394104 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo F.6 Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,059136	0,059136
Aralık	3,8	0,73	12,583675	12,642811
Ocak	2,9	0,71	14,864482	27,507293
Şubat	4,4	0,7	11,027683	38,534976
Mart	7,3	0,69	3,043302	41,578278
Nisan	12,8	0,68	-0,432160	41,146118
Mayıs	18	0,64	-1,130766	40,015352
Haziran	22,5	0,6	-1,846958	38,168394
Temmuz	24,9	0,58	-2,275204	35,893190
Ağustos	24,3	0,61	-2,162289	33,730901
Eylül	19,9	0,65	-1,418755	32,312146
Ekim	14,1	0,71	-0,593469	31,718677

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,578278 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.

* Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (41,578278 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo F.7 EPS ile içten yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	1	0,005926	0,005926
Aralık	3,8	1	0,012492	0,018418
Ocak	2,9	1	0,013580	0,031998
Şubat	4,4	1	0,011755	0,043753
Mart	7,3	1	0,007763	0,051516
Nisan	12,8	1	-0,001759	0,049757
Mayıs	18	1	-0,013469	0,036288
Haziran	22,5	1	-0,026460	0,009828
Temmuz	24,9	1	-0,034659	-0,024831
Ağustos	24,3	1	-0,032506	0
Eylül	19,9	1	-0,018595	0
Ekim	14,1	1	-0,004432	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,051516 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,051516 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

Tablo F.8 EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	-0,0048	-0,0048	0,9034	0,9034
Şubat	4,4	0,7	-0,0079	0	0,7637	1,6671
Mart	7,3	0,69	-0,0142	0	0,4621	2,1292
Nisan	12,8	0,68	-0,0309	0	-0,2253	1,9038
Mayıs	18	0,64	-0,0602	0	-1,0458	0,8579
Haziran	22,5	0,6	-0,0984	0	-1,9170	-1,0591
Temmuz	24,9	0,58	-0,1244	0	-2,4488	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1109	0	-2,3108	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0693	0	-1,3946	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0316	0	-0,4139	0
Kasım	8,5	0,73	-0,0133	0	0,3261	0
Aralık	3,8	0,73	-0,0047	0	0,8206	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

Tablo F.9 EPS ile içten yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	-0,004895	-0,004895
Şubat	4,4	0,7	-0,007945	0
Mart	7,3	0,69	-0,014262	0
Nisan	12,8	0,68	-0,030963	0
Mayıs	18	0,64	-0,060223	0
Haziran	22,5	0,6	-0,098433	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,124422	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,110991	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069321	0
Ekim	14,1	0,71	-0,031631	0
Kasım	8,5	0,73	-0,013328	0
Aralık	3,8	0,73	-0,004799	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.
- * Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo F.10 EPS ile içten yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002091	0,002091
Aralık	3,8	0,73	0,005746	0,007837
Ocak	2,9	0,71	0,006240	0,014077
Şubat	4,4	0,7	0,005177	0,019254
Mart	7,3	0,69	0,002881	0,022135
Nisan	12,8	0,68	-0,002678	0,019457
Mayıs	18	0,64	-0,010137	0,009320
Haziran	22,5	0,6	-0,018763	-0,009443
Temmuz	24,9	0,58	-0,024298	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022395	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013138	0
Ekim	14,1	0,71	-0,003938	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.
- * Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022134 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.
- * Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (0,022134 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo F.11 EPS ile içten yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002091	0,002091
Aralık	3,8	0,73	0,005746	0,007837
Ocak	2,9	0,71	0,006240	0,014077
Şubat	4,4	0,7	0,005177	0,019254
Mart	7,3	0,69	0,002881	0,022135
Nisan	12,8	0,68	-0,002678	0,019457
Mayıs	18	0,64	-0,010137	0,009320
Haziran	22,5	0,6	-0,018763	-0,009443
Temmuz	24,9	0,58	-0,024298	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022395	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013138	0
Ekim	14,1	0,71	-0,003938	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022134 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo F.12 EPS ile içten yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002091	0,002091
Aralık	3,8	0,73	0,005746	0,007837
Ocak	2,9	0,71	0,006240	0,014077
Şubat	4,4	0,7	0,005177	0,019254
Mart	7,3	0,69	0,002881	0,022135
Nisan	12,8	0,68	-0,002678	0,019457
Mayıs	18	0,64	-0,010137	0,009320
Haziran	22,5	0,6	-0,018763	-0,009443
Temmuz	24,9	0,58	-0,024298	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022395	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013138	0
Ekim	14,1	0,71	-0,003938	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022134 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek G - Çift Duvar Arası EPS Yalıtımlı Binanın Isı Yalıtım Malzeme Kalınlığının Artırılmasına Rağmen Standarda Uygun Hale Getirilemediğini Gösteren Isı Yalıtım Hesap Raporu

BİNANIN	Sahibi	ORTADAN EPS İLE YALITIMLI STD.
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo G.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,33	0,409				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				29,448	0,034	562,28	19,09	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,2	1	0,200				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				,996	1,004	30,22	30,34	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.3	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				,310	3,226	269,64	869,81	
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,135	0,33	0,409				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130				
TOPLAM				0,5 x A x U	29,538	0,034	274,86	4,65
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130				
TOPLAM				,400	2,500	38,74	48,43	
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	29,107	0,034	63,34	1,09
TAVAN:Çatılı Kullanılan	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				

Tablo G.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (m ² K/W)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı AxU (W/K)	
Tavan 1.1	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	1	0,035	28,571				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,05	0,036	1,389				
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				30,527	0,033	82,60	2,71	
TAVAN:Çatılı	1/α _i Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130				
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
	TOPLAM				0,8 x A x U	30,929	0,034	136,40
TABAN:Toprak Temaslı	1/α _i Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030				
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
	TOPLAM				0,5 x A x U	29,089	0,034	67,58
TABAN:İsıtılmayan İç	1/α _i Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	1/α _d Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
	TOPLAM				0,5 x A x U	31,150	0,034	108,40
TABAN:Açık Geçit Üzeri	1/α _i Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	1	0,035	28,571				
	4.1 Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				

Tablo G.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040		
TOPLAM				31,060	0,034	35,54
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23
Isıt.Ic.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					1.555,8	
$\Sigma AU = U_d A_d + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_{tA} + U_d A_d + \dots$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $HT = \Sigma AU + I UI$			
$\Sigma AU = 1.555,8$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$			
Özgül ısı kaybı ; $H = HT + H_v$						
$H = H_i + H_h = \dots 2.415,39 \dots \text{W/K}$						

