

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

**GÜNÜMÜZDE UYGULANAN ISI YALITIM
MALZEMELERİ, ÖZELLİKLERİ, UYGULAMA
TEKNİKLERİ VE FİYAT ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan AKINCI

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet C. APAY

Ocak 2007 T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNÜMÜZDE UYGULANAN ISI YALITIM
MALZEMELERİ, ÖZELLİKLERİ, UYGULAMA
TEKNİKLERİ VE FİYAT ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan AKINCI

Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ

Bu tez 30 / 01 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Ahmet C. APAY
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr.
Kemalettin YILMAZ
Üye**

**Yrd. Doç. Dr.
Mehmet SARIBIYIK
Üye**

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanma aşamasında her türlü desteği veren, bilgi ve tecrübeleri esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet C. APAY'a teşekkür ederim. Çalışmam sırasında göstermiş oldukları sabır ve özverinden dolayı eşim ve oğluma da teŐekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Hakan AKINCI

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
GRAFİKLER LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Isı Yalıtımı.....	2
1.2. Isı Yalıtımının Önemi.....	3
1.3. Türkiye’de ve Dünyada Isı Yalıtım Bilinci ve Malzemenin Kullanım Oranı.....	11

BÖLÜM 2.

ISI YALITIM MALZEMELERİ.....	15
2.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri.....	16
2.1.1. Gözenekli (Poroz) malzemeler için yoğunluk kavramı (ρ).....	16
2.1.2. Özgül ısı (c) ve nem.....	18
2.1.3. Isı iletim katsayısı (λ).....	20
2.2. Isı Yalıtım Malzemelerinden İstenilen Özellikler.....	20
2.2.1. Su ve nemden etkilenmezlik.....	21
2.2.2. Yanmazlık ve alev geçirmezlik.....	21
2.2.3. Basınç mukavemeti (σ).....	22

2.2.4. Çekme mukavemeti (σ).....	22
2.2.5. Buhar difüzyon direnci (μ).....	22
2.2.6. Birim hacim ağırlıkları (ρ).....	23
2.2.7. Isı tutuculuk.....	23
2.2.8. Boyutsal kararlılık.....	23
2.2.9. İşlenebilirlik.....	23
2.2.10. Kimyasal etkenlere dayanıklılık.....	24
2.2.11. Sıva tutuculuk.....	24
2.2.12. Kokusuzluk.....	24
2.2.13. İnsan sağlığına ve çevreye zararlı Olmaması.....	24
2.2.14. Uzun ömürlü olması.....	24
2.2.15. Parazitleri barındırmama ve parazitlere karşı dayanıklılık.....	25
2.2.16. Ekonomiklik.....	25
2.3. Isı Yalıtım Malzemesi Çeşitleri ve Sınıflandırılması.....	25
2.4. Yalıtkanın Yapıldığı Ana Maddeye Göre Isı Yalıtım Malzemeleri.....	28
2.4.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	29
2.4.1.1. Oluklu mukavvalar.....	29
2.4.1.2. Pamuk keçeleri.....	29
2.4.1.3. Odun lifi levhaları.....	30
2.4.1.4. Turb yalıtım levhaları.....	32
2.4.1.5. Halat, hortum şeklindeki organik yalıtım malzemeleri... ..	32
2.4.1.6. Mantar ısı yalıtım levhaları.....	32
2.4.2. Mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	34
2.4.2.1. Cam yünü.....	34
2.4.2.2. Cüruf yünü.....	39
2.4.2.3. Asbest.....	39
2.4.2.4. Kizelgur.....	40
2.4.2.5. Magnezit.....	41
2.4.2.6. Perlit.....	42
2.4.2.7. Vermusilit.....	44
2.4.2.8. Taş yünü.....	45
2.4.2.9. Seramik yünü.....	48

2.4.2.10. Cam köpüğü.....	49
2.4.2.11. Alüminyum silisi.....	50
2.4.2.12. Kalsiyum silikat.....	51
2.4.2.13. Isı yalıtım tuğlaları.....	52
2.4.2.14. Hafif beton elemanlar.....	52
2.4.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri.....	55
2.4.3.1. Poliüretan köpük.....	56
2.4.3.2. Genleştirilmiş polistren (EPS).....	59
2.4.3.3. Ekstrüde polistren köpük (XPS).....	64
2.4.3.4. Polietilen köpük.....	68
2.4.3.5. PVC-polivinilklorür-köpüğü.....	74
2.4.3.6. Elastomerik kauçuk köpüğü.....	75
2.4.3.7. Fenol köpüğü.....	77
2.4.3.8. Melamin köpüğü.....	78
2.4.4. Yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri.....	79
2.4.4.1. Mikro gözenekli yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri	81
2.4.4.2. Vakumlanmış ısı yalıtım panelleri.....	82
2.4.4.3. Saydam ısı yalıtım malzemeleri.....	84
2.4.4.4. Metal sandviç paneller.....	88
2.5. Isı Yalıtımında kullanılan yardımcı malzemeler.....	91
2.5.1. Yapıştırıcılar.....	91
2.5.2 .Dübeller.....	91
2.5.3 .Sıva Donatı Fılesı.....	93
2.5.4. Yalıtım Levhası Sıvası.....	94
2.5.5. Köşe Profili.....	95
2.5.6. Su Basman Profili.....	97
2.5.7. Son Kat Dekoratif Kaplama	97

BÖLÜM 3.

ISI YALITIMI İŞLEMLERİNİN BİNALARDA UYGULANMASI..... 98

3.1. Çatılarda Isı Yalıtımı..... 101

3.1.1. Oturtma çatılarda, çatı arasına çatı şiltesi serilmesi.....	101
3.1.2. Oturtma çatı tipinde, gezilebilen çatı arasına yalıtım malzemesi tatbikatı	102
3.1.3. Çatı meyli hizasında yalıtım uygulaması.....	103
3.1.3.1. Mertek aralarında yalıtım uygulaması.....	103
3.1.3.2. Mertek üstünde veya eğimli beton çatı üzerine yalıtım uygulaması.....	104
3.1.4. Sanayi çatılarında ısı yalıtımı.....	104
3.1.4.1. Hazır paneller.....	105
3.1.4.2. Yerinde uygulamalı sandviç sistemler.....	105
3.1.4.3. Düşük eğimli metal çatılar.....	106
3.1.5. Teras çatılar.....	107
3.1.5.1. Üzerinde gezilmeyen teras çatılar.....	107
3.1.5.2. Üzerinde gezilebilen teras çatılar.....	109
3.2. Duvarlarda Isı Yalıtımı.....	110
3.2.1. Duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması.....	113
3.2.1.1. Mantolama sistemi.....	114
3.2.1.2. Havalandırmalı dış duvar yalıtım uygulamaları.....	145
3.2.2. Duvarlarda içten ısı yalıtımı uygulanması.....	167
3.2.2.1. Duvarların içten yalıtımı uygulamalarında dikkat edilecek hususlar	151
3.2.3. Dış Duvarlarda ısı yalıtımının içten ve dıştan uygulamalarının karşılaştırılması.....	153
3.2.4. Duvarlarda ortadan (sandviç duvar) ısı yalıtımı uygulanması.....	154
3.2.4.1. Duvarların ortadan yalıtılması (sandviç duvar) uygulamasında dikkat edilecek hususlar.....	160
3.2.5. Toprak altı dış duvar ve subasman yalıtımı.....	161
3.3. Döşemelerde Isı Yalıtımı.....	163

BÖLÜM 4.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	166
---------------------------	-----

KAYNAKLAR.....	169
EKLER.....	172
ÖZGEÇMİŞ.....	200

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

W	: Watt
K	: Kelvin
h	: Entalpi
μ	: Buhar Geçirgenlik Direnci
λ	: Isı İletim Katsayısı
ρ	: Yoğunluk
EURIMA	: Avrupa Mineral ve Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği
KEP	: Kilogram Petrol Eşdeğeri
ISO	: Uluslararası Standartlar Birliği
CEN	: Avrupa Norm Sertifikasyonu
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Sektörlere Göre Enerji Tüketimi.....	4
Şekil 1.2 Binalarda Isı Kayıpları.....	9
Şekil 1.3 Yalıtımsız Bir Binada Isı Kayıpları.....	10
Şekil 2.1 Oluklu Mukavva.....	30
Şekil 2.2 Pamuk Keçeleri.....	30
Şekil 2.3 Odun Lifi Levhaları.....	31
Şekil 2.4 Mantar Isı Yalıtım Levhaları.....	33
Şekil 2.5 Şilte Halinde Cam Yünü	38
Şekil 2.6 Cüruf yünü.....	39
Şekil 2.7 Asbestin Levha ve Lif Halinde Uygulanması.....	40
Şekil 2.8 Genleştirilmiş Perlitin Piyasaya Sunuluş Şekli.....	42
Şekil 2.9 Perlit Betonun Piyasada Bulunma Şekli.....	44
Şekil 2.10 Vermiculit Yalıtım Malzemesinin Tanecikli Hali ve Levha Hali.....	45
Şekil 2.11 Camtülü Kaplı Taşyünü Levha ve Bağlayıcısız Taşyünü Elyafı.....	46
Şekil 2.12 Seramik Yünü.....	48
Şekil 2.13 Cam Köpüğü.....	48
Şekil 2.14 Kalsiyum Silikat Levhaları.....	51
Şekil 2.15 İzotuğla.....	52
Şekil 2.16 Çeşitli Boyutlarda Gazbeton Blokları.....	53
Şekil 2.17 Bims Betondan Yapılmış Tuğla.....	54
Şekil 2.18 Köpük ve Levha Halinde Üretilmiş Poliüretan Ürünler.....	57
Şekil 2.19 Aerosol Şeklinde Poliüretan Köpükler.....	57
Şekil 2.20 Poliüretan Köpüğünün Dış Çeperlerinin Kaplanması.....	57

Şekil 2.21 EPS'nin Uygulama Şekli.....	64
Şekil 2.22 Levhalar Halinde Üretilmiş XPS Ürünler.....	64
Şekil 2.23 Polietilen Köpük.....	69
Şekil 2.24 Dolgu Fiteli.....	70
Şekil 2.25 Polietilen Bant.....	70
Şekil 2.26 Polietilen Levha.....	71
Şekil 2.27 Her İki Tarafı Polietilen Kaplı Levhaların Yapı Zeminine Uygulanması.....	73
Şekil 2.28 Kendinden Yapışkanlı Folyo Kaplı Polietilen Levhalar	74
Şekil 2.29 Levha Halinde Üretilmiş PVC Köpüğü.....	75
Şekil 2.30 Levha Halinde Üretilmiş Elastomerik Kauçuk Köpüğü.....	76
Şekil 2.31 Melamin Köpüğü Blokları.....	78
Şekil 2.32 İçinde Çok Küçük ve Milyonlarca Boşluk Bulunduran Varolan Dünyanın En Hafif Katı Maddesi Silika Aerojel.....	82
Şekil 2.33 Vakumlanmış Panellerin Yapısı.....	83
Şekil 2.34 Saydam Yalıtım Malzemesi Kullanılmış Dış Duvar Kesiti Örneği.....	85
Şekil 2.35 İki ve Üç Katlı Isıcam.....	87
Şekil 2.36 Sandviç Panel.....	88
Şekil 2.37 Trapez Kesitli Panel.....	90
Şekil 2.38 Isı Yalıtım Levhalarının Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırma Harcı.....	91
Şekil 2.39 Dübelleme İşleminde Kullanılan Havşa Başları.....	92
Şekil 2.40 Uygulama Yüzeylerine Göre Dübel Çeşitleri.....	93
Şekil 2.41 Donatı Filesi.....	94
Şekil 2.42 Isı Yalıtım Levhalarının Dış Katmanına Uygulanan Sıva Harcı.....	95
Şekil 2.43 Isı Yalıtımında Kullanılan Profil Çeşitleri.....	96
Şekil 2.44 Su Basman Profili.....	97
Şekil 3.1 Binalarda Isı Kaybının Yaşandığı ve Isı Yalıtımın Yapılması Gereken Bölgeler.....	98
Şekil 3.2 Dış Yalıtımı Yapılmamış Duvar (Meydana Gelen Isı Köprüleri).....	99
Şekil 3.3 Dış Yalıtım İşlemi Yapılmış Duvar (Isı Köprüleri Oluşumu Engellenmiş).....	99

Şekil 3.4 Yapılarda Isı Köprüleri Kolon-Kiriş-Taban-Tavan Bağlantı Bölgelerinde Oluşur.....	100
Şekil 3.5 Mertek Arası Yalıtım Uygulaması.....	103
Şekil 3.6 Mertek Üstü Yalıtım Uygulaması.....	104
Şekil 3.7 Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Çatı Yalıtımı.....	105
Şekil 3.8 Yerinde Montaj Sandviç Çatı Isı Yalıtımı.....	106
Şekil 3.9 Düşük Eğimli Metal Çatı Yalıtımı.....	107
Şekil 3.10 Ters Teras Çatı Yalıtımı.....	108
Şekil 3.11 Teras Çatı Yalıtım Uygulaması.....	109
Şekil 3.12 Dış Cephe Kaplamasının Isı Kaybını Engellemedeki Rolü.....	110
Şekil 3.13 Mantolama Uygulaması	115
Şekil 3.14 Binalarda Mantolama İşlemi ve İşlemi Takip Eden Yüzey Kaplama İşlemi.....	115
Şekil 3.15 Levha Halindeki Isı Yalıtım Malzemelerin Duvara Uygulanışı.....	123
Şekil 3.16 Dış Cephe Kaplamasının Detayları.....	124
Şekil 3.17 Başlangıç Profilinin Duvara Uygulanması.....	125
Şekil 3.18 Yalıtım Levhalarının Profillere Oturtulması.....	126
Şekil 3.19 Yapıştırıcı Harcın Yalıtım Levhasına Noktasal Olarak Uygulanması.....	126
Şekil 3.20 Düzgün Yüzeyle Levha Yüzeyine Tırtıklı Mala İle Yapıştırıcı Uygulaması.....	127
Şekil 3.21 Isı Yalıtım Levhalarının Kapı ve Pencere Bölgelerinde Uygulanması.....	128
Şekil 3.22 Isı Yalıtım Levhalarının Törpülenmesi.....	129
Şekil 3.23 Tam Yapışmayı Sağlamak İçin Levha Yüzeylerine Master Uygulaması.....	129
Şekil 3.24 Delik Delme ve Dübelleme İşlemi.....	130
Şekil 3.25 Yalıtım Levhalarına Dübel Uygulama Düzenleri.....	132
Şekil 3.26 Köşe Profillerinin Uygulanması.....	132
Şekil 3.27 Alüminyum Köşe Profilinin Uygulanması.....	133
Şekil 3.28 Kendinden Donatı Fileli Köşe Profilinin Uygulanması.....	134
Şekil 3.29 Profilsiz Köşelerin Oluşturulması.....	134
Şekil 3.30 Donatı Filesinin Pencere Köşesine Yatayla 45 ⁰ 'lik Açık Yapar Konumunda Uygulanması.....	135

Şekil 3.31 Dilatasyon Profillerinin Uygulanması.....	136
Şekil 3.32 Fuga Profillerinin Uygulanması.....	137
Şekil 3.33 Kapı Üzerine Damlalık Profillerinin Uygulanması.....	137
Şekil 3.34 Isı Yalıtım Levhasının Yüzeyine İlk Kat Sıva Uygulanması.....	138
Şekil 3.35 Donatı Filesinin İlk Sıva Katmanı Üzerine Uygulanması.....	138
Şekil 3.36 İkinci Kat Sıva Uygulanması.....	139
Şekil 3.37 İkinci Kat Yalıtım Sıvası Uygulanması.....	140
Şekil 3.38 Dekoratif Amaçlı Son Kaplama Uygulamaları.....	140
Şekil 3.39 Tuğla Bitirişli Son Dekoratif Kaplama.....	141
Şekil 3.40 Tuğlaların Arasına Özel Yapıştırıcıların Uygulanması.....	142
Şekil 3.41 Giydirme Cephe Sistemlerde Dıştan Havalandırılmalı Yalıtım Detay....	146
Şekil 3.42 Duvarlarda İçten Yalıtım Detayları.....	148
Şekil 3.43 Duvarların İçten Yalıtılması Uygulanması.....	149
Şekil 3.44 Levhalara Yapıştırma Harcının Uygulanması.....	150
Şekil 3.45 Isı Yalıtım Levhalarının Duvar İç Yüzeyine Uygulanması.....	150
Şekil 3.46 Isı Yalıtım Levhasına İlk Kat Sıva Uygulanması.....	151
Şekil 3.47 İçten ve Dıştan Isı Yalıtım Uygulamalarına Ait Detay Resimleri.....	154
Şekil 3.48 Duvarlarda Ortadan Isı Yalıtımı Uygulanması ve Detayları.....	155
Şekil 3.49 Subasman Uygulanması.....	161
Şekil 3.50 (a) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarlı) – (b) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarsız)	162
Şekil 3.51 Toprak Altı Dış Duvar ve Subasmanı Yalıtımı.....	163
Şekil 3.52 Toprağa Basan Döşemelerde Isı Yalıtımı Detayı.....	164
Şekil 3.53 Düşük Sıcaklıktaki Ortama Bitişik Döşemelerde Isı Yalıtımı Uygulanması.....	165
Şekil 3.54 Ara Kat Döşeme Detayı.....	165
Şekil 3.55 Yerden Isıtılmalı Döşemelerde Isı Yalıtımı.....	166

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1	Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Tüketebilecek Yıllık Yaklaşık Yakıt Miktarı ve Maliyeti.....	5
Tablo 1.2	Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Olası Hava Kirletici Atık Miktarları.....	5
Tablo 1.3	Yalıtım Derecelerine Göre Isı İhtiyacı.....	6
Tablo 1.4	Isı yalıtımının enerji tasarrufu sağlamadaki önemi.....	12
Tablo 1.5	Kişi Başına Düşen Enerji Yalıtım Malzemesi.....	13
Tablo 2.1	Değişik Yoğunluktaki Organik ve Anorganik Esaslı Yalıtım Malzemelerinin Değişik Gözenekli Yoğunluklarda Hacimsel Olarak İçerdikleri Gözenek Yüzdeleri.....	17
Tablo 2.2	Değişik Malzemelerin Farklı Sıcaklık Aralıklarındaki Özgül Isıları.....	18
Tablo 2.3	Nemin Yalıtım Malzemelerinin Özgül Isılarına Etkisi.....	18
Tablo 2.4	Organik Yalıtım Malzemelerinin 0 °C Sıcaklıkta Değişik Yoğunluklardaki Isı İletim Katsayıları.....	19
Tablo 2.5	24 °C Tahtanın Liflerine Dik Konumda Isı Geçişi Haline Göre Isı İletim Katsayılarının Değişik Yoğunlukta Değişimi.....	19
Tablo 2.6	Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletim Katsayıları ve Isı İletkenlik Sınıfı..	20
Tablo 2.7	Yalıtkanın Yapılışı Ana Maddeye Göre Sınıflandırılması.....	27
Tablo 2.8	Yalıtkanın İç Yapısına Göre Sınıflandırılması.....	28
Tablo 2.9	Tahta Lifli Yapı Levhalarının Isı İletim Katsayıları - $\lambda = (\text{kcal} / \text{mh} \text{ } ^\circ\text{C})$...	31
Tablo 2.10	Bakalitli Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi.....	35
Tablo 2.11	Bakalitsiz Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi.....	36

Tablo 2.12 Diatomit Kizelgur Taşının Değişik Yoğunluk ve Sıcaklıklarda Isı İletim Katsayısının Değişimi.....	41
Tablo 2.13 Perlitin Özellikleri.....	42
Tablo 2.14 Gevşek Dolgu Şekli ile Uygulamaya Ait Veriler.....	43
Tablo 2.15 Perlit Betonun Özellikleri.....	44
Tablo 2.16 Düşük Yoğunluklu Taş yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları.....	47
Tablo 2.17 Yüksek Yoğunluklu Taş yününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları.....	47
Tablo 2.18 Rulo Tipindeki, 160 kg / m ³ Yoğunluğundaki Seramik Yününün Sıcaklığa Bağlı Olarak Isı İletim Katsayısının Değişimi.....	48
Tablo 2.19 Alüminyum Silisinin Alüminyum Oranına Göre Kullanım Sıcaklıkları.....	50
Tablo 2.20 25 °C'de Yoğunluğu 230 kg / m ³ Olan Alüminyum Silisinin Isı İletkenlik Değerleri.....	50
Tablo 2.21 EPS'nin Yoğunluğa Göre Buhar Geçirimsizliği.....	62
Tablo 2.22 Polistrenin Karakteristik Özellikleri.....	63
Tablo 2.23 XPS 'lerin yoğunluğa Bağlı Olarak Isıl İletkenlik Katsayıları.....	65
Tablo 2.24 XPS ve EPS'nin Karşılaştırılması.....	67
Tablo 2.25 PVC'nin Sıcaklığa Bağlı Isıl İletkenlik Değerleri.....	74
Tablo 2.26 Vakum Panellerin Uygulama Alanları.....	83
Tablo 2.27 Isıcam Malzemesinin Teknik Özellikleri.....	87
Tablo 2.28 Taş yünü İzolasyonlu Metal Sandviç Panellerin Yapı Fiziği Değerleri.	89
Tablo 3.1 Yalıtım malzemelerin yoğunluk ve ısı iletim katsayıları.....	118
Tablo 3.2 Bina Yüksekliğine Göre Dübel Uygulama Düzenleri.....	130
Tablo 3.3 Rüzgar Hızı ve Yerleşim Bölgelerine Göre Levha Üzerine Uygulanacak Dübel Sayıları.....	131

GAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1 Türkiye’de Birinci Enerji Kaynakları Toplam Üretim ve Tüketimi.....	6
Grafik 1.2 Konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO ₂ emisyonları.....	7
Grafik 1.3 Konutlarda Yıllık Enerji Kaybı.....	8
Grafik 1.4 Duvarlarda Enerji Kaybı.....	8
Grafik 2.1 Cam yünü ısı iletkenlik katsayısının sıcaklıkla değişimi.....	37
Grafik 2.2 EPS’nin Yoğunluğa Göre Isı İletkenliği.....	61
Grafik 2.3 EPS’nin Yoğunluklarına Göre Su Alma Yüzdeleri.....	62

GÜNÜMÜZDE UYGULANAN ISI YALITIM MALZEMELERİ, ÖZELLİKLERİ, UYGULAMA TEKNİKLERİ VE FİYAT ANALİZLERİ

Hakan AKINCI

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Isı Yalıtımı, Enerji Tasarrufu, Isı Köprüsü, Isı İletim Katsayısı, buhar difizyon direnci

Bu çalışmada; yapılardaki ısı yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtımının yapılarda uygulanması üç ana bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde, ısı yalıtımının yapılar, ülke ekonomisi ve çevre kirliliği bakımından önemi ve gerekliliği incelenmiştir. Buna göre yapılarda ısı yalıtımı yapılması ile binalarda ısıtma veya soğutma amaçlı yakıt sarfiyatı azalacaktır. Bu azalma ile yakıt maliyetlerinde düşme, atmosfere bırakılan zararlı gazlarda azalma meydana gelecektir. Böylece ısı yalıtımının ülke ekonomisine katkısının yanında çevre kirlenmesini de önleyici etkisi de meydana gelecektir. Isı yalıtımı ile yapı, termal şoklardan ve atmosferin zararlı etkilerinden korunarak yapının ömrü artacaktır.

İkinci bölümde ise, ısı yalıtımında kullanılan malzemeler ve özellikleri incelenmiş ve ısı yalıtımında malzeme seçim kriterleri belirtilmiştir. Yapılarda konfor şartlarının artması ve çeşitlenmesi ısı yalıtım malzemelerinin çeşitlenmesini sağlamıştır. Yapılan ısı yalıtımının amacına ulaşması için malzeme seçiminin çok titiz yapılması ve birçok teknik özelliğinin analiz edilmesi, ortama en iyi uyum sağlayacak malzemenin seçilmesi gerekmektedir.

Üçüncü bölümde malzeme seçimine müteakip ısı yalıtım işleminin yapılarda uygulanması konusu incelenmiştir. Yapıyı oluşturan çatı, duvar ve döşemelerde ısı yalıtımı konusu tek tek, resimli detaylarla açıklanmaya çalışılmıştır. Isı yalıtımı yapıyı oluşturan çatı, duvar ve döşeme gibi bölgelere ya tek başına ya da ses/su yalıtımı gibi diğer yalıtım işleri ile beraber uygulanmaktadır. Çatılarda ısı yalıtımının tipini çatının cinsi ve kullanım amacı belirlemektedir. Duvarlarda ise ısı yalıtımında en iyi sonuç alınan uygulama mantolama işlemidir ki bu yöntem ile ısı köprülerinin oluşması önlenmektedir.

Her üç bölümde de ısı yalıtımı konusunda teorik ısı transferi denklemlerine değinilmemiş, çalışmada pratik uygulamalar üzerine yoğunlaşmıştır. Türkiye’de Isı transferi konusundaki temel teknik terimler ve ısı yalıtımı konusunda baz alınan standartlar TS 825 esas alınarak verilmiştir.

TODAY'S THERMAL INSULATION MATERIALS APPLIED, THEIR PROPERTIES, APPLICATION TECHNIQUES AND COST ANALYSTS

Hakan AKINCI

SUMMARY

Keywords: Thermal Insulation, Energy Saving, Heat Bridge, Heat Transmission Coefficient, Steam Diffusion Resistance

In this study, the thermal insulation materials applied for buildings and applications of thermal insulation for buildings have been searched in three chapters. In the first chapter, the importance and necessity of thermal insulation for buildings, national economy and environmental pollution have been searched and explained. As far as it is concerned, implementation of thermal insulation for buildings will reduce the consumption of fuel, natural gas and electricity etc. for heating and cooling. Hence, the reduction of costs for heating-cooling and decreasing for the harmful exhaust gas that is harmful for nature will be obtained. As a result thermal insulation will contribute to national economy and will help the reduction of environmental pollution. On the other hand, thermal insulation will make the cover of building withstand thermal shock and atmospheric effects therefore it will make the life of buildings longer.

In the second chapter, the materials used for thermal insulation and their characteristics have been determined as well. In addition, the criterions of evaluation for materials used for thermal insulation have been issued in this chapter. In terms of variation of comfort conditions sense, thermal insulation materials is varied as well as. Performing the evaluation for materials fastidiously and analysing their lots of characteristics are must so that thermal insulation could get its aim.

In the third chapter following the material evaluation, the application of thermal insulation for buildings has been explained. Furthermore, thermal insulation applied for the components of buildings such as walls, roofs and floors etc. has been illustrated one by one with the help of application figures. The thermal insulation applied for walls, roofs and floors is implemented alone or implemented with the coordination view of water-sound insulation. The kind of application of thermal insulation for roofs is determined by the kind of roofs and their usage style. Thermal coating of buildings is the best technique that best results can be obtain by the means of exterminating heat bridges.

Throughout the study, the thermal insulation applied for buildings has been based on the view of practical applications beyond the theoretical calculations and equations. The technical terms and standards that are considered for heat insulation in Turkey has been held according to TSE 825.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsanoğlu var olduğu günden beri hep en iyisini, en konforlusunu ve en verimlisini bulmaya, geliştirmeye ve araştırmaya çalışmıştır. Elde ettiği bilgiyi önce kendi üzerinde uygulamış, vücudunu soğuk, sıcak ve yabani hayat gibi dış etkenlere karşı korumak ve yalıtım amacıyla giyinmeyi öğrenmiştir. Ayrıca bu bilgiyi insanoğlu zaman içinde şartlar geliştikçe; yaşadıkları mağarada çadırda, evde ve en nihayetinde alışveriş merkezleri ile gökdelenlerde uygulamıştır.

İnsanın olduğu yerde konfor ve ekonomiklik, konfor ve ekonomikliğin olduğu yerde ise, ‘sistemi çevresinden ayırarak, olumsuz etkilerin sisteme yansımamasını sağlama işlemi’ olarak kabaca tanımlayabileceğimiz yalıtım vardır. Yalıtım; malzeme üretiminden, uygulanmasına kadar titizlik, hassaslık, çok yönlü detay çalışmasını gerektiren ve birçok bilim dalını ilgilendiren bir sistem bütünü olup bir yapı fiziği koludur. Bir yapı içerisindeki fiziksel hareketleri denetim altında tutmak ve düzenlemek için alınması gerekli önlemleri inceler. Yalıtım işleminin, yapılarda;

- Isı Yalıtımı
- Su Yalıtımı
- Ses Yalıtımı
- Yangın Yalıtımı
- Deprem Yalıtımı

gibi uygulamaları vardır. Böylece yalıtım; ısı, su, ses ve yangın gibi zararlı etkenler karşısında yapıda korunum, dayanım ve geçirimsizliği hedefleyen malzemeleri, çözümleri, detayları ve uygulamaları içerir. 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. Yapıya uygulanan ısı

yalıtımı aynı zamanda da yapının sese karşı yalıtılması konusunda da yardımcı olur yani yukarıda sayılan yalıtım çeşitlerinden herhangi biri yapıya uygulandığı zaman, kullanılan yalıtım malzemesinin cinsine ve uygulanan yalıtımın tekniğine göre diğer yalıtım çeşitlerinin amaçlarına da yardımcı olunur. Uygulanan yalıtım işleminin amacına ulaşp, en yüksek verimi elde etmek için yalıtılacak ortamın ve yalıtımda kullanılacak malzemelerin çok iyi tanınp analiz edilmesi gerekir. Bu yalıtım malzemeleri, su yalıtımında bitüm emdirilmiş ve/veya plastik kökenli malzemeler olabileceği gibi, ısı yalıtımını sağlamak için gözenekli hafif malzemeler, ortam sesi yalıtımı için de birim-hacim ağırlığı yüksek malzemeler olmalıdır.

Yalıtım çeşitlerinden olan, iç hacimler ile dış hava ve değişik sıcaklıktaki hacimler arasında ısı akışı azaltıcı önlemlerin bütünü olarak tanımlanabilen ısı yalıtımı; günümüz teknolojisinin hızla gelişmesi ile enerjinin hayatımızın ayrılmaz parçası olması, bununla birlikte doğal kaynaklarımızın hızla tükenmesi, çevre kirliliği ve ekolojik dengenin bozulmaya başlaması, enerji üretim maliyetlerinin yüksek olması ve bu durumlara bağlı olarak enerji tasarrufunun önem kazanması ile üzerinde dikkatle durulması gereken bir konu haline gelmiştir.

Buna rağmen enerji korunumu amacı ile ısı yalıtımı yapılması gereği, çok önceden beri bilinip uygulandığı halde, yapılarda bir gereksinme olarak ortaya çıkması, II. Dünya Savaşı'dan sonra olmuştur. Ayrıca henüz alt yapısını tamamlayamamış, gelişmekte olan ülkemizde, kalkınma hamlemizin başarıya ulaşabilmesi için özellikle “yapılarda ısı yalıtımı” konusu üzerinde önemle durulmalıdır [1,2,7].

1.1. 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 [2].

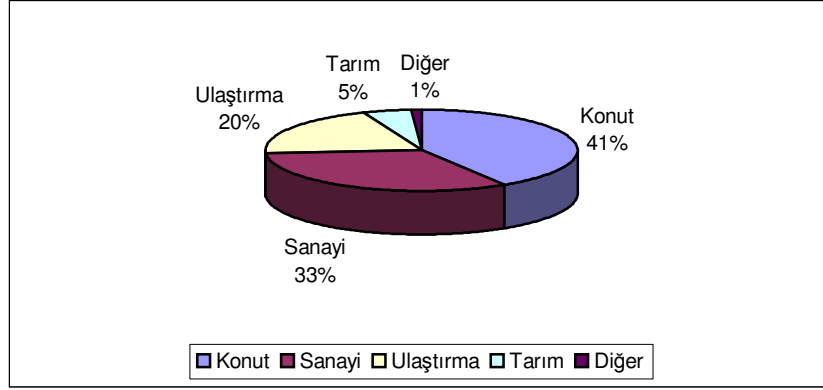
Yapılarda ısı yalıtımı, enerji tasarrufu sağlamak, hava kirliliğini azaltmak, rahat ve konforlu yaşam ortamlarının sağlanması ve ısı kayıplarının yol açacağı olumsuz fiziksel sorunların yaşanmaması için yapılması gereken bir uygulamadır. Binalarda ısı kayıplarının olması gereken düzeyleri yönetmeliklerle (TS 825, Bayındırlık Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği) belirlenmiş ve bu düzeylere uymak yasal bir zorunluluk sayılmıştır [3]. 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 gerektiğini ortaya getirmiştir. 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 yoğunlaşması 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 [11]. 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.

1.2. Isı Yalıtımının Önemi

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

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi enerji tüketimi sektörlerinin dağılımına bakıldığında % 41’lik pay ile konut ve bina ısıtması ilk sırayı alır. Bu oranı, % 33 pay ile sanayi sektörü izler. Isı yalıtımının, uygulandığı yerlere bağlı olarak, % 85 oranında enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir [2]. Bina ısıtması ve sanayi sektörleri toplam % 74 ’lük enerji tüketimi payı ile, ısı yalıtımı yaparak ülkeye en fazla enerji tasarrufunu

sağlayabilirler. Enerji tüketiminin en fazla olduğu bu iki alandan sağlanacak tasarruf kayda değer rakamlara tekabül eder. Yapılan birçok 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 [31].



Şekil 1.1. Sektörlere Göre Enerji Tüketimi

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 kirlenici atıklardaki azalma miktarı hesaplandığında Tablo 1.1 ve 1.2 ‘deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 1.1 ve 1.2 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 [11]. Tablo 1.1 ‘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 1.1. Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Tüketebilecek Yıllık Yaklaşık Yakı Miktarı ve Maliyeti

	YALITIMSIZ		ISI YALITIMLI		BİR YILDAKİ MUHTEMEL TASARRUF	
	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ
Miktar (ton)	3,70	5,60	1,00	1,40	2,70	4,20
Maliyet (YTL/Yıl)	5.500	8.400	1.500	2.100	4.050	6.300

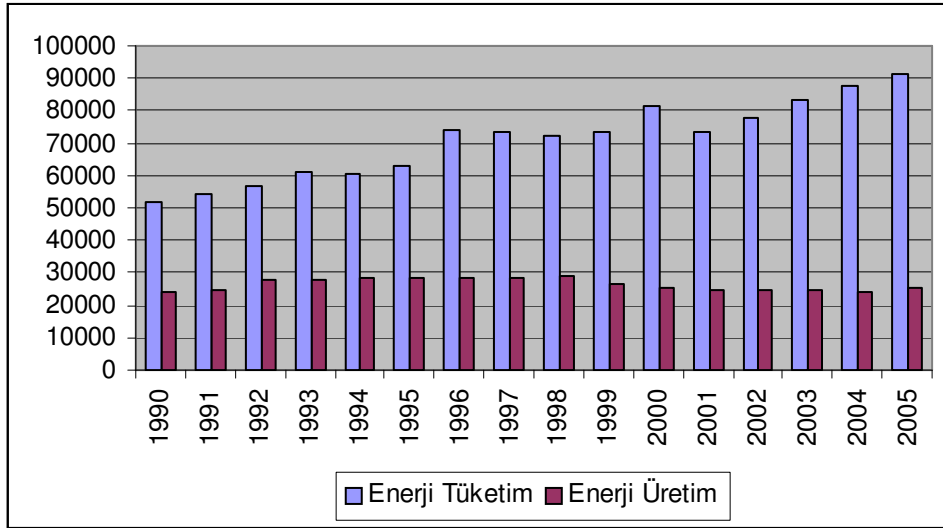
Tablo 1.2. Örnek Binanın Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumda Olası Hava Kirlenici Atık Miktarları

ZARARLI MADDELER	YALITIMSIZ		ISI YALITIMLI	
	İSTANBUL	ELAZIĞ	İSTANBUL	ELAZIĞ
CO ₂ Ton/Yıl	11	16,6	2,9	4,1
SO ₂ Kg/Yıl	1,8	2,8	0,5	0,7
Nox Kg/Yıl	21	31,9	5,7	7,9
CO Kg/Yıl	7,2	10,9	1,9	2,7
CxHy Kg/Yıl	1,5	2,4	0,4	0,6
Partikül Kg/Yıl	5,3	8	1,4	2

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. Bu durum Tablo 1.3' de yalıtım derecelerine göre belirtilmiştir. Tablo 1.3 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 [3]. Grafik 1.1'te yıllara bağlı olarak Türkiye'deki birincil enerji kaynakları toplam üretim ve tüketimini vermektedir. Tablo'dan görüldüğü gibi enerji üretiminin azalmasına karşı enerji tüketimi artmakta, tüketilen enerjiyi karşılamak için üretilen enerji yetersiz kalmaktadır.