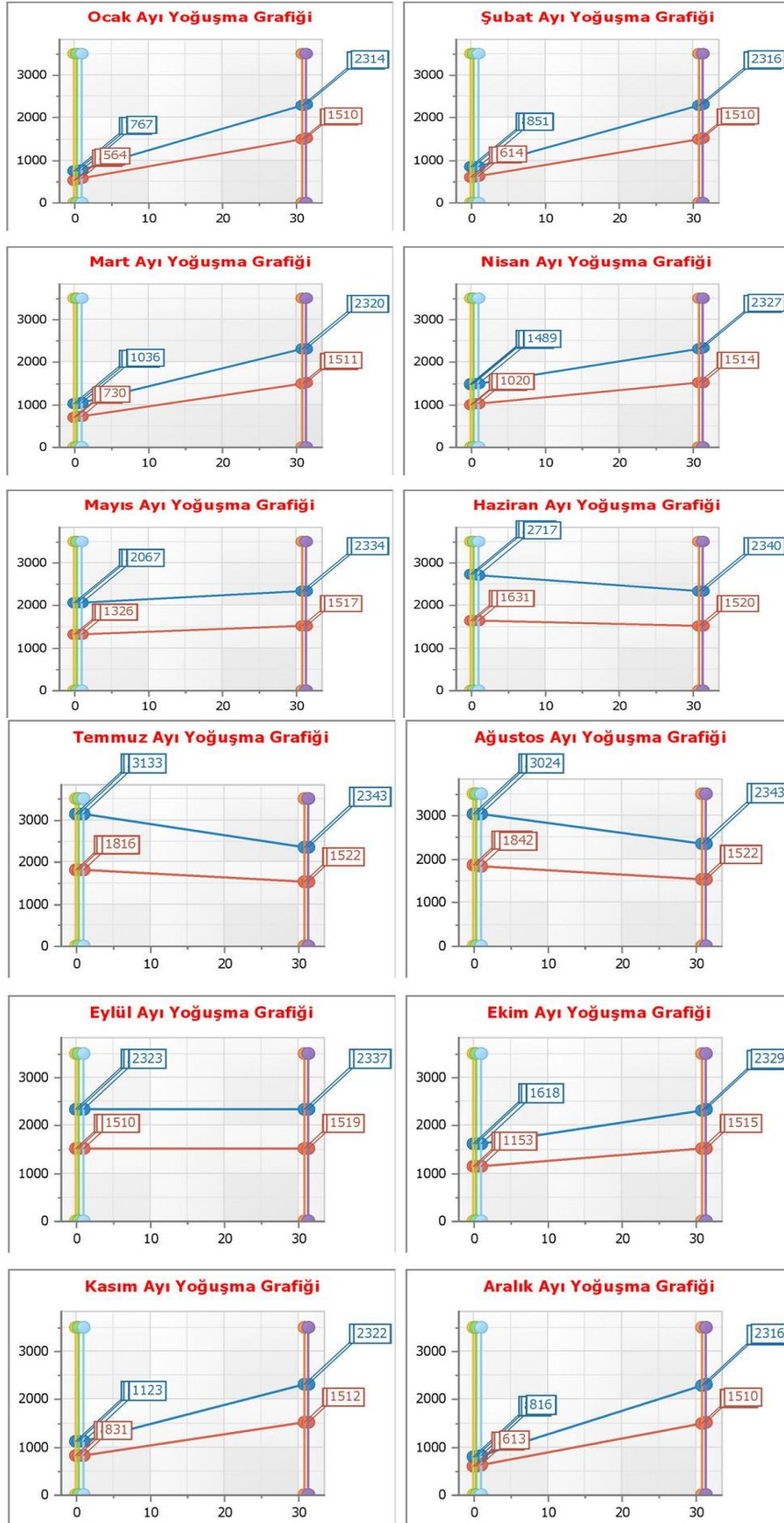
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo G.2 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı	
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam				
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)				γ (-)
OCAK	2.415,39	16,1	38.888	6.512	4.085	10.597	0,27	0,98	73.878.944	
ŞUBAT		14,6	35.265		4.924	11.436	0,32	0,96	62.949.556	
MART		11,7	28.260		5.423	11.935	0,42	0,91	45.098.631	
NİSAN		6,2	14.975		5.898	12.410	0,83	0,70	16.299.579	
MAYIS		1,0	2.415		6.301	12.813	5,30	0,00	0	
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0	
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0	
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0	
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0	
EKİM		4,9	11.835		4.898	11.410	0,96	0,65	11.453.817	
KASIM		10,5	25.362		3.868	10.380	0,41	0,91	41.253.741	
ARALIK		15,2	36.714		3.605	10.117	0,28	0,97	69.725.909	
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} =$		320.660.667	
Toplam ısı kaybı							$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 320.660.667 \text{ (kj)} =$	89.144	kWh	
İç ısı Kazancı		$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$								
Güneş enerjisi kazancı		$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$								
Kazanç kayıp oranı		$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$								
Kazanç kullanım faktörü		$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$								
$A_{toplam} =$		1.912,88 m^2								
$V_{brüt} =$		4070,02 m^3								
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>										
$Q = Q_{yıl} / A_n$		68,45 kWh/m^2		$A_n = 0,32 \times V_{brüt} =$		1.302,41 m^2				
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,30 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.										
$Q > Q'$ (68,45 > 57,30) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.										

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil G.1 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo G.3 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.
- * Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo G.4 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,123266	0,123266
Ocak	2,9	0,71	0,141889	0,265155
Şubat	4,4	0,7	0,104404	0,369559
Mart	7,3	0,69	0,024544	0,394103
Nisan	12,8	0,68	-0,154703	0,239400
Mayıs	18	0,64	-0,377309	-0,137909
Haziran	22,5	0,6	-0,618551	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,767877	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,715771	0
Eylül	19,9	0,65	-0,462792	0
Ekim	14,1	0,71	-0,194300	0
Kasım	8,5	0,73	-0,003037	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.
- * Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,394104 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.
- * Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (0,394104 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standartta uygun değildir.

Tablo G.5 Isı köprüsü olan dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,059136	0,059136
Aralık	3,8	0,73	12,583675	12,642811
Ocak	2,9	0,71	14,864482	27,507293
Şubat	4,4	0,7	11,027683	38,534976
Mart	7,3	0,69	3,043302	41,578278
Nisan	12,8	0,68	-0,432160	41,146118
Mayıs	18	0,64	-1,130766	40,015352
Haziran	22,5	0,6	-1,846958	38,168394
Temmuz	24,9	0,58	-2,275204	35,893190
Ağustos	24,3	0,61	-2,162289	33,730901
Eylül	19,9	0,65	-1,418755	32,312146
Ekim	14,1	0,71	-0,593469	31,718677

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin altında olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski vardır.Standarta uygun değildir.
- * Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 41,578278 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha büyük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde değildir.
- * Yoğuşan su yaz ayları içerisinde tamamen buharlaşmamıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (41,578278 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olduğu için standarta uygun değildir.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağlamadığından, standarta uygun değildir.

Tablo G.6 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	1	0,003085	0,003085
Aralık	3,8	1	0,006515	0,009600
Ocak	2,9	1	0,007073	0,016673
Şubat	4,4	1	0,006130	0,022803
Mart	7,3	1	0,004059	0,026862
Nisan	12,8	1	-0,000987	0,025875
Mayıs	18	1	-0,007397	0,018478
Haziran	22,5	1	-0,014603	0,003875
Temmuz	24,9	1	-0,019193	-0,015318
Ağustos	24,3	1	-0,017999	0
Eylül	19,9	1	-0,010227	0
Ekim	14,1	1	-0,002430	0

SONUÇ :

- * İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.
- * Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,026862 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.
- * Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.
- * Yoğuşan suyun kütlesi (0,026862 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.
- * Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standarta uygundur.

Tablo G.7 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	-0,0155	-0,0155	0,3324	0,3324
Şubat	4,4	0,7	-0,0183	0	0,2928	0,6252
Mart	7,3	0,69	-0,0240	0	0,2057	0,8309
Nisan	12,8	0,68	-0,0381	0	-0,0022	0,8286
Mayıs	18	0,64	-0,0627	0	-0,2644	0,5641
Haziran	22,5	0,6	-0,0945	0	-0,5549	0,0091
Temmuz	24,9	0,58	-0,1161	0	-0,7386	-0,7295
Ağustos	24,3	0,61	-0,1038	0	-0,6906	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0695	0	-0,3788	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0377	0	-0,0613	0
Kasım	8,5	0,73	-0,0226	0	0,1658	0
Aralık	3,8	0,73	-0,0154	0	0,3088	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

Tablo G.8 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	-0,015529	-0,015529
Şubat	4,4	0,7	-0,018352	0
Mart	7,3	0,69	-0,024074	0
Nisan	12,8	0,68	-0,038166	0
Mayıs	18	0,64	-0,062747	0
Haziran	22,5	0,6	-0,094576	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,116134	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,103884	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069548	0
Ekim	14,1	0,71	-0,037784	0
Kasım	8,5	0,73	-0,022686	0
Aralık	3,8	0,73	-0,015444	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo G.9 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,000693	0,000693
Aralık	3,8	0,73	0,003083	0,003776
Ocak	2,9	0,71	0,003372	0,007148
Şubat	4,4	0,7	0,002659	0,009807
Mart	7,3	0,69	0,001121	0,010928
Nisan	12,8	0,68	-0,002596	0,008332
Mayıs	18	0,64	-0,007786	0,000546
Haziran	22,5	0,6	-0,013885	-0,013339
Temmuz	24,9	0,58	-0,017846	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,016353	0
Eylül	19,9	0,65	-0,009791	0
Ekim	14,1	0,71	-0,003360	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,010928 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütleli (0,010928 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo G.10 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Aralık	3,8	0,73	0,006119	0,006119
Ocak	2,9	0,71	0,006935	0,013054
Şubat	4,4	0,7	0,004596	0,017650
Mart	7,3	0,69	-0,000418	0,017232
Nisan	12,8	0,68	-0,012393	0,004839
Mayıs	18	0,64	-0,029522	-0,024683
Haziran	22,5	0,6	-0,049976	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,063327	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,057734	0
Eylül	19,9	0,65	-0,035783	0
Ekim	14,1	0,71	-0,014404	0
Kasım	8,5	0,73	-0,001422	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,017650 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütleli (0,017650 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo G.11 Çift duvar arası ortadan EPS ile yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	[%] Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001008	0,001008
Aralık	3,8	0,73	0,007877	0,008885
Ocak	2,9	0,71	0,008683	0,017568
Şubat	4,4	0,7	0,006606	0,024174
Mart	7,3	0,69	0,002162	0,026336
Nisan	12,8	0,68	-0,008601	0,017735
Mayıs	18	0,64	-0,023616	-0,005881
Haziran	22,5	0,6	-0,041314	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,052810	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,048309	0
Eylül	19,9	0,65	-0,029299	0
Ekim	14,1	0,71	-0,010675	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,026336 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,026336 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Ek H - XPS İle Dıştan Yalıtılmış Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	DIŞTAN XPS İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo H.1 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				2,487	0,445	592,50	263,45	
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				1,981	0,574	269,64	154,70	
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130				
TOPLAM				0,5 x A x U	2,577	0,388	274,86	53,33
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130				
TOPLAM				0,5 x A x U	2,071	0,483	38,74	9,35
DUVAR:Toprağa Temas Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100				
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667				
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016				
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	2,203	0,454	63,34	14,38
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143				
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016				

Tablo H.1 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay, Isı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66
TAVAN:Çatılı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200			
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	2,184	0,458	67,58
TABAN:Isıtılmayan İç	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170			
TOPLAM				0,5 x A x U	4,285	0,361	108,04
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010			
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,05	0,03	1,667			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				4,155	0,378	35,54	13,45

Tablo H.1 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23
Isıt.lc.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					1.198,8	
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{1.198,8}$ Özgül ısı kaybı ; H = H _T + H _v			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; H _T = $\Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H _v = 0,33 . n _h . V _h = 859,59 W/K			
H = H _i + H _h = 2.058,39W/K						