Tablo 1.3. Yalıtım Derecelerine Göre Isı İhtiyacı

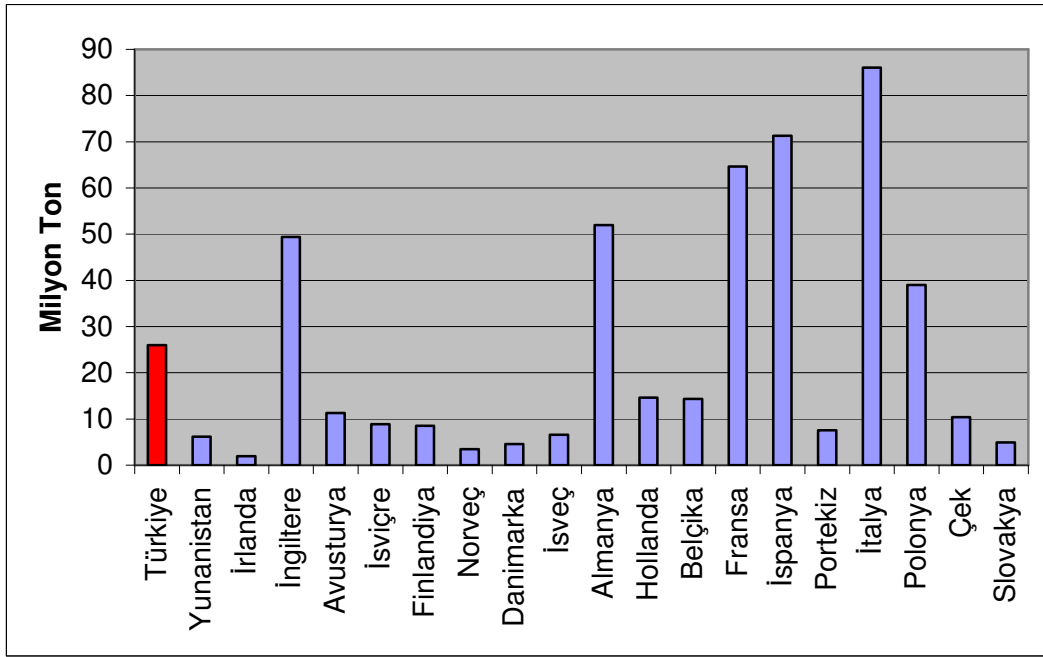
YALITIM DERECESİ	DIŞ KAPILAR VE PENCERELER	ÇATI	DIŞ DUVAR	DÖŞEME	ISI İHTİYACI kWh/YIL
YETERSİZ	Çift Cam	18 cm Beton	30 cm Delikli Tuğla	18 cm Beton	34,79
ORTA	Çift Cam	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	+5 cm Yalıtım	15,28
İYİ	Üç Cam	15 cm Yalıtım	12 cm Yalıtım	10 cm Yalıtım	8,79



Grafik 1.1. Türkiye'de Birinci Enerji Kaynakları Toplam Üretim ve Tüketimi

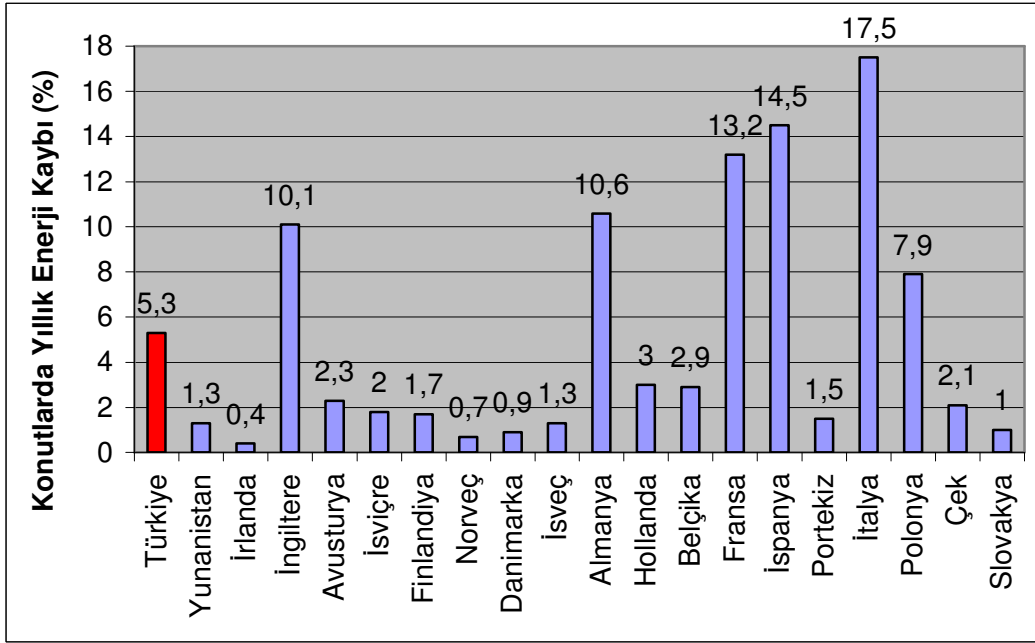
Binalarda enerji gereksiniminin artması, bunun sonucunda binalarda kullanılan tükenbilir enerji kaynaklarının azalması, binalarda enerji korunumunun sağlanmasını ve dolayısıyla ısı yalıtımını gerekli kılmaktadır. Aksi halde karşımıza çıkması olası sorunların başında; yapıların ömürlerinin azalması, havaya 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. Yukarıda belirtilen sorunlardan biri olan hava kirliliği 'Avrupa Mineral Yün Yalıtım Malzemeleri Üreticileri Birliği' EURIMA tarafından araştırılmış ve konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO₂ emisyonlarının miktarları belirlenmiştir (Bkz. Grafik 1.2). Buna göre yapılardaki enerji kullanımının

Avrupa'daki CO₂ emisyonlarının ortalama % 40'ına sebep olduğu bilinmektedir. Ülkemizde toplumun küresel ısınma ve iklim değişikliği ya da binalarda ısı yalıtımının çevre için taşıdığı önemi konusunda yeterli bilgisi olmadığı görülmektedir. İnsanların, binalarda yalıtımı geliştirme konusunda gösterecekleri kişisel çabaların CO₂ emisyonlarını azaltmak açısından taşıyacağı önemin farkında olmadıkları açıkça ortadadır. Bu nedenle binalarda yalıtım standartlarının yükseltilmesi için yoğun bir çaba gösterilmesi gerekmektedir [6].

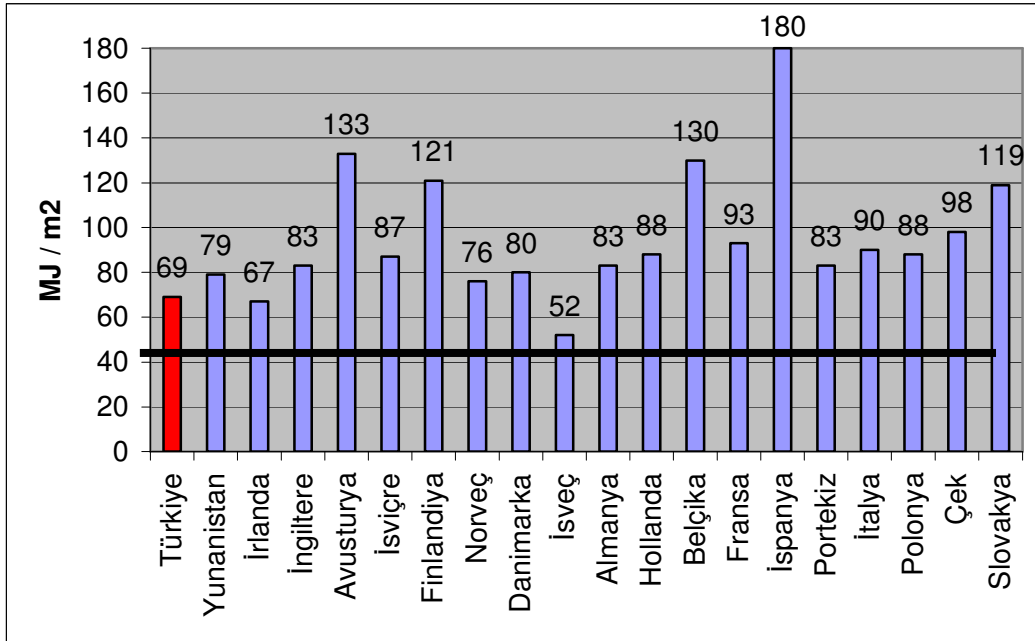


Grafik 1.2. Konutlardan çıkan yıl bazında toplam CO₂ emisyonları

Grafik 1.3'de EURIMA'dan alınan, konut başına düşen yıllık enerji kaybı, Grafik 1.4 ise duvarlardan meydana gelen enerji kaybını vermektedir. Grafik 1.4'de görüldüğü gibi Türkiye'de duvarlardan meydana gelen enerji kaybı tavsiye edilen azami enerji tüketiminin üzerindedir. Yukarıdaki açıklamaların ışığında enerji harcamalarının azaltılması için bina kabuğundan ısı kayıplarının azaltılması zorunludur. Bu nedenle kabukta ısı yalıtımının kullanımı giderek artması beklenmektedir. Türkiye'de 1970 yılında ortaya konulan ve 1998'de revizyon çalışmaları yapılan ısı yalıtım standardının (TS 825) ısıtma enerjisi harcamalarına sınırlama getirdiği bilinmektedir. Bu standart ile kabukta kullanılan ısı yalıtımı ile ısı kayıpları minimize edilerek daha az yakıt enerjisi harcanması çalışılmaktadır.



Grafik 1.3. Konutlarda Yıllık Enerji Kaybı



————— Tavsiye edilen azami enerji tüketimi

Grafik 1.4. Duvarlarda Enerji Kaybı

Yapıların ısıtılma ihtiyaçları insan konforunun etkisinde olduğu gibi coğrafi yapı ve iklim koşullarına da bağlıdır. Buna göre aşağıda Türkiye'nin ve diğer ülkelerin bir ısıtma mevsiminde harcadıkları ortalama yıllık ısı miktarları verilmiştir.

- Tüm İsveç yerleşim birimleri arasında; 20.000–30.000 Kcal / m² yıl
- Tüm İngiltere yerleşim birimleri arasında; 20.000–40.000 Kcal / m² yıl
- Tüm Almanya yerleşim birimleri arasında; 40.000–60.000 Kcal / m² yıl

olurken Türkiye'de;

- Alanya'da 20.475 Kcal / m² yıl
- İzmir'de 61.425 Kcal / m² yıl
- İstanbul'da 70.200 Kcal / m² yıl
- Ankara'da 91.425 Kcal / m² yıl
- Kars'da 165.200 Kcal / m² yıl'dır.

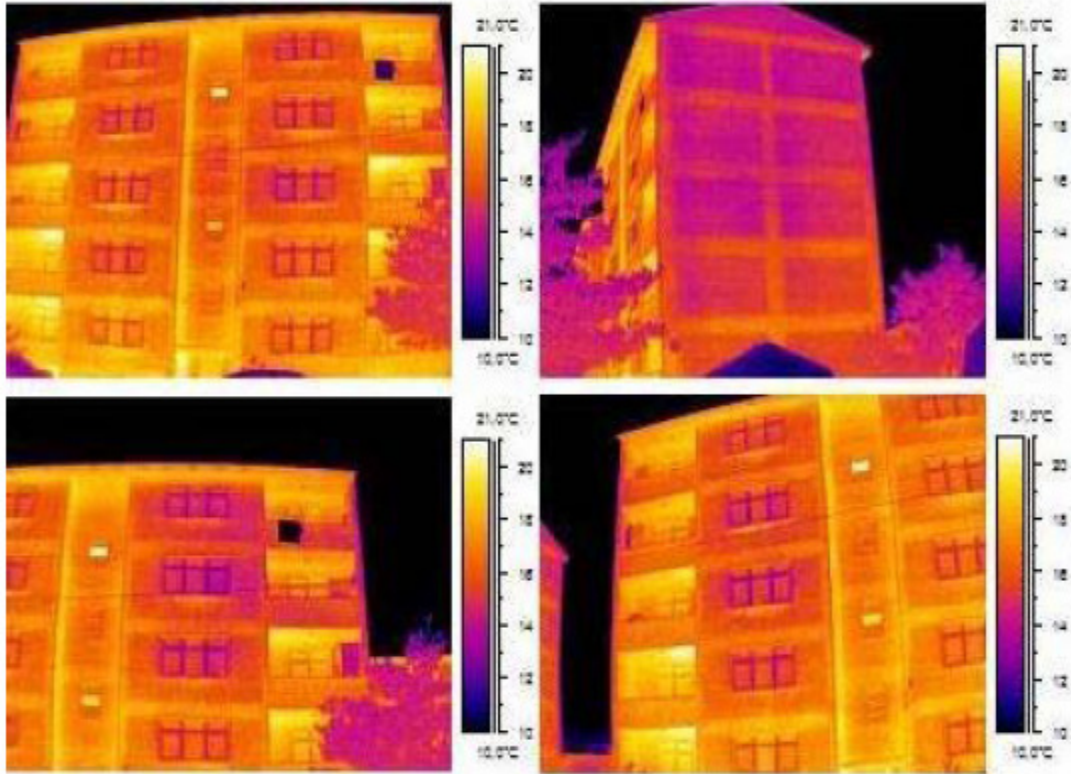
Bilindiği gibi binalar; dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmayan hacimler üzerindeki döşemeler, zemine oturan döşemeler ve açık geçitler üzerindeki döşemelerden ısı kaybedilmekte ve bu yüzden binaların yakıt tüketimi yükselmektedir. Yapılardaki toplam ısı kayıplarının; % 10'u döşemelerde (temeller), % 10-15'i pencerelerde, % 25'i tavanlarda, % 15-25'i dolgu duvarlarda, % 20-50'si ısı köprülerinde oluşmaktadır (Bkz. Şekil 1.2 – Şekil 1.3) [11].



Şekil 1.2. Binalarda Isı Kayıpları

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 arttırır. 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 [31].

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 [9].



Şekil 1.3. Yalıtımsız Bir Binada Isı Kayıpları

Sağladığı bu faydalardan dolayı gelişmiş ülkelerde ısı yalıtımı devlet tarafından teşvik edilmekte ve bağlayıcı yönetmeliklerle uygulama sağlanmaktadır. Örneğin Almanya’da, İngiltere’de, Fransa’da ve İsveç’de ısı yalıtımı yaptıracak kişiler, ister mal sahibi olsun, ister kiracı olsun ısı yalıtımı malzemesi alımı için kredi verilmekte ve uzun vadeler tanınmaktadır. Bu sayede; ülkenin döviz ile alınan enerji ithali azalmakta, kişilerin yakıt masrafı düşmekte ve hava kirliliği de o oranda azalmaktadır [3].

1.3. Türkiye’de ve Dünyada Isı Yalıtım Bilinci ve Malzemenin Kullanım Oranı

Türkiye’de 1970’lerden günümüze kadar ısı korunumuyla ilgili olarak çıkarılmış olan ve yürürlükte bulunan çeşitli yönetmelikler mevcuttur. Bu konudaki ilk çalışma TSE tarafından 1970 yılında çıkarılan TS 825 ‘‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’’ standardıdır. Isı ve enerji korunumuyla ilgili diğer yönetmelikler arasında, 3 Kasım 1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na çıkarılan ‘‘Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlaması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği’’, 30 Ekim 1981 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’na çıkarılan ‘‘Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik’’ ve bu yönetmeliğin 16 Ocak 1985 tarihinde revize edilmiş şekli, 9 Kasım 1984’te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na çıkarılan ‘‘Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı ile Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik’’, 11 Kasım 1985’te yine aynı bakanlıkça çıkarılan ‘‘Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Arttırılması için Alacakları Önlemler Hakkındaki Yönetmelik’’ sayılabilir.

Türk Standartları Enstitüsü 1998 yılında TS 825 Standardında kapsamlı bir revizyon yapmış ve bu revizyon şekliyle TS 825 Standardını zorunlu standart olarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’na sunmuştur. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı da teklifi uygun görerek söz konusu standardın zorunlu uygulama kararını 1999 yılında Resmi Gazete’de yayımlamış ve uygulamayı başlatmıştır (Bkz. EK-2). Böylece yapı denetim sisteminin içine dahil edilen bu standart, 2000 yılından bu yana yeni ruhsat alınan ve inşa edilen binalarda uygulanmaktadır [3]. 2000 yılından sonra yapılan yeni

binalardan elde edilen enerji tasarrufunun yıllık parasal değeri yaklaşık olarak aşağıdaki Tablo 1.4 'de verilmiştir.

Tablo 1.4. Isı yalıtımının enerji tasarrufu sağlamadaki önemi

YILLAR	Bina Sayıları	Parasal Tasarruf(\$)
2002(son 6 ay)	49.000	140.000.000
2003	125.000	340.000.000
2004	170.000	470.000.000
2005	220.000	625.000.000
2006(ilk 6 ay)	250.000	720.000.000

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

Tablo 1.5. Kişi Başına Düşen Enerji Yalıtım Malzemesi

Bölge	Ülke	Enerji Tüketimi (*KEP*/Kişi)	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi m ³ /kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3.985	0,66
	İsveç	3.503	0,35
	Danimarka	3.742	0,63
	Norveç	4.748	0,84
Kuzey Amerika	Kanada	6941	0,78
	ABD	6679	0,49
Orta Avrupa	Almanya	3936	0,40
	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

*KEP: Kilogram Petrol Eşdeğeri

Avrupa ülkeleriyle yapılan kıyaslamalar, Türkiye'nin yalıtım konusundaki vahim durumunu göstermek açısından yararlıdır. Fransa'da yalıtım ürünleri pazarının büyüklüğü 30 milyon m³ iken, Türkiye'de bu rakam 2,5–3 milyon m³'tür. Pazarın parasal büyüklüğü 300 milyon \$; kişi başına yalıtım tüketimi ise 0,04 m³'tür. Avrupa'da kişi başına yalıtım malzemeleri tüketimi 0,4 m³'tür. Amerika'da ise 1 m³

seviyesindedir. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri bakımından yapılan kıyaslamada; Almanya'nın Türkiye'ye göre 10 kat, Fransa'nın ise 7 kat daha fazla olduğu görülür (Bkz Tablo 1.5) [1].

Enerji bilânçomuz içinde önemli bir paya sahip olan binalar için harcanan enerjinin korunması, diğer bir değişle yalıtım konusunda daha çok yapılması gereken işimizin olduğunu görmekteyiz. Binalarımızın ısı yalıtım seviyesini Avrupa standartlarına yükseltmekle ve bunu yürürlükteki TS 825 standardına göre uygulamakla ısıtma giderlerinden aile ve devlet bütçelerinden en az % 50 tasarruf sağlamak, hava kirliliğinde de iyileşme sağlamak mümkün görünmektedir. Bu yoldan sağlanacak tasarruf ile oluşacak fonların, ülke yararına başka yatırımlara yönlendirilebilmesi mümkün olabilecektir.

BÖLÜM 2. ISI YALITIM MALZEMELERİ

Günümüzde ısı yalıtım malzemeleri bir çok isimlerle anılmakla beraber, değişik tanımlar yapılmaktadır. Bu malzemeler; ısı tecrit, ısı izolasyon, ısı yutucu ve yalıtkan malzemeler diye değişik adlarla sınıflandırılmaktadır. Bu tanımların bazıları şöyledir.

- Isı tecrit malzemeleri sıcak ve soğuğa karşı koruma amaçlı, genelde gözenekli yapılı malzemelerdir [19].
- Isı transferine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerdir [10].
- Düşük ısı iletkenliğine sahip olan malzemeler ısı yutucu malzemeler olarak sınıflandırılır [21].
- 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 [3].
- Isı yalıtım malzemesi, yüksek sıcaklıklı alandan düşük sıcaklıklı alana doğal ısı geçişine karşı bir bariyer oluşturan malzemelerdir [13].
- 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. [7]
- ISO ve CEN standartlarına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/ mK değerinden düşük olan malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir [2].

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.

Isı yalıtım malzemeleri; ısı geçişine karşı koyarak mevcut ısının uzun süre korunmasını sağlayan düşük ısı iletkenliğine sahip ürünlerdir [10]. Ayrıca ısı yalıtım ürünleri genellikle heterojen yapılı malzemelerin bir karışımı olarak da ele alınabilir ve çoğunlukla hava dolu hücreleri saran, katı bir çeperden oluşan bir iskelet şeklindedir. Bu bünye yapısının doğal sonucu olarak ısı yalıtım malzemeleri hafiftir.

Isı yalıtım malzemeleri, yalıtılacak bölgenin özelliklerine göre seçilir ve imal edilir. Artık yalıtım işleminin evlerden, denizaltılarına, uçaklara, gökdelenlere kadar bir çok alanda uygulandığını ele alırsak bu malzemelerin tasarımı, üretimi ve uygulamasında çok dikkat edilmesi gerekliliği karşımıza çıkar (Bkz. EK-5).

2.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri

2.1.1. Gözenekli (Poroz) malzemeler için yoğunluk kavramı (P)

Isı yalıtım malzemelerinin gözenekli yoğunlukları $\rho=10-1000 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Yalıtım malzemelerinin karakteri gereği çok sayıda gözenek içerdiklerine göre sıkıştırılmaya bağlı olarak gözeneklerin hacimlerinde değişmeler meydana gelir. Sıkıştırma kuvveti büyük ise malzeme demir, bakır gibi katı hal alır ki söz konusu malzeme için olan yoğunluk kavramı o malzemenin birim hacminin ağırlığı karşılığıdır. Gözenekli yapıda, sıkışma basma kuvvetine bağlı olarak hacim ve dolayısıyla yoğunluk değiştiği durumda gözenekli yoğunluk deyiminin kullanılması uygun görülmüştür. Aşağıdaki tabloda değişik yoğunlukta organik ve anorganik esaslı yalıtım malzemelerinin değişik yoğunluklarda hacimsel olarak içerdikleri gözenek yüzdeleri verilmiştir [21].

Tablo 2.1. Değişik Yoğunluktaki Organik ve Anorganik Esaslı Yalıtım Malzemelerinin Değişik Gözenekli Yoğunluklarda Hacimsel Olarak İçerdikleri Gözenek Yüzdeleri

Gözenekli Yoğunluk (kg/m ³)	Organik Malzeme 1500 kg/m ³	Anorganik Malzeme 2600 kg/m ³
	Hacimsel Olarak %' de Gözenek	
10	99,5	99,7
100	93,5	96
300	80	88,5
500	67	81
1000	33	61,3
1500	-	42,5
2000	-	23

2.1.2. Özgül ısı (c) ve nem

Yalıtım malzemesinin ıslanarak kendi bünyesinde tuttuğu ısı yönünden özgül ısı önemlidir. Anorganik ısı yalıtım malzemelerinde özgül ısı $c = 0,21 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$ civarında alınabilir. Özgül ısı aslında sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir ve sıcaklık arttıkça artar. Ayrıca yalıtım malzemesinin içerdiği nem miktarı da özgül ısının yükselmesine sebep olur. Nem yani diğer deyişle suyun özgül ısısı $1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$ olduğundan dolayı nemin malzemeye işlemesi ile bir nevi kompozit hale gelen malzemenin özgül ısı değeri suyun özgül ısısına yaklaşacak şekilde artar. Değişik malzemeler için özgül ısı değerleri aşağıda Tablo 2.2'de ve nemin özgül ısıya etkisi Tablo 2.3 'de verilmiştir [2,13].

Tablo 2.2. Değişik Malzemelerin Farklı Sıcaklık Aralıklarındaki Özgül Isıları

Malzeme	Özgül Isı (kcal/kg °C)			
	0 °C - 100 °C	0 °C - 300 °C	20 °C - 600 °C	20 °C - 900 °C
Alçı	0,2	0,21		
Asbest	0,2			
Asfalt	0,22			
Beton	0,304			
Bitüm	0,41-0,46			
Curuf	0,18			
Cam Yünü	0,19-0,2	0,22	0,25	0,27
Ham İpek	0,33			
Jüt	0,32			
Kizelgur	0,21	0,22-0,26		
Kuvarz	0,19			
Şekillendirilmiş Kizelgur	0,2		0,226	0,238
Kaolin, Kil	0,22			
Kum	0,19-0,22			
Porselen	0,19	0,21	0,233	
Tuğla	0,18-0,22			

Tablo 2.3. Nemin Yalıtım Malzemelerinin Özgül Isılarına Etkisi

Ağırlıkça Nem Yüzdesi	Özgül Isı (kcal/kg °C)	
	Anorganik	Tahta ve Benzeri
0	0,21	0,32
1	0,22	0,33
5	0,25	0,36
10	0,28	0,39
20	0,34	0,44
50	-	0,55

2.1.3. Isı iletim katsayısı (λ)

Isı iletim katsayısı sıcaklık ve yoğunluğa göre değişmektedir. Tablo 2.4 ve Tablo 2.5’de organik ısı yalıtım malzemelerinin değişik yoğunluklardaki ısı iletim katsayıları görülmektedir. Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısı sıcaklık arttıkça artmaktadır. Malzemelerin lif durumlarına göre, diğer bir değişle iç yapı

şekline bağlı olup liflerin enine veya boyuna olmasına göre ısı iletim katsayısı değişmektedir. Malzemelerin ısı iletim katsayılarının birimi DIN Standardına göre W / mK , TSE Standardına göre ise $kcal / mh C^0$ olarak ifade edilmektedir. Tablo 2.6'da farklı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları ve ısı iletkenlik sınıfları verilmiştir [2].

Tablo 2.4. Organik Yalıtım Malzemelerinin $0^{\circ}C$ Sıcaklıkta Değişik Yoğunluklardaki Isı İletim Katsayıları

Yoğunluk (kg/m^3)	Isı İletim Katsayısı (W / mK)				
	Mantar Levha	Mineraliz Ağaç	Organik Lifli	Organik Lifli Şilte	Lifsiz
20					0,051
50	0,050			0,051	0,055
100	0,055			0,051	0,056
200	0,069	0,086	0,065	0,065	0,070
300	0,082	0,096	0,069		
400	0,094	0,112	0,075		
500	0,102	0,143	0,086		
600		0,182	0,103		

Tablo 2.5. $24^{\circ}C$ Tahtanın Liflerine Dik Konumda Isı Geçişi Haline Göre Isı İletim Katsayılarının Değişik Yoğunlukta Değişimi

Yoğunluk (kg/m^3)	Tam Kuru ($\lambda = W / mK$)
200	0,082
300	0,11
400	0,136
500	0,163
600	0,191
700	0,218
800	0,246
900	0,274

Tablo 2.6. Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletim Katsayıları ve Isı İletkenlik Sınıfı

ISI YALITIM MALZEMELERİNİN ISI İLETİM KATSAYILARI ve ISIL İLETKENLİK SINIFI													
Isı İletim Katsayısı Hesap Değeri λ_H [W/(m.K)]	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,041	0,045	0,050	0,055	0,060	0,080	0,090	0,150
Isıl İletkenlik Sınıfı	20	25	30	35	40		45	50	55	60			
Odun Talaşı Levhalar													
Kalınlık / 25 mm												O	
Kalınlık =15 mm													O
Kompozit levhalar													
KL nin Polistren Sert Köpük Katmanı					O								
KL nin Mineral Liften Katmanı					O	O							
KL nin Odun Talaşı Katmanı													
Kalınlık 10 [d<25 mm													O
d / 25 mm												O	
Poliüretan Yerde Köpüren			O	Δ									
Üre. Formaldehit Yerde Köpüren					O								
Mantar Yalıtım Malzemesi							O	O	O				
Polistren Sert Köpük		O	O	O	O								
Poliüretan Sert Köpük	O	O	O	O									
Fenol Reçineden Sert Köpük		Δ	O	O	O		O						
Lifli Yalıtım Malzemeleri				O	O		O	O					
Cam Köpüğü					Δ		O	O	O	O			
Kalsiyum Silikat Levhalar											Δ		
Perlitli Yalıtım Levhaları									Δ	Δ			
Genleştirilmiş Perlit									Δ	Δ			
Selüloz Lifli Yalıtım Malzemeleri					Δ		Δ						
O DIN 4108 Bölüm 4 (Kasım 91)'e Göre Isı İletim Katsayısı λ_H													
Δ Alman Malzeme Kullanabilirlik Belgesine Göre Isı İletim Katsayısı λ_H													

2.2. Isı Yalıtım Malzemelerinden İstenilen Özellikler

Isı yalıtım malzemeleri; çoğunlukla heterojen yapılu malzemelerin bir karışımı olarak ele alınabilir. Genellikle havayla dolu hücreleri saran katı bir çerperden oluşan bir iskelet şeklindedir. 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 [7].

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 özellik, ısı iletkenlik değerinin küçük olmasının yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli ve aşağıda açıklanacak olan niteliklere de sahip olmasıdır. Bu özellikler, kullanım yerinin koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Ancak ısı yalıtım malzemelerinin seçiminde ve malzeme 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 [14,19]. Buna göre ısı yalıtım malzemelerinden istenen özellikler şunlardır (Bkz. EK-4).

2.2.1. 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 [2,20].

2.2.2. 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 [19,20].

2.2.3. 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 ortamdaki üzerine etkiyecek kuvvetler karşısında hasara uğrayacak ve kendisinden beklenen görevi yerine getiremeyecektir [20].

2.2.4. 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 [20].

2.2.5. 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 [20].

2.2.6. 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 [17]. Yani birim hacim ağırlıkları düşük olan malzemelerin ısı yalıtım özelliği, birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelere göre daha iyidir.

2.2.7. Isı tutuculuk

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

2.2.8. 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.

2.2.9. İşlenebilirlik

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

2.2.10. 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.

2.2.11. 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.

2.2.12. Kokusuzluk

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

2.2.13. 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 [20].

2.2.14. 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.

2.2.15. 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.

2.2.16. 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 (Bkz. EK-5) [20].

2.3. Isı Yalıtım Malzemesi Çeşitleri ve Sınıflandırılması

Yapılardaki yalıtım işlemlerinin çevre, ülke ekonomisi vb. nedenlerden dolayı büyük önem kazanması yalıtım işlemlerini üzerinde bir çok 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 Göre
- Yalıtkanın İç Yapısına Göre

olmak üzere iki grupta incelenir (Bkz Tablo 2.7 - Tablo 2.8) [2].

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 bir çok özelliği bünyesinde taşıyan birden fazla ısı yalıtım malzemesinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan kompozit yapılı ve yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri de mevcuttur [2,7,17,21].

Tablo 2.7. Yalıtkanın Yapılığı Ana Maddeye Göre Sınıflandırılması

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

Tablo 2.8. Yalıtkanın İç Yapısına Göre Sınıflandırılması

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

2.4. Yalıtkanın Yapıldığı Ana Maddeye Göre Isı Yalıtım Malzemeleri

Yalıtkanın yapıldığı ana maddeye göre ısı yalıtım malzemeleri;

- 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 [2,21].

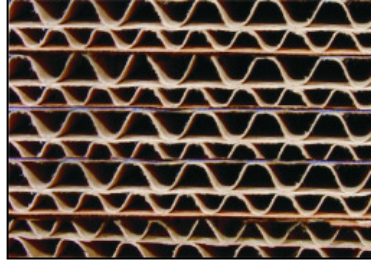
2.4.1. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri

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 reçinesidir. Bağlayıcı eleman olarak genelde katran, asfalt, alçı, çimento, suni reçine ve kola kullanılır [2,21].

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 [7,13,21].

2.4.1.1. Oluklu mukavvalar

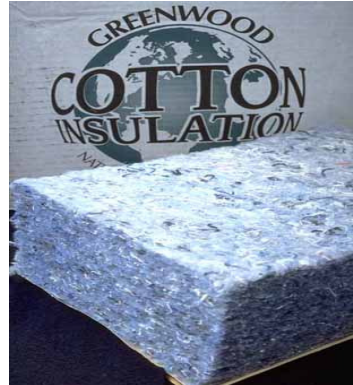
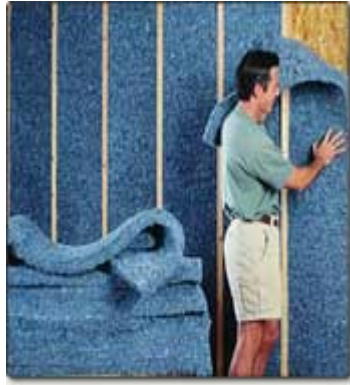
Tahta kıymıklarından mukavva imalinde yararlanılabilir. Bu halde bağlayıcı elemana ihtiyaç yoktur. Asfalt veya lak emdirilerek neme karşı mukavemet artırılır. Oluklu mukavvalar hava kanalları teşkil edecek şekilde monte edilerek ısı iletim katsayısı $\lambda=0,086$ W / mK değerine kadar düşürülür. Yoğuşan suların birikmesi sebebi ile soğutma tesisleri ile ilgili yalıtımlarda tercih edilmez. En yüksek 80 °C sıcaklığına kadar kullanışlıdır. Yoğunlukları olukların sayısı ve cinsine göre 220-600 kg/m³ arasında değişir (Bkz. Şekil 2.1) [21].



Şekil 2.1. Oluklu Mukavva

2.4.1.2. Pamuk keçeleri

Pamuk artıklarının keçemsi hale getirilmesi neticesinde $\lambda=0,103$ W / mK olacak şekilde $\rho = 0,5$ g / cm³ yoğunluğunda yalıtım malzemesi elde edilir (Bkz. Şekil 2.2). Levha halindeki keçe düz ve eğik satırlar ile hava akımına mani olacak yerlerde tercih edilirler. Yoğuşan suların birikme tehlikesi varolduğunda ve yoğuşmanın sık görüldüğü soğutma sistemlerinde kullanılmalıdır [2,21].



Şekil 2.2. Pamuk Keçeleri

2.4.1.3. Odun lifi levhaları

Odun lifi levhaları, odunlaşmış liflerin katkı maddeli veya katkı maddesiz bir mamulüdür. Odunlaşmış lifler, bitkilerin odunlaşmış kısımlarından mekanik veya kimyasal olarak elde edilmiş selülozlu lifler veya lif gruplarıdır (Bkz. Şekil 2.3).

Katkı maddesi olarak, odun lifleri ve yapıştırıcı unsurlardan başka emdirilerek doyurma yoluyla ve bünyeyi tamamlamak maksadı ile levhaya katılan çeşitli organik ve anorganik bağlayıcı maddeler kullanılır.