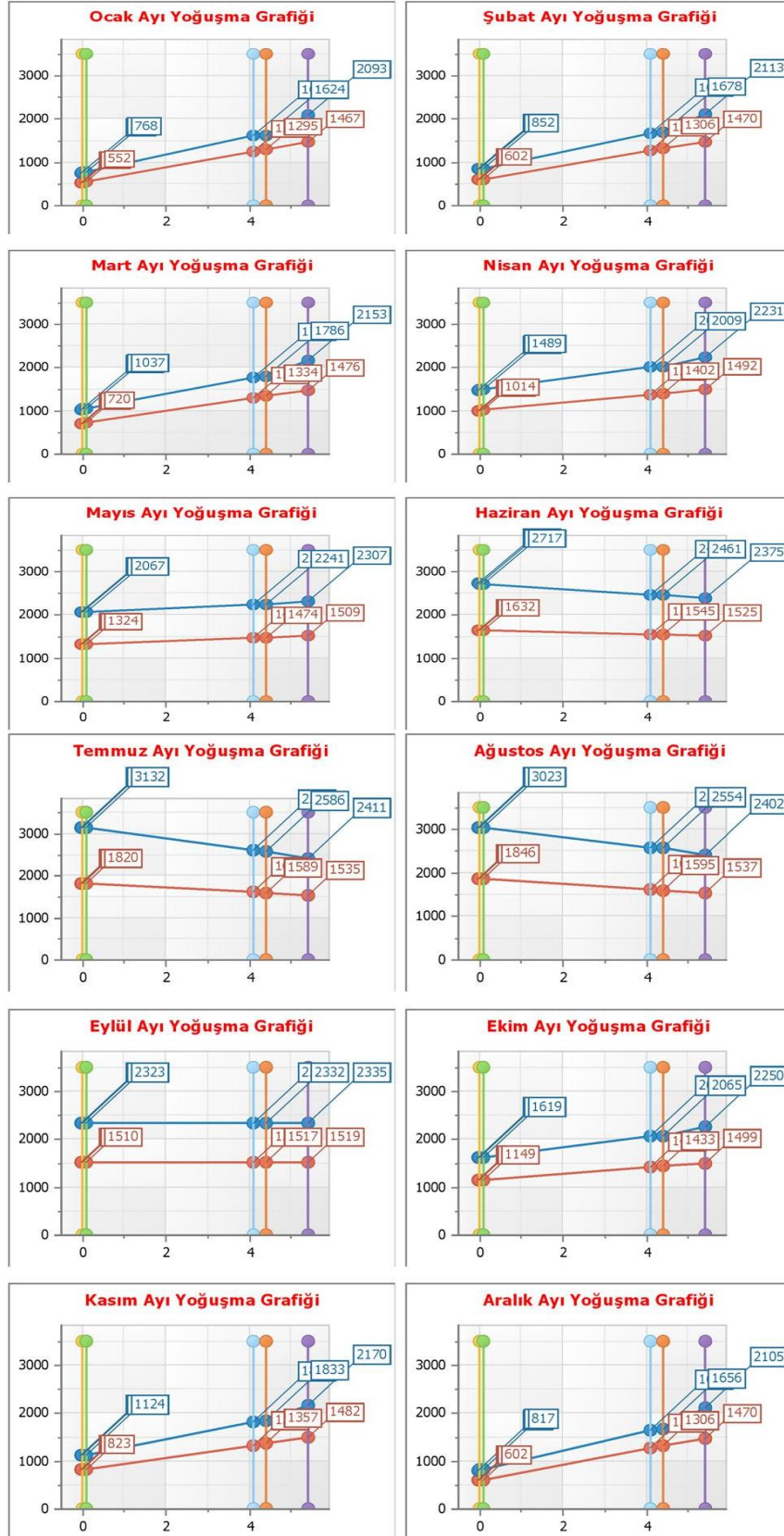
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo H.2 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.058,39	16,1	33.140	6.512	4.085	10.597	0,32	0,96	59.530.410
ŞUBAT		14,6	30.052		4.924	11.436	0,38	0,93	50.328.848
MART		11,7	24.083		5.423	11.935	0,50	0,86	35.819.011
NISAN		6,2	12.762		5.898	12.410	0,97	0,64	12.492.450
MAYIS		1,0	2.058		6.301	12.813	6,22	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.086		4.898	11.410	1,13	0,59	8.694.115
KASIM		10,5	21.613		3.868	10.380	0,48	0,88	32.344.777
ARALIK		15,2	31.288		3.605	10.117	0,32	0,96	55.922.991
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 255.133.093$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 255.133.093 \text{ (kj)} = 70.927 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \Gamma_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 1.912,52 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n = 54,46 \text{ kWh/m}^2$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,29 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q < Q' (54,46 < 57,29) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerinin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil H.1 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo H.3 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo H.4 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo H.5 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0096	0,0096	0	0
Kasım	8,5	1	0,0177	0,0273	0	0
Aralık	3,8	1	0,0228	0,0501	0	0
Ocak	2,9	1	0,0236	0,0737	0	0
Şubat	4,4	1	0,0222	0,0959	0	0
Mart	7,3	1	0,0192	0,1151	0	0
Nisan	12,8	1	0,0117	0,1268	0	0
Mayıs	18	1	0,0023	0,1291	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0080	0,1210	-44,366	-44,366
Temmuz	24,9	1	-0,0146	0,1063	-46,329	0
Ağustos	24,3	1	-0,0129	0,0933	-45,864	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,0915	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1293 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Tablo H.6 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	Φ_d (%)	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo H.7 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo H.8 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001839	0,001839
Aralık	3,8	0,73	0,005593	0,007432
Ocak	2,9	0,71	0,006107	0,013539
Şubat	4,4	0,7	0,005008	0,018547
Mart	7,3	0,69	0,002650	0,021197
Nisan	12,8	0,68	-0,003001	0,018196
Mayıs	18	0,64	-0,010505	0,007691
Haziran	22,5	0,6	-0,019073	-0,011382
Temmuz	24,9	0,58	-0,024566	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022668	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013482	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004284	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,021196 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,021196 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo H.9 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001839	0,001839
Aralık	3,8	0,73	0,005593	0,007432
Ocak	2,9	0,71	0,006107	0,013539
Şubat	4,4	0,7	0,005008	0,018547
Mart	7,3	0,69	0,002650	0,021197
Nisan	12,8	0,68	-0,003001	0,018196
Mayıs	18	0,64	-0,010505	0,007691
Haziran	22,5	0,6	-0,019073	-0,011382
Temmuz	24,9	0,58	-0,024566	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022668	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013482	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004284	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,021196 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo H.10 XPS ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001839	0,001839
Aralık	3,8	0,73	0,005593	0,007432
Ocak	2,9	0,71	0,006107	0,013539
Şubat	4,4	0,7	0,005008	0,018547
Mart	7,3	0,69	0,002650	0,021197
Nisan	12,8	0,68	-0,003001	0,018196
Mayıs	18	0,64	-0,010505	0,007691
Haziran	22,5	0,6	-0,019073	-0,011382
Temmuz	24,9	0,58	-0,024566	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,022668	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013482	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004284	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,021196 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek I - Taşyünü ile Dıştan Yalıtılmış Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	DIŞTAN TAŞYÜNÜ İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo I.1 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,249	0,445	592,50	263,45
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,743	0,574	269,64	154,70
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,2	0,33	0,606			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	2,339	0,428	274,86
DUVAR:İsıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,833	0,546	38,74
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,964	0,509	63,34
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130			
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			

Tablo I.1 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay, ısı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66
TAVAN:Çatılı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,130			
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080			
TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,946	0,514	67,58
TABAN:Isıtılmayan İç	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170			
TOPLAM				0,5 x A x U	4,047	0,395	108,04
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,170			
Taban 1.1	8.1.2 Kayın , meşe , dişbudak	0,02	0,2	0,100			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040			
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				3,917	0,416	35,54	14,78

Tablo I.1 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23
Isıt.lc.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					1.214,1	
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p . A_p + U_k . A_k + 0.8 U_T . A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + \dots$ $\Sigma AU = \mathbf{1.214,1}$ Özgül ısı kaybı ; H = H _T + H _v			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; H _T = $\Sigma AU + I UI$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı H _v = 0,33 . n _h . V _h = 859,59 W/K			
H = H _i + H _h = 2.073,69 W/K						

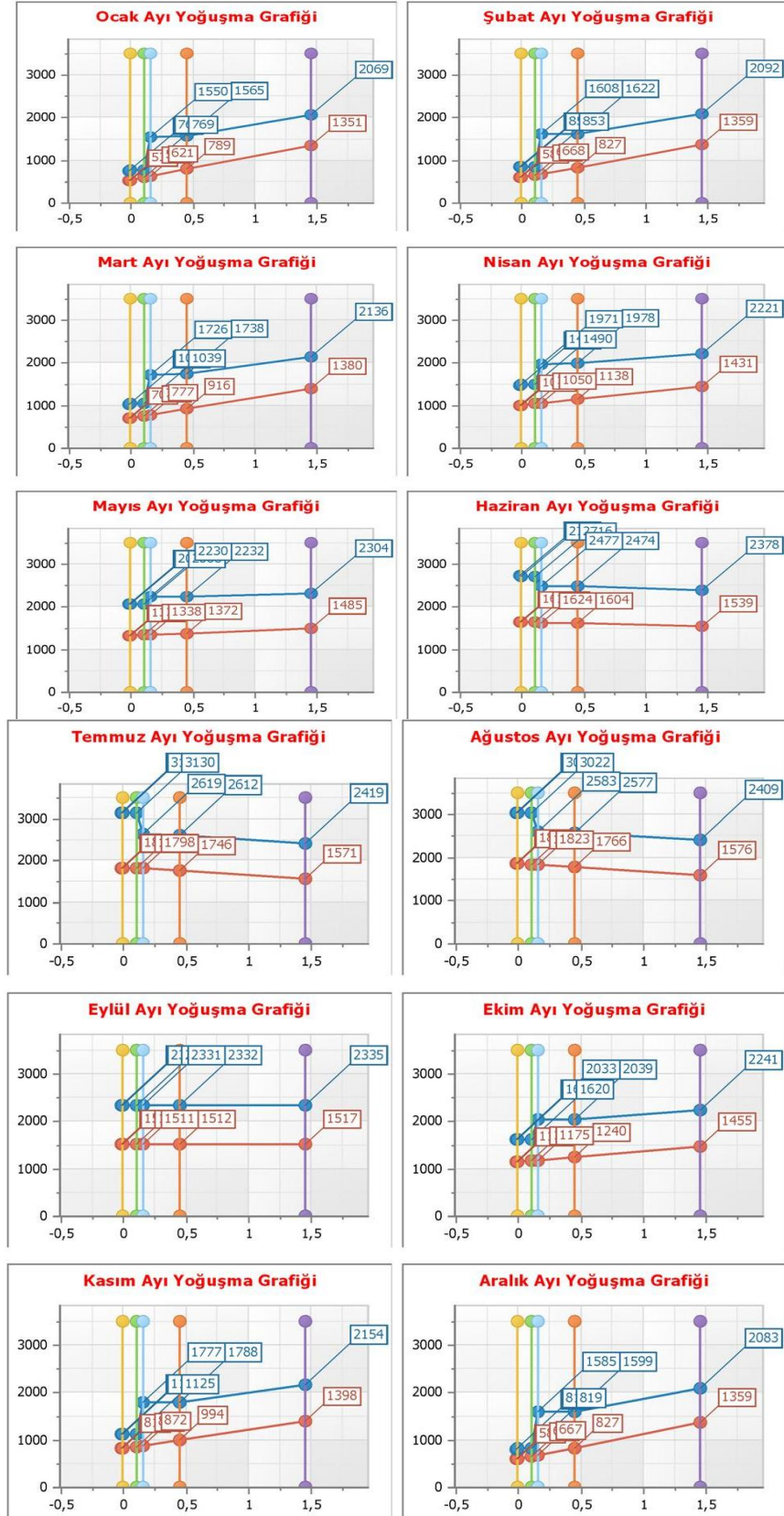
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo I.2 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.073,69	16,1	33.386	6.512	4.085	10.597	0,32	0,96	60.168.897
ŞUBAT		14,6	30.276		4.924	11.436	0,38	0,93	50.907.849
MART		11,7	24.262		5.423	11.935	0,49	0,87	35.973.520
NİSAN		6,2	12.857		5.898	12.410	0,97	0,64	12.738.327
MAYIS		1,0	2.074		6.301	12.813	6,18	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.161		4.898	11.410	1,12	0,59	8.888.437
KASIM		10,5	21.774		3.868	10.380	0,48	0,88	32.761.182
ARALIK		15,2	31.520		3.605	10.117	0,32	0,96	56.525.787
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$ $1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$							$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 257.964.490$		
Toplam ısı kaybı $Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 257.964.490 \text{ (kJ)} = 71.714 \text{ kWh}$									
İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$									
$A_{toplam} = 1.912,52 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n = 55,06 \text{ kWh/m}^2$ $A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$									
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,29 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q < Q' (55,06 < 57,29) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

Sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil I.1 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo I.3 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	[%] Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo I.4 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	[%] Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo I.5 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	Φ_d [%]	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)	m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0113	0,0113	0	0
Kasım	8,5	1	0,0205	0,0318	0	0
Aralık	3,8	1	0,0263	0,0581	0	0
Ocak	2,9	1	0,0273	0,0854	0	0
Şubat	4,4	1	0,0257	0,1111	0	0
Mart	7,3	1	0,0222	0,1333	0	0
Nisan	12,8	1	0,0137	0,1470	0	0
Mayıs	18	1	0,0029	0,1499	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0089	0,1409	-44,624	-44,624
Temmuz	24,9	1	-0,0164	0,1244	-46,794	0
Ağustos	24,3	1	-0,0144	0,1099	-46,225	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,1081	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1502 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Tablo I.6 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	Φ_d [%]	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)	m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo I.7 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo I.8 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002280	0,002280
Aralık	3,8	0,73	0,006613	0,008893
Ocak	2,9	0,71	0,007224	0,016117
Şubat	4,4	0,7	0,005960	0,022077
Mart	7,3	0,69	0,003254	0,025331
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,022263
Mayıs	18	0,64	-0,011057	0,011206
Haziran	22,5	0,6	-0,020171	-0,008965
Temmuz	24,9	0,58	-0,025974	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023994	0
Eylül	19,9	0,65	-0,014252	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004471	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,025331 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,025331 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo I.9 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002280	0,002280
Aralık	3,8	0,73	0,006613	0,008893
Ocak	2,9	0,71	0,007224	0,016117
Şubat	4,4	0,7	0,005960	0,022077
Mart	7,3	0,69	0,003254	0,025331
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,022263
Mayıs	18	0,64	-0,011057	0,011206
Haziran	22,5	0,6	-0,020171	-0,008965
Temmuz	24,9	0,58	-0,025974	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023994	0
Eylül	19,9	0,65	-0,014252	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004471	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,025331 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo I.10 Taşyünü ile dıştan yalıtılmış binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,002280	0,002280
Aralık	3,8	0,73	0,006613	0,008893
Ocak	2,9	0,71	0,007224	0,016117
Şubat	4,4	0,7	0,005960	0,022077
Mart	7,3	0,69	0,003254	0,025331
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,022263
Mayıs	18	0,64	-0,011057	0,011206
Haziran	22,5	0,6	-0,020171	-0,008965
Temmuz	24,9	0,58	-0,025974	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023994	0
Eylül	19,9	0,65	-0,014252	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004471	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,025331 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Ek J - Dolgu Duvarlar Gazbeton Isı Köprüleri Dıştan EPS İle Yalıtımlı Binanın Isı Yalıtım Hesap Raporları

BİNANIN	Sahibi	GAZ BETON İLE YALITIMLI
	Kullanma Amacı	Konutlar
	Kat Adedi	7



ARSANIN	
İli	BURSA
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	
Sokağı	
Pafta	
Ada	
Parsel	

Isı Yalıtım Projesini Yapanın	ONAY
Adı Soyadı	İBRAHİM AYDIN
Ünvanı	İNŞAAT MÜH.
Sicil No	
Kuruluşu	
İmza	

Tablo J.1 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				2,210	0,452	592,50	268,10
DUVAR:Dış Havaya Açık Duvar 1.2	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040			
TOPLAM				1,743	0,574	269,64	154,70
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	2,300	0,435	274,86
DUVAR:Isıtılmayan İç Duvar 1.2	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,130			
TOPLAM				0,5 x A x U	1,833	0,546	38,74
DUVAR:Toprağa Temas Duvar 1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,100			
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429			
	4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,003	0,19	0,016			
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar	0,085	0,33	0,258			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000			
	TOPLAM				0,5 x A x U	1,964	0,509
TAVAN:Çatılı Kullanılan Tavan 1.1	$1/\alpha_1$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,130			
	6.3.1 Alçıdan duvar levhalar ve	0,02	0,35	0,057			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,04	0,035	1,143			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	11.3.2.1.2 Hava tabakası (yatay , ısı akışı)	0,05	0,036	1,389			
	8.1.1 İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,154			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,003	0,19	0,016			
	3.3 Yüksek fırın curufu	0,02	0,13	0,154			

Tablo J.1 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı	
		d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)	
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				3,098	0,323	82,60	26,66	
TAVAN:Çatılı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,130				
Tavan 1.1	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,05	0,035	1,429				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,080				
TOPLAM				0,8 x A x U	3,787	0,440	136,40	47,97
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,5	2,5	0,200				
	5.1.2 Donatısız	0,05	1,65	0,030				
	10.3.1.1.3 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,004	0,19	0,021				
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,061				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,000				
TOPLAM				0,5 x A x U	1,946	0,514	67,58	17,36
TABAN:Isıtılmayan İç	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,020				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,170				
TOPLAM				0,5 x A x U	4,057	0,393	108,04	21,23
TABAN:Açık Geçit Üzeri	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,170				
Taban 1.1	8.1.2 Kayın, meşe, dişbudak	0,02	0,2	0,100				
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036				
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,040				
	5.1.1 Donatılı	0,22	2,5	0,088				
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu	0,22	0,11	2,000				
	4.1 Kireç harcı ,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,010				
	10.3.1.1.2 Polistiren - Partiküler Köpük - TS	0,05	0,035	1,429				
	4.2 Çimento harcı	0,007	1,6	0,004				
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,040				
TOPLAM				3,917	0,416	35,54	14,78	

Tablo J.1 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isı Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
	d(m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (m ² K/W)	A (m ²)	AxU (W/K)
Dış Pencere1				1,9	199,5	379,05
Dış Kapı1				3,5	43,78	153,23
Isıt.İc.Ort.Kapı1				0,5 x A x U	3,5	22,2
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					1.219,1	
$\Sigma AU = U_D A_D + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0.8 U_T \cdot A_T + 0.5 U_r A_r + U_d A_d + \dots$			İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + I UI$			
$\Sigma AU = 1.219,1$			Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 859,59 \text{ W/K}$			
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$			$H = H_i + H_h = \dots 2.078,69 \dots \text{W/K}$			