Köknar kıymıkları eleklerde ayrılarak buhar ile yumuşatılır ve lifli yapı haline getirilir. Lifler su ile fenol reçinesi uygun bir oranda karıştırılarak merdaneler arasından geçirilip belli bir kalınlıkta levha halinde elde olunurlar. Kalınlıkları 6 ile 13 mm arasında olup λ ısı iletim katsayısı ile neme bağlı olarak değişir ve Tablo 2.9’da verilen değerleri alır. Binaların iç dekorasyonunda kullanımlara uygundur.



Şekil 2.3. Odun Lifi Levhaları

Tablo 2.9. Tahta Lifli Yapı Levhalarının Isı İletim Katsayıları - $\lambda = (W / mK)$

Ortama Sıcaklık $^{\circ}C$	0	10	20	30
Ağırlıkça % 7,6 Nem	0,060	0,067	0,075	0,086
Kuru	0,053	0,060	0,068	0,075

Tahta kıymıklarının eleklerde ayrılarak portlant çimentosu veya diğer anorganik bağlama elemanı kullanılmasıyla hafif yapıya sahip olması sağlanır. Bu levhaların basma zorlamalarına mukavemetleri yüksek olup, prefabrik evlerde yaygın olarak kullanılır. Ortalama olarak $\rho = 326 \text{ kg / m}^3$ ve $\lambda = 0,117 \text{ W / mK}$ değerindedir [2].

Yalıtım malzemesi olarak kullanılan odun levhaları gözenekli olup yoğunlukları 230 kg / m^3 ile 400 kg / m^3 arasında olmalıdır. Yoğunlukları $\rho = 850 \text{ kg / m}^3$ ve

daha fazla olan levhalara sert odun lif levhaları denir. Odun lifi levhaları ile ilgili test metotları TS 64 standardı ile belirlenmiştir [21].

2.4.1.4. Turb yalıtım levhaları

Özel bir bağlayıcı elemana ihtiyaç göstermeden turbun pres edilmesi ile elde edilen levhalardır. En yüksek 100 °C sıcaklığa kadar kullanılabilir. Ortalama $\rho = 162,5 \text{ kg / m}^3$ yoğunluğunda ve $\lambda = 0,060-0,070 \text{ W / mK}$ ısı iletim katsayısı değerindedir. Hareket halindeki soğutma tesislerinde çok tercih edilir [21].

2.4.1.5. Halat, hortum şeklindeki organik yalıtım malzemeleri

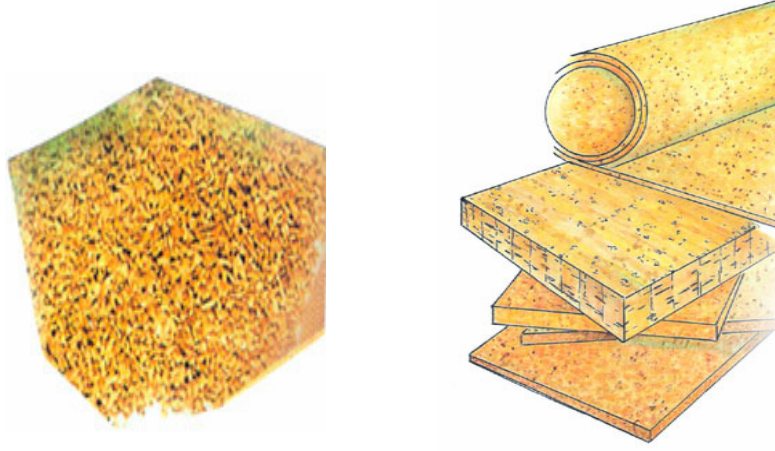
Pamuk ve jüt artıkları saç örgüsüne benzer formlarda halat şekline getirilir. Hortum şeklinde olanların içleri mantar taneleri, kizelgur gibi yalıtım malzemeleri ile doludur. Her iki şekil bilhassa sıcak su geçen boruların yalıtımında kullanılır. Yoğuşma sebebiyle soğuk yalıtıma ve 90 °C' nin üstündeki sıcaklıklar için yalıtıma uygun değildir. Yoğunlukları içindeki maddelerin yüzdelere göre 100-350 kg/m³ arasında değişir [2].

2.4.1.6. Mantar ısı yalıtım levhaları

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 kg / m³ arasındadır. Isıl iletkenliği 0,040 W / mK olup, homojen gözenekli bir yapıya sahiptir (Bkz. Şekil 2.4) [21].

Mantar levhası, doğal mantarın kırılması veya öğütülmesi ile meydana gelen parçacıkların fırınlanması ve bunların bitümlü, reçine vb, bağlayıcı madde kullanılarak veya kendi yapısındaki doğal yapıştırıcı madde ile ısı ve/veya basınç altında birleştirilmesi suretiyle şekillendirilmesinden elde edilen mamuldür. 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 [19].



Şekil 2.4. Mantar Isı Yalıtım Levhaları

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 °C' ye kadar kullanılabilir. Şayet alt kısmına kizelgur tabakası konursa 140 °C' ye kadar yükselen sıcaklıklarda da kullanılabilirler [21]. 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.

2.4.2. 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 kuvarz gibi seramik cinsi bağlayıcı elemanlardan faydalanılır.

2.4.2.1. Cam yünü

Cam; yüksek sıcaklıkta değişik malzemelerin bir arada erimesi ve aralarında kimyasal bir bağ bulunmaması esasına dayanır. Hammadde olarak değişik cinsleri için SiO_2 (kuvarz kumu), Na_2CO_3 (soda), K_2CO_3 (potas), Na_2SO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 (dolomit) CaO , MgO , PbO , Pb_3O_4 , metaloksitleri, fosfat, çinko oksit, arsenik değişik oranlarda kullanılır.

Alkaliler (Na, K gibi) ile PbO erime noktasını düşürür, camın mukavemet ve sertliğini azaltır. % 71 SiO_2 , % 5,4 H_3BO_3 (bor asidi), % 18 Na_2CO_3 , % 9 K_2CO_3 , % 14,5 CaCO_3 , % 6 $\text{Al}(\text{OH})_3$ olursa 1450°C ' de eriyen cam elde edilir. Renksiz camda % 70 SiO_2 , % 10 Na_2O , % 5 K_2O , % 8 CaO , % 4 Al_2O_3 , % 3 B_2O_3 bulunur. Ayrıca Ca_2O_3 mavi, Cu_2O kırmızı, Se (selen) kırmızı, MnO_2 menekşe rengi verirler [21].

Cam, yalıtım malzemesi olarak; çapları 3-5 mikron boyutunda olan ince lifler haline getirilerek kullanılır. Camyünü lifli yapıda olduğundan dolayı kapiler emicilikleri yüksektir. Temelde bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) olmak üzere iki tipi vardır (Bkz Tablo 2.10 – 2.11). Bakalitsiz olanları genellikle kümes teline veya oluklu mukavva gibi malzemelere tel ile dikilerek şilte halinde kullanılır. Bakalitsiz camyünleri piyasaya 5-25 mm kalınlıklarda sunulurken bakalitli camyünleri ise 20-150 mm kalınlıklarında sunulur [2]. Suya duyarlılık bakımından bakalitsiz camyününde su, malzemenin gözeneklerini kapayarak ısı köprüsü oluşturacağından malzemenin izolasyon etkisini azaltır veya yok eder. Bakalitli camyününde ise, suyun etkisi ile cam yününde bağlayıcılık görevi gören bakalit çözünür. Böylece

bakalitin lifleri birbirine yapıştırıcılık görevi kalmayacağından dolayı malzemenin kalınlığının azalmasının yanı sıra ısı yalıtkanlık özelliği de azalır. Camyünü elde edilmesi için hammadde oranları yukarıda verilenlerden farklı olup, ortalama olarak % 54 SiO₂, % 15.7 Al₂(OH)₃, % 0,5 Fe₂O₃, % 16 CaO, % 3,8 MgO, % 8 borosit alınır [18].

Özel formülüne göre uygun tarzda karıştırılan hammaddelerden teşkil edilen harman 1400 °C’de özel fırında ergitilir. Ergimiş cam, platin bir çubuktan akarak hızla dönen ve kenarında küçük delikler bulunan platin bir sepete çarpar ve bu arada tazyikli hava verilir. Bu suretle merkezkaç kuvvetle çok ince lif haline gelen camyünü, bakalitiz olup renksizdir. Cam yünün belirli bir kalınlıkta tutulabilmesi amacıyla malzemeye yapıştırıcılık ve elastikiyet kazandırmak için bakalit ilave edilmektedir. Bunun için camyününe sıvı bakalit püskürtülür ve bakalitlenmiş malzeme etüvde kurutulur. Bakalitlenmiş cam yünü koyu sarı renktedir [21].

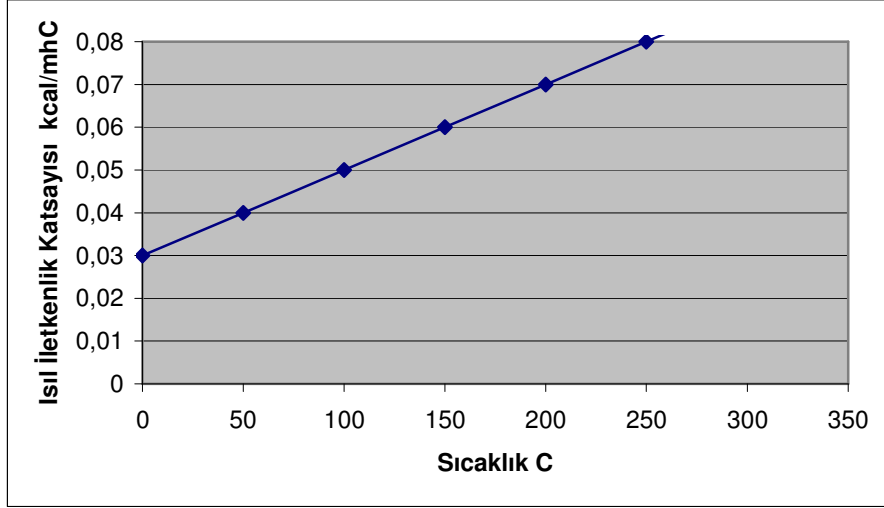
Tablo 2.10. Bakalitli Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W / mK)		
	16 kg / m ³	48 kg / m ³	80 kg / m ³
-20	0,031	0,028	0,028
10	0,037	0,030	0,031
20	0,040	0,032	0,032
50	0,047	0,035	0,035
100	0,065	0,044	0,042

Tablo 2.11. Bakalitsiz Camyününün Sıcaklık ve Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayılarının Değişimi

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W / mK)
	130 kg / m ³
0	0,035
50	0,045
100	0,056
250	0,073
350	0,096
500	0,141

İmal usulüne bağlı olarak takriben 3-40 mikron çapındaki liflerden meydana gelmiş olup 500 °C gibi yüksek sıcaklıklara kadar kullanılır. Özel olarak imal edilip 700 °C sıcaklığa kadar kullanılan cinsleri de mevcuttur. Daha yüksek sıcaklıklar için arada ya hava boşluğu bırakılır ya da kizelgur gibi daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzemeler araya yerleştirilir. Ancak genelde bakalitsiz camyünleri 550 °C' den daha yüksek ısılarda eriyerek cam topakçığı haline gelir ve malzemenin izolasyon özelliği kalmaz. Bakalitli cam yünlerinde ise, 250 °C' de bakalit koku çıkararak yanmaya başlar ve malzemenin izolasyon özelliği kalmaz. Yanma sonucu bakalitin bağlayıcılık görevi yapamamasından dolayı liflerin bağlayıcılığı yok olur. Yani malzeme şekilsiz (amorf) olur. Sıcaklığın daha da artması durumunda malzemenin sarı rengi, önce koyulaşır kahverengine dönüşür; sıcaklığın 500-550 °C'yi bulması halindeyse bakalit tamamen yok olur ve renk de beyaz olur. Beyaz ve sarı mamuller 550 °C'den fazla sıcaklıklarda eriyerek cam topakçığı haline gelir. Bu durumdaki malzemenin artık yalıtım fonksiyonu kalmamıştır. Camyününde kullanılan bakalit, 'fenol-formaldehit' bakalitidir. Yoğunluk $\rho = 15-200 \text{ kg / m}^3$ arasında değişip optimum yoğunluk değeri $60-65 \text{ kg / m}^3$ dür. Isı iletim katsayıları 0 °C sıcaklıkta $\lambda = 0,048 \text{ W / mK}$ değerinden 450 °C sıcaklıkta $\lambda = 0,193 \text{ W / mK}$ değerine kadar artar (Bkz. Grafik 2.1). Özgül ısı $0,18 \text{ kcal / kg } ^\circ\text{C}$ gibi çok küçük değerde olduğundan aralıklı çalışmalar için uygundur [19,13,17].



Grafik 2.1. Cam yünü ısı iletkenlik katsayısının sıcaklıkla değişimi

Cam yünün yangın sınıfı (DIN 4102 standartlarına göre) A sınıfı yanmaz bir malzeme olarak tanımlanır. Su emme miktarı hacimce % 3-10 değerlerindedir. Suyun ısı iletkenliği camyününden 14 kat daha kötü ($\lambda = 0,555 \text{ W / mK}$) olduğundan, camyünü içindeki boşlukların su ile dolması halinde camyünün ısı iletkenlik özelliği kaybolur. Ancak ıslanan cam yünü kurutulursa yalıtım özelliğini tekrar kazanır. Mekanik dayanımı 1,5-6,5 ton / m² dir. Ancak rulo halindeki yoğunluğu az olan camyünün basınca hiç mukavemeti yok iken, yoğunluk arttıkça muayyen bir basınç mukavemeti oluşur. Kullanım ömrü normal çevresel koşullar altında 40-50 yıldır. Çekme dayanımları ise, rulo veya levha olmasına göre değişir. Lif doğrultusunda kopma mukavemeti fazladır. Cam yünlerinin düşük yoğunluklu olanları rulo, yüksek yoğunluklu olanları ise levha halinde kullanılır (Bkz. Şekil 2.5).

Diğer yalıtım malzemelerine göre pratikte oldukça geniş kullanma sahası bulunan cam yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Yanıcı değildir.
- Dış kuvvetler tesiri ile kolayca deformasyona uğrar.
- Higroskopik değildir.
- Kimyasal olarak nötrdür.
- Atmosferik şartlara dayanıklıdır.
- Asitlere karşı (hidroflorik asit hariç) dayanıklıdır.

- Küf tutmaz
- Haşerelerin yuvası olmaz.
- Bıçakla kolayca istenilen şekilde kesilebilir.
- İşçiliği kolaydır.
- Vana gibi çok girintili parçaların yalıtımlarına uygundur.
- Deri ile temas edince kaşıntıdır, bu sebeple eldiven kullanılması tavsiye edilir.
- Sarsıntı ve ufalanmaya karşı dayanıklıdır [7].



Şekil 2.5. Şilte Halinde Cam Yünü

Cam yünleri yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde, binalarda, giydirme cephe uygulamalarında kullanılabilir. İçerden yalıtım yapılacağı zaman cam yününün sıcak yüzeyi buhar kesici ile kaplanmalıdır. Cam yünün kapalı çatılarda mertek aralarında kullanımı, buhar kesici kullanılması şartı ile mümkündür. Ayrıca camyünü iki duvar arasında, su itici silikon içermesi halinde kullanılabilir. Basınç dayanımı az olduğu için yürünen çatı veya teraslarda kullanımı doğru değildir [13]. Geleneksel sıva ile aderansı zayıftır. Dolayısı ile tek başına kullanıldığında dıştan yalıtım ile sorunlar yaşanmaktadır. Malzeme içinde buhar oluşması sorun yarattığı için içerden yalıtımda tek başına kullanılması doğru değildir. Ayrıca içerden yalıtım döşemelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda ısı köprüleri oluşturduğu için, mecbur kalınmadıkça tavsiye edilmez [2].

Cam yünü ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtım özelliği ile genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alır. Malzemenin fiyatı yoğunluğuyla doğrudan ilgili olduğu için az yoğunluklu rulo malzemeler oldukça

ekonomik sayılabilirken, yoğunluğun artması ile fiyat da yükselir. Bu nedenle yoğunluğu yüksek levha tipi camyünlerinde ekonomiklik ayrıca irdelenmelidir.

2.4.2.2. Cüruf yünü

Cüruf yünü metalurji sanayinin bir yan ürün olup, sıvı haldeki cürufun bir lif haline getirilmesi ile elde olur. Cam yününe nazaran yapısı homojen olmayıp çoğu hallerde kimyasal bakımdan nötr değildir. En yüksek 750 °C sıcaklığa kadar dayanıklı olup, yoğunlukları 150 ile 300 kg/m³ arasında değişir. Isı iletim katsayısı da yoğunluk ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için 100 °C sıcaklık ve $\rho = 150 \text{ kg / m}^3$ de, $\lambda = 0,070 \text{ W / mK}$ değerinden 500 °C sıcaklık ve $\rho = 350 \text{ kg / m}^3$ de $\lambda = 0,186 \text{ W / mK}$ değerine kadar değişir. Cürufyünü çoğu kez mineral yün olarak da adlandırılıp vana, flanş ve boru yalıtımlarında kullanılır. Cam yününe nazaran daha ucuz olup, daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır (Bkz. Şekil 2.6) [2,21].



Şekil 2.6. Cüruf yünü

2.4.2.3. Asbest

Bir doğal silikat minerali olan asbestin, ısıyı iletmemesi yüzünden insanlar ile birlikteliği eski çağlarda başlamıştır. On dokuzuncu yüz yılın ikinci yarısından sonraki endüstri devriminde, ısı, elektrik, sürtünme ve asitlere dayanıklı olması yüzünden bir çok işyerlerinde kullanıldığı için "sihirli mineral" olarak anılırken,

yirminci yüz yılın ikinci yarısından sonra karsinojenik olması ortaya çıkınca, ismi "öldürücü toz" olmuştur (Bkz. Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Asbestin Levha ve Lif Halinde Uygulanması

Asbest fizik yapı olarak düz (amfibol) ve eğri lifli (chrysotile) iki türü vardır. Amfibol asbestin, kimyasal yapısına göre, crocidolite (mavi asbest), amosite (kahverengi asbest), tremolite, anthophollite ve actinolite çeşitleri vardır. Endüstride en çok kullanılan chrysotile , crocidolite ve amosite cinsleriydi. Bunlardan sağlık için en tehlikelileri olan crocidolite ve amosite'nin kullanılışı birçok ülkelerde yasaklanmıştır. Endüstride kullanılan asbestin % 90'ını kapsayan chrysotile de birçok ülkelerde yasaklanmış olmasına karşın daha az karsinojenisitesi tartışmalı olduğu için bazı ülkelerde sıkı kontrol altında kullanılmaktadır.

Kısa olan asbest lifleri, anorganik su camı potasyumlu silikat bağlayıcı eleman yardımıyla püskürtme yalıtım yapılır. Tabanca ile ısı yalıtımı yapılacak yüzeye püskürtülen asbest lifleri ile yüzeyde hiçbir delik kalmayacak şekilde istenilen kalınlıkta temin edilir. Bu şekilde ses yalıtımı için de faydalı olduğu gibi yangın tehlikesine karşı da tercih edilir [13,17,21].

2.4.2.4. Kizelgur

Kizelgur bitkisel bir yapıda olup kuvarz ihtiva eder. Bitkisel yapı mahiyetini kaybedince çok küçük gözenekler teşkil eder. Kireçimsi hale getirilmekle içerdiği organik kısımlar kaybolur ve öğütülerek arzu edilen incelikte elde olunur. Yanmaz ve yüksek sıcaklıkta kullanılabilir. Toz halinde kizelgur ve şekillendirilmiş kizelgur olmak üzere iki çeşidi vardır.

Bunlardan ‘Toz Halindeki Kizelgur’ ara boşlukları doldurma yoluyla ısı yalıtımında faydalanılır. Yoğunlukları 210 ile 315 kg / m³ arasında değişip yoğunluğuna göre 100 °C sıcaklıkta ısı iletim katsayısı $\lambda = 0,0118$ W / mK değerinden 1000 °C sıcaklığa kadar kullanılabilir ve bu sıcaklıkta ısı iletim katsayısı takriben $\lambda = 0,232$ W / mK değerindedir.

‘Şekillendirilmiş Kizelgur’ da ise, kizelgur bağlayıcı eleman olarak kil veya kalker ilave edilerek yakılır ve çok yüksek sıcaklıkta ateşe dayanıklı kizelgur taşı elde edilir. Yoğunluğu $\rho = 300$ ile 700 kg / m³ arasında değişip ısı iletim katsayısı 100 °C sıcaklıkta $\lambda = 0,118$ W / mK değerinden 1000 °C sıcaklıkta $\lambda = 0,502$ W / mK değerine kadar yükselir. Diatomit cinsi 1000 °C, Diatomit F ateşe dayanıklı cinsi ise 1500 °C’ye kadar kullanışlıdır. Aşağıda Tablo 2.12’de yoğunluk ve sıcaklık değişimine bağlı ısı iletim katsayısının aldığı değerler görülmektedir [2,21].

Tablo 2.12. Diatomit Kizelgur Taşının Değişik Yoğunluk ve Sıcaklıklarda Isı İletim Katsayısının Değişimi

MALZEME	YOĞUNLUK (kg/m ³)	ISI İLETİM KATSAYISI (W / mK)				BASINÇ (kg / m ²)
		100 °C	400 °C	800 °C	1000 °C	
Diatomit	300	0,118	0,189	0,286	-	2-3
	330	0,127	0,198	0,294	-	2,5-7
Diatomit F Ateşe Dayanıklı	700	0,218	0,291	0,387	-	27-45
	700	0,293	0,370	0,437	0,525	30-40

2.4.2.5 Magnezit

Magnezit çok gevşek ve toz halinde olup, asbest lifleri ile karıştırılarak istenilen şekilde pres edilir. Yüksek sıcaklıklarda kizelgur malzemesiyle karışık olarak kullanılır. Genellikle 200 °C sıcaklığa kadar kullanışlı olup ısı iletim katsayısı $\lambda = 0,081$ ile 0,11 W / mK değerleri arasında değişir [2].

2.4.2.6. Perlit

Perlit bir silikat türü olup bünyesinde ortalama % 70-75 oranında SiO_2 bulunur. Diğer bileşenleri %12-16 arasında Al_2O_3 , % 4-5 arasında K_2O , % 2-4 arasında Na_2O , % 0,5-2 F_2O_3 , % 2-6 H_2O ve % 0,1'den az MgO , TiO_2 , MnO_2 , CrBa , PbO , S bulunur.

Perlit gri ve siyah arasında muhtelif renk tonlarında olup özgül ağırlığı 2,2-2,4 gr/cm^3 'dür (Bkz. Tablo 2.13). Perlit özel olarak yapılan döner fırınlarında 800-1100 $^{\circ}\text{C}$ civarında ısı ileme tabi tutularak genişler -patlar- küçük tanelere dönüşür. Hacimce genişleme, ilk hacminin 10-30 misli olup rengi beyazlaşır. Genleşmiş perlit olarak ısı iletim katsayısı yoğunluk ve kullanma sıcaklığına bağlı olarak çok düşük değerlere düşer. Bu özelliğinden dolayı ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Genleşmiş perlitin yoğunluğu 30-190 kg/m^3 , ısı iletim katsayısı 0,058-0,068 W/mK arasında olup, ses yalıtım özelliği de 125 Hz' de 18 db civarında olup ayrıca su emme özelliği vardır (Bkz. Şekil 2.8). Perlit yapılar ve sanayide ısı yalıtım malzemesi olarak gevşek dolgu şekli ve perlit betonu olarak uygulanır.

Tablo 2.13. Perlitin Özellikleri

Yumuşama Sıcaklığı	800-1100 $^{\circ}\text{C}$
Ergime Sıcaklığı	1315-1390 $^{\circ}\text{C}$
Özgül Isısı	0,20 kcal / kg $^{\circ}\text{C}$
Rutubet	% 0,5
Özgül Ağırlık	2,2-2,4 gr/cm^3



Şekil 2.8. Genleştirilmiş Perlitin Piyasaya Sunuluş Şekli

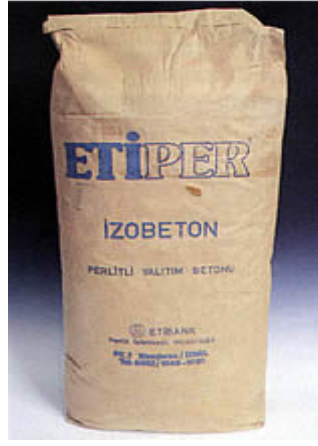
‘Gevşek Dolgu Şeklinde’ perlitin su emme özelliği olduğundan genişmiş perlit silikonla işleme tabi tutulup bu özelliği kaldırılır. Bu haliyle ateşe dayanıklı olup küflenme olmaz. Gevşek dolgu şekli, 269 – 1090 °C arasındaki sıcaklıklarda yapılarda sandviç–briket duvarlarında olduğu gibi- şeklinde kullanılabilceği gibi, -190 °C‘ de çalışan nitrojen tanklarının yalıtımında, 1000 °C‘deki çelik kütüklerin ve ara sıcaklıklardaki fırınların yalıtımlarında da kullanılır. Gevşek dolgu olarak kullanıldığında özgül ağırlığı 80-130 kg / m³ arasında değişir. Aşağıda Tablo 2.14’de gevşek dolgu şekli ile uygulamaya ait veriler verilmiştir.

Tablo 2.14. Gevşek Dolgu Şekli ile Uygulamaya Ait Veriler

İklim Bölgeleri	I. İklim Bölgesi	II. İklim Bölgesi	III. İklim Bölgesi
B.Bakanlığı ısı şartnamesinde bölgelere göre olması gereken toplam ısı dirençleri 1/=m ² h°C/Kcal	1,2	1,5	2,4
Yalıtım Kalınlığı (cm)	7	7	14
İzoşilte, döşeme betonu ve sıvanın toplam direnci 1/	1,62	1,62	3,18
Sağladığı Tasarruf - 100m ² dairede kış boyunca günde 16 saat, 22 °C oda sıcaklığını sağlanması şartıyla	1,9 ton Kömür	3,1 ton Kömür	5,2 ton Kömür

Perlit betonu, Mukavemetinin düşük olması nedeniyle perlit betonu taşıyıcı yük gelmeyen perde duvarları, çatı ve bina döşemelerinde kullanılır (Bkz. Tablo 2.15).

Genleşmiş perlit, alçı ve katkı maddelerinden yapılan bölme panolarının ısı iletim katsayıları 0,275 W /mK civarındadır (Bkz. Şekil 2.9) [2,19,21].



Şekil 2.9. Perlit Betonun Piyasada Bulunma Şekli (22 Kg/Torba)

Tablo 2.15. Perlit Betonu Özellikleri

Kuru Yoğunluk Kg / m ³	Islak Yoğunluk Kg / m ³	M Basınç Dayanımı Kg / cm ²	Çekme Dayanımı Kg / cm ²	Aderans Kg / cm ²	Isı İletim Katsayısı W / mK
576	808	24,13-34,5	6,20	6,80	0,10-0,12
488	728	15,85-23,4	4,10	4,00	0,09-0,10
432	648	9,65-13,78	3,30	2,10	0,08-0,09
352	584	5,52-8,61	1,60	-	0,07-0,08

2.4.2.7. Vermusilit

Vermusilit mikaya benzeyen madeni bir üründür. Malzeme 1000 °C' ye kadar ısıtıldığında, pullar birbirinden ayrılmaya başlar ve bunun sonucunda pullar arasındaki su, buhara dönüşür (Bkz. Şekil 2.10). Vermusilit bu aşamadan 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. Vermusilit gevşek 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. Vermusilitin 20 °C' de ısı iletkenliği 0,04 W / mK'dir. 500 °C sıcaklığın altındaki uygulamalar için vermusilit, diğer yalıtım malzemelerine göre pahalı bir malzemedir. Dolayısıyla

vermüsilite, 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 [19,18,21].

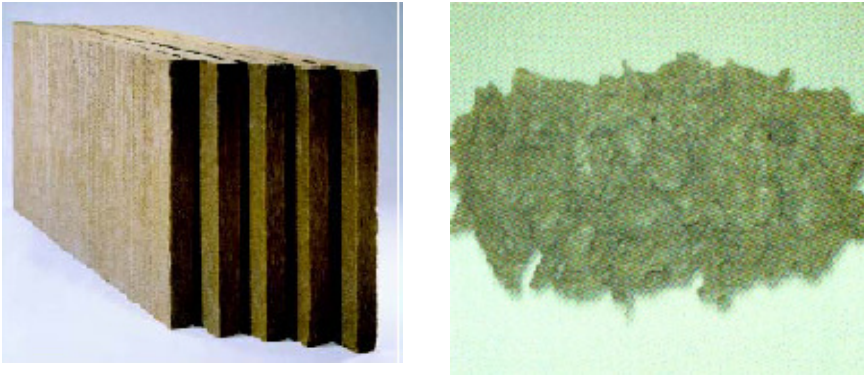


Şekil 2.10. Vermüsilite Yalıtım Malzemesinin Tanecikli Hali ve Levha Hali

2.4.2.8. Taşyünü

Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. İlk defa 1897'de Amerika'da yapılmış, yalıtım amacı ile 1927'de kullanılmaya başlanmıştır [13]. Elyaf haline getirme işleminde hammadde, kireç taşı ile karıştırılır ve 1600 °C'de ergitilir. Eriyik kaya çok hızlı dönen bir diskin üzerine damlatılır. Buradan çok uzun iplikler halinde çıkar. Lif çapları 5 mikron civarındadır. İplikler toplandıktan sonra yapıştırıcı özellikteki sentetik reçine ve yağ ilavesi ile kaya yünü malzemeleri şilte şekline getirilir. Rengi koyu gri renkli olup şiltelerin özellikleri şekillerine bağlı olarak değişmektedir (Bkz Şekil 2.11). Taş yünü; düşük yoğunluklu olanları rulo halinde, yüksek yoğunluklu olanları ise şilte halinde piyasaya sürülür. Kükürt esaslı ve kalsiyum esaslı olmak üzere iki çeşittir. 10 °C'de ki ısı iletkenliği 0,033-0,002 W/mK'dir. En iyi ısı iletim performansı 100-120 kg/m³ yoğunluk değerinde elde edilir. Yoğunluğu 30-200 kg/m³ arasındadır. Ancak lifli malzemelerde malzemenin yoğunluğunun kesin bir sayı ile belirtilmesi, üreticiler açısından çeşitli sakıncalar doğurur. Bu nedenle üreticiler ürettikleri malın onlarca çeşidinde kg / m³ olarak yoğunluk belirtmek yerine her malzemeye başka isimler koyarak tanımlamayı tercih ederler. Bu nedenle katalog incelemesinde yapılacak işe uygun malzemeyi yoğunluğa değil, malzeme kod adına göre seçmek zorunluluğu ortaya çıkar. Taş yünü, cam yününe göre daha yüksek sıcaklıklarda (1000 °C) kullanılabilir. DIN 4102'e göre A yangın sınıfında olup yanmaz bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı yangın yalıtımında da kullanılır.

Ancak malzeme; kağıt, mukavva, bitümlü karton veya kraft kağıdı kaplıysa kaplama yüzeyindeki sıcaklığın kaplama malzemesinin dayanabileceği sıcaklığı aşmaması gerekir. Bu sıcaklık da 80-100 °C civarındadır. Taş yününün yapısında bakalit varsa maksimum kullanma sıcaklığı 200-250 °C'dir. Cam yününde olduğu gibi taş yününde de basınç, kopma mukavemeti gibi özellikler yoğunluğa göre değişmektedir. Bu mukavemetler düşük yoğunlukta az, yüksek yoğunlukla genellikle fazladır. Taş yününde liflerin her yöne dağılmış olmasından dolayı dayanımı cam yününe göre daha fazladır çünkü cam yününde lifler yatay doğrultuda sıralanmıştır. Buna göre taş yünü, 1,5-6,5 ton / m² arasında basma dayanımına sahiptir. Taş yünü hacminin % 2,5-10'u arasında su emme özelliğine sahiptir. Su emme özelliğinin yüksek olmasının nedeni, taş yünün lifli yapıda ve gözenekli (% 99'u hava boşluğu) olmasıdır [21]. Ancak taş yünü ıslandığı zaman yalıtma özelliği kaybolur.



Şekil 2.11. Camtülü Kaplı Taşyünü Levha ve Bağlayıcısız Taşyünü Elyafı

Bu nedenle bazı taş yünü tiplerinde malzemenin içine su itici silikon sıkılır. Böylece malzeme ıslanmaya karşı korunarak yalıtım özelliğini kaybetmesi engellenir. Kalsiyum esaslı taş yünleri sert asitlere karşı dayanıklıdır. Kükürt esaslı taş yünleri ise temas ettikleri yüzeylerde korozyon yaparlar. Taş yününün buhar geçirimsizliği direnci düşük olduğundan dolayı (yaklaşık $\mu = 1-1,4$) ve duvarın iç kısmına yakın teşkil etmek yoğuşma riskini artırır. Bu nedenle ısı yalıtımı amaçlı yapılan taş yünü kaplamanın sıcak yüz tarafına buhar- su yalıtımı amaçlı alüminyum folyo, bitümlü karton, PVC, polietilen konulmalıdır. Taş yünü noktasal yüklere karşı dayanıksız olduğundan uygulamada bu tür yüklere maruz kalması önlenmelidir. Taşyünü piyasada düşük (20-100 kg / m³) ve yüksek yoğunluklu (100-200 kg / m³) olarak bulunur (Bkz. Tablo 2.16, Tablo 2.17). Düşük yoğunluklu taşyünü piyasaya 20-120

mm kalınlıklarında, yüksek yoğunluklu taşıyünü ise piyasaya 20-150 mm kalınlıklarında sunulur [1,2,13,19,21].

Tablo 2.16. Düşük Yoğunluklu Taşıyününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletim Katsayıları (W / mK)				
	23 kg / m ³	33 kg / m ³	45 kg / m ³	60 kg / m ³	80 kg / m ³
10	0,037	0,035	0,033	0,033	0,033
50	-	0,043	0,039	0,038	0,038
100	-	0,055	0,047	0,045	0,045
200	-	-	0,07	0,066	0,066
300	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-

Tablo 2.17. Yüksek Yoğunluklu Taşıyününün Sıcaklığa ve Yoğunluğa Bağlı Isı İletim Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (°C)	Yoğunluğa Göre Isı İletkenlik Katsayıları (W / mK)		
	100 kg / m ³	140 kg / m ³	200 kg / m ³
10	0,033	0,033	0,034
50	0,037	0,037	0,038
100	0,044	0,044	0,043
200	0,064	0,060	0,059
300	0,088	0,081	0,079
400	0,112	0,106	0,100

2.4.2.9. 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 (Bkz. Şekil 2.12). 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 [19]. 160 kg / m³ yoğunluğundaki rulo tiplerinin ısı iletkenlikleri aşağıda verilmiştir (Bkz Tablo 2.18). Seramik yünü yanmaz özelliindedir. 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 [21]. Seramik yünü diğer lifli malzemelerde olduğu gibi rulo, levha, halat vs. şeklinde bulunur. Prefabrik boru halinde üretilmez [13].



Şekil 2.12. Seramik Yünü

Tablo 2.18 Rulo Tipindeki, 160 kg / m³ Yoğunluğundaki Seramik Yününün Sıcaklığa Bağlı Olarak Isı İletim Katsayısının Değişimi

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

2.4.2.10. Cam köpüğü

Cam köpüğü, borlu sisli camdan üretilir. Cam pulvarize edilip toz haline getirilir. Karbonla karıştırıldıktan sonra kalıplarda 1000 °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 (Bkz. Şekil 2.13) [19,21].

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 haşarat 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 ° C 'de 0,045-0,060 W / mK arasındadır. Kullanım sıcaklıkları -260 ile +430 °C arasındadır. Sıcaklık karşısında lineer genişleme katsayısı 8,5x 10⁻⁶ dır [2,13,19,21].