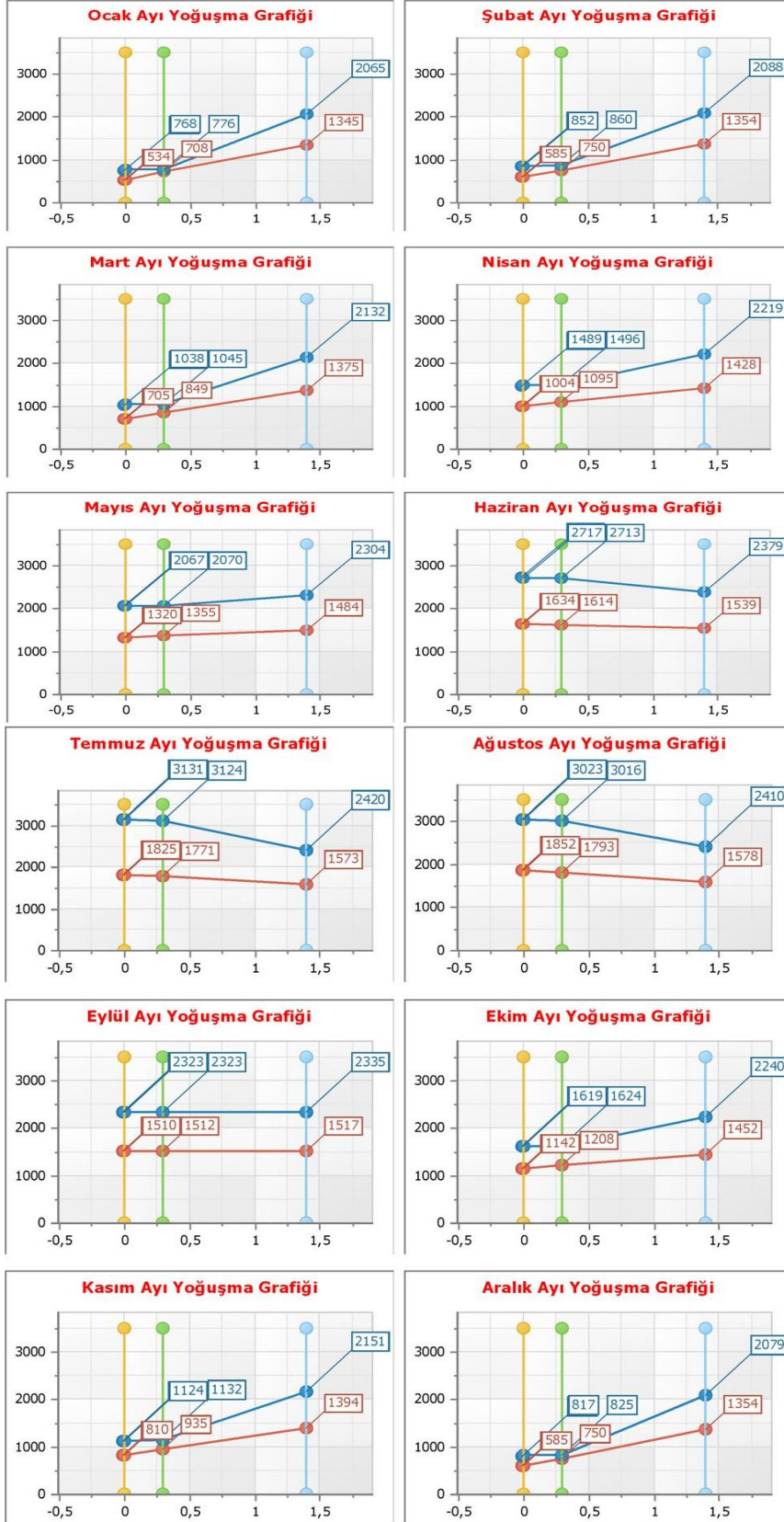
(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

Tablo J.2 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_V$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)			
OCAK	2.078,69	16,1	33.467	6.512	4.085	10.597	0,32	0,96	60.377.553
ŞUBAT		14,6	30.349		4.924	11.436	0,38	0,93	51.097.065
MART		11,7	24.321		5.423	11.935	0,49	0,87	36.125.152
NİSAN		6,2	12.888		5.898	12.410	0,96	0,65	12.497.012
MAYIS		1,0	2.079		6.301	12.813	6,16	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		6.540	13.052	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		6.397	12.909	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		6.208	12.720	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		5.637	12.149	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	10.186		4.898	11.410	1,12	0,59	8.951.941
KASIM		10,5	21.826		3.868	10.380	0,48	0,88	32.897.262
ARALIK		15,2	31.596		3.605	10.117	0,32	0,96	56.722.779
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)$							$1 \text{ kJ} = 0,278 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$		$Q_{yil} = \sum Q_{ay} = 258.669.254$
Toplam ısı kaybı							$Q_{yil} = 0,278 \times 10^{-3} \times 258.669.254 \text{ (kj)} = 71.910 \text{ kWh}$		
İç ısı Kazancı							$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$		
Güneş enerjisi kazancı							$\phi_{g,ay} = \sum \tau_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$		
Kazanç kayıp oranı							$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$		
Kazanç kullanım faktörü							$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$		
$A_{toplam} = 1.912,52 \text{ m}^2$									
$V_{brüt} = 4070,02 \text{ m}^3$									
<i>Hesaplama yapılan binadaki birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi</i>									
$Q = Q_{yil} / A_n = 55,21 \text{ kWh/m}^2$							$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 1.302,41 \text{ m}^2$		
$A_{top} / V_{brüt} = 0,47$ oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan $Q' = 70 \times A/V + 24,4$ formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 57,29 \text{ kWh/m}^2$ bulunur.									
Q < Q' (55,21 < 57,29) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer in altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.									

Yoğuşma Grafik ve Malzeme Sd Bilgileri

sonuç : Yapı Bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir. Standarta uygundur.