Şekil 2.13. Cam Köpüğü

2.4.2.11. Alüminyum silisi

Seramik fiber malzemesi olarak da bilinir. Alüminyum oksit ve silisyumoksitin 2000 °C'de elektrik fırınında eritilmesi ile üretilir. Kalsiyum eriği, 25 mm uzunluğunda iplikçikler elde edilmesi için siyah buhar şeklinde akıtılır. Daha uzun iplikçikler ise, karışımın dönel bir silindirin üzerine akıtılması ile elde edilebilir. Elde edilen malzeme 1400 °C ve üzeri sıcaklıklarda kullanılabilir. Lif, levha, tabaka, ip ve bez halinde üretilebilir. Alüminyum oksit miktarına göre genellikle kullanılabilceği sıcaklıklar aşağıda Tablo 2.19'de verilmiştir. Standart kalitedeki malzeme % 45 alüminyum oksit içerir. Yoğunlukları ise 50-200 kg / m³ dür. 25 °C'de yoğunluğu 230 kg / m³ olan malzemenin ısı iletkenlik değerleri aşağıdaki gibidir (Bkz Tablo 2.20).

Tablo 2.19. Alüminyum Silisinin, Alüminyum Oranına Göre Kullanım Sıcaklıkları

% Al ₂ O ₃	Maksimum Kullanılma Sıcaklığı (°C)
45	1250
60	1450
30	900
55	1400

Tablo 2.20. 25 °C'de Yoğunluğu 230 kg / m³ Olan Alüminyum Silisinin Isı İletkenlik Değerleri

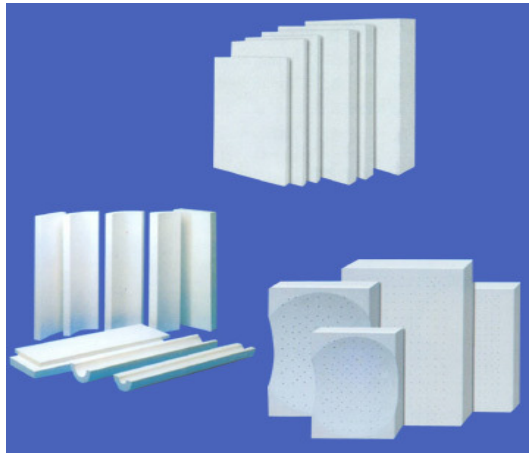
% 30 Al ₂ O ₃ Lif ve Şilte Halinde	0,14 W / mK
% 45 Al ₂ O ₃ Lif ve Şilte Halinde	0,11 W / mK
% 45 Al ₂ O ₃ Bloklar Halinde	0,14 W / mK
% 55 Al ₂ O ₃ Bloklar Halinde	0,14 W / mK
% 60 Al ₂ O ₃ Lif ve Şilte Halinde	0,12 W / mK

2.4.2.12. 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 (Bkz Şekil 2.14). 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 °C'de ısı iletkenliği 0,100 W / mK olmaktadır. Kalsiyum silikat malzemelerin basınç dayanımı çok (yaklaşık 8-10 kg / m²) yüksektir [2,13].



Şekil 2.14. Kalsiyum Silikat Levhaları

2.4.2.13. 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 (Bkz. Şekil 2.15). Dış cephelerin sıvanması gerektiği hallerde özel sıvalar veya klasik çimento-kireç sıvasıyla sıvanır. İçindeki boşlukla yalıtım özelliği daha da artmış ve profili gereği ısı iletim yolu 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 2.15. İzotuğla

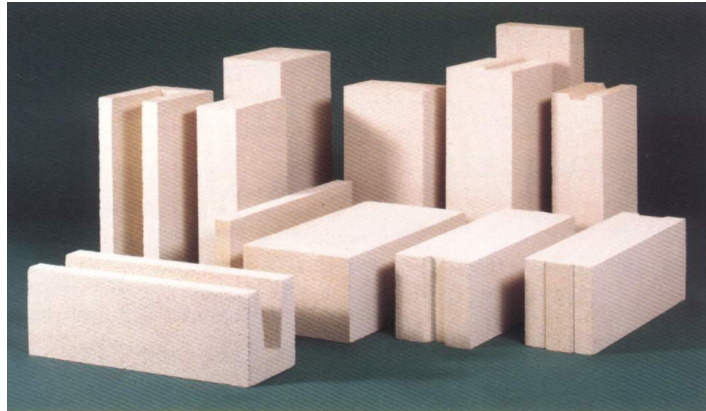
Kışın soğuk geçtiği ülkemizde ısı depolama özelliği yüksek olan bu tuğlalar vasıtasıyla daha konforlu bir yaşam sürülebilir. Yalıtım tuğlalarının uygulandığı duvar sistemi, insan için uygun olan nem oranını da sağlar [14,19].

2.4.2.14. 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 gaz beton elemanı ısı tutuculuğu ile tanınmış bir malzeme olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 2.16). 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 işlenebilirlik özelliğine sahiptir.
- Yüksek ses yalıtım özelliği vardır.



Şekil 2.16. 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 (Bkz. Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Bims Betondan Yapılmış Tuğla

Birbirine bağlantısız, gözenekli sünger görünümünde, yoğunluğu 500 kg/m³ 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 oluşu dolayısıyla bina yükünü azaltışı
- Basınca mukavemetli.
- Su tutmaz
- Yanıcı değildir
- Kimyasal etkilere karşı mukavemetli.

Yoğunluğunun çok düşük oluşu 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 [7,19,21].

2.4.3. Sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri

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

Hammadde ve elde ediliş 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 [21]

2.4.3.1. Poliüretan köpük

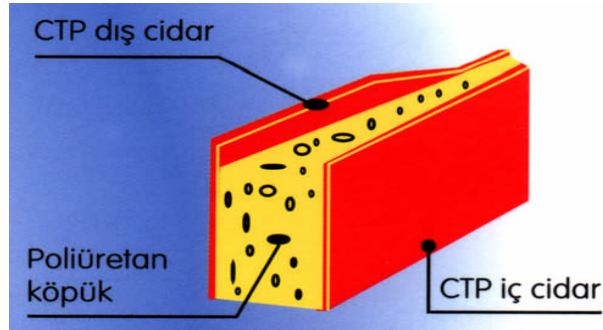
İzosiyanat bileşiğın alkol ile reaksiyonu sonucu alkolün hidrojen atomu izosiyanata kayarak poliüretan elde edilir. Dizosiyanatın ve reaksiyonu kolaylaştıran OH gruplu uygun polialkolün kullanılmasıyla da yüksek moleküllü poliüretan meydana gelir. Poliüretanlar, kapalı gözenekli gevrek ve açık gözenekli yumuşak elastik olmak üzere iki tipte yapılırlar. Ana hammadde olarak (desmodur) poliizosiyanat ile OH grupları ihtiva eden (desmofen) polialkol kullanılır. Kimyasal yoldan elde edilmelerinde su ile izosiyanat reaksiyonu sonucunda açığa çıkan CO₂ köpürmeyi sağlar. Fiziksel yoldan elde edilmelerinde ise düşük sıcaklıkta buharlaşan Freon 11 köpük hammaddesine ilave olunarak ekzotermik reaksiyonla sıcaklığın yükselmesi sonucu buharlaşması ile köpürme meydana gelir. Genellikle levha halinde bulunmakla birlikte, prefabrik boru gibi şekil verilmiş formlarda da bulunabilirler (Bkz Şekil 2.18). Ayrıca dar ve ulaşılması güç noktalarda yerinde imalat yöntemi prensibi gereği aerosol kutusu içinde imal edilen çeşitleri de vardır (Bkz Şekil 2.19). Bu tip uygulamada malzeme bölgeye uygulandıktan sonra, malzemenin bünyesinde meydana gelen reaksiyonlar sonucu hacimce genişleyeceği ve bu genişleme ile de uygulanan bölgede bir basınç meydana getireceği unutulmamalıdır. Poliüretan sarı renktedir. Hücrelerinin % 95'i kapalı gözeneklidir. Ayrıca poliüretan köpükleri açık gözenekli, yumuşak veya sert, ve küçük hacim ağırlıklı olarak da üretilmektedirler. 30-200 kg / m³ yoğunluklarda kullanılır [2,19,21]. Levhaların tek taraflı ısınması halinde şekil deformasyonu görülür. Bu yüzden her iki yüzünün de başka bir malzeme ile (kağıt, bitümlü kağıt, PVC, alüminyum folyo vb.) kaplanması gerekmektedir (Bkz Şekil 2.20). Poliüretanın ısıl iletkenliği çok düşüktür. Hatta bazı üreticiler $\lambda = 0,012-0,013$ W / mK gibi ısıl iletkenlik değerleri vermektedir. Oysa bu değer, malzemenin ilk üretildiği anda, içindeki itici gazın λ değerinin çok düşük olması nedeniyle, malzemenin λ değeri de çok küçük çıkar. Ancak zamanla itici gaz difüzyon yoluyla dışarı çıkar ve yerini hava doldurur. Böylece λ değeri de yükselir. Bu nedenle standartların belirlediği değerler esas alınmalıdır. Öte yanda son yıllarda sera etkisi nedeniyle poliüretan köpük yapımında itici gaz olarak kullanılan ve CFC içeren R-11 gazı kullanılması bazı ülkelerde yasaklanmıştır, bunun yerine CFC içermeyen CO₂ kullanılır [23].



Şekil 2.18. Köpük ve Levha Halinde Üretilmiş Poliüretan Ürünler



Şekil 2.19. Aerosol Şeklinde Poliüretan Köpükler



Şekil 2.20. Poliüretan Köpüğünün Dış Çeperlerinin Kaplanması

Ancak bu üretimde maliyet % 10 kadar artarken λ değerinde küçük yükselmeler (kötüleşmeler) görülmektedir. Kaplamasız ve difüzyon geçirgen kaplamalı köpüklerde 0,060 W /mK değeri kullanılır. Eksi sıcaklıklarda soğutma tesisleri için 0,048 W / mK'lik bir hesap değeri pratikte uygundur [2].

Poliüretan köpüğünün yoğunluğu 30-200 kg/m³ arasında ayarlanabilir. Yalıtım için kullanılan levhaların 32 kg/m³'den az olmaması önerilmektedir. Aksi halde şekil

değişimleri görülebilir. Yapılarda kullanılan yoğunluklar genellikle 30-40 bazen de 50 kg/m³'tür. 30 kg/m³ yoğunluğun altındaki poliüretan köpüklerinin çıplak kullanımda çeşitli sorunlar beklenebilir. Bu gibi durumlarda plakalar, düşük sıcaklıklarda büzülme, gözeneklerdeki özel gazın sıcaklık tesiriyle genişlemesi neticesinde şekil ve uzunluk değişikliklerine uğramaktadır. 32 kg/m³ 'ün üstünde yalıtım malzemesi kullanılması ve basit bir kaplama ile bu mahsur ortadan kalkar. Çıplak köpüğün sıcak bitüm ile yapıştırılması önemli zorluk çıkarmaktadır. Çünkü köpük kısa süreli 200 °C' a kadar sıcaklıklara dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça fiyat da önemli ölçüde artmaktadır [32].

Malzemenin bünyesine su alma durumu az olmakla birlikte EPS ile kıyaslandığında ondan daha fazladır (Bkz. EK-3). Buhar difüzyonu yolu ile ıslanma durumu söz konusu olduğunda ($\mu=40-50$), levhalar ya buhar sızdırmaz şekilde kaplanmalı veya muhtemel gerilmelere karşı önceden önlem alınmalıdır. Yerinde püskürtme köpüklerinde $\mu=3-8$ 'dir.

Poliüretan köpük hafif asitlere, benzine, mazota, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklıdır. Poliüretan köpüğün eskime ve çürümeye karşı dayanıklılığı oldukça fazladır. Poliüretan köpüğün hacim ve şekil dayanıklılığı ile özgül ağırlığı arasında yakın ilişki vardır. 32 kg/m³'ün altındaki kaplanmamış plakalarda soğuk etkisi ile bariz büzülme görülmektedir. Bunun yanında güneşin mor ötesi ışınları karşısında dayanıksızdır. Mor ötesi ışınlar karşısında rengi sarıdan kırmızı kahveye dönüşmekte, yüzeyinde pullanma dökülme bozulma olmaktadır [19].

Poliüretan levhalar 110-120 °C sıcaklığa kadar devamlı dayanıklıdır. Kısa süreli olarak ise 180 hatta 200 °C'ye kadar dayanıklıdırlar. Sıcaklığa dayanım açısından EPS' e göre önemli bir farkı vardır. -200 °C'ye kadar soğuk işlerde de kullanılabilir. Sert köpük plakalar, gözenek içindeki basınçlar ve gözenek şekline göre ısı altında genişleme ve deformasyona uğrayabilirler. Uzunluk değişimleri köpük istikametinde olmaktadır. Petrol türevi bir ürün olduğu için yanıcıdır. Üretim sırasında konulan alev almayı zorlaştırıcı maddelerle 'zor alev alabilen ' (B1) hale getirilebilir.

Poliüretan köpükler salt yalıtım malzemesi olarak diğer yalıtım malzemelerine oranla ucuz sayılmasa dahi hazır prefabrik elemanlar olarak (metal kaplı sandviç paneller vb.) işçilikten ve zamandan çok kazandırır [32].

2.4.3.2. Genleştirilmiş polistren (EPS)

Polistren sert köpük, yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olup, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya yayılmıştır. Zamanla Shell, Höchst, CdF Chemie gibi diğer firmalar tarafından da üretilerek değişik marka adları almasına karşılık Türkiye'deki adı Styropor olarak kalmıştır .

Styropor termo-plastik bir malzemedir. Ülkemizde ilk olarak 1960'lı yılların başında soğuk hava depoları ile ticari buzdolabı üreticilerinin ihtiyacını karşılamak üzere üretilmeye başlanmış ve çok uzun yıllar (1986'ya kadar) kullanılmıştır.

Diğer ülkelerde başlangıcından itibaren inşaatlarda da kullanılan bu malzeme, Türkiye'de ancak 1986'dan sonra inşaatlara girebilmiştir. Bugün diğer ülkelerde olsun, Türkiye'de olsun inşaatlarda en çok kullanılan yalıtım malzemelerinin öncülerindedir. Bunun nedeni, her türlü ısı yalıtım malzemesinin en ucuzu oluşu ve sahip olduğu teknik özelliklerdir [2].

EPS (Expandable Polistren) mamülleri beyaz renkte olup beyaz renkli levhalar halindedir. Levha boyutları 500x1000 olabileceği gibi daha büyük ölçülerde de üretilmektedirler. Günümüzde piyasada çeşitli tür Styropor grupları mevcuttur. Her bir grupta bulunan tipler tane büyüklüğü, işlenme özellikleri ve kullanma maksatlarına göre değişiklik gösterir. Bunlar;

- Styropor P : Standart köpük maddesi için,
- Styropor F : Zor alev alan köpük maddesi için,
- Styropor H : Doymuş karbonhidratlara dayanıklı köpük maddesi için,
- Styropor G : Renkli köpük maddesi elde etmek için,

EPS 'nin başlıca tercih edilme nedenleri şunlardır;

- Yüksek ısı yalıtımı sağlar. ($k_{lab}=0,030$, $k_{hesap}=0,058$ W /mK)
- En ekonomik yalıtım malzemesidir.
- Üstün teknik özelliklere sahiptir.
- Basınca çok dayanıklıdır. Yoğunluk arttıkça basınç dayanımı artar.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar. Kapiler ve higroskopik değildir.
- Kalınlığı zamanla incelmez, sabit kalır.
- Çevre dostu bir malzemedir. İçinde ozon tabakasına zarar verici CFC (kloroflorokarbon) yoktur. Geri dönüşümlü (Recycle) bir malzeme olup, üretim sonrası çevreyi kirletecek atık çıkarmaz.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine devam eder.
- Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır.
- Buhar geçirimsizliği yüksektir. Yoğunluk arttıkça buhar geçirimsizliği de artar [21].

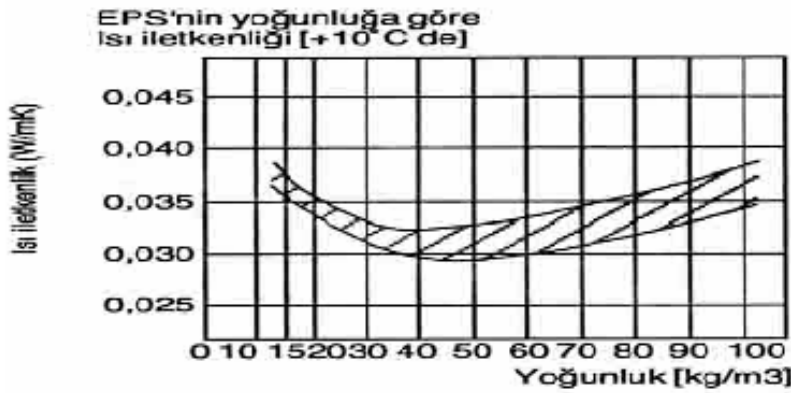
EPS'lerin diğer bir özelliği de imalinde kullanılan şişirici gazın (pentan) ozon tabakasına zarar vermez, iklim değişikliğine neden olmaz. EPS üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan pentanın hava ile yer değiştirme hızı yüksektir. Üretimi takiben birkaç gün içerisinde ısı iletkenliği sabit değere ulaşır ve zamanla kötüleşmez. EPS'ler esnek hale getirilerek ses yalıtımında da kullanılır [1,2].

Styroporlar mükemmel ısı yalıtım özelliğini m^3 başına düşen 3-6 milyar olan küçük kapalı gözeneklere borçludur. Malzemenin % 98'i havadır. Bu nedenle çok hafif malzemelerdir. Yoğunlukları $10-30$ kg/m^3 arasında değişir. Ancak istenirse yoğunluk 60 kg/m^3 'lük değerlere çıkarılabilir. Yapı sektöründe genellikle $13-20$ kg/m^3 yoğunluğa sahip olanları kullanılır. Yoğunluğun artmasıyla basınç dayanımı, buhar geçirimsizliği ve fiyatı da artar. EPS'lerin en önemli özelliği ısı iletkenliklerinin düşük olmasıdır. EPS'ler için ortalama ısı iletim katsayısı $0,035$ W/mK 'dir (Bkz Grafik 2.2).

Kimyasal maddelere duyarlılık bakımından ise EPS'ler, genel olarak tüm yapı malzemeleri ile kolayca bağdaşır. Ancak bazı çözücü maddelerle (tiner vb.) asitlere karşı dayanıksızdır. Mikroorganizmalar için bir besin maddesi değildir. Küflenmez,

çürümez, kokmaz. Aşırı şartlar altındaki şiddetli kirlenmelerde mikroorganizmalar yuvalanabilir. Ancak EPS burada sadece bir taşıyıcı olarak kalır ve biyolojik olayın dışındadır [32,34]

EPS'ler suya karşı duyarlılık bakımından ele alındığında; malzeme kapalı gözenekli olduğundan ve küreciklerin çeperleri suyu geçirmediğinden genel olarak suyu alma yüzdesi oldukça düşüktür. Ancak üretim sırasında küreciklerin birbirine iyi yapışmaması halinde ve bloktan levha kesilirken levha yüzeyinde kalan kesilmiş yarım küreler içerisinde ve arasında su kalabilir.



Grafik 2.2. EPS'nin Yoğunluğa Göre Isı İletkenliği

Yoğunluk arttıkça küreler birbirine daha sıkı yapışacağından su alma oranı gittikçe azalır. Bir yıl süreyle tamamen su içerisinde batırılmış EPS'nin (ki inşaatta böyle bir durum düşünülemez) hacimsel su alma yüzdeleri Grafik 2.3 'de verilmiştir. Verilen bu özelliklerinin dışında malzeme kapiler ve higroskopik değildir. EPS'lerin yoğunluğa göre buhar geçirimsizlikleri aşağıdaki Tablo 2.21'de verilmiştir [21].



Grafik 2.3. EPS'nin Yoğunluklarına Göre Su Alma Yüzdeleri

Tablo 2.21. EPS'nin Yoğunluğa Göre Buhar Geçirimsizliği

Yoğunluk (kg/m)	Buhar Geçirimsizliği (μ)
10	15/30
15	20/50
20	30/70
30	40/100

EPS yanıcı bir malzemedir. Ancak içine özel maddeler karıştırarak zor alev alıcı veya kendi kendilerine sönen tiplerini de elde etmek mümkündür. En çok 80-85 °C'ye kadar kullanılabilir. Kullanım sıcaklığı aralığı olarak -180 ile +100 °C değerleri verilebilir. EPS'nin kullanıldığı bir yerde bir süre sonra kendi kendine yok olduğu şeklinde gerçeğe uymayan bir inanış vardır. Aslında EPS doğru yerde ve doğru yoğunlukta, kusursuz işçilikle uygulanırsa kendi kendine yok olması gibi bir durum bahis konusu olmaz. EPS termo-plastik bir malzeme olması sebebiyle tüm plastik maddeler gibi belirli bir sıcaklıktan sonra (85 °C) yumuşamaya başlar. Bu yumuşama olayı düşük yoğunluklarda (basınca dayanıksız veya az dayanıklı) daha

belirgindir. Basınç altında kullanılmaması gereken en düşük yoğunluk olan 10 kg/m³'lük malzeme teras gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalan yerlerde kullanılırsa doğal olarak basıncın da etkisi ile yumuşar ve kalınlık kaybeder. Bu tür yerlerde yüksek yoğunlukta (20-30 kg/m³), basınca dayanımı fazla olan EPS kullanılırsa ne yumuşama ne de kalınlık kaybı meydana gelir [22]. Genleştirilmiş polistren tüm modern yalıtım malzemelerinin arasında fiyat yönünden en ucuz olanıdır. Yoğunluk oranı azaldıkça ucuzluk oranı da artmaktadır. Prensip olarak basınç gelmeyen yerlerde daha düşük yoğunluklu EPS kullanılabilirken, basınç gelen yerlerde yüksek yoğunluklu olanları kullanılmaktadır(Bkz Tablo 2.22). Yalıtım malzemelerinin yalıtım fiyatlarını karşılaştırabilmek için, malzemelerin λ_{hesap} değerlerine göre bulunacak eş değer kalınlıklar dikkate alınmalıdır [7].

Tablo 2.22. Polistrenin Karakteristik Özellikleri

Yoğunluk	13-40 kg/m ³
Isı iletkenlik katsayısı	0,035 W/mK
Basınç gerilimi	0,1-04 N/mm ²
Bükülme dayanımı	0,16-0,50 N/mm ²
Su absorpsiyon (1 yıl)	% 5,0-3,5 (hacimce)
Su buharı difüzyon direnci (μ)	20/50-40/100
Kullanılabilir ısı sınır değeri	-180°C ,+100°C arası

EPS'nin kullanım yerleri,

- Soğuk hava depoları
- Ticari buzdolapları
- Soğutma sistemli araçlar
- Dilatasyon fugaları
- Prefabrik beton elemanlar
- Teras çatılar
- İki duvar arası

- Dış duvarın içten yalıtımı
- Dıştan duvarların yalıtımı (Bkz Şekil 2.21)

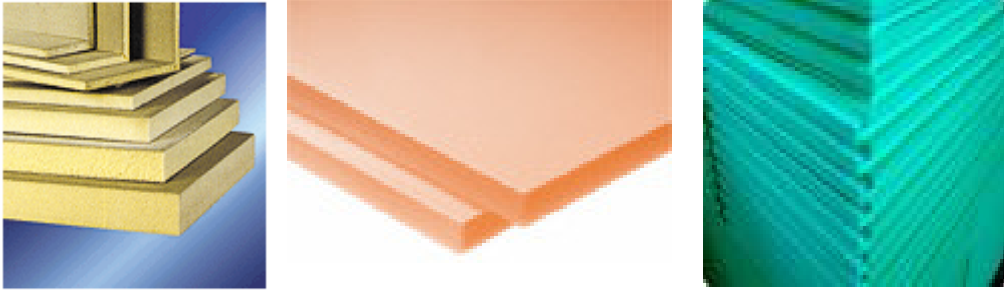
olarak sayılabilir.



Şekil 2.21. EPS'nin Uygulama Şekli

2.4.3.3. Ekstrüde polistren köpük (XPS)

Polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretilen tipidir (Bkz Şekil 2.22). Bu malzemelerin hücre yapıları ve dağılımı homojendir. Isıl iletkenlik katsayıları EPS'lere göre daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapılarının şekilleri itibariyle su alma durumları daha da azdır. Yoğunlukları $25-45 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. En önemli özelliklerinden biri basınca karşı olan mukavemetinin fazla olmasıdır. Ayrıca su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Isıl iletkenlikleri bakımından; 33 kg/m^3 yoğunluğundaki XPS için $\lambda_{\text{hesap}} = 0,026 \text{ W/mK}$ alınmalıdır. Yoğunluğun artması ile bu değer de değişir (Bkz Tablo 2.23).



Şekil 2.22. Levhalar Halinde Üretilmiş XPS Ürünler

Tablo 2.23. XPS 'lerin yoğunluğa Bağlı Olarak Isıl İletkenlik Katsayıları

Ortalama Sıcaklık (⁰ C)	Yoğunluğa Göre Isıl İletkenlik Katsayıları (W/mK)			
	28 kg/m ³	32 kg/m ³	38 kg/m ³	45 kg/m ³
10	0,025	0,026	0,027	0,028

XPS'lerin mekanik dayanımları yoğunluğa göre değişmekle birlikte şu şekilde özetlenebilir;

- 25 kg/m³ için 0,15 N/mm²
- 35 kg/m³ için 0,30 N/mm²
- 38 kg/m³ için 0,50 N/mm²

Malzeme çok sıkı kapalı gözenekli bir yapıya sahip olduğundan dolayı su alma durumu fevkalade düşüktür. Tüm yoğunluklar için su alma yüzdesi hacminin % 1'i kadardır. Bu nedenle teras çatı sistemleri için iyi bir yalıtım malzemesidir. Malzeme higroskopik veya kapiler değildir [2,13].

XPS'ler plastik esaslı olduğu için birçok kimyasal maddeye karşı duyarlıdır. Özellikle tiner gibi çözücü maddelerle ve bazı yapıştırıcılarla birlikte kullanılmamalıdır [5].

XPS'nin içinde alevlenmeyi önleyici madde vardır. Bu nedenle zor yanıcı sınıfında yer almaktadır. Nakliye, depolama ve kullanım safhalarında malzemenin yanmaz olduğu sanılıp, ateşe ve aleve karşı tedbirsiz davranılmaktadır. Keza, uzun süreli açık olarak depolamadan kaçınılmalıdır ve güneşin direkt ultraviyole ışınlarının malzeme yüzeylerini tahrip edebileceği unutulmamalıdır. 75-80 ⁰C'ye kadar rahatlıkla kullanılabilir [5].

Su buharı difüzyon direnç katsayısı yoğunluğa göre değişmektedir. En düşük yoğunluk 25 kg/m^3 için $\mu=80-150$; en yüksek yoğunluk 45 kg/m^3 için $\mu=150-220$ arasında olmaktadır [22].

Cephe kaplaması olarak, giydirme cephe de kullanılabilir. Duvarların içten ve dıştan yalıtımları ile toprak altı dış duvar yalıtımlarında kullanılabilir. Polimer esaslı ince sıva ile kullanılır. Su ve rutubetten direk olarak etkilenmez. Hatta dış duvardaki rutubeti içeri taşımayarak duvar iç yüzeyinin kurummasını sağlar. İçten yapılan yalıtımlarda malzeme üzerine alçı sıva veya alçı pano kullanılabilir. Teras çatı ve normal döşeme yalıtımında kullanılabilir [5].

Bina cephesinde kullanılırken; hava akımı, ısı yalıtım malzemesinin yüzeyini yalıtırsa, yangın güvenliği açısından kullanılması uygun değildir. Bu durumda yanmaz ısı yalıtım malzemelerini kullanmak daha uygundur. Geleneksel sıva ile aderansı zayıftır. Ses yalıtımı sağlamayacağı için ve yanıcı olduğu için bu gibi durumlarda önlem alınmadan kullanılmamalıdır. Aşağıdaki Tablo 2.24’de XPS ve EPS ‘nin karşılaştırılması gösterilmiştir [2].

Tablo 2.24. XPS ve EPS'nin Karşılaştırılması

TEKNİK ÖZELLİK	İlgili Standart	Birim	EPS		XPS	
Yoğunluk	DIN53420	Kg/m ³	25	32	25	32
Isı iletkenlik	DIN 4108	W/mK	Lab:0,034	Lab:0,034	Lab:0,028	Lab:0,027
	DIN 52612		Hes:0,040	Hes:0,040	Hes:0,032	Hes:0,032
	TS 7316	Kcal/mhC	Lab:0,029	Lab:0,027	Lab:0,024	Lab:0,023
	TS 825		Hes:0,034	Hes:0,034	Hes:0,027	Hes:0,027
Basınç Dayanımı %10 deformasyonda	DIN 53121	N/mm ² kg/cm ²	ortalama 0,14 – 1,4	ortalama 0,22 - 2,2	0,15 - 1,5	0,3 - 3
Basınç Dayanımı <%2 deformasyonda devamlı basınç altında		N/mm ² kg/cm ²	ortalama 0,028 - 0,28	ortalama 0,049 0,49	0,06 - 0,6	0,11 - 1,1
Su alma durumu (1yıl süre ile suya daldırılmış örnekte)	DIN 53428	hacim %si	4	3,5	0,1	0,1
Buhar difüzyon direnç katsayısı (kalınlığa göre değişir)	DIN 52615		30/70	40/100	80/150	100/200
Yanıcılık	DIN 4102	B1 zor alev alır. B2 normal alev alır.	B2 ve B1	B2 ve B1	B1	B1

Isıl iletkenlik (λ): Isı iletkenliği açısından XPS biraz daha avantajlıdır. Ancak EPS kalınlığı %15-20 artırılırsa (5-10 mm) aynı ısı yalıtımı sağlanır. Yalıtım malzemelerinin ısı hesaplarında hesap değeri esas alınır.

Basınç dayanımı (σ): Her iki malzemenin de basınç dayanımı çok yüksektir. XPS in basınç dayanımı daha fazla olmakla birlikte EPS de normal inşaatla karşılaşılacak yüklerden (500 kg/m²) çok daha fazlasını karşılayabilecek kapasitededir.

Su alma durumu: XPS hacmen daha az su almakla beraber, EPS 'in alabileceği su miktarının ısı iletkenliğine olumsuz etkisi fevkalade küçük olup, hesap değerinde bir değişikliğe yol açmaz. Esasen su alma deneyi 1yıl tamamen suya batırılmış örnekler üzerinden yapılmıştır. Oysa bir inşaatın 1yıl süre ile su içinde kalması pratik bir yaklaşım değildir.

Buhar difüzyon direnç katsayısı (μ): XPS in değeri daha yüksektir. Ancak aradaki fark EPS'nin kalınlığının artırılması ile veya herhangi bir buhar kesici malzemenin desteği ile kolayca kapanacak düzeydedir. Aslında buhar difüzyon olayı beklenen yapı kısımlarında her iki malzemenin de buhar dengeleyici ile takviyesi esastır.

Yanıcılık durumu: XPS sadece B1=Zor alev alıcı özelliğine sahiptir. EPS 'in ise hem B1 hem de B2 normal alev alıcı tipleri mevcuttur.

Fiyat durumu: Karşılaştırılan malzemeler arasında teknik özellik farklılıklarının çok az olmasına karşın EPS, XPS'den daha ekonomiktir. (Bkz. EK-5) [31].

2.4.3.4. 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 (Bkz Şekil 2.23). 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 2.23. Polietilen Köpük

gibi üstün özellikleri ve mekanik özellikleri ile özellikle yalıtım alanında aranan bir üründür [7]. 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.

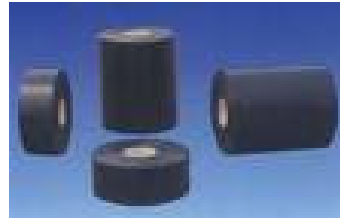
Dolgu fitili: Silindirik şekilde imal edilen, su ve ısı yalıtımında kullanılan yardımcı bir malzemedir. Derz ve dilatasyonların su yalıtımında kullanılan mastiklerin üç yanaktan yapışmasını önleyerek çatlamaması için gerekli esnekliği sağlar. -45°C 'den $+105^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kullanım sıcaklığı vardır(Bkz Şekil 2.24).

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



Şekil 2.24. 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 (Bkz. Şekil 2.25).



Şekil 2.25. 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 (Bkz. Şekil 2.26).



Şekil 2.26. 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 [19].

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 [21].

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 (Bkz Şekil 2.27). Isı yalıtımını; ısı iletkenliğinin yanı sıra ışınım yolu ile de gerçekleştirilir. Sadece dikkat edilmesi gereken konu ışınım yolu ile kaybolan ısıyı yansıtılabilmek için gerekli hava boşluğunun bırakılmasıdır.



Şekil 2.27. Her İki 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 (Bkz. Şekil 2.28). 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,
- Kanalin 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 [2].



Şekil 2.28. Kendinden Yapışkanlı Folyo Kaplı Polietilen Levhalar

2.4.3.5. PVC-polivinilchlorür-köpüğü

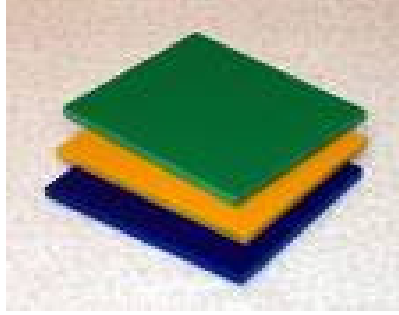
PVC köpük, polivinilchlorid esaslı termoplastik bir malzemedir ve sert, yarı sert veya yumuşak olarak üretilebilir. Gözenek yapısı ve sayısı üretim yöntemine göre değişmektedir. Yüksek basınç sistemi ile üretimde kapalı gözenekli; alçak basınç sisteminde karışık gözenekli veya açık gözenekli; basınçsız üretimde ise açık gözenekli malzeme elde edilir (Bkz. Şekil 2.29). Isıl iletkenlik katsayıları 40 kg/m^3 için $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ 'dir. PVC köpüğünün sıcaklığa bağlı ısı iletim katsayısı aşağıda Tablo 2.25'de verilmiştir [2].

Tablo 2.25. PVC'nin Sıcaklığa Bağlı Isıl İletkenlik Değerleri

Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Isıl İletkenlik Katsayıları (W/mK)
0	0,057
100	0,065
200	0,073
300	0,085
350	0,092

PVC'lerin yoğunlukları imalat şekline göre $30\text{-}300 \text{ kg/m}^3$ arasında ayarlanabilir. Yapı sektöründe $30\text{-}40 \text{ kg/m}^3$ olanı kullanılır. Sert levhalar kırılabilir olup, yumuşak

olanları elastiktir. PVC köpüğü dayanıklılığı ince kaplamalarla önemli ölçüde arttırılabilir.



Şekil 2.29. Levha Halinde Üretilmiş PVC Köpüğü

PVC malzemesi suya dayanıklılık bakımından incelendiğinde μ değerinin 40-80 olduğu anlaşılır. Kapalı gözenekli olarak üretilenler su almaz, ancak karışık ve açık gözenekli olarak üretilenler su alır. Bu malzemeler korozyona karşı dayanıklıdır. Haşarat barındırmaz. Bazı kimyasal maddelere karşı dayanımsızdır. 50-60 °C arasında yumuşamaya başlar ve bu yüzden malzemeye form verilecekse 80-90 °C'deki sıcak su yardımıyla verilmelidir. Zor yanıcıdır ve sert levhalar kolayca kesilir, delinir, raspa yapılır. PVC'ler mekanik bakımından çok dayanımlı değildir. Çekme dayanımı 1,4-2,4 kN/cm² arasındadır. Rijit malzeme ise 4-5 kN/cm² gibi yüksekçe çekme dayanım değerine sahiptir. Termoplastik bir malzeme olan PVC hemen her biçimlendirme sürecine uygundur. PVC 'in fiziksel ve kimyasal dayanımı, elektriksel yalıtma özelliği iyidir. Oksijen, ozon ve kloro karşı dirençli olmakla beraber brom, flüor, 60 °C'in üstündeki sülfat asidi ve nitrat asidi polimeri etkiler. Bunların dışında ki asitlere dayanır. Organik asitle, alkoller ve alifatik hidrokarbonlar PVC'yi etkilemez, ancak etilen diklorid, ketonlar, nitrobenzen veya tetrahidro furan malzemeyi çözer [21].

2.4.3.6. Elastomerik kauçuk köpüğü

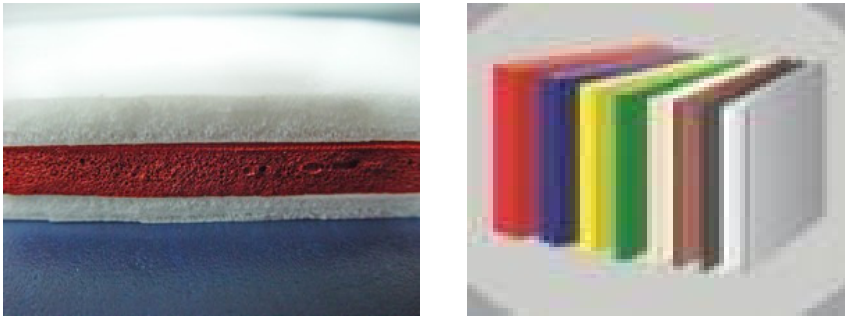
Kauçuk köpüğü esaslı elastomerik yalıtım ürünleri ülkemize 10-15 yıl önce gelmiş ve kullanımı gitgide yaygınlaşmıştır. Tamamen esnek, kapalı hücreli, genleştirilmiş siyah esnek sentetik kauçuk boru ve levhalardır (Bkz. Şekil 2.30). Bünyesindeki yüksek orandaki kauçuğun sayesinde farklı uygulama alanlarında kullanılacak

esnekliği sağlar. Sıcak borularda ısı kaybını, soğuk borularda ise ısı kazancını önemli miktarda azaltır [2].

Elastomerik kauçuk köpüğü için, kullanıldığı sıcaklığa bağlı olarak, ısı iletim katsayısı değerı aşağıdaki gibi verilmektedir;

- -20°C için $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
- 0°C için $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
- $+20^{\circ}\text{C}$ için $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$

Elastomerik kauçuk köpüğü mekanik bakımdan $60-90 \text{ kg/m}^3$ arasındaki yoğunluklarda mükemmel bir esnekliğe sahiptir. Basma mukavemeti $14-35 \text{ kN/m}^2$ (%25 deformasyon) dir.



şekil 2.30. Levha Halinde Üretilmiş Elastomerik Kauçuk Köpüğü

DIN 1988/7'de yalıtım malzemelerinin olabildiğince nötr olması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca suda çözünen klorlar, NH_3 ve NO_x 'in yalıtım malzemesi bünyesine belirtilen oranlardan fazla olmaması gerektiği istenmektedir. Kauçuk esaslı elastomerik yalıtım ürünleri DIN 1988/7 sertifikasını alabilmekte ve korozyon riski en az olan malzemeler sınıfında bulunmaktadır. Kapalı gözenekli olduğu için bünyesine pratik olarak su almaz. Elastomerik kauçuk köpüğü genel olarak, kimyasallara (yağ, madeni yağ vb.) karşı dayanıklıdır.

Bir yalıtım malzemesinde yangın anında aranması gereken temel özellikler olan tutuşabilirlik, yüzeyde alev yayılma hızı ve yangın sınıfı için BS'lara uygun sertifikasyonlar alınabilmektedir. Elastomerik kauçuk köpüğü için,

BS 476 Part 7 Class 1

BS 476 Part 5 Class P

BS 476 Part 6 Class 0

üretimleri yapılabilmektedir [2].

Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtım malzemeleri arasında; buhar geçirimsizliği en yüksek malzemelerdendir. Su buharı geçirgenliği 0,21-0,07 $\mu\text{gm/Nh}$ olup, su buharı direnç katsayısı μ 'nün değeri 3.000-10.000 arasındadır. Bu değerler, kullanılan kauçuk köpüğünün cinsine göre değişmektedir. Isı yalıtım malzemeleri arasında su buharı geçirimsizliği bakımından nitelikli bir malzeme olup, yoğunlaşma problemi olan yerlerde özellikle önerilmektedir [14].

2.4.3.7. Fenol köpüğü

Fenol köpüğü, fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddeler katılarak elde edilir. Fenol köpüğü levhaları çeşitli yoğunlukta dırlar ve sert fakat kırılğan, küçük gözenekli, yüzeyi sürtünme ile tozlaşan bir yapıdır.

Fenol köpüğü diğer termoplastik köpüklere nazaran basınca daha az dayanımlı ancak, onlardan daha fazla sıcağa dayanıklıdır. Kullanım sıcaklığı arası -180 ile $+120$ $^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yüksek sıcaklıklarda büzülür, çekme yapar. Sıcak bitümle temas halinde, büzülme oranı %1,5-2'yi bulur. Basınca dayanımı zamanla artar[2].

Fenol köpüğü kolay su alabilir, kapilerdir. Fiyat yönünden kıyaslanırsa EPS'den daha pahalıdır. Suyu batırıldığında 14 gün içinde hacminin %9'u kadar su alır. Havadan aldığı su ise hacminin en fazla %7'si kadardır. Açık gözeneklerin çokluğu nedeniyle su buharı difüzyon direnç faktörü oldukça düşüktür.

Fenol köpüğü, haşarat barındırmaz, küflenmez. Bir çok kimyasal maddeye dayanmakla beraber potasyum ve südkostike karşı, bir anlamda yoğun asitlere karşı dayanıksızdır. Metalleri korozyona uğratabilir [19].

2.4.3.8. Melamin köpüğü

Melamin köpüğü yüksek ses yutuculuğu ve mükemmel ısı yalıtım özelliğine sahip bir malzemedir. Hafif ve kolay uygulanabilmesi, dekoratifliği ile günümüzde bu alanda yaygın kullanımı olan bir malzemedir. Lif ve elyaf erozyonu yoktur. Dekoratif ve estetikdir. Çeşitli tip ve boyutlarda piyasaya sunulmaktadır (Bkz. Şekil 2.31). Melamin köpüğünün başlıca teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [2,21];



Yoğunluğu	: 11 kg/m ³
Isıl İletkenlik Katsayısı	: 0,034 W/mK
Ses Yutma Sayısı	: 0,30-1,20
Kullanım Sıcaklığı	: -60 °C ile +150 °C
Yangın sınıfı	: Class 0 (BS 476, Part 6-7)

Şekil 2.31. Melamin Köpüğü Blokları

2.4.4. 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 aşabilmek için, aşağıdaki teknolojilerin esas alındığı yeni teknikler geliştirilmiştir. Bu yeni tekniklerin gelişmesinde diğer etmen de malzemedan 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 vadede 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 alışlagelmiş yalıtım malzemelerine göre 5-10 kat daha ince yalıtım kalınlıkları ile istenen sonuçlara ulaşılabildiğini göstermiştir.

Pazar araştırmaları, yüksek performanslı yalıtım uygulamaları için büyük bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Bu ürünlerin başarılı olarak kullanılabileceği 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 aşağıda incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Buna göre:

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

Alışlagelmiş 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

2.4.4.1. 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 arojeller günümüzde dünyada en hafifi katı madde olarak kabul edilmektedir (Bkz. Şekil 2.34).

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



Şekil 2.32. İçinde Çok Küçük ve Milyonlarca Boşluk Bulunduran Dünyanın Varolan 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 aerojeller incelendiğinde, gözeneklerin çok küçük olması sebebiyle, gazdaki iletimin 0,005-0,010 W/mK değerine düştüğü görülür.

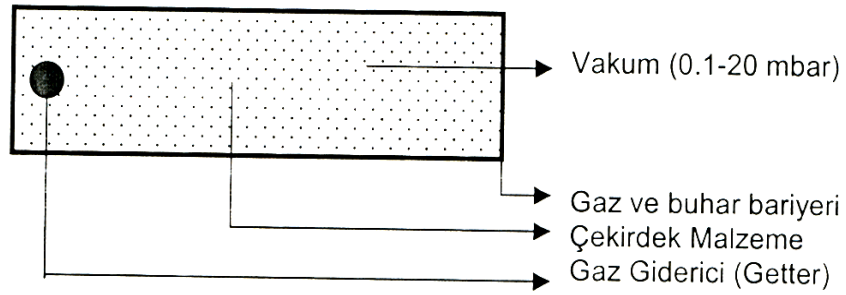
Aerajellerin doğal opak yapısı nedeniyle ışıma etkisi de azalmakta, Isıl Prosesten Geçirilmiş Silika (Fumed Silica) ürünlerde bunu sağlayabilmek için opaklık sağlayan katkıları ilave edilmektedir. Sonuç olarak; silika aerajel ürünlerin ısı iletim katsayıları 0,020 W/mK değerinin altında kalmaktadır [25].

2.4.4.2. 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 (Bkz. Şekil 2.33). Havanın boşaltılması sonucu vakum panellerde 0,005 W/mK değerinin altında ısı

iletim katsayılarına ulaşılabilir. Bu tür paneller birçok yerde uygulama alanı bulmuştur (Bkz. Tablo 2.26).



Şekil 2.33. Vakumlanmış Panellerin Yapısı

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

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

Tablo 2.26. 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	Fırınlr
		Mikro Dalga Fırınlr

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 aşılmasına

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 oluşu 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.

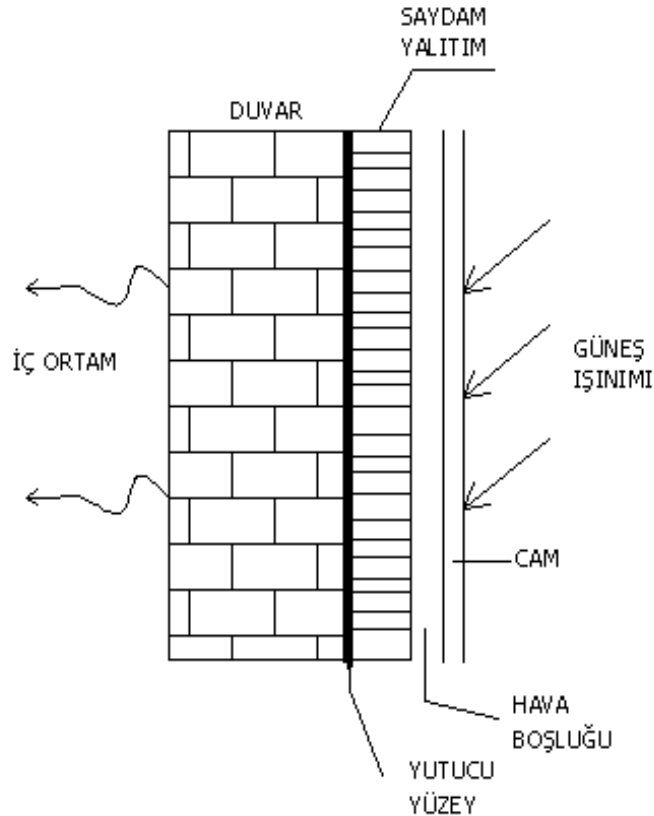
Arazi maliyeti bakımından az Enerji Tüketen Yapılarda (Avrupa’daki Pasif Standartlarda), alışlagelmiş yalıtımın hacmi, toplam yapı hacminin %30’una ulaşmaktadır. Dolayısıyla, yapı için gerekli zemin alanı artacaktır. Bu durumda, Vakum Panel ile yalıtım yapılması halinde; kapalı alan ve bahçe olarak hemen 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 [25,26].

2.4.4.3. Saydam ısı yalıtım malzemeleri

Saydam ısı yalıtım malzemeleri; ısı kaybını azaltırken aynı zamanda ısı kazancını da sağlayan, yüksek güneş ısınımı geçirgenliği ve iyi yalıtım özelliklerine sahip saydam veya yarı saydam malzemeler olarak adlandırılmaktadır (Bkz. Şekil 2.34). Bu tür malzemeler güneş ışınlarının en az %40’ını geçirerek masif duvara iletirler. Şekilde saydam yalıtım malzemelerinin bir uygulaması yer almaktadır. Güneş ısınımı 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.



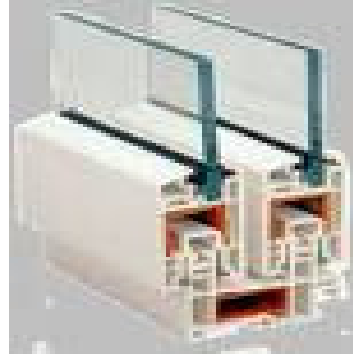
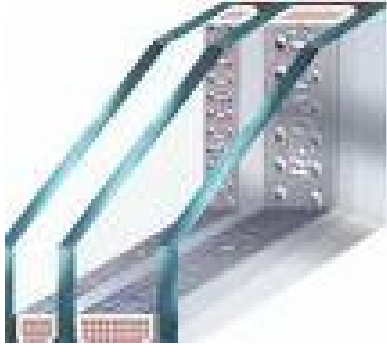
Şekil 2.34. Saydam Yalıtım Malzemesi Kullanılmış Dış Duvar Kesiti Örneği

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.

Termocamlar (İzocamlar), literatürde pek de bilimsel olmayan çok levhalı izolasyon camları olarak adlandırılır. Isıcının amacı, ısı geçişini azaltarak soğuk iklim şartlarında pencerelerden ısı kaybına yol açan etkileri ortadan kaldırmaktır (Bkz. Şekil 2.35). Tabaka mesafeleri oldukça düşük olmasına rağmen bu camların ısı yalıtım değeri iki camlı bir ahşap kasalı veya bitişik ahşap kasalı pencereden daha düşüktür.



Şekil 2.35. İki ve Üç Katlı Isıcam

Isıcamlar iki kalın cam levha veya kristal ayna camı levhadan imal edilir. Aradaki hava boşluğu kuru hava ve nem emici kimyasal maddelerle doldurulmuş ve sızdırmaz şekilde kapatılmıştır. Cam kenarlarını sızdırmaz hale getirmek için çeşitli olanaklar mevcuttur. Bunun için metal bağlantılar veya plastik bağlantılar kullanılabilir. Cam kenarlarının eritilerek kaynak yapılması da bir çözüm yoludur. Zamanla çerçevelerin sızdırmazlık özelliğini kaybetmesi halinde aradaki boşluğa hava ve su buharı sızar ve dış levhada iç tarafa doğru bir tabaka meydana gelir. Bu puslanma temizlik vs. ile giderilemez.

Dış camlardan ısı geçişi ısı ve yakıt ekonomisi problemi olduğundan başka sıhhi açıdan da sorun oluşturur. Odanın rahatlık derecesi odayı oluşturan yüzeylerin sıcaklığına bağlıdır. Pencerenin yalıtım değeri ne kadar az olursa, odadaki soğuk ışığa da o derecede hissedilir.

Çok soğuk bölgelerde iki normal cam levha yerine bir çift ısıcam kullanılması önemli bir yarar sağlamaz. Bu durumda ya iki adet ısı cam ya da üç levhadan oluşan ısı camlar tercih edilmesi uygun olur (Bkz. Tablo 2.27) [20,25,27].

Tablo 2.27. Isıcam Malzemesinin Teknik Özellikleri

Camın kalınlığı		Ara Boşluk	Isı geçirgenliği
Dış cam	İç cam		
6 mm	6 mm	Hava ile dolu	2.7 W/m ² K
6 mm	6 mm	Argon ile dolu	2.4 W/m ² K

2.4.4.4. 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 (Bkz. Şekil 2.36).



Şekil 2.36. 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 boyaları 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 [12].

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 taşıyıcı ve yoğunluğu 60-70 kg/m³ arasında değişen camyünü izolasyon tabakası kullanılan panellerdir.

Mineral yün, dolgu panelin içine, birbirine göre şaşırtılmış eklerle yerleştirilmektedir. Taş 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 2.28'da taş yünü izolasyonlu metal sandviç panellerin yapı fiziği değerleri verilmektedir [30].

Tablo 2.28. Taş yünü İzolasyonlu Metal Sandviç Panellerin Yapı Fiziği Değerleri

Panel Kalınlığı (mm)	λ Değeri (W/m K)	Yangın Dayanımı (DIN4102-TSE 263)	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 ısıl 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 (Bkz. Şekil 2.37).



Şekil 2.37. 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 boya ile boyanmaktadır [26].

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 [26].

2.5. Isı Yalıtımında Kullanılan Yardımcı Malzemeler

Yapılarda ısı yalıtımı işlemlerinde, ısı yalıtımı görevi gören malzemelerin yanı sıra bu malzemelerin söz konusu bölgeye uygulanması sırasında yapıştırıcılar, dübeller, sıva donatı filesi, yalıtım levhası sıvası, köşe profili, su basman profili, son kat dekoratif kaplama gibi yardımcı malzemeler kullanılır[31].

2.5.1. Yapıştırıcılar

Isı yalıtım levhalarının düşey veya yatay yüzeylere yapıştırılması amacı ile kullanılan organik polimer katkılı, mala ile uygulanan çimento (mineral) esaslı ısı yalıtım levhası harcıdır (Bkz. Şekil 2.38). Mineral esaslı yapıştırıcının uygun olmadığı durumlarda uygulama yüzeyleri üzerine sistem üreticisinin tavsiyesine bağlı olarak akrilik esaslı veya çimento-akrilik esaslı yapıştırıcı kullanılmalıdır.



Şekil 2.38. Isı Yalıtım Levhalarının Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırma Harcı

Yapıştırıcı olarak genelsel harç veya fayans yapıştırıcısı kullanılmamalıdır. Yapıştırıcının ısı yalıtım levhalarına ve uygulama yüzeylerine yapışma dayanımı minimum 80 kPa olmalıdır [30].

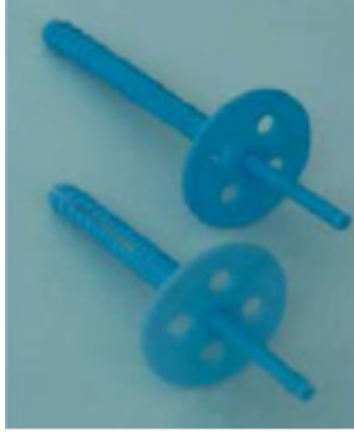
2.5.2. Dübeller

Isı yalıtım plakalarının gazbeton, beton, tuğla gibi yüzeylere montajında kullanılır. Böylece yalıtım yapılan cephedeki rüzgar ve türbülans etkilerini azaltır. Kaliteli dübel seçimi sistem açısından çok önemlidir. Yalıtım levhalarını uygulama yüzeyine mekanik olarak tespit etmek için kullanılan, geri dönüşüme uğramamış plastikten mamul veya tercihen polyamit esaslı, geniş başlıklı, minimum 0,20 kN çekme dayanımına sahip mekanik tespit elemanıdır. Standart bir uygulamada kullanılacak dübel adedi; 6 dübel/m² olarak kabul edilse de cephe yüksekliği ve çevre şartları metrekare başına kullanılacak dübel sayısını etkiler. Sağlıklı bir uygulama için dübellerin duvara en az 2 cm girmesi gereklidir. Dübeller levhalara uygulanırken levha yüzeyine tam oturması için havşa başları kullanılır (Bkz. Şekil 2.39).



Şekil 2.39. Dübelleme İşleminde Kullanılan Havşa Başları

Dübellerin tutunacağı arka yüzeyin (beton, gazbeton, tuğla, bims gibi malzemelere göre) gerekli tutunmayı sağlaması için, mutlaka sistem üreticisi firmaların görüşüne başvurulmalı, yüzeye göre plastik veya çelik çivili dübeller tercih edilmeli ve çelik çivilerin başlıkları ısı köprüsü oluşumunu önleyecek biçimde yalıtılmış olmalıdır (Bkz. Şekil 2.40).



(a)



(b)



(c)



(d)

- a. Uygulaması Kolay Normal Sertlikteki Yüzeyler İçin Standart Dübel
- b. Betonarme vb. Sert Yüzeyler İçin Çelik Çivili Dübel
- c. Ahşap Yüzeyler İçin Vidalı Dübel
- d. Gazbeton Yüzeyler İçin Standart Dübel

Şekil 2.42. Uygulama Yüzeylerine Göre Dübel Çeşitleri

2.5.3. Sıva donatı filesi

Sıva filesi; ısı yalıtım levhalarının üzerine kaplanan sıvada oluşacak çekme gerilmelerini karşılamak ve çatlamasını önlemek amacı ile kullanılır (Bkz. Şekil 2.41). Örgü gözü, yani diğer adıyla mesh aralığı boyutları 3.5x3.5, 4x4 veya 5x5

olan, alkali ortama dayanıklı, 145-160 gr/m² ağırlıkta cam elyaf esaslı tekstil malzemesidir. Sıva donatı filesinin çekme mukavemeti en az 1500 N/ 5 cm olmalı, yaşlandırma prosesinde agresif ortamdaki çekme gerilmesi; ilk çekme gerilmesi değerinin %50'sinden büyük olmalıdır. Yüksek darbe dayanımı gereken yüzeylerde en az 340 gr/m² ağırlığındaki donatı fileleri kullanımı tavsiye edilir [22].



Şekil 2.41. Donatı Filesı

2.5.4. Yalıtım levhası sıvası

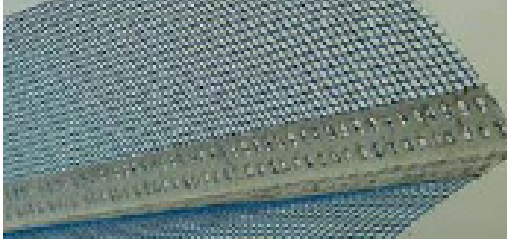
Isı yalıtım levhaları üzerine uygulanan ve ilk kat uygulamadan sonra içine sıva donatı filesi yerleştirilerek bir kat sıva ile sıvanarak tamamlanan organik polimer katkılı sıva malzemesidir (Bkz. Şekil 2.42). Yapıştırma harcı eğer üretici tarafından önerilmişse bu amaçla da kullanılabilir. Sıva, sentetik katkılarla kalitesi artırılmış, ıslak halde uzun işlenebilme süresi olan, priz aldıktan sonra yağmur darbelerine, donma çözünme döngülerine dayanıklı, su ile karıştırılarak hazırlanan çimento bazlı olmalıdır. Çatlama riskinin yüksek olduğu yerlerde, üreticinin tavsiyesine göre, akrilik esaslı veya çimento-akrilik yapıştırıcı kullanılmalıdır. Yalıtım levhası sıvanın yapışma dayanımı en az 80 kPa olmalıdır [22,30].



Şekil 2.42. Isı Yalıtım Levhalarının Dış Katmanına Uygulanan Siva Harcı

2.5.5. Köşe profili

Bina köşeleri ve pencere kenarlarındaki dış köşeleri mekanik etkilerden korumak ve düzgün köşeler elde etmek için plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafı donatı filesi takviyeli veya takviyesiz, alkali ortama dayanıklı köşe profilleridir (Bkz. Şekil 2.43). Balkon, çıkma gibi bölümlerde yağmur vb. su akıntılarının yapı yüzeyine zarar vermeden uzaklaştırılmasında, plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafı donatı filesi takviyeli veya takviyesiz damlalıklı köşe profilleri kullanılır [23,30].



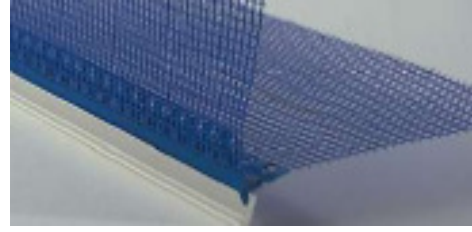
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

- a. Dış Etkilerden En Kolay Etkilenen Zayıf Bölgelerin Güçlendirilmesinde Kullanılan Fileli PVC Profil
- b. Dış Etkilerden En Kolay Etkilenen Zayıf Bölgelerin Güçlendirilmesinde Kullanılan Alüminyum Profil
- c. Çıkmalarda Cephenin Sudan Korunması Amacıyla Kullanılan Alüminyum Profil
- d. Çıkmalarda Cephenin Sudan Korunması Amacıyla Kullanılan Fileli PVC Profil
- e. Mevcut Yapılarda Mantolama Uygulamasında, Eski Denizliğin İşlevini Yitirmesi Nedeniyle Kullanılan Alüminyum Profil

Şekil 2.45. Isı Yalıtımında Kullanılan Profil Çeşitleri

2.5.6. Su basman profili

Isı yalıtım levhaların başladığı seviyede sistemi yağmur ve rüzgar gibi mekanik ve dış etkilerden korumak, sıva uygulamasında master görevi görmek amacıyla kullanılan ve başlangıç seviyesinde mekanik olarak tespit edilen alüminyum veya galvanize sacdan yapılmış referans profildir (Bkz. Şekil 2.44) [28].



Şekil 2.44. Su Basman Profili

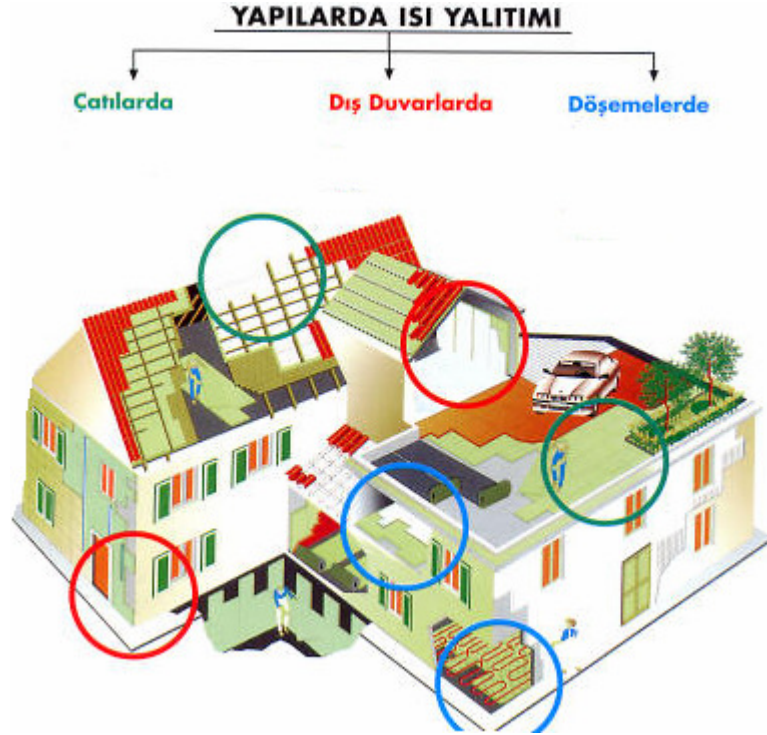
Su basman profili kullanarak ısı yalıtım malzemesinin profil içine düzgün olarak oturtulması ve düzgün hat oluşturulması sağlanır.

2.5.7. Son kat dekoratif kaplama

Yalıtım levhası sıvasının üzerine dekoratif ve dış etkilere karşı sistemi koruma amaçlı uygulanan TSE veya TSEK belgeli çimento, akrilik veya silikon esaslı cephe kaplama malzemeleridir. Solvent kaplı cephe kaplama malzemeleri kullanılmamalıdır. Dekoratif kaplamaların renklendirme veya yenileme amacı ile boyanması durumunda TS 5808'e uygun, solvent içermeyen dış cephe boyası kullanılmalıdır [30].

BÖLÜM 3. ISI YALITIMI İŞLEMLERİNİN BİNALARDA UYGULANMASI

Günümüzde, binaların ısı yalıtımı uygulamalarında birçok çözümlerle karşılaşılır. Kullanım yeri ve amacına bağlı olarak, çeşitli malzemelerle oluşturulan farklı detaylar, avantaj ve dezavantajlarına göre tercih edilmektedir. Binalar farklı yapı elemanlarının bir araya gelmesiyle oluşan bir bütündür (Bkz. Şekil 3.1).

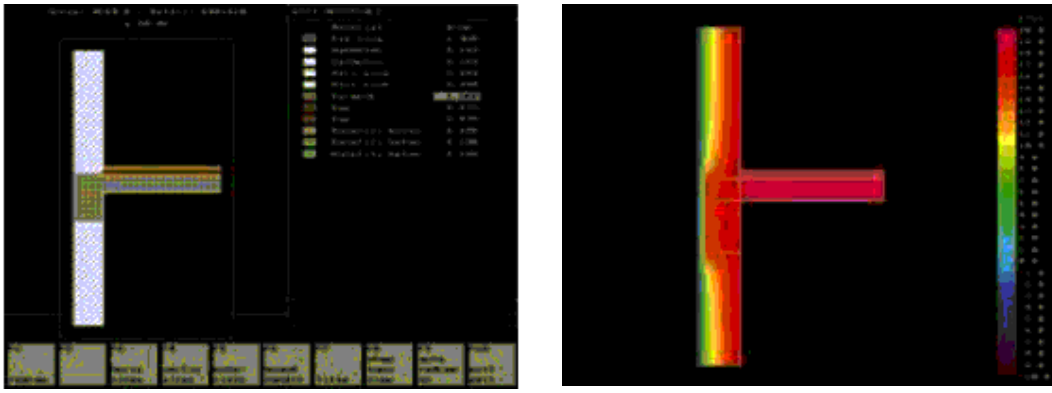


Şekil 3.1. Binalarda Isı Kaybının Yaşandığı ve Isı Yalıtımının Yapılması Gereken Bölgeler

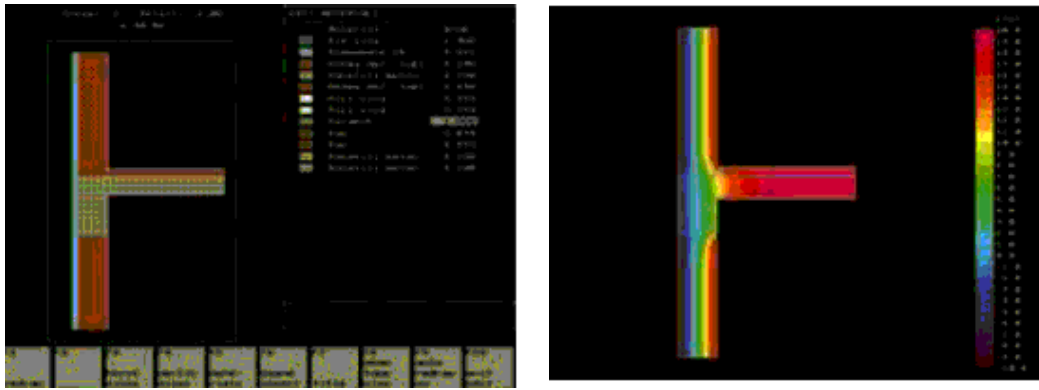
Duvar elemanları, kolonlar, kirişler, pencereler vb. Bunların birinin dahi eksikliği, bütününe oluşmasına engel olmaktadır. Benzer şekilde, binalarımızı yalıtırken de binamızın bir bütün olduğu anlayışına aykırı bir davranış, derhal kendini göstermekte ve problemler ardı ardına devam etmektedir. Her şeyden önce ısı yalıtım sistemi binaya bir defaya mahsus ve karşılık beklenecek şekilde yapılan bir yatırım olmasından dolayı önemli maliyetler gerektirir. Bundan dolayı yatırımın boşa gitmemesi için

uygulama profesyonelce yapılmalıdır. Isı yalıtım malzemelerinin bölge ve yıllık ısı farkı göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekir.

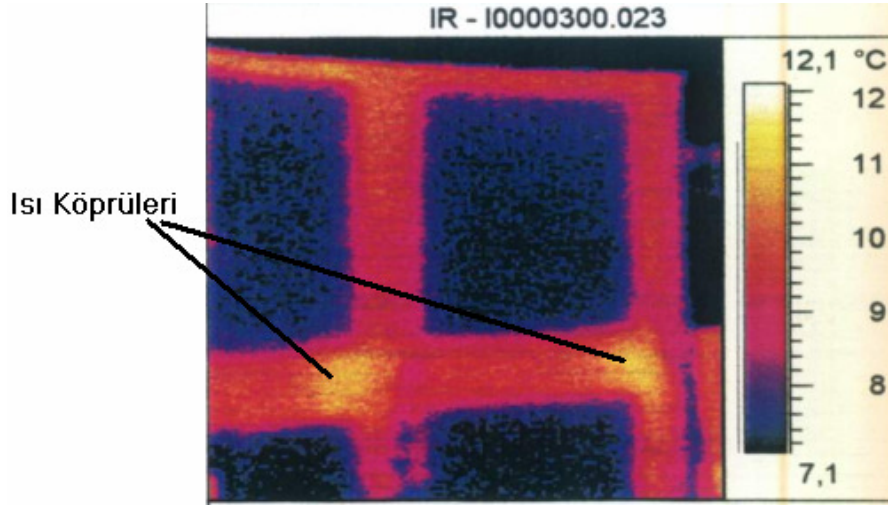
Binaların yalıtılmasında en önemli amaç ısı köprülerinin oluşmasına engel olmaktır. Isı köprüsü, yapılarda iç yüzey sıcaklığı ile dış yüzey sıcaklığının farklı olmasından dolayı ısının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama hareket etmesi sırasında izlediği yoldur. Isı köprülerine diğer bir deyişle 'Isı Yalıtım Zırhındaki Delikler' denilebilir ki bu deliklerde meydana gelen ısı kaybı kimi zaman %20-50 değerlerine çıkmaktadır (Bkz. Şekil 3.2 - 3.3 - 3.4) [13].



Şekil 3.2. Dış Yalıtımı Yapılmamış Duvar (Meydana Gelen Isı Köprüleri)



Şekil 3.3. Dış Yalıtım İşlemi Yapılmış Duvar (Isı Köprüleri Oluşumu Engellenmiş)



Şekil 3.4. Yapılarda Isı Köprüleri Kolon-Kiriş-Taban-Tavan Bağlantı Bölgelerinde Oluşur

Binalarda ısı köprüleri oluşumunun önüne geçilmemesi halinde duvar-kiriş-tavan birleşim bölgelerinde yoğuşma olma riski mevcut olmakla birlikte oluşan neme bağlı olarak küflenme, çatlama ve konfor şartlarının ortadan kalkması gibi durumlar meydana gelir. Ayrıca söz konusu bölgenin soğuk tarafında korozyona uğrama meydana gelir. Isıtılan mekanda ısı kaynağının kesilmesine müteakip çok hızlı bir soğuma meydana gelir.

Binaların ve yapıların yalıtılmasında bir çok yöntem mevcut olmakla birlikte hangi yöntemin ve malzemenin en iyisi olacağı konusunda; yapının yüksekliği, konumu (kuzeye bakan duvarlar, bitişik yapılar, günlük güneşlenme miktarı vb...) ve ısıtılacak bölgeden istenen konfor şartları rehberlik eder.