Şekil J.1 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık dolgu duvar yoğuşma grafikleri

Tablo J.3 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık dolgu duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo J.4 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın dış havaya açık betonarme duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Ocak	2,9	0,71	0	0
Şubat	4,4	0,7	0	0
Mart	7,3	0,69	0	0
Nisan	12,8	0,68	0	0
Mayıs	18	0,64	0	0
Haziran	22,5	0,6	0	0
Temmuz	24,9	0,58	0	0
Ağustos	24,3	0,61	0	0
Eylül	19,9	0,65	0	0
Ekim	14,1	0,71	0	0
Kasım	8,5	0,73	0	0
Aralık	3,8	0,73	0	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Yapı bileşeninde yoğuşma meydana gelmemiştir.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo J.5 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın toprak temaslı duvar yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	Φ_d [%]	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)	m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)
Ekim	14,1	1	0,0104	0,0104	0	0
Kasım	8,5	1	0,0190	0,0294	0	0
Aralık	3,8	1	0,0245	0,0539	0	0
Ocak	2,9	1	0,0253	0,0792	0	0
Şubat	4,4	1	0,0239	0,1031	0	0
Mart	7,3	1	0,0206	0,1237	0	0
Nisan	12,8	1	0,0126	0,1363	0	0
Mayıs	18	1	0,0026	0,1389	0	0
Haziran	22,5	1	-0,0084	0,1304	-44,624	-44,624
Temmuz	24,9	1	-0,0154	0,1149	-46,795	0
Ağustos	24,3	1	-0,0136	0,1012	-46,226	0
Eylül	19,9	1	-0,0017	0,0994	-42,299	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Ekim,Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart,Nisan,Mayıs Aylarında 0,1392 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

Tablo J.6 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın çatı arası kullanılan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	Φ_d [%]	Arayüzey 1		Arayüzey 2	
			m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)	m_y [kg/m ²]	m_y [kg/m ²] (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,0086	0,0086	0	0
Aralık	3,8	0,73	0,0220	0,0306	0,1432	0,1432
Ocak	2,9	0,71	0,0226	0,0532	0,2831	0,4263
Şubat	4,4	0,7	0,0183	0,0715	0,0476	0,4739
Mart	7,3	0,69	0,0089	0,0804	-0,4409	0,0329
Nisan	12,8	0,68	-0,0154	0,0649	-1,4655	-1,4326
Mayıs	18	0,64	-0,0551	0,0097	-2,5683	0
Haziran	22,5	0,6	-0,1054	-0,0957	-3,6363	0
Temmuz	24,9	0,58	-0,1392	0	-4,2528	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,1237	0	-4,0943	0
Eylül	19,9	0,65	-0,0690	0	-3,0033	0
Ekim	14,1	0,71	-0,0183	0	-1,7281	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Arayüzey 1'de Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,0806 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüzey 2'de Aralık,Ocak,Şubat Aylarında 0,4740 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Arayüz 1'de yoğuşan suyun kütlesi (0,0806 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Arayüz 2'de yoğuşan suyun kütlesi (0,4740 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo J.7 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın çatı arası kullanılmayan tavan yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,008662	0,008662
Aralık	3,8	0,73	0,022004	0,030666
Ocak	2,9	0,71	0,022666	0,053332
Şubat	4,4	0,7	0,018329	0,071661
Mart	7,3	0,69	0,008995	0,080656
Nisan	12,8	0,68	-0,015498	0,065158
Mayıs	18	0,64	-0,055176	0,009982
Haziran	22,5	0,6	-0,105464	-0,095482
Temmuz	24,9	0,58	-0,139222	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,123798	0
Eylül	19,9	0,65	-0,069018	0
Ekim	14,1	0,71	-0,018397	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,080656 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo J.8 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın toprağa temas eden taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d (°C)	(%) Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

* Yoğuşan suyun kütlesi (0,022013 kg/m²) 1 kg/m²'den daha fazla olmamaktadır.

* Yoğuşma tahkiki yapılan yapı elemanı standartta belirtilen tüm kriterleri sağladığından, standartta uygundur.

Tablo J.9 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın ısıtılmayan iç ortama bitişik taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	[%] Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

Tablo J.10 Dolgu duvarları gazbeton olan binanın açık geçit üzeri taban yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktar çizelgesi ile sonuç raporu

Aylar	T_d [°C]	[%] Φ_d	m_y (kg/m ²)	m_y (kg/m ²) (Kümülatif)
Kasım	8,5	0,73	0,001922	0,001922
Aralık	3,8	0,73	0,005800	0,007722
Ocak	2,9	0,71	0,006337	0,014059
Şubat	4,4	0,7	0,005199	0,019258
Mart	7,3	0,69	0,002755	0,022013
Nisan	12,8	0,68	-0,003068	0,018945
Mayıs	18	0,64	-0,010782	0,008163
Haziran	22,5	0,6	-0,019589	-0,011426
Temmuz	24,9	0,58	-0,025197	0
Ağustos	24,3	0,61	-0,023268	0
Eylül	19,9	0,65	-0,013856	0
Ekim	14,1	0,71	-0,004409	0

SONUÇ :

* İç Yüzey Sıcaklığı 17 °C'nin üzerinde olduğundan iç yüzeyde küf oluşma riski yoktur.

* Kasım,Aralık,Ocak,Şubat,Mart Aylarında 0,022013 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktar 1 kg/m² olan sınır değerden daha küçük olduğu için kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.

* Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Aydın, 10.04.1968 de Erzurum İspir’de doğdu. İlk eğitimini Bursa Kestel’de orta ve lise eğitimini de Bursa İmam Hatip Lisesi’nde 1986 yılında tamamladı. 1987 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü 1991 yılında bitirdi. 1992 – 1993 yılları arasında askerlik görevini yaptı. 1993 – 1995 yılları arasında PB Prefabrik A.Ş.’de mühendis olarak çalıştı. 1995 tarihinde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Bölümü’nde yüksek lisans öğrenimine başladı. 1995 – 2008 yılları arasında Bursa Yıldırım Belediyesi bünyesindeki İmar, Fen İşleri ve Teftiş Kurulu Müdürlüklerinde İnşaat Mühendisi olarak görev yaptı. 2006 – 2007 yılları içerisinde Türkiye Ortadoğu Amme İdaresi Enstitüsü ve İç İşleri Bakanlığı Mahalli İdareler Genel Müdürlüğü’nün düzenlemiş olduğu eğitime katılıp Yerel Yönetim Uzmanı oldu. 2008 – 2009 yılları arasında Başbakanlık Sermaye Piyasası Kurulu tarafından düzenlenmiş olan Gayrimenkul Değerlendirme Uzmanlığı sınavını kazanıp Gayrimenkul Değerleme Uzmanı oldu. 2008 yılından itibaren Bursa Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Dairesi Başkanlığı Yol Bakım Onarım Şube Müdürlüğü’nde Mühendis olarak çalışma yaşamını sürdürmekte olup evli ve iki çocuk babasıdır.