Çatı, taşıyıcı sistem, dış duvarlar ve temel bir binanın temel elemanlarıdır. Binanın ömrünün uzun olması ve içinde uygun konfor şartlarının sağlanabilmesi için bu ana elemanların çok iyi bir biçimde yalıtılması gereklidir. Bu nedenle binaların ısı yalıtımı, 'Çatılarda Isı Yalıtımı, Duvarlarda Isı Yalıtımı, Döşemelerde Isı Yalıtımı' olarak ele alınıp uygulanır. [22]

3.1. Çatılarda Isı Yalıtımı

Konutlarda toplam ısı kaybının %25'nin yaşandığı çatılarda ısı yalıtımı 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 uluslararası 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 [12,28].

3.1.1. Oturtma çatılarda, çatı arasına çatı şiltesi serilmesi

Oturtma çatılar, genellikle bir beton döşeme üzerine oturtulan, üstü kiremit v.s. gibi bir örtü ile kaplı olan ve çatı arası boşluğu bulunan çatılardır. Yurdumuzdaki çatılar genellikle bu şekildedir. Çatı meylinin % 33 olması yüzünden çatı arası boşluğu değerlendirilemez.

Çatı arasında su deposu, eski eşyalar v.s. bulunabilir. Bu tip çatılarda yalıtım uygulaması fevkalade kolay olup, çatı arasındaki beton döşeme üzerine yalıtım malzemesi ruloları yan yana gelecek şekilde serilir. Dikmelerin isabet ettiği yerler bıçakla oyulur ve ruloların düzgün bir şekilde serilmesi temin edilmiş olur.

Çatı şiltesinin alt ve üstüne naylon v.s. gibi bir malzeme koymak şart değildir. Hatta Çatı şiltesinin üzerinin naylon gibi buhar geçirmeyen bir malzemeyle örtmek hatalıdır. Mutlaka toz v.s. den korumak için bir malzeme ile örtmek istenirse, o takdirde seçilen malzemenin buhar geçiren bir malzeme olmasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla cam yününün, dış kısmı buhar geçirgenlik özelliğine sahip cam tülü kaplanarak uygulanır [28].

Birçok kullanıcı kiremitlerin su akıtması halinde çatı şiltesine zarar verip vermeyeceğini sormaktadır. Muhakkak ki çatı örtüsünün su akıtmaması esastır. Buna rağmen bazı çatı örtüsünden, malzeme ve işçilik hataları nedeniyle yağmur suyu aktığı görülmektedir. Diğer taraftan su, ısıyı havadan 25 kat fazla geçiren bir malzemedir. Bu sebepten ısı yalıtım görevi yapacak olan çatı şiltesinin her ne suretle olursa olsun ıslanmaması esastır. Eğer ıslanma, geçici bir müddet içinse önemli sayılmaz. Fakat ıslanma devamlı oluyor ve çatının büyük bir kısmını kapsıyorsa bu takdirde mutlak surette çatı örtüsünün su geçirmeyecek şekilde sokulması gerekir. Buna rağmen ıslanmış olan çatı şiltesinin kuruma esnasında gözenekleri arasına girmiş olan su buharlaşıp uçar ve yalıtım malzemesi eski ısı yalıtım görevini yeniden yapar. Çatı arasına çatı şiltesi sererken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da şudur; çatı arasında su deposu, TV anteni gibi tamir veya bakım maksadıyla seyrek de olsa zaman zaman çıkılıp gözden geçirilen yerler bulunabilir. Bu tesislere bakan teknisyenlerin çatı şiltesinin üzerinden yürüyüp parçalamaması için çatıya çıkış deliğinden su deposuna veya antene kadar takozlar üzerine oturan bir kalas koyup bunun üzerinden yürünmesi daha doğru olur [13].

3.1.2. Oturtma çatı tipinde, gezilebilen çatı arasına yalıtım malzemesi tatbikatı

Türkiye'deki çatı meyli müsaadesi genellikle çatı aralarının iskan edilmeleri ve devamlı kullanılmaları için elverişli değildir. Buna rağmen bazı yerlerde çatılar daha dik yapılar çatı araları depo v.s. olarak kullanılabilir hale getirilmektedir. Çatı arasının eşya v.s, koymak için devamlı kullanılmak istendiğinde rulo çatı şiltesi yerine sert yalıtım levhaları kullanılır.

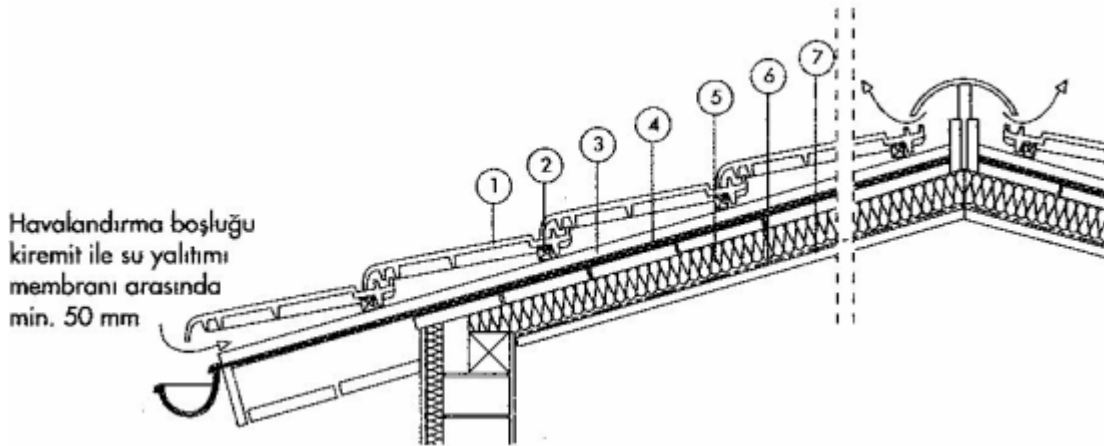
Uygulama şöyle olur; mevcut beton zeminin üstü düz bir satıh meydana gelecek şekilde harç v.s. artıklarından temizlenir. Eğer bu artıklar kazınıp temizlenmeyecek kadar çoksa o zaman beton üzerine 1-2 cm kalınlıkta düzgünlüğü temin edecek kadar mala perdahlı ince bir şap yapılır. Bu şap kuruduktan sonra üzerine 1 kat naylon veya bitümlü pestil serilir ve gerekli kalınlıkta ve yüksek yoğunlukta taş yünü veya camyünü levhalar döşenir. Yalıtım malzemesinin üstüne tekrar 1 kat naylon v.b. konulur ve en az 5 cm kalınlığında yüksek dozlu şap yapılır. Arzu edilirse şapın üstü

herhangi bir döşeme malzemesiyle kaplanır. Aynı detay benzer şekilde alta bir buhar kesici malzeme konularak XPS levhaların üzerine tatbiki ve en az 5 cm şap kaplanması ile de uygulanabilir [13].

3.1.3. Çatı meyli hizasında yalıtım uygulaması

3.1.3.1. Mertek aralarında yalıtım uygulaması

Bazı yapılarda, özellikle yazlık villa gibi binalarda çatı meyli hizasında mertek aralarında ısı yalıtımı yapılması istenir. Bu gibi yerlerde camyünün üst kısmının alüminyum folyo kaplanması ile elde edilen kompozit yapı uygulanır ve şiltenin her iki tarafında 5'er cm.lik kanatlar mevcuttur. Malzeme, alüminyum folyo içe gelecek şekilde (sıcak tarafa) merteklerin arasına yerleştirilir ve bu kanatlardan merteklere tutturulur. Malzemenin üzeri daha sonra lambiri v.s. gibi kaplama malzemeleriyle kaplanabilir. Kaplama malzemesiyle alüminyum folyo arasında 1-2 cm bırakılırsa yalıtım malzemesinden daha iyi sonuç alınır (Bkz. Şekil3.5) [7,13,18].

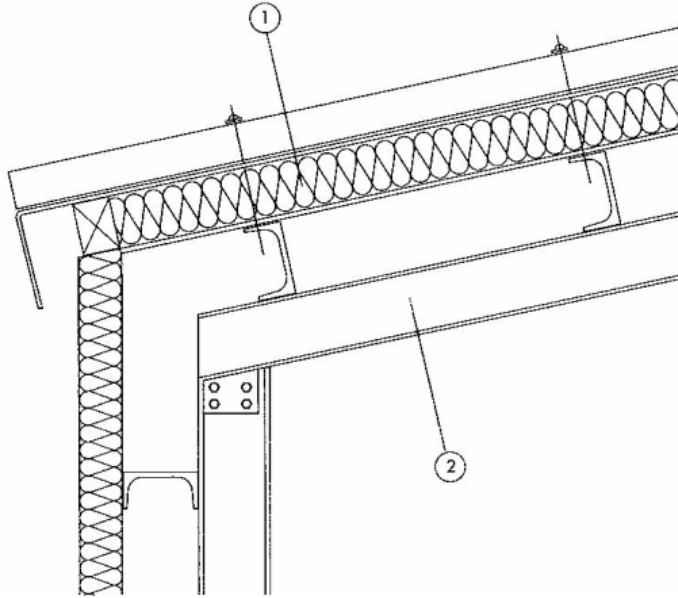


1. Kiremit
2. Kiremit Tespit Çıtası
3. Çatı Tahtası
4. Nefes Alan Su Yalıtım Membranı
5. Mertek Arası Isı Yalıtımı
6. Buhar Kesici
7. Tavan Kaplaması

Şekil 3.5. Mertek Arası Yalıtım Uygulaması

3.1.4.1. Hazır paneller

Başka yerde hazırlanmış yalıtımlı paneller konstrüksiyon üzerine konularak monte edilir. İşçiliğin kolay olması dolayısıyla tercih edilen bu sistemlerin bir sakıncası, panellerin eklerinin ısı köprüleri yapmasıdır. Özellikle tekstil sektörü gibi yüksek nem oranı gerektiren iç mekanlarda bu sistemin kullanılması sonucu panellerin ek yerlerinde yoğuşma görülmektedir. Bundan kaçınmak için aşağıda bahsedilen sistemler tercih edilmelidir. Daha önceden yapılmış ve yoğuşma görülen çatılarda da uygun bir buhar kesici serildikten sonra üzerine yine aşağıda anlatılan yerinde uygulamalı sistemler tatbik edilmelidir (Bkz. Şekil 3.7).



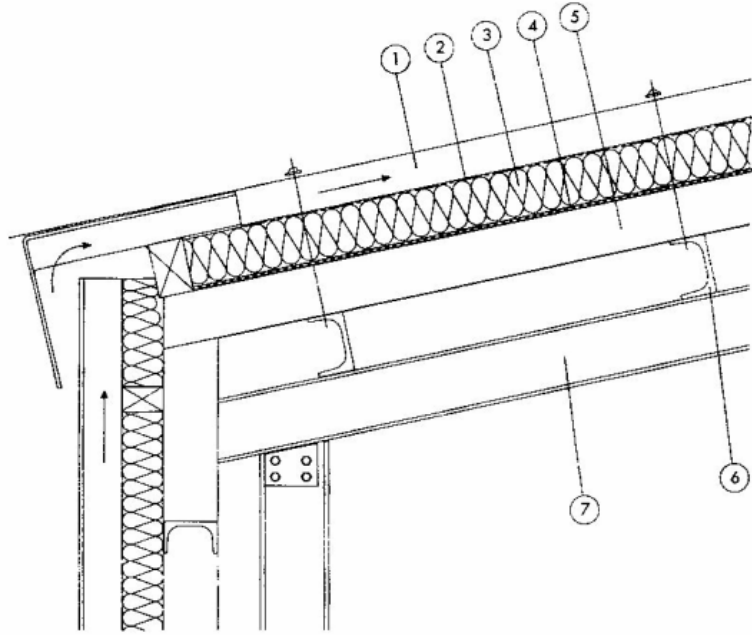
1. Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Panel
2. Taşıyıcı Sistem

Şekil 3.7. Isı Yalıtımlı Hazır Sandviç Çatı Yalıtımı

3.1.4.2. Yerinde uygulamalı sandviç sistemler

Burada konstrüksiyon üzerine 1 kat alüminyum veya boyalı sac levha veya benzeri bir taşıyıcı levha döşenir. Bunun üzerine buhar kesici tabaka serilir. Alt katman üzerine mesafe tutucular yerleştirilerek yalıtım malzemesi döşenir. Son olarak üst

katman bu mesafe tutuculara monte edilir. Burada dikkat edilecek nokta, kullanılacak mesafe tutucularının ısı köprülerini önleyecek veya en düşük seviyelerde tutacak malzemelerden seçilmesi olmalıdır. Yurtdışı uygulamalarda sıkça rastlanıldığı gibi, yalıtım malzemesinin taşıyıcı nitelikte olması ve profilin buna geçirilerek montajı tercih edilmelidir (Bkz. Şekil 3.8) [13,30].



1. Metal Çatı Örtüsü
2. Nefes Alan Su Yalıtımı Membranı
3. Metal veya Ahşap Kadranlar Arası Isı Yalıtımı
4. Buhar Kesici Membran
5. Trapez Metal Çatı
6. Metal Aşık
7. Taşıyıcı Sistem

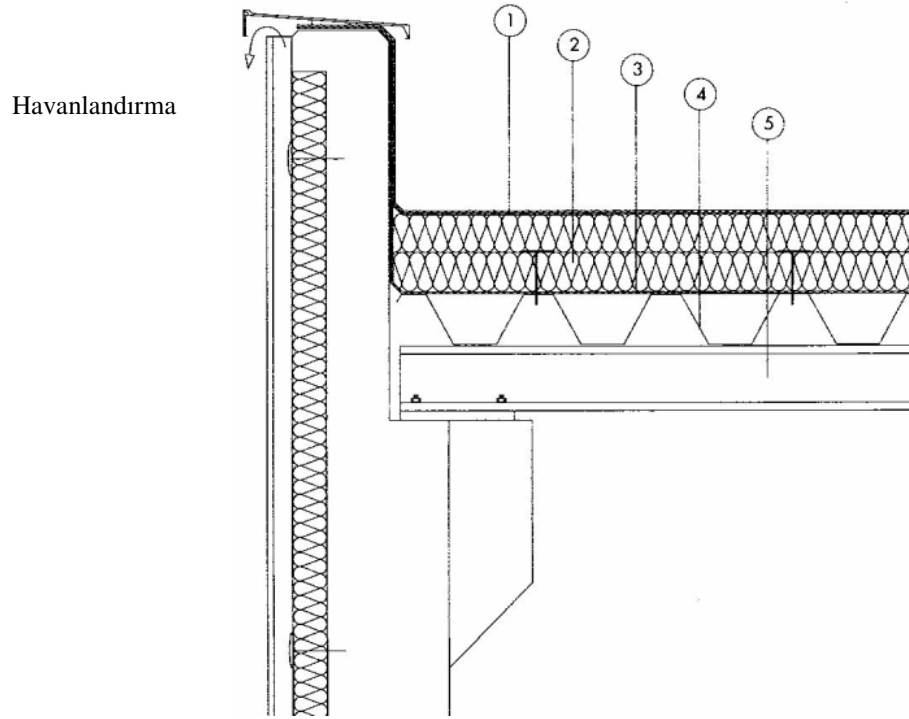
Şekil 3.8. Yerinde Montaj Sandviç Çatı Isı Yalıtımı

3.1.4.3. Düşük eğimli metal çatılar

Bu sistemde konstrüksiyon üzerine konulan taşıyıcı levhanın üst kısmına buhar kesici serilerek, yüksek yoğunlukta taş yünü levhalar özel başlıklı vidalar ile levhaya tutturulur. Eğer su yalıtımı, bitümlü membran malzeme ile yapılacaksa taş yünüün üst katmanının bitüm kaplı olması tercih edilir. Bitüm kaplı taş yünü üzerine su yalıtımının ilk katmanı tamamen veya noktasal olarak yapıştırılarak, ikinci katman

olarak arduvaz kaplı membran uygulanır.

Eğer su yalıtımı için PVC esaslı bir malzeme ile kaplanacaksa çıplak taş yünü tercih edilebilir. Her iki uygulamada da çatı eğiminin su akışına uygun olmasına dikkat edilmelidir (Bkz. Şekil 3.9) [13,28].



1. Mineral Kaplı Su Yalıtımı
2. Isı Yalıtımı
3. Buhar Kesici
4. Trapez Metal Örtü
5. Taşıyıcı Sistem

Şekil 3.9. Düşük Eğimli Metal Çatı Yalıtımı

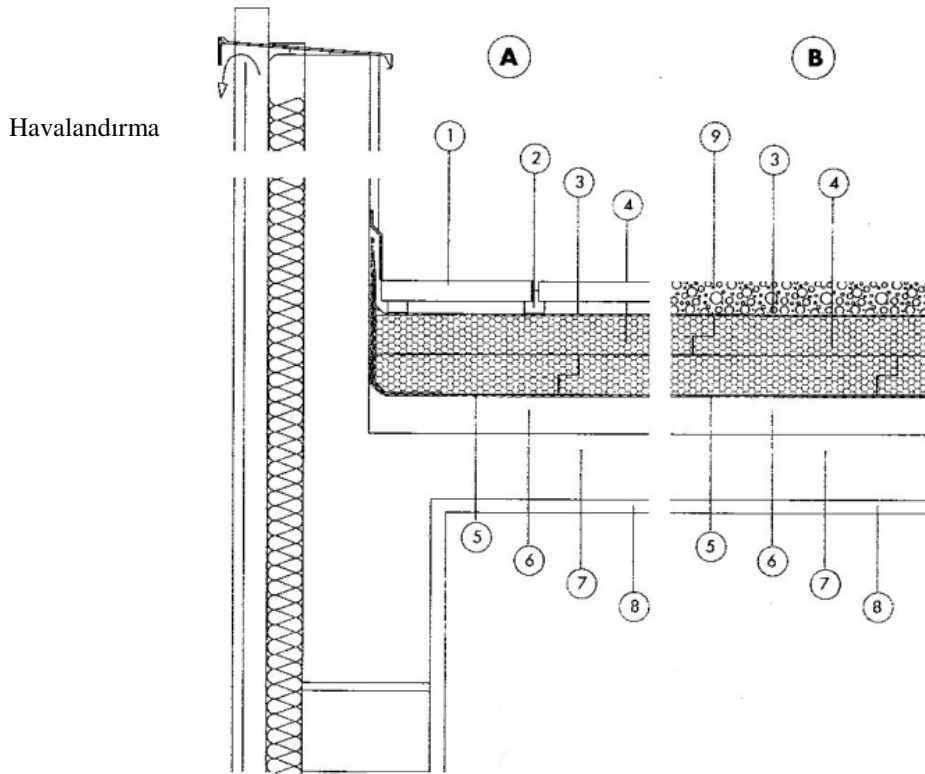
3.1.5. Teras çatılar

3.1.5.1. Üzerinde gezilmeyen teras çatılar

Bu çatı sisteminde, genellikle taşıyıcı bir beton çatı plağı üzerine ısı ve su yalıtım malzemeleri getirilir. En üstte devamlı gezilmeye müsait olmayan bir çakıl tabakası bulunur. Sistem şu şekildedir (alttan yukarı doğru).

- Beton plak
- Eğim betonu
- En az 2 kat su yalıtımı (üst katman en az 3 mm kalınlıkta ve polyester keçe taşıyıcılı olmalı)
- XPS
- Ayırıcı keçe
- Çakıl

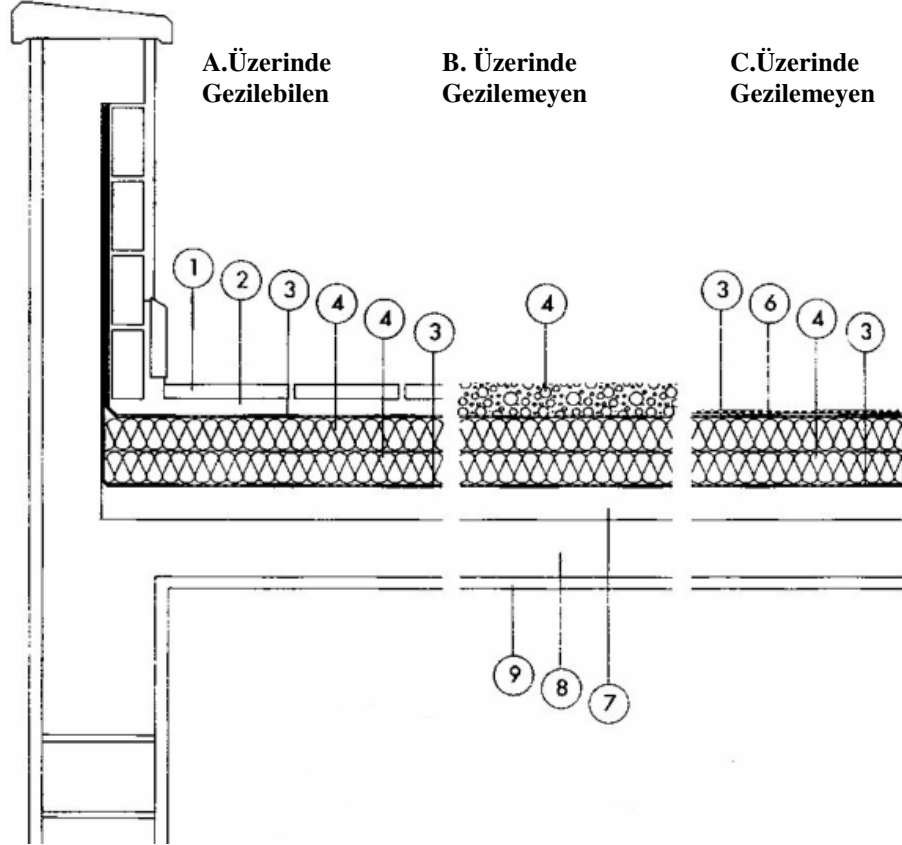
En üste gelecek çakıl tabakası beyaz renkli ve dere çakılı (sivri köşeleri olmayan) kullanılmalıdır (Bkz. Şekil 3.10B) [13,29].



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Döşeme Kaplaması | 6. Eğim Betonu |
| 2. Karo Takozları veya Harç | 7. Betonarme Plak veya Asmolen Döşeme |
| 3. (Harç Olması Halinde Harcın Altında) | 8. Tavan Sıvası |
| 4. Çakıl Kullanılmalıdır) | 9. Çakıl |
| 5. Ayırıcı Keçe | |
| 6. Isı Yalıtımı | |
| 7. Su Yalıtımı | |

Şekil 3.10. Ters Teras Çatı Yalıtımı

Yalıtım malzemesi olarak mineral yün kullanılmak istendiğinde, yalıtım malzemesinin altında ve üstünde su yalıtım membranı kullanılmalıdır (Bkz. Şekil 3.11).



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Döşeme Kaplaması | 6. Mineral Kaplı Su Yalıtımı |
| 2. Şap | 7. Eğim Betonu |
| 3. Su Yalıtımı | 8. Betonarme Plak veya Asmolen Döşeme |
| 4. Isı Yalıtımı (Çift Kat Olduğunda Şaşırtmalı) | 9. İç Sıva |
| 5. Çakıl | |

Şekil 3.11. Teras Çatı Yalıtımı Uygulaması

3.1.5.2. Üzerinde gezilebilen teras çatılar

Bu teras çatı tipi de üzerinde gezilemeyen terasa benzer. Şu farkla ki keçenin üzerine çakıl yerine tekrar yüksek dozlu en az 5 cm kalınlıkta bir beton atılmalı ve isteğe göre kaplama malzemesi döşenmelidir. Eğer yalıtım malzemesi üzerine daha

fazla yük (taşıt yükü v.s.) gelecekse, daha yüksek basma mukavemetine sahip olan yalıtım malzemeleri (XPS levhalar) tercih edilmelidir. Ayrıca istenirse XPS üzerine baskı betonu atılmadan plastik takozlar üzerine karo mozaik döşenerek de uygulama yapılabilir (Bkz. Şekil 3.10A) [13,28,29].

3.2. Duvarlarda Isı Yalıtımı

Duvarlarda ısı yalıtımı, duvarların ısı geçirgenlik direncini artırmak, ısı kaybını azaltmak, yakıttan tasarruf etmek ve sağlıklı bir hacim elde etmek için gereklidir. Bilhassa kuzey rüzgarlarına açık duvarlarda ısı yalıtımı yapmak kaçınılmaz bir zorunluluktur. Şekil 3.12 de görüldüğü üzere yalıtımsız bir duvarda – pencere altında radyatör hizasında- oluşan ısı köprüleri ile mevcut ısı dışarıya kaçmaktadır [35].



Şekil 3.12. Duvarlarda Isı Yalıtımının Isı Kaybını Engellemedeki Rolü

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde duvarlar; tek bir katmandan oluşabildiği gibi, bünyesinde yalıtım malzemesi barındıran, birden fazla katmandan oluşan bir yapı elamanı olarak da ele alınabilmektedir. Duvarlarda ısı yalıtımını gerekli kılan ve yapılmadığı durumlarda büyük sorun çıkaran ve konforu bozan etmenlerin başında duvarlardaki yoğuşmadır.

Özellikle yapıda termik konforun sağlanması,

- Dış Ortam Sıcaklığı,
- İç Hacim Sıcaklığı,
- İç Hacim Duvar Yüzey Sıcaklığı,
- İç Hava Rölatif Rutubet Derecesi,
- Hava Hareketleri, faktörlerine bağlıdır

Bu performansın sağlanmadığı durumlarda dış duvar yüzey ısısı ile olması gereken 2 °C'lık fark aşarak duvar yüzeyinde terleme meydana gelebilir. Dış sıcaklığın düşük olduğu sert iklim bölgelerinde ise En Düşük Sıcaklık ve En Yüksek Sıcaklık devreleri arası büyük kontrastlar yaşanmaktadır. Dış duvar performansı yeterli değilse bu grafikler arasında büyük fark oluşur. Bu olumsuzluk iç mekan buhar basıncı ile doygun buhar basıncı grafiklerinin kesişme bölgelerinde noktasal (doğrusal) veya bölgesel yoğunlaşmalara neden olmaktadır. Yoğunlaşma malzemenin don etkisi sınırını aşıyorsa; don etkisi ile dış duvarda fiziksel bozulmalar, yalıtım malzemelerinin işlev dışı kalması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Oysa sağlıklı bir yalıtımda yaz ve kış kontrastları arasındaki fark grafiklerde küçülmekte, bunun sonucunda yoğunlaşma ve terleme olasılıkları engellenmiş olmaktadır [14,31].

Duvar iç kısımlarında meydana gelen yoğunlaşma yanında,

- Şiddetli rüzgarlarla yağın yağmur etkisi,
- Zemin sularının kapilaritesi,
- Kullanma suyu-tesisat arızaları,
- Yapım sırasında malzemede bulunan su,

etkileri, daha da büyük olumsuzlukların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ancak sorunlar bilinçli yaklaşımlarla çözülmektedir.

Dış duvar uygulamaları;

Yapı Fizikine Göre;

- Havalandırmalı
- Havalandırmaz

Isı Yalıtımının Kullanılıp Kullanılmamasına Göre;

- Yalın Duvar (Isı Yalıtımsız)
- Isı Yalıtımlı Duvar
 - Dıştan Yalıtımlı
 - Ortadan Yalıtımlı
 - İçten Yalıtımlı

İlişkili Olduğu Dış Ortama Göre ;

- Atmosferle İlişkili
- Toprakla İlişkili
- Isıtılmayan veya farklı sıcaklıklardaki mekanlarla ilişkili (Bodrum kat döşemesi, müstakil ısıtma, döşemeden ısıtma yapılan binalar) gibi çeşitli uygulamaları vardır [2,7].

Duvarlarda ısı yalıtımı temel prensipleri ise şunlardır;

- Duvarlarda dışardan ısı yalıtım tercih edilmelidir. Böylece hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütleli yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır,
- Kısa sürede ısıtmanın söz konusu olduğu yerlerde içten yalıtım tercih edilir,
- Isı yalıtım malzemesi sudan etkilenmeyecek şekilde kapalı gözenekli ve yeterli basınç dayanımlı olmalı. Örneğin, haddeden çekilmiş polistren köpük, poliüretan,

cam ve mineral köpük bu özelliklere sahiptir. Mineral yün uygulamalarında, silikonlu olanlar tercih edilmelidir,

- Isıtılmayan bodrumların dış duvarlarında ısı yalıtım malzemesi, zeminden itibaren yer altı don seviyesi kadar, ısıtılan bodrumlarda ise temele kadar indirilir,
- Bodrum iç duvarlarında su yalıtımı var ise, ısı yalıtımı bunun üzerine konur. Isı yalıtım malzemesinin dış basınca karşı 1/2 tuğla kalınlıkta bir duvar veya özel koruma levhalarıyla korunmalıdır,
- Dış duvarda ısı yalıtım değeri yüksek olan bloklarla duvar örülüp üzerine sıva yapıldığında, döşeme alını ile kolon ve giriş yüzeyleri ısı köprüsü oluşturacaktır. Bu bakımdan söz konusu yüzeylerin yalıtılması gerekir. Yapılacak yalıtımın duvarla aynı hizaya gelmesi için de duvar yalıtım kalınlığı kadar dışarıya çıkarılır. Bu çıkmadan dolayı duvarda stabilite sorunu olmaması için duvar kalınlığı çıkma miktarı kadar artırılır,
- Isı yalıtım malzemesi ve kagir malzemenin duvar cephesinde birlikte kullanılmasından dolayı sıva sorunları çıkacaktır. Bunu bertaraf etmek için yalıtım yüzeyleri sabit tel veya sıva filesi ile kaplanıp üzerine özel çimento esaslı sıva yapılmalıdır [13],

Duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve özellikle kuzeye bakan cephelerde havalandırılmalı duvar yapılmalıdır. Bu tür duvarların ısı biriktirme kapasitesi çok yüksektir. Isı yalıtım malzemesinin kalınlığının hesaplanmasında hava tabakası da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, iç mekandaki su buharı da hava tabakası yoluyla dışarı atılır. Hava sirkülasyonunun sağlanması için tuğla örgüde döşeme ve tavan hizasında bazı düşey derzler boş bırakılır [15].

3.2.1. Duvarlarda dıştan yalıtım uygulaması

Avrupa ve Amerika'da yaygın şekilde kullanılmakta olan dıştan yalıtım sistemi Türkiye'de son birkaç yıldır daha sık uygulanmaya başlanmıştır. Bu yalıtım şeklinde bina kabuğu bir bütün halinde yalıtılmakta, bütünde oluşması olası ısı köprülerinin önüne geçilmektedir. Bu özelliği ile duvarların dıştan yalıtım uygulaması, diğer duvar yalıtım uygulamalarına nazaran daha avantajlı ve verimli olmaktadır. Dıştan yapılan yalıtım yapı fiziği yönünden en uygun sistem olarak kabul edilmektedir.

Duvarlarda dışardan ısı yalıtımı tercih edilmelidir. Böylece hem kagir duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütleli yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi ile birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır [35]. Dıştan yalıtım sistemi yeni yapılan yapılara yapım aşamasında uygulanabildiği gibi mevcut binalara da uygulanabilmektedir. Kullanılmakta olan binalarda, uygulama sırasında tüm işlemler bina dışında gerçekleşmekte bunun için de tüm cepheye bir iskele kurulması gerekmektedir. Dıştan yalıtım sisteminin maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olmasına rağmen konut gibi uzun süreli kullanılan mekanlar için en uygun sistemdir [22].

Duvarlara dıştan yalıtım uygulaması ile binanın bakım ve onarım masrafları azalmakta, bina ömrü uzamaktadır. Bu avantajına karşılık sistemin diğer yalıtım sistemlerine nazaran daha yüksek maliyetli olması, yağmur, rüzgar ve dış atmosferik olaylara karşı koruyuculuk gerektirmesi ve iskele kurulması ihtiyacı dış yüzeyden yalıtım uygulamasının dezavantajı olarak gösterilebilmektedir. Duvarlarda dıştan yalıtım işlemi mantolama sistem ve havalandırılmalı sistem olarak iki farklı şekilde yapılır[31].

3.2.1.1. Mantolama sistemi

Mantolama sisteminde bina kabuğu dıştan bir manto şeklinde sarılır. Böylece bina iç yüzeyi ile dış atmosfer arasında bir kalkan oluşturulur. Oluşturulan bu kalkan ile bina kabuğu yüzeyindeki ısı köprüleri engellenmiş olur. Bina dış kabuğunu ısı gerilimlerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor şartlarının devamını sağlar (Bkz. Şekil 3.13 - 3.14) Şekil 3.14'den de görüleceği üzere mantolama işleminde binanın dış yüzeyinde yalıtılmamış alan bırakılmamakta böylece ısı köprülerinin oluşmasına izin verilmemektedir. Ayrıca bu uygulamalarda özellikle pencere, balkon, çıkma gibi bölümlerin sınırlarında mantolama işlemine ayrı bir özen gösterilerek bölüm sınırlarında ısı köprüsü oluşturulmamaya dikkat edilmektedir [13]



Şekil 3.13. Mantolama Uygulaması



Şekil 3.14. Binalarda Mantolama İşlemi ve İşlemi Takip Eden Yüzey Kaplama İşlemi

Mantolama sisteminin avantajları ve dezavantajları şunlardır;

- Isı kaybını önemli ölçüde azaltarak %50'ye varan enerji tasarrufu sağlar.

- Bina cephesinde hem ısı, hem de su yalıtımı sağlar.
- Dıştan uygulanan bir yalıtım yöntemi olduğu için; ısı köprüleri oluşmasını engeller, binanın dış kabuğunu yıpranmalardan korur. Betonarme elemanların korozyona maruz kalmasını önler.
- Kışın soğuktan, yazın aşırı sıcaktan korur.
- Bina iç kısımlarındaki yoğuşmayı ve rutubeti önleyerek iç yüzey boyasını korur, konforlu bir iç ortam sağlar.
- Isıtma ve soğutmanın daha az enerji harcayan, daha ekonomik cihazlarla yapılmasını sağlar.
- Bünyesine su almaz, buhar geçirgenliği yüksektir.
- Binaya yeni bir görünüm kazandırır.
- Kullanım ömrü bina ömrüyle eşittir.
- Hızlı uygulanır ve çevreye zarar vermez.
- İç mekanda hacim daralmasına neden olmaz.

Yukarıda sayılan avantajlarının yanı sıra şu dezavantajları da vardır;

- Diğer ısı yalıtım uygulamalarına göre pahalı bir uygulamadır,
- Yağmur, rüzgar gibi dış atmosferik olaylara karşı koruyucu tabakaya ihtiyaç duyması,
- İskele kurulması ihtiyacı,
- Bina dış görünümüne etki etmesi,
- İlerde uygulanabilecek kablolar için gömme problemine neden olması,
- Yağmur borusu gibi çıkıntılarının olduğu yerler ile pencere gibi açıklıklarda dikkatli detay gerektirmesi [32].

Mantolama sistemlerinde malzeme seçiminde en önemli husus, Mantolama sisteminde kullanılacak elemanların ve malzemelerin dikkatle seçilmesidir. Kullanılacak tüm malzemeler birbiri ile uyum sağlayabilmeli, yapıda istenilen yalıtımı ısı köprüsü oluşturmadan gerçekleştirmelidir. Yapıya sağlamlık ve dış etkilerden koruyucu bir zırh oluşturmalı, ayrıca binanın nefes almasına engel olmamalıdır. Kullanılan malzemeler uzun ömürlü olmalı, yıllar geçtikçe performans kaybetmemelidir. Özellikle ısı yalıtım plakasının eskimemesi gerekmektedir. Mantolama işlemlerinde taş yünü, EPS ve XPS yalıtım levhaları kullanılır [5].

Mantolama sisteminde yapıştırma, sıvama, ve kaplamada kullanılan malzemelerin çimento esaslı malzemelerden seçilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Çimento esaslı malzemelerin nefes alma özellikleri ve mukavemetleri daha üstündür. Çimento esaslı malzemeler daha uzun ömürlü, suya, neme, güneş ışınlarına ve alkaliye dayanıklıdır. Uygulandıkları yüzeyler genelde çimento esaslı yüzeyler olduğundan uygulama yüzeyi ile uyumları daha üst seviyededir [32].

İlgili standartlarda yoğunluk, sorgulanan bir parametre olmadığı gibi, dıştan ısı yalıtım uygulamalarında en az 4 cm kadar ısı yalıtım kalınlığı istenmektedir. İstanbul'daki binalarda; TS 825 Isı Yalıtım Kurallarına uygun olarak projelendirilen duvarların dıştan yalıtımında, yaklaşık 6 cm kadar yalıtım kalınlığı gerekirken, çoğu mevcut bina uygulamalarında hiçbir ısı kaybı ve yoğuşma hesabı yapılmadan, 2-3 cm yalıtım kalınlıklarının uygulanması düşündürücüdür. Yapılan uygulamanın etkisi açısından yalıtım kalınlıklarının TS 825 'e uygun belirlenmesi ve uygulamanın, konusunda uzman kişilerce yapılmasına dikkat edilmesi son derece önemlidir.

Mantolama sistemlerinde taş yünü, XPS ve EPS malzemelerinin çoğunlukla kullanıldıkları belirtilmişti. Bu malzemelerin sisteme göre seçimi ve karşılaştırılması malzeme özelliklerine, yalıtılacak ortamın özelliklerine ve buna bağlı olarak söz konusu ortamdan istenen konfor koşullarına göre yapılır (Bkz. EK-5).

Söz konusu üç malzeme de ısı yalıtım malzemesi olmasına rağmen sahip oldukları yoğunluk, ısı iletim katsayısı, yanıcılık sınıfı, boyut stabilitesi, buhar difüzyonu, ses yalıtım değerleri gibi temel teknik özellikleri ile farklılık göstermektedirler. Bu farklılıklar aşağıda incelenmiştir. Buna göre;

a) Yoğunluk (ρ) : Mantolama da kullanılan EPS malzemelerinin yoğunluğunun minimum 15 kg/m^3 olması gerekmektedir. Zaten, TS 825 standardına göre de mantolama uygulamasında kullanılsa bile, yapılarda ısı yalıtımı amaçlı kullanılan tüm EPS malzemelerinin en az bu yoğunluğa sahip olmaları ya da daha yoğun olmaları zorunludur. Yüzeyi sıva tutucu hale getirmek amacı ile sıva altı uygulamalarında kullanılan XPS malzemeler pürüzlü veya pürüzlü-kanallı yüzey şekillerinde imal edilmektedir. Yine TS 825 standardına göre pürüzlü veya pürüzlü-

kanallı XPS ürünlerinin yoğunluğu 20 kg/m^3 ve üzeri olacak şekilde belirlenmiştir.

Taş yünü ürünlerde ise standardın öngördüğü herhangi bir yoğunluk kriteri bulunmamakla birlikte, uygulamanın sağlıklı olabilmesi için taş yünü mantolama levhalarının en az 150 kg/m^3 , tercihen 170 kg/m^3 yoğunlukta olması uygundur. Taş yününde yoğunluk azalması malzemenin ısı iletim katsayısında herhangi bir değişiklik oluşturmamakla birlikte uygulama için gerekli yüzeysel mukavemeti azaltacağı için istenmemektedir [5,32].

b) Isı iletim katsayısı (λ) : Isı yalıtım malzemesi olarak kullanılan ve üç malzeme için yoğunluk ve ısı iletim katsayıları Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1. Yalıtım Malzemelerin Yoğunluk Ve Isı İletim Katsayıları

Malzeme	Yoğunluk (ρ) kg/m^3	Isı İletim Katsayısı (λ) W/mK
Taşyünü	150-170	0,040
XPS (pürüzlü)	> 20	0,031
EPS	≥ 15	0,040

Bu değerler TS 825 standardının öngördüğü hesap değerleri olup, ürünlerin gerçek değerleri (bu değerlerden daha düşük olması kaydı ile) dikkate alınmadan bu değerler kullanılmalıdır. Isı yalıtım değerinin gerçek göstergesi yalıtım malzemesinin kalınlığının, malzemenin ısı iletim katsayısına bölünmesiyle bulunan ısıl geçirgenlik direncidir [33].

c) Yanıcılık sınıfı: EPS ve XPS, petrol türevi polistren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75°C 'dir. Bu

dezavantajları nedeni ile, yurtdışında yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belirli sınırlar dahilinde kullanılmaktadır. Ülkemizde de 2002 yılı sonunda Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Yangında Korunma Yönetmeliği gereğince söz konusu malzemelerin kullanım alanları sınırlandırılmıştır. Bu malzemeler DIN 4102 standardına göre yanıcı malzemeler olup B1 sınıfı malzemelerdir. İmalatları sırasında kullanılan yanma geciktirici maddeler, bu malzemelerin yanıcılık sınıflarını bir miktar iyileştirmekle birlikte yanmaz malzemeler haline getirememektedir. Taş yünü ise DIN 4102 standardına göre A sınıfı yanmaz malzeme olup 750 °C maksimum kullanım sıcaklığı ile yangına karşı üstün bir performans göstermektedir. Mantolamada EPS ve XPS kullanılsa bile, alev yalması ile yangının diğer hacimlere sıçramasını engellemek ve yangının yayılma hızını azaltmak için, pencere ve kapı kasalarının etrafının taş yünü ile yalıtılması gerekmektedir.

d) Boyutsal kararlılık: Sıva ve şap altı uygulamalarında kullanılan yalıtım malzemelerinin boyutsal kararlılığı büyük önem taşımaktadır. Özellikle, üretim teknolojisinden kaynaklanan sebeplerden dolayı, EPS yalıtım plakalarının boyutsal kararlılığa ulaşması yaklaşık 6-7 haftalık bir dinlendirme süresinin sonunda oluşmaktadır. Malzeme, bu sürenin bir kısmını blok, bir kısmını da levha formunda iken tamamlamalıdır.

Gerek EPS, gerekse XPS ısı yalıtım levhaları gözenekli hücre yapısına sahip olmaları nedeni ile ısıl değişimler karşısında boyutsal değişim göstermektedir. Her iki ürünün de lineer uzama katsayıları ve sıcaklık farklarındaki boyutsal değişimleri taş yünü mantolama levhalarına oranla çok daha yüksektir.

e) Buhar difüzyonu (μ) : TS 825 standardında EPS ve XPS yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon dirençleri $\mu=80-250$, taş yününün buhar difüzyon direnci ise $\mu=1$ olarak verilmektedir. Yapı fiziğinin büyük önem kazandığı günümüzde, bu çalışmaların önemli bir bölümünü yapı kesitlerinin nefes alabilir şekilde dizaynı oluşturmaktadır. Buhar difüzyon direnci düşük malzemelerin kullanılması ile yapı kabuğunun nefes alabilir hale gelmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle taş yünü levhalar ile yapılan mantolama uygulamaları ile diğer ürünlere oranla daha düşük buhar difüzyon direncine sahip kesitler elde edilebilir.

f) Ses yalıtımı: Ses yalıtımında temel prensip, dinamik sertliği düşük yani yumuşak malzemelerin sesin geçişinin engelleneceği yapı kesitine yerleştirilmesi ve hava ile yayılan sesin hareket enerjisinin, yalıtım malzemesi bünyesinde absorbe edilmesidir. EPS ve XPS kapalı gözenekli yapıları nedeni ile ses yalıtımı yapmazlar. Taş yünü ise açık gözenekli ve lifli yapısı ile iyi bir ses yalıtım malzemesidir. Bu nedenle ses yalıtımının önemli olduğu mantolama uygulamalarına en uygun ürün taş yünü mantolama levhalarıdır.

Özellikle okul, hastane, alışveriş merkezi, çok katlı konutlar vb.. insan yoğunluğunun fazla olduğu binaların yalıtımında kullanılacak malzeme seçiminde malzemenin ısı yalıtım özelliklerinin yanı sıra yanıcılık sınıfı, boyutsal kararlılık, buhar difüzyonu ve ses yalıtım özelliği gibi kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Mantolamada kullanılacak malzemelerin nakliye ve depolanmaları da ısı yalıtım işleminin amacına ulaşması için dikkat edilmesi gereken bir konudur. İşlenecek olan malzemeler, hasarlardan ve kirlere kaçınılacak şekilde taşınmalı ve depolanmalıdır.

Sıva veya macunsu malların donmadan, kuru çalışma harçlarının ve mineral yün yalıtım malzemelerinin nemden korunacak şekilde ve polistrol sert köpük yalıtım malzemelerinin UV'den korunacak şekilde taşınması ve depolanması gerekmektedir.

Dış cephe mantolama uygulamalarında, uygulamanın kısa sürede ve doğru olarak yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır. Bu nedenle, planlama aşamasında özenli ve detaylı bir çalışma yapmak gereklidir. Öncelikle yalıtım uygulanacak yüzeyler düzgün olmalıdır. Yüzey eğriliği 2 cm'yi geçmemeli, bu değerden daha fazla olan eğrilikler ve yüzeyde bulunan büyük hasarlar ve çatlaklar, özel sıva uygulaması ile ortadan kaldırılmalıdır. Uygulamaya başlamadan önce yüzey, toz ve yağ gibi yapışmayı azaltıcı maddelerden arındırılmalı, döküntü ve kabarmış yüzeyler fırçalanarak temizlenmelidir. Uygulama yapılacak yüzey tamamen kurumuş olmalıdır. Uygulama yapılırken yağmur, rüzgar ve doğrudan güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde korunması gerekmektedir. Cepheyi korumak için iskele ağı kurulması önerilir. Sağlıklı bir uygulama yapılabilmesi için

uygulanacak duvarın ortam sıcaklığının +5 °C ile +30 °C sınır değerleri aralığında olmasına dikkat edilmelidir. Isı yalıtım levhaları duvar yüzeyine yapıştırma ve dübelleme yolu ile uygulanmadan önce, yüzeyin yeterli derecede yapışma kuvvetine sahip olduğu tespit edilmelidir. Cephede açık kalan bölgeler, pencere, kapı, denizlikler, çatı kenarları ve balkonlar sağlıklı bir şekilde yalıtılarak ısı yalıtım malzemesine herhangi bir yerden su sızarak ıslanması önlenmelidir. Özellikle tadilatlarda; cam, ahşap, alüminyum ve diğer mevcut yapı elemanlarının uygulama sırasında zarar görmemesi için örtülerek korunması; yağmur oluklarının, son katı uygulanmış sistemden en az 5 cm dışarıda olacak şekilde, yalıtım uygulamadan önce inşa edilmiş olması, iskele kullanımlarında, iskele kelepçelerinin uzunluğunun sistem kalınlığına uygun olması, işçi emniyeti açısından duvar ve iskele arasındaki mesafenin yeterli olması ve iskele kelepçeleri için açılan deliklerden (deliklerin eğri açılmaması) su sızmasının dikkate alınması gerekmektedir [13,31].

Mantolama uygulaması, ıslak ve nemli yüzeylerle, sağlam olmayan, gevşek erimekte olan veya 24 saat içerisinde don tehlikesi olan yüzeylere kesinlikle uygulanmamalıdır. Ayrıca uygulamanın amacına ulaşması için kullanılacak levhalarda da sağlam olmalıdır.

Sorunsuz bir uygulama ve rahat bir çalışma ortamı sağlamanın şartlarından birisi de; yalıtım sistemine ait elemanların uygun bir şekilde depolanmasıdır. Çalışma süresi boyunca yapıştırıcı, yüzey sıvası ve son kat kaplama malzemelerinin (korunmalı) saklanmasına özen gösterilmeli; yalıtım levhaları, dübel, profil, donatı filesi gibi diğer sistem elemanları deforme olmayacak, zarar görmeyecek şekilde muhafaza edilmelidir. Hava koşullarındaki değişikliklerin yapıştırıcı, sıva, son kat kaplama vb.. malzemelerin kuruma ve sertleşme süresini etkileyebileceği dikkate alınmalıdır.

Mantolama yapılacak yüzeylerin teşhis edilmesi ve hazırlanması şu basamakları içerir.

Yüzey teşhisi: Yeni veya eski binalarda yalıtım sistemi uygulanmadan önce yüzeylerin uygunluğuna dikkat edilmeli ve uygulama için hazırlanmalıdır. Aşağıdaki testlerin uygulama öncesi yapılması önerilir.

Toz testi: Toz ve rutubet testi için elle ve siyah bir bezle yüzeylerin üzerinden geçilir.

Sağlamlık:Testi: Sert ve sivri bir cisimle yüzeylerin üstünden geçilerek yüzeylerin sağlamlığı test edilir.

Su testi: Bir fırçayla yüzey ıslatılıp yüzeylerin nem oranı ve su emiciliği test edilir.

Düzgünlük testi: Mastar ve şakül yardımıyla düzgünlüğü test edilir.

Yüzeyin teşhisinden ve uzun ömürlü bir ısı yalıtım uygulanması için gerekli tüm önlemler alındıktan sonra yüzey, böcek, kemirgen hayvanlar vb. yerleşmiş canlılar ve yuvalarından mutlak suretle arındırılmalıdır. Yüzey temiz, kuru, düzgün ve sağlam olmalıdır.

Çok gözenekli yüzeyler ıslatılmalı ve yüzey nemli kalacak şekilde, su tabakası yok olana kadar beklenmelidir. Yüzeydeki önemli bozukluklar ve delikler, yapıştırma harcı uygulanmasından en az 72 saat önce onarılmalıdır.

Toprak altı, subasman veya suya maruz kalan kısımların hazırlığı: Binalardaki; toprak altı, subasman seviyesi veya suya maruz bölümlerde doğabilecek özel nem ve mekanik sorunlar düşünülerek gerekli önlemler alınmalı, bu bölümlerde uygulanacak katmanlar projede mutlaka en küçük ayrıntısına kadar belirlenmelidir. Özellikle subasman seviyeleri su sıçramasına ve birikmesine müsait ortamlar olduğu için yapısal önlemler alınması önerilir. Genelde bunun için bir çakıl yatağı kullanılabilir. Beton veya plaka kaplamalar ise eğimli olarak döşenmeli ve binadan yapısal olarak ayrılmalıdır.

Yüzey hazırlığı: Isı yalıtım levhalarının montajına başlamadan önce bina veya cephenin yüzeyine yatay ve dikey olarak ip çekilerek hizalanmalıdır. Sistemin ısı yalıtımı yapılmayacak bölümlerle kesiştiği noktalarda mutlaka uygun profiller kullanarak ya da sıva ile kapatarak ısı yalıtım kalitesini korumak gerekir.

Isı yalıtımı yapılacak yüzeyler işleme hazırlandıktan sonra mantolama işlemine geçilir. Mantolama işlemi subasman profillerinin çakılması, yüzeye ısı yalıtım levhalarını yapıştırılmasını sağlayan yapıştırma harcının hazırlanması, ısı yalıtım levhalarının yüzey uygulanması (yapıştırılması), dübelleme işlemi, ön sıva katmanının

uygulanması, yalıtım filesinin uygulanması, sıva katmanının uygulanması, son kat kaplamanın uygulanması ve diğer dekoratif kaplamalar gibi işlemleri içerir. Ancak bu işlem basamakları zaman zaman yalıtım yapılacak yüzey ve yalıtım malzemesine bağlı olarak değişebilir [35].

Aşağıdaki resimde levha halindeki ısı yalıtım malzemelerinin genel anlamda yüzeye uygulanış şekli verilmiştir (Bkz. Şekil 3.15-Şekil 3.16).

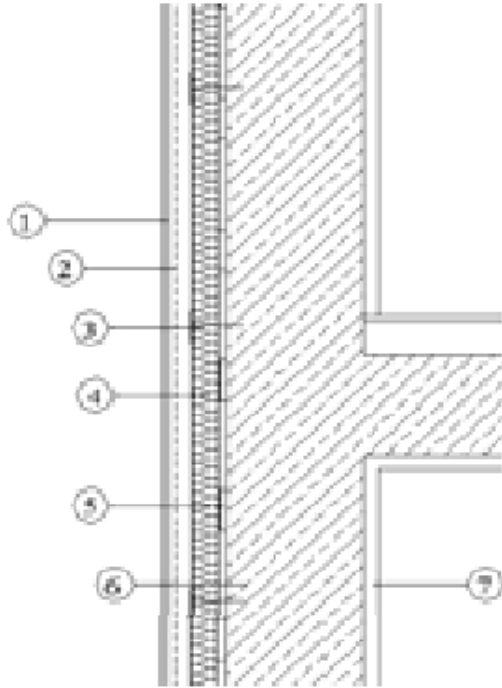


1. Dış Duvar
2. Yapıştırma Harcı
3. Isı Yalıtım Levhası
4. Plastik Dübel
5. Astar Sıva
6. Sıva Taşıyıcı File
7. Astar Sıva
8. Son Kat Hazır Sıva

Şekil 3.15. Levha Halindeki Isı Yalıtım Malzemelerin Duvara Uygulanışı

Levha halindeki ısı yalıtım malzemelerin yüzeye uygulanmasında önce başlangıç profili yüzeye yerleştirilir (Bkz. Şekil 3.17). Başlangıç profilin ölçüsü, tercih edilen

yalıtım levhalarının kalınlığına ve uygulanacak olan sisteme göre belirlenir. Profiller, ipinde ve terazisinde olmasında dikkat edilerek duvarlara özel dübelleri ile 50 cm aralıklarla tespit edilir. Ayrıca duvar ile başlangıç profili arasındaki girinti ve çıkıntıları gidermek amacıyla farklı kalınlıktaki plastik takozlar kullanılabilir. Bodrum katı kullanılacak binalarda toprak altı seviyeden gelen ısı ve su yalıtım sistemi damlalıksız başlangıç profili ile birleştirilir [14,31].



1. Yalıtım Sıvası
2. Sıva Filesı
3. Dübel
4. Isı Yalıtım Malzemesi
5. Yapıştırıcı
6. Duvar
7. İç Sıva

Şekil 3.16. Dış Cephe Kaplamasının Detayları



a



b

Şekil 3.17. Başlangıç Profilinin Duvara Uygulanması

Eğer bodrum katı yok ise veya kullanılmayacaksa başlangıç profili su basman seviyesinin 20 cm altına kadar tespit edilir. Yatayda ve düşeyde profilin düzgün tespit edilmesi, tüm sistemin sağlıklı uygulanması için büyük önem taşır. Başlangıç profilin ölçüsü, tercih edilen yalıtım levhasının kalınlığına ve uygulanacak sisteme göre belirlenir. Duvar ile başlangıç profili arasındaki girinti ve çıkıntıları gidermek amacıyla farklı kalınlıktaki gönye elemanları kullanılabilir. Köşe bağlantılarında ise, başlangıç profillerinin köşeye uygun olarak açılı kesilmesi ile oluşturulur (Bkz. Şekil 3.17-b) [5,13].

Yalıtım levhalarına yataklık edecek ve üzerine eklenecek levhalara başlangıç referans noktası olacak olan başlangıç profillerinin duvara uygulanmasından sonra levhalar yapıştırma harcı yardımıyla duvara yapıştırılır (Bkz. Şekil 3.18). Yapıştırma işleminden önce yüzeylerin temiz ve düzgün olmasına dikkat edilir. Levhaların duvara yapışmasını sağlayan yapıştırma harcının hazırlanmasında da gerekli özen gösterilmelidir. Şöyle ki ortalama 6 lt kadar su ile 25 kg 'lık çimento esaslı yapıştırma harcı, düşük devirli bir mikser veya mala ile topak kalmayacak şekilde karıştırılmalıdır. Hazırlanan yapıştırıcı hazırlanmayı müteakip 10 dakika kadar dinlendirildikten sonra levhalara uygulanmalıdır. Levhaların yüzeye yapıştırılmasında yüzeyin düzgünlüğüne göre iki yöntemden biri uygulanır.



Şekil 3.18. Yalıtım Levhalarının Profillere Oturtulması

Yalıtım levhalarını yapıştırılacak yüzeylerinin kenarları boyunca bir çerçeve oluşturacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Orta kısımlara da noktasal olarak yapıştırıcı sürülür. Noktasal yapıştırıcı, dübel uygulanacak yüzeye denk gelecek şekilde ve minimum 5 kg/m^2 olacak şekilde uygulanmalıdır (Bkz. Şekil 3.19). Yalıtım levhalarının birleşim derzlerine yapıştırıcı bulaştırarak ısı köprüleri ve düzensizlikler oluşturulmamalıdır. Levha yüzeyinin en az %40'ı 1-2 cm kalınlığında yapıştırıcı ile kaplanmış olmalıdır [32].



Şekil 3.19. Yapıştırıcı Harcın Yalıtım Levhasına Noktasal Olarak Uygulanması

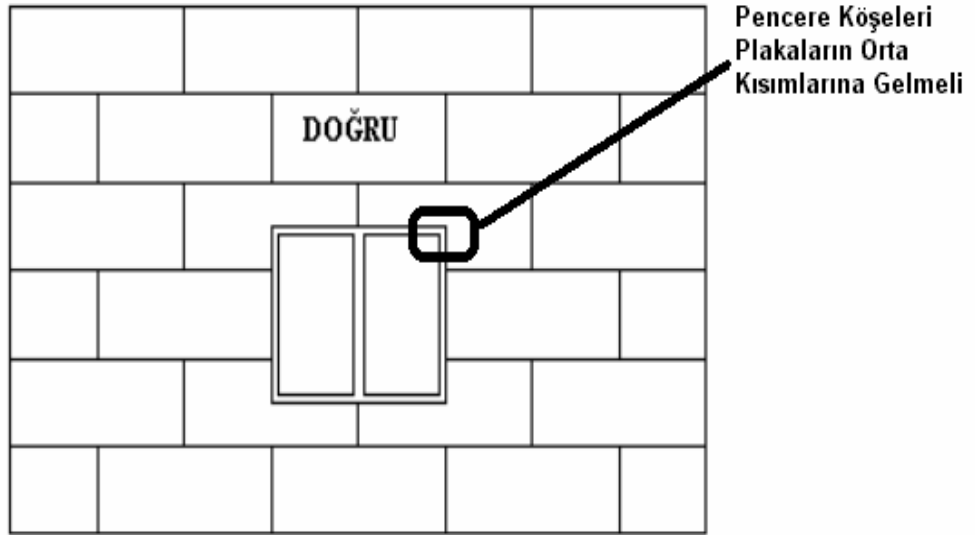
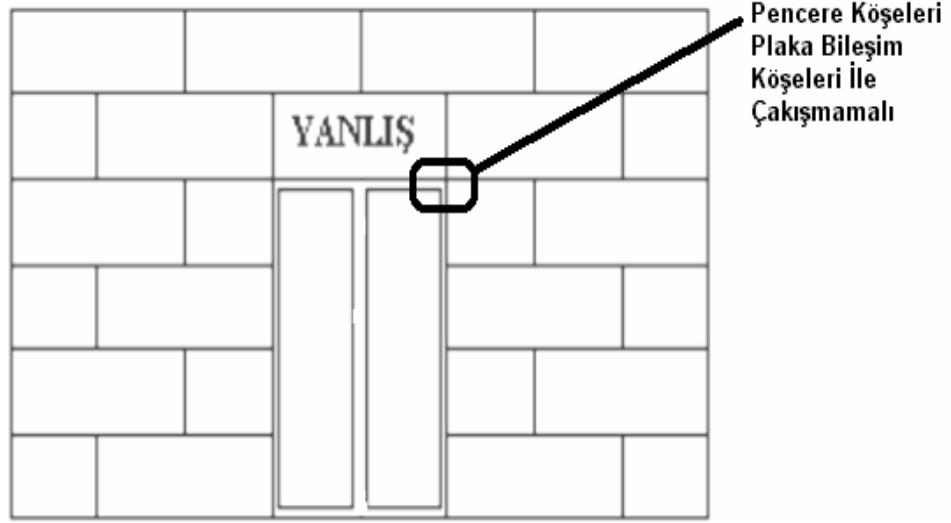
Eğer uygulama yüzeyi çok düzgün ise yalıtım levhalarının yapıştırılacak yüzünü tamamen kaplayacak şekilde yapıştırıcı sürülür. Daha sonra bu yüzey dişli mala ile

taranır. Yalıtım levhalarının yan kenarlarına yapıştırıcı bulaştırılmamalıdır (Bkz. Şekil 3.20).



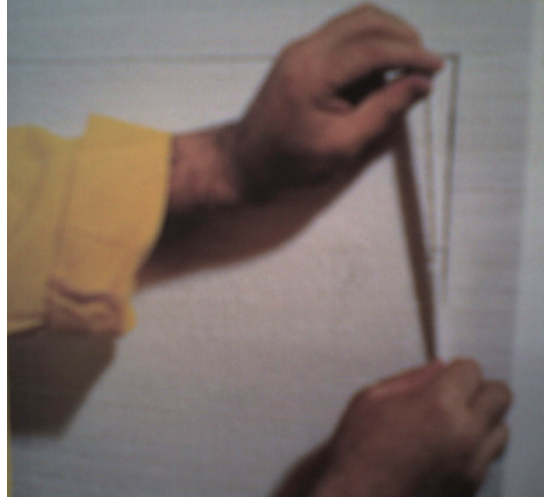
Şekil 3.20. Düzgün Yüzeyle Levha Yüzeyine Tırtıklı Mala İle Yapıştırıcı Uygulaması

Yapıştırıcı sürülmesinden sonra, ısı yalıtım levhaları su basman profiline oturtularak, hafifçe kaydırılıp duvara yapıştırılır. Levhaların duvara bastırılıp sıkıştırılması esnasında yanlardan taşan harç bir sonraki levha yerleştirilmeden önce mutlaka temizlenmeli ve levha aralarında ısı köprüsüne neden olabilecek derz oluşturulmamalıdır. Cephelerde ve köşelerde levhalar şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir. Şaşırtma için kenarlarda sadece tüm ve yarım levhalar kullanılmalı, kenarlarda ayar yapılmamalı ve ek parçalar kesinlikle kullanılmamalıdır. Yüzeyin dışına çıkan levhaların kenarları, yapıştırıcı kurduktan sonra düzeltilmelidir. Yatay ısı yalıtım levhaları, ona dik gelen ısı yalıtım levhası ile örtülecek şekilde yerleştirilmelidir. Isı yalıtım levhaları yerleştirilirken duvardaki pencere vb. boşluklar dikkate alınmalıdır. Bu bölümler çatlama riskli bölgeler olduğundan uygulama Şekil 3.21’de gösterildiği gibi yapılmalıdır. Pencere ve kapı bölümlerinde, ısı yalıtım levhaları kaba yapının dışına taşacak şekilde yerleştirilmeli, yapıştırıcı kurduktan sonra cephe duvarları ile duvar arasına ısı yalıtım bandı yerleştirildikten sonra fazlalıklar kesilmelidir [31,32].



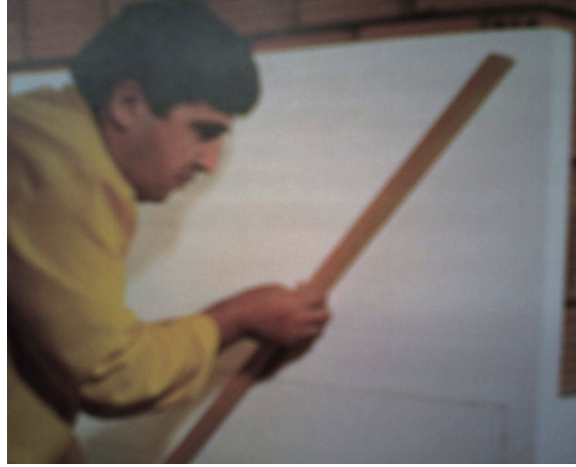
Şekil 3.21. Isı Yalıtım Levhalarının Kapı ve Pencere Bölgelerinde Uygulanması

Levhaların birleşim yerlerinde yüzeyin düzgün olması için törpüleme işlemi gerekebilir (Bkz. Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Isı Yalıtım Levhalarının Törpülenmesi

Levhaların yüzeye yapıştırılmasından sonra tam bir yapışma sağlayabilmek için yalıtım levhalarına geniş yüzeyli bir master ile vurulmalıdır (Bkz. Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Tam Yapışmayı Sağlamak İçin Levha Yüzeylerine Master Uygulaması

Isı yalıtım levhaları duvara yapıştırıldıktan sonra dübelleme işlemine geçilir. Ancak dübelleme işlemine geçebilmek için levhaların yüzeyine uygulanan yapıştırma harcının tam kurumuş olmasına dikkat edilmelidir. Bu nedenle dübelleme işlemi, yapıştırma işleminden 24 saat sonra başlanmalıdır. Dübellemenin asıl amacı rüzgar ve türbülans etkilerini önlemektir. Dübellerin tespiti için duvar levha matkap ile delinir (Bkz. Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Delik Delme ve Dübelleme İşlemi

Tablo 3.2’de verilen dübel yerleşimine uygun olacak biçimde dübeller levhalara yerleştirilir ve çivileri çakılır. Düzgün bir dış cephe yüzeyi elde edebilmek için, dübel kafaları yalıtım levhaları yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde monte edilmelidir. Kullanılacak dübel ve açılacak deliğin derinlik seçimi, duvarın özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır. Dübel yüzeyde en az 3 cm bir tutunma yüzeyine sabitlenmeli, gazbeton duvarlara en az 6 cm, tuğla duvarlara en az 5 cm, beton duvarlara en az 4 cm girmelidir. Delik boyu dübel boyundan en az 1 cm büyük olacak şekilde açılmalıdır.

Tablo 3.2. Bina Yüksekliğine Göre Dübel Uygulama Düzenleri

	Uygulama Yüksekliği H (m)					
	0 < H ≤ 8		8 < H ≤ 20		20 < H ≤ Kullanım sınırı	
	Kenar	Yüzey	Kenar	Yüzey	Kenar	Yüzey
Dübel / m ²	6	6	8	6	10	6
Dübel şeması						

Genellikle uygulamalarda 6 dübel/ m² olarak kabul edilir. Ancak bina yüksekliği ve bina çevresindeki çevre koşulları dübel sayısını belirler. Özellikle kenar alanlarda rüzgarın kuvvetinde dolayı dübel sayısı önem taşır. Her binada kenar alanlar, her iki yandan en az 1 metre genişliğinde olarak kabul edilir. Bina cephe yüksekliği

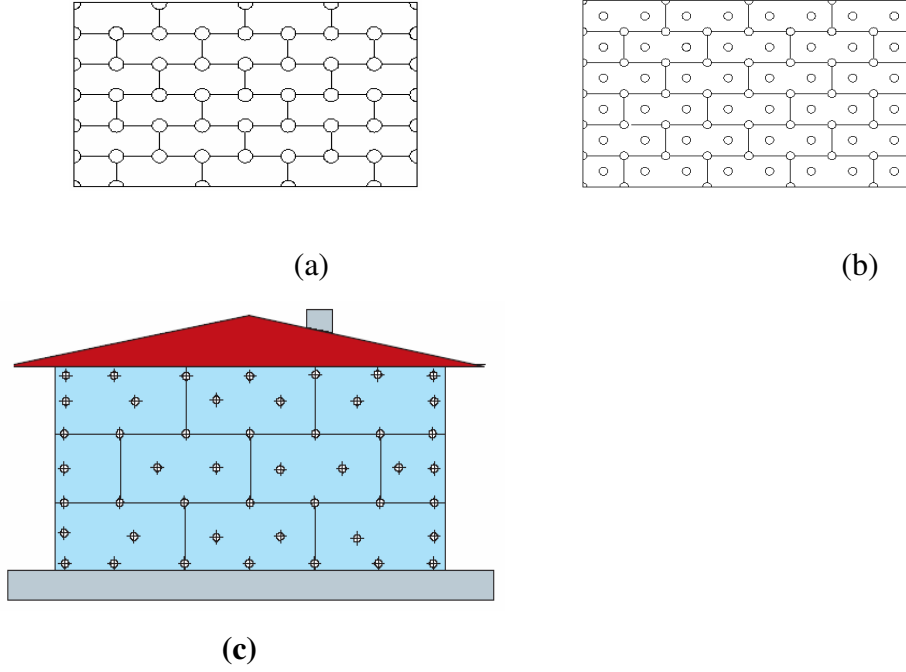
genişliğinden büyükse, kenar alanı genişliğinin %10'u olarak hesaplanır. Eğer yükseklik genişlikten küçük veya aynı ise, kenar alan yüksekliğinin %10'u olarak hesaplanır. Aşağıdaki tabloda (Bkz. Tablo 3.3) bilgiler yüksekliği 50 metreye kadar uzanan binalar içindir. Rüzgar hızı ise 135 km/h olarak sınırlandırılmıştır [22,23].

Tablo 3.3. Rüzgar Hızı ve Yerleşim Bölgelerine Göre Levha Üzerine Uygulanacak Dübel Sayıları

Rüzgarın Hız Değeri (km/h)	Müstakil ve az katlı binaların bulunduğu, göl-deniz kıyılarında şehir merkezinden uzaktaki yerleşim bölgeleri			Sık ağaçlıklı, bu nedenle rüzgara kapalı olabilecek, şehir merkezinden uzaktaki yerleşim bölgeleri			Bitişik nizam veya çok katlı binaların bulunduğu yerleşim bölgeleri		
	Bina Yüksekliği (m)								
	<10	10-25	>25-50	<10	10-25	>25-50	<10	10-25	>25-50
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85-115	8	10	12	8	8	10	6	8	10
>115-135	10	12*	12*	10	12	10	8	10	12

*Bu tip binalarda taşıma gücü 0,20 kN olan dübeller tercih edilmelidir.

Dübel tespit işleminde problem olabilecek malzeme ile örülmüş yüzeyler veya duvarlar üzerine kaba sıva yapılamıyorsa, dübellerin yapıştırma harcı öbeği üzerine rastlayacak şekilde tespit edilmesi gerekir. Kenar bitişlerine (çatı saçakları, köşe vb..) güçlendirmek amacıyla tek sıra dübel uygulaması yapılır. Aşağıdaki şekilde çeşitli dübelleme düzenleri verilmiştir (Bkz. Şekil 3.25).



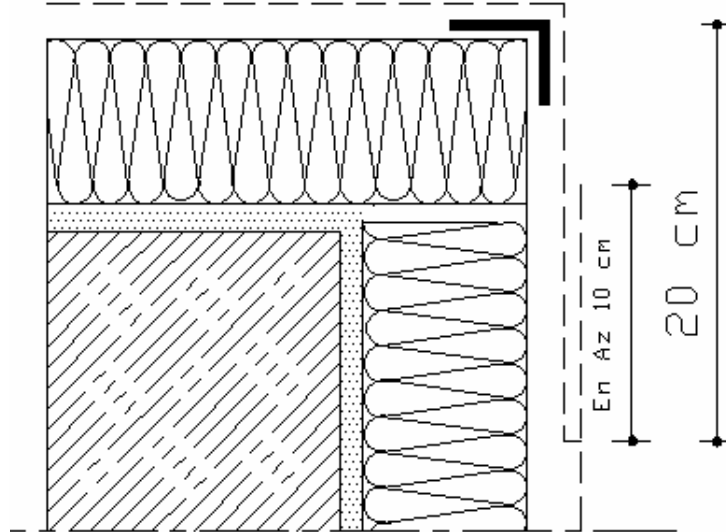
Şekil 3.25. Yalıtım Levhalarına Dübel Uygulama Düzenleri

Dış cephe ısı yalıtım uygulamalarında, pencere, kapı ve duvar yüzeylerinin oluşturduğu köşelerde düzgün bir kenar oluşturabilmek için köşe profilleri kullanılmalıdır. Ayrıca köşeler çatlama riski en yüksek olan ve aynı mekanik zorlamalara en fazla maruz kalan bölgelerdir. Bu nedenle bu bölgeleri korumak amacıyla profil kullanılmalıdır (Bkz. Şekil 3.26).



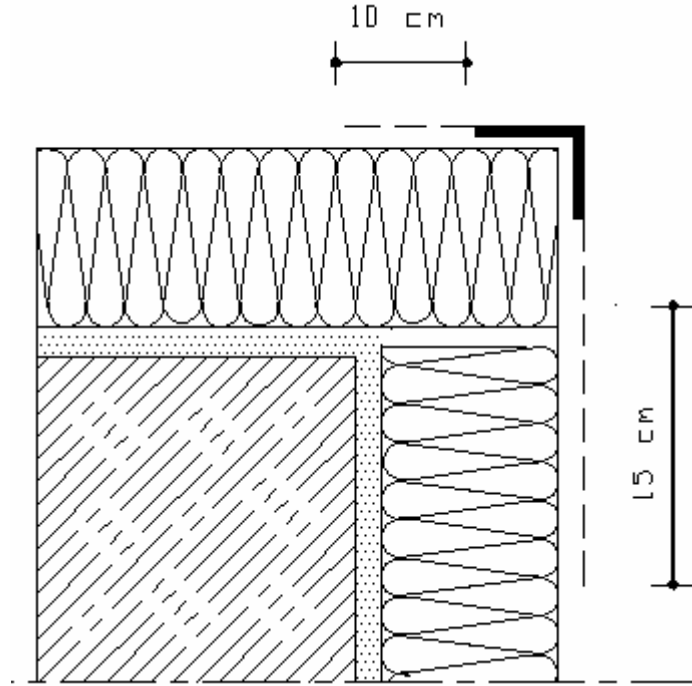
Şekil 3.26. Köşe Profillerinin Uygulanması

Bu amaçla; alüminyum ve kendinden fileli PVC köşe profilleri kullanılmaktadır. Kendinden fileli profilleri kullanmak işçilik ve zaman kazandırdığı kadar yanlış uygulama riskini de en aza indirmektedir. Köşe profilleri; sıva katmanının oluşturulmasından önce köşeye yerleştirilerek, üzeri sıva ile kapatılır. Köşe profillerinden başlamak üzere donatı sıvası tüm yüzeye mala ile uygulanmaya başlanır. Kenar ve köşelerin oluşturulmasında, köşe profillerinin daha iyi yapışması için bir miktar sıva ile birlikte tatbik edilmelidir. Alüminyum köşe profilleri, köşeye yüzey sıvası ile yerleştirilir ve üzerine donatı filesi köşelerden en az 20 cm dönecek şekilde uygulanır. Tüm yüzeye uygulanan donatı filesi, bu uygulamanın üzerine en az 10 cm bindirilmelidir (Bkz. Şekil 3.27) [22,24].



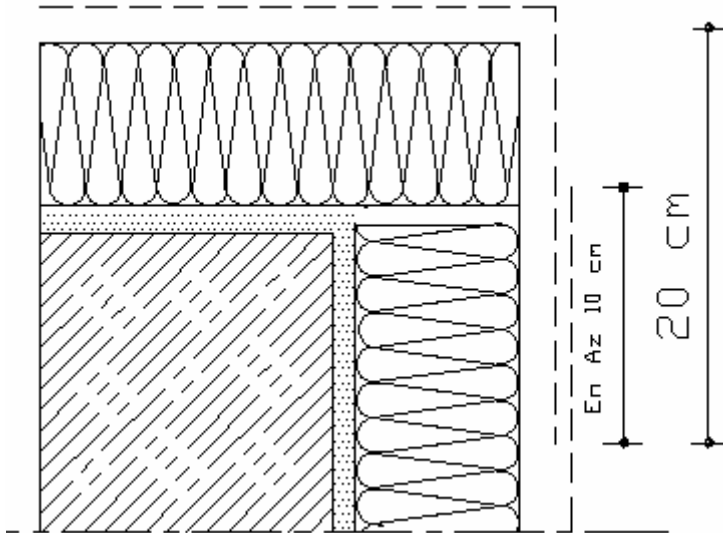
Şekil 3.27. Alüminyum Köşe Profilinin Uygulanması

Kendinden donatı fileli köşe profilleri yüzeye yerleştirilirken, köşe profilinin genişliğinde ince bir kat yüzey sıva uygulanır, profil üzerine yerleştirilir ve şekilde belirtildiği gibi (Bkz. Şekil 3.28) donatı filesi üzerine uygulanır.



Şekil 3.28. Kendinden Donatı Fileli Köşe Profilinin Uygulanması

Profilsiz köşelerin şekillendirilmesi sıva ile yapılır. Donatı filesinin yerleşimine bir kenardan başlanmalı ve köşeleri 20 cm kadar kapatmasına dikkat edilmelidir. Donatı fileleri birbiri üzerine bindirilerek yerleştirilmelidir (Bkz. Şekil 3.29).



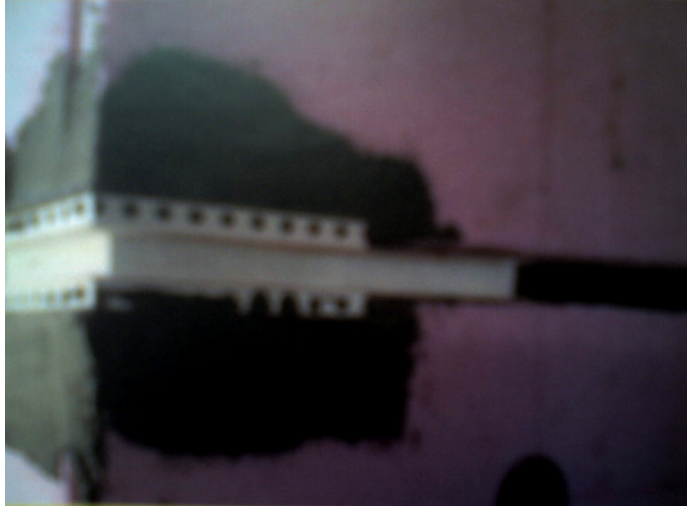
Şekil 3.29. Profilsiz Köşelerin Oluşturulması

Sıva içerisine gömülecek olan donatı filesi, ilave olarak, pencere ve kapı köşelerinde yaklaşık 30x40 ebatlarında, yatayla 45°'lik açı yapacak şekilde diagonal uygulanmalıdır [24]. En doğru uygulama şekli ise tüm pencere çevresinin filelenmesidir (Bkz. Şekil 3.30).



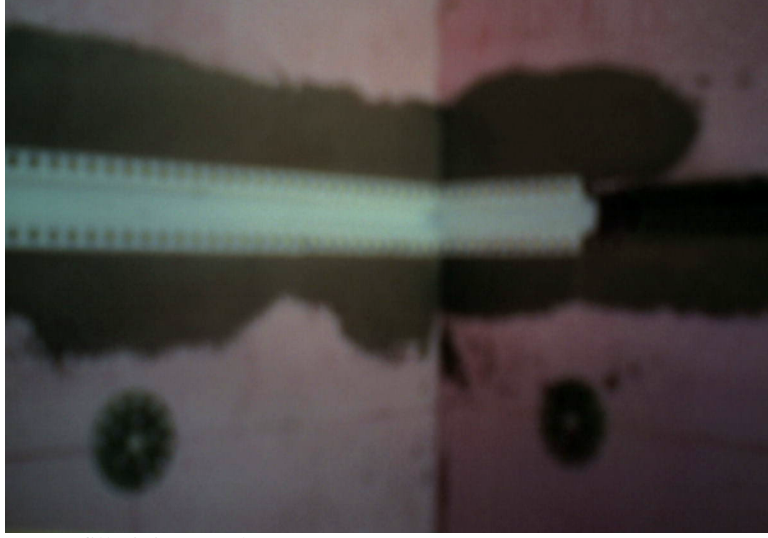
Şekil 3.30. Donatı Filesinin Pencere Köşesine Yatayla 45°'lik Açı Yapar Konumunda Uygulanması

Binalarda dilatasyon bölgelerinin oluşturulması da dikkat edilmesi gereken bir konudur. Çünkü dilatasyon derzleri hem çatlama açısından hem de ısı iletkenliği açısından riskli bölgeler olarak adlandırılabilir. Yapıda açılması gereken dilatasyonun, dış cephe ısı yalıtım sistemi üzerinde de devam etmesi gerekir. Bunun için özel dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Ayrıca yalıtım levhasının kapı veya pencere doğramaları ile birleşim noktaları açık kalmayacak şekilde su sızdırmazlık bandı veya poliüretan esaslı dolgu mastiği ile kapatılmalıdır. Dilatasyon kesinlikle sıva, yapıştırıcı gibi malzemelerle kapatılmamalıdır, bu bölümlerde özel düz ve köşe detaylar için geliştirilmiş dilatasyon profilleri kullanılmalıdır. Profiller en az 10 cm üst üste bindirilerek uzatılabilir (Bkz. Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Dilatasyon Profillerinin Uygulanması

Fuga profilleri ısı yalıtım levhalarının döşenmesi sırasında yerleştirilir. Fuga profillerinin boyutlarına karar verirken, ısı yalıtım levhasının kalınlığı göz önüne alınmalıdır. Fuga profili ile duvar arasında; ısı yalıtımını korumak amacıyla ısı yalıtım bandı kullanılmalıdır. Fuga profillerinin kullanımına, ısı yalıtım levhalarının döşenmesinden sonra karar verildiği takdirde, yalıtım levhası kalınlığının en az %25'i kadar kalınlık, fuga profilinin arkasında bırakılmalıdır. Bu uygulama, ısı yalıtım performansı açısından önem taşımaktadır. Yüzeydeki donatı filesi, profil kenarının üzerine bindirilir ve üzeri sıvanır. Dekoratif olarak problem yaratmaması için profillerin terazisinde ve özellikle köşelerde, gönyesinde olmasına dikkat edilir. Profillerin üzeri boyanarak dekoratif görünüm kazandırılır (Bkz. Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Fuga Profillerinin Uygulanması

Damlalık profilleri, ısı yalıtımının kapı ve pencere lentonları, balkon ve cumba altlarındaki gibi riskli bölgelerde sudan korunması, aynı zamanda bu bölgelerde düzgün bitişler sağlanabilmesi için kullanılan ekipmanlardır. Profiller köşeye yüzey sıvası yardımıyla monte edilir ve üzerine donatı filesi yerleştirilir (Bkz. Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Kapı Üzerine Damlalık Profillerinin Uygulanması

Duvarda yalıtım işleminde levhalar yüzeye uygulandıktan, dübellere sabitlendikten ve gerekli köşe profilleri yapıldıktan sonra yalıtım levhası sıvası uygulamasına geçilir. Sistemin donatısını, bu katman oluşturmaktadır. Önce sıva hazırlanır. Bu işlem için özel imal edilmiş toz halindeki 25 kg'lık çimento esaslı sıva, ortalama 6 lt su ile tercihen düşük devirli bir mikser yardımı veya mala ile topak kalmayacak şekilde

karıştırılarak hazırlanır. Bu şekilde akrilik esaslı yüzey sıvası kullanıma hazır hale gelir. Sıva harcı hazırlandıktan sonra levhaların üzerine iki kat sıva yapılır. Levhaların yüzeyine ilk kat sıva mala ile uygulanır (Bkz. Şekil 3.34) [31].



Şekil 3.34. Isı Yalıtım Levhasının Yüzeyine İlk Kat Sıva Uygulanması

Birinci kat sıva sürüldükten sonra henüz kurumadan, üzerine sıva filesi çelik mala ile hafifçe bastırılarak tutturulur. Sıva filesinin yüzeyi boyunca ilk kat sıvanın içine hafifçe gömülmesi gereklidir. Sıva filesi, 3-4 mm'lik toplam sıva kalınlığının 2/3'ü filesinin altında, 1/3'ü file üstünde kalacak şekilde uygulanır. Filenin yalıtım levhası ile temas etmemesine dikkat edilmelidir (Bkz. Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Donatı Filesinin İlk Sıva Katmanı Üzerine Uygulanması

Sıva filesi tabakalarının ek yerleri, birbirlerine yatayda ve düşeyde 10 cm bindirilmelidir. Alt kat sıvanın kurumaması beklenmeden, ikinci kat sıva uygulaması yapılarak düzgün bir yüzey elde edilir (Bkz. Şekil 3.36). İkinci kat sıva uygulaması,

geniş yüzeylerde ara vermeden sürdürülmelidir. Bu nedenle, son kat uygulanırken yeterli iş gücünün bulundurulmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.36. İkinci Kat Sıva Uygulaması

Yalıtım levhası sıvası kurduktan sonra, sistem üreticisinin tavsiyesine ve kişinin tercihine bağlı olarak üzerine dekoratif kaplama uygulanır. Uygulanacak kalınlık ve miktar kaplama türüne göre değişmektedir (Bkz. Şekil 3.37).

Çeşitli yüzey şekilleri, son kat sıva üzerinde çeşitli uygulama metotları ile oluşturulur. Uygulama +5 °C ile 30 °C sıcaklık aralığında yapılmalıdır. Güneşli, sıcak ve rüzgarlı ortamlarda gerekli koruma önlemleri alınmalıdır. Farklı kuruma sürelerine bağlı olarak oluşabilecek ton farklılaşmalarını önlemek için geniş cephelerde anolama yapılmalı veya iskelede yeterli eleman bulundurulmalıdır. Birbiri ile bağlantılı yüzeylerde uygulama, ara verilmeden bitirilmelidir. Uygulanmış yüzeyler, priz alma süresi içerisinde yağmur ve don gibi olumsuz hava koşullarına karşı korunmalıdır.



Şekil 3.37. İkinci Kat Yalıtım Sıvası Uygulanması

Son kat sıva kaplamasından sonra dış cephe üzerine dekoratif amaçlı boyama veya kaplama işlemleri yapılır (Bkz. Şekil 3.38). Dış cephe yalıtım sistemlerinde genellikle tekstürlü hazır renkli sıvalar tercih edilmelidir. Son kat kaplamanın, dekoratif amacının aynı sıra bir görevi de dış cepheyi ve yalıtım sistemini dış hava koşullarından korumaktır. Bu korumada, kaplamanın tanecik yapısı büyük önem taşır. Mimari nedenlerden ötürü ‘düz’ bir boya gerekiyorsa, normal uygulamanın üzerine 1-2 kat daha sıva yapılmalıdır. Son kat kaplamalar için renk seçiminde fazla koyu renkler tercih edilmemelidir. Açık renklere kıyasla güneş ışınlarını daha fazla çektikleri için yüzey fazla ısınarak, ısı gerilimle birlikte çatlaklar oluşabilir. Son kaplama uygulamasına, yüzey sıvası uygulanmasından en az yedi gün sonra geçilmelidir.



Şekil 3.38. Dekoratif Amaçlı Boyama ve Kaplama

En son yüzey kaplama işlemini yüzeyi tuğla ile kaplayarak da yapılabilir. Bu uygulamada Kilden imal edilmiş 15 mm kalınlığındaki tuğlalarla yapılan tuğla bitişli uygulamalar, mevcut ve yeni binalara uygulanabilen bir dış cephe kaplama sistemidir (Bkz. Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Tuğla Bitişli Son Dekoratif Kaplama

Bu tür uygulamalarda; sistem üreticisinin tavsiyesi ile pürüzlü ön ve arka yüzeylerinin yanı sıra, tuğla tespitini kolaylaştırmak ve işçiliği hızlandırmak amacıyla önceden hazırlanmış, tuğla genişliğinde yatay oluklar açılmış ısı yalıtım levhaları kullanılır. Bu oluklar, yatayda taşıyıcı destek dişleri oluşturur ve derzlerin yatayda ve düşeyde düzgün oluşmasını sağlar. Yapıştırma ve mekanik tespit işlemleri tamamlanmış ısı yalıtım levhalarının üzerindeki hazır oluklar arasına son kat kaplama tuğlalar, özel yapıştırıcısı ile yapıştırılır (Bkz. Şekil 3. 40 a-b) [22,23].



Şekil 3.40. Tuğlaların Arasına Özel Yapıştırıcıların Uygulanması

Kuruma işleminin tamamlanmasından sonra, olukların oluşturduğu derzler, uygun bir derz dolgu malzemesi ile doldurulup, düzeltilerek uygulama tamamlanır.

Mantolama sistemin uygulamalarında yapılan hatalar konusunda şunlar söylenebilir. Bazı uygulamalarda bilgi ve tecrübe eksikliğinden kaynaklanan hatalar sonucunda, ısı yalıtım sistemlerinin uygulandığı binalarda, ısı yalıtımından beklenen performansın aksine, performans kayıpları ve bazı hasarlar oluşmaktadır. Bu problemin ana kaynağı, pazarda yeteri kadar tecrübeli uygulamacı firmanın olmamasıdır. Tecrübesiz ve bilgisiz uygulamacıların, haksız fiyat rekabeti ile proje sahiplerini etkileyerek uygulama işlerini almaları, problemlü uygulamalara yol açmaktadır. Diğer bir neden de, ısı yalıtım sistemi üreticisi firmaların yanı sıra, pazarda toplama malzemeler ile yapılan uygulamalarda oluşan problemlerdir.

İnşaat sektöründe "deneme yanılma yöntemi" veya "olsa olsa böyle olur metodu" kullanılarak çok sık hatalar yapılmaktadır. Bunlardan biri, boyut stabilitesi olmayan levhaların altına ısı yalıtım levhalarının montajı ile yapılan uygulamalardır. Su buharı geçirgenlikleri, su emme değerleri, yapışma ve kopma değerleri ve genleşme özellikleri, kısacası birbiri ile uyumlulukları test edilmemiş malzemeler arasındaki ısı farklılıkları sonucu boyut değişimleri ve bu değişim sırasında malzemelerin birbirlerini itmesi nedeni ile hasarlar oluşmaktadır. İlk maliyeti ucuz gibi görünen bu uygulamada, hasar yıllar içinde devam edeceğinden yapılan tüm harcamalar boşunadır ve uygulama maliyetleri de yüksektir [31].

İç yüzeylerden yapılan yalıtımlarda, ısı köprüleri için önlem alınmadığında, özellikle ısı yalıtımı yapılan cephelere komşu kolon, kiriş ve döşemelerde yoğuşma oluşmakta, dolayısı ile ısı kayıpları kaçınılmaz hale gelmektedir.

Genel uygulama hataları şunlardır;

- Dübel montajlarının yanlış yapılması,
- Dübel deliğinin büyük açılması,
- Düşük sıcaklıklarda kırılğan, taşıma gücü zayıf kalitesiz dübellerin kullanılması,
- Bina rüzgar yüklerinin dikkate alınmaması sonucu eksik dübel kullanımı,
- Isı yalıtım levhası sıvasının ince yapılması sonucu sıvada dökülme problemleri,
- Isı yalıtım levhalarının şaşırıtmalı olarak yerleştirilmemesi,
- Donatı filesinin kalitesiz olması, alkali dirençli olmaması,
- Donatı filesi uygulamasında file bindirmelerinin yapılmaması,
- Isı yalıtım levhalarının arasında 2-4 mm boşluk bulunması halinde bu boşluğun harç ve sıva ile doldurulması,
- Su yalıtımı ile ısı yalıtımının birleşim detaylarının iyi çözülmemesi,
- Binalardaki parapet üstlerinin bir harpuşta ile korunması,
- Ahşap, kiriş, sundurma direkleri gibi elemanlar ile ısı yalıtım sistemi birleşim detaylarının doğru çözülmemesi.

Detay eksikleri ve problemleri olarak;

- Yağmur borularının ve paratoner hatlarının sistemin içine gömülmesi,
- Balkon ve bina çıkımlarındaki detayların çözülememesi nedeni ile ısı köprülerinin oluşması,
- Dilatasyonlarda profil kullanılmaması veya yanlış ve uygun olmayan profillerin kullanılması,
- Yağmur ve kar sularının birikebileceği yanlış detayların sonucunda sistemin su emmesi, ısı yalıtım sisteminde hasarlar oluşturan problem kaynaklarıdır.

Uygun olmayan malzeme seçimi olarak;

- B1 yangın sınıfında olmayan EPS kullanılması,
- Isı yalıtım levhalarının mantolama sistemi için uygun olmaması;
- Standartlara uymayan, boyut stabilitesi kazanmamış yani dinlendirilmemiş EPS,
- Standartlara uymayan ve sıva tutucu bir emprenye sistemi olmayan taş yünü,
- Standartlara uymayan, düşük yoğunluklu, zırlı XPS,
- Ölçüleri uyumsuz profillerin kullanımı da ısı yalıtım sisteminin verimliliğini olumsuz etkileyen sorunlar arasındadır,

Zemin problemleri olarak ;

- Tozuyan, kirli, yağlı yüzeyler,
- Tuz kusması olan cepheler,
- Yosun ve bakteri üremiş cepheler,
- Düzgün olmayan, gevşek zeminler, ısı yalıtım uygulamalarından önce çözümlenmemeleri halinde sorun oluşturacak problem kaynaklarıdır.

Malzeme stoklama hataları olarak;

- Isı yalıtım levhaları, direkt güneş altında, yağmura karşı korunmasız halde stoklandığında,
- Isı yalıtım levhaları, gelişigüzel bir şekilde stoklandığında,
- Mineral lifli ısı yalıtım levhaları büküldüğünde hasar gördüklerinden, ısı yalıtım uygulamalarında kullanılmaları sakıncalıdır [13].

Mantolama sistemi uygulamasında tavsiyeler olarak;

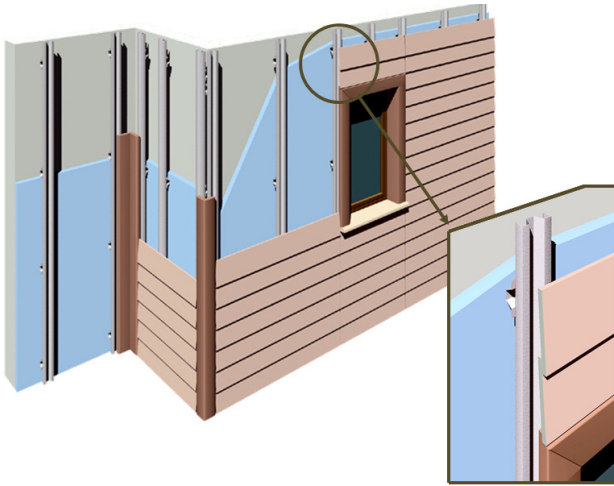
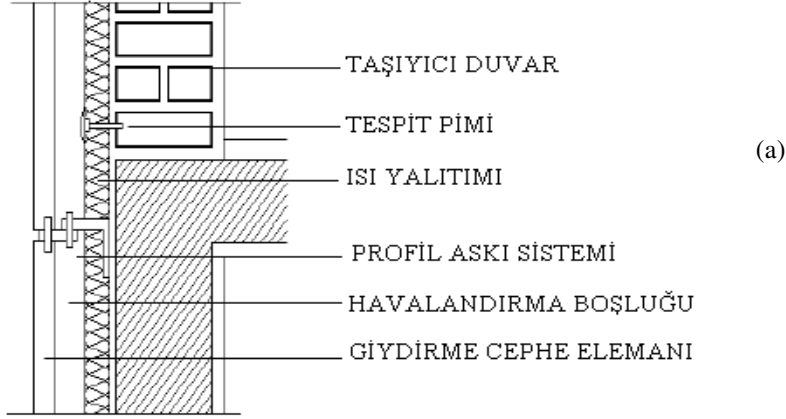
- Uygulamada kullanılacak ısı yalıtım malzemesi seçimi yapılmadan önce, bina yüksekliğinin yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi yapılmalıdır.
- Cephelerde XPS veya EPS levhalar kullanılıyorsa, yangına karşı korunum sağlamak amacıyla, pencere gibi açık kısımların etrafını taş yünü levhalarla dönülmesi tavsiye edilir.
- XPS levhaların kullanımında yüzey pürüzlü, kenarları düz levhalar tercih edilmelidir.

- Uygulamalarda kullanılacak olan XPS ve EPS levhaların dinlendirilmiş olması gerekmektedir.
- Karışım oranlarına ve kullanılacak malzeme miktarına uyulmalıdır.
- Yapıştırıcının derzlere girmesini önlemek için yapıştırıcı, levhaların kenarlarına yakın sürülmemelidir.
- Levha, yapıştırıcı sürüldükten sonra hemen duvara tatbik edilmelidir.
- Yüzeyde kalabilecek açıklıklar yalıtım parçaları ile kapatılmalıdır.
- Cephelerde ve köşelerde levhalar şaşırtmalı olarak yerleştirilmelidir.
- Yapışmayı sağlamak için levhalara, geniş yüzeyli düzgün bir mala ile vurulmalıdır.
- Yalıtım levhalarının duvara dübellenmesi, yapıştırma işleminden en erken 24 saat sonra yapılmalıdır.
- Levhaların birleşim noktalarında oluşabilecek çıkıntılar törpülenmelidir.
- Donatı katmanının iyi hazırlanmasına dikkat edilmelidir.
- Son kat sıva uygulamasından önce donatı katmanının iyice kuruduğu tespit edilmelidir.
- Uygulama sırasında sistem, yağmura karşı korunmalıdır.
- Uygulamalar, güneş ve kuvvetli rüzgar etkisinde kalan cephelerde yapılmamalıdır.
- Yüzey düzgünlüğünün sağlanması için veya açıklıkların doldurulması, alt veya son kat malzemelerle yapılmamalıdır.

3.2.1.2. Havalandırmalı dış duvar yalıtım uygulamaları

Yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzeme arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Türkiye’de, özellikle büyük şehirlerimizde sayısı giderek artan ve büro yapısı dışında, günümüzde konut olarak da tercih edilen yüksek yapılarda uygulanan bu sistemde, yapı elemanlarından kaynaklanan ısı kaybı; pencereler ile parapet bölgesini oluşturan duvar elemanlarında meydana gelmektedir. Tuğla ya da betonarme parapetli sistemlerde kullanılacak yalıtım malzemesi; parapetin iç yüzünde ve parapetin dış yüzünde olmak üzere iki farklı konumda uygulanabilmektedir. Parapetsiz sistemde ısı yalıtımı uygulaması, parapet bölgesinde kullanılan panelin bünyesinde veya panelin iç kısmında

olmaktadır Doğru bir detaylandırmanın sağlanması halinde bu tür bir kesitte yoğunlaşma olmayacaktır (Bkz. Şekil 3.41) [15,16].



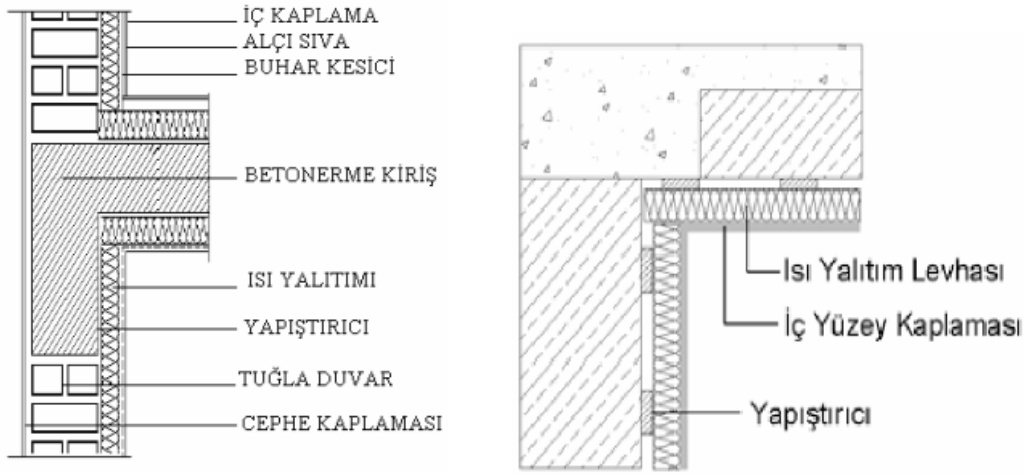
Şekil 3.41. Giydirme Cephe Sistemlerinde Dıştan Havalandırılmalı Yalıtım

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. Yangınlık 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.

Yoğuşmanın engellenmesi için yalıtım tabakası ile cephe kaplaması arasında mutlaka havalandırma boşluğu bırakılmalıdır. Ülkemizde yalıtım tabakası ile cephe kaplaması arasında havalandırma boşluğu bırakılmayan uygulamalar da mevcuttur. Havalandırma yapılmayan cephelerde yalıtım tabakası dış yüzeyde olsa dahi yoğuşma olayı gerçekleşmektedir.[33]

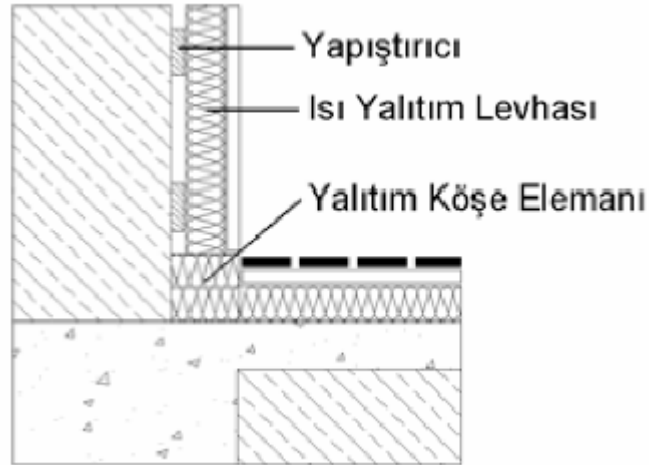
3.2.2. Duvarlarda içten ısı yalıtımı uygulanması

Günümüzde konutlarda da sıklıkla uygulanan bu sistem; büro binaları, konser ve sinema salonları gibi kısa süreli kullanılan, sürekli bir ısıtma gerektirmeyen mekânlarda uygulandığında daha olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sistemde duvarların ısı depolama yeteneği az, ancak ön ısınma süreleri kısadır. İç yüzeyden ısı yalıtımı yapılması durumunda, buhar difüzyonu sonucunda ısı izolasyon malzemesi içerisinde yoğuşma olasılığı oldukça yüksektir. Bu sebeple, yalıtım levhalarının sıcak tarafında mutlaka bir buhar kesici malzeme kullanılmalıdır [1]. İçeriden yapılan yalıtım, özellikle mevcut binaların ısı yalıtımında ve dıştan ısı yalıtımı tercih edilmeyen durumlarda uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamalarda, döşemelerin, kolon, giriş ve perdelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda meydana gelen ısı köprülerini ortadan kaldıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Dıştan yalıtımlı duvarlarda görülen uygulama tekniğinin güçlüğü ve maliyet artışı gibi olumsuz özelliklere karşın, iç yüzeyden yalıtımlı duvarlarda uygulama kolaylığı ve maliyetin düşmesi olumlu özellikler arasında sayılmaktadır (Bkz. Şekil 3.42) [16].



(a) Kiriş-Duvar Birleşimi

(b) Duvar-Tavan Bileşimi

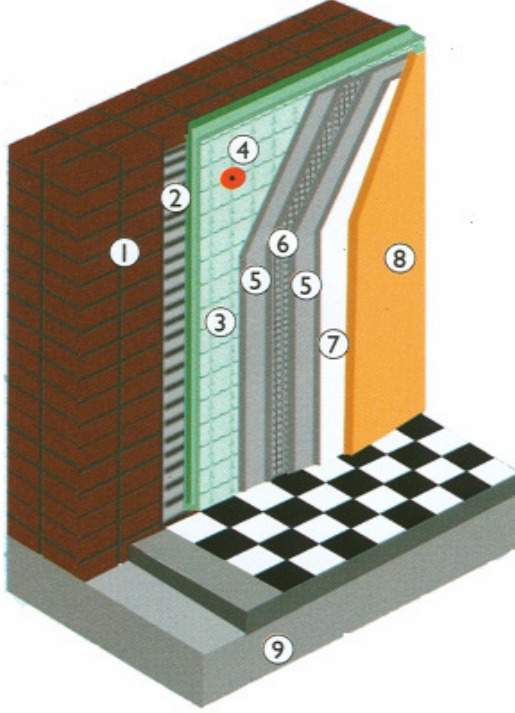


(c) Duvar-Döşeme Bileşimi

Şekil 3.42. Duvarlarda İçten Yalıtım Detayları

İçeriden yapılan yalıtımın avantajları arasında, bina dış görünüşüne etki etmemesi, iskele gerektirmemesi, uygulama sırasında dış hava durumundan etkilenmemesi, uygulama kolaylığı, istenilen mekân ya da duvar için uygulama olanağı vermesi, daha ekonomik olması sayılmaktadır. Ancak içeriden yalıtımda sıcaklık farkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler sonucu iç yapıda bozulmalar ve çatlaklar oluşabilmekte, yazın iklimlendirme cihazı kullanılmaması durumunda iç ortam sıcaklığında yüksek artışlar olabilmekte ve iç hacimde alan kayıpları oluşmaktadır.

Duvarların iç kısımdan yalıtılması uygulamasında yapılan işlemler ana hatlarıyla, dıştan yalıtımda yapılan işlemlere benzer (Bkz. Şekil 3.43) [31].



1. Dış Duvar İç Yüzeyi
2. İzolasyon Pano Yapıştırıcısı
3. Isı Yalıtım Levhası
4. Dübel
5. 1. Kat Yalıtım Sıvası
6. Elyaf Sıva Filesi
7. Dekoratif Kaplama (2. Kat Sıva)
8. İç Cephe Boyası
9. Döşeme Betonu

Şekil 3.43. Duvarların İçten Yalıtılması Uygulaması

Aynen dıştan yalıtımda olduğu gibi içten yalıtımda da yalıtım uygulanacak yüzeyler toz, kir ve yapışmayı önleyecek maddelerden arındırılmalıdır. Bu işlemten sonra yapıştırma harcı mantolamada belirtildiği gibi hazırlanır. Harcın hazırlanmasından sonra ısı yalıtım levhalarına ya noktasal olarak ya da çerçevesel olarak uygulanır (Bkz. Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Levhalara Yapıştırma Harcının Uygulanması

Levhaları yapıştırma işlemine iç köşelerden başlanmalı ve terazisinde şaşirtmalı olarak uygulanmalıdır. Isı yalıtım levhaları yüzeye uygulandıktan sonra dübelleme işlemine geçilir. Dübelleme işlemi aynen dış duvarlarda olduğu gibi yapılır. 3 metreden daha az yükseklikler için dübel kullanılmayabilir (Bkz. Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Isı Yalıtım Levhalarının Duvar İç Yüzeyine Uygulanması

Yapıştırma, dübelleme ve törpüleme işlemlerinden sonra ilk kat sıvası hazırlanır. Hazırlanan sıva ısı yalıtım levhasının üzerine 2-3 mm kalınlığında uygulanır (Bkz. Şekil 3.46).



Şekil 3.46. Isı Yalıtım Levhasına İlk Kat Sıva Uygulaması

Uygulanan sıvanın prizi gerçekleşmeden donatı filesi mala yardımıyla yüzeye uygulanır. Donatı filesi uygulamalarında, filenin uç noktalarının birbirleri üzerine 10 cm bindirme yapılmasına dikkat edilmelidir. Uygulanan ikinci kat sıvadan sonra son kat sıva işlemine geçilir. Genellikle son kat sıva uygulaması olarak alçı kullanılır. Ancak zaman zaman alçı yerine lateks katkılı, çimento bazlı hazır sıvalar ile alçılar da kullanılabilir. Bu işlemlerden sonra yüzeye dekoratif amaçlı olarak çeşitli (boya vb.) uygulamalar yapılabilir.

3.2.2.1. Duvarların içten yalıtımı uygulamalarında dikkat edilecek hususlar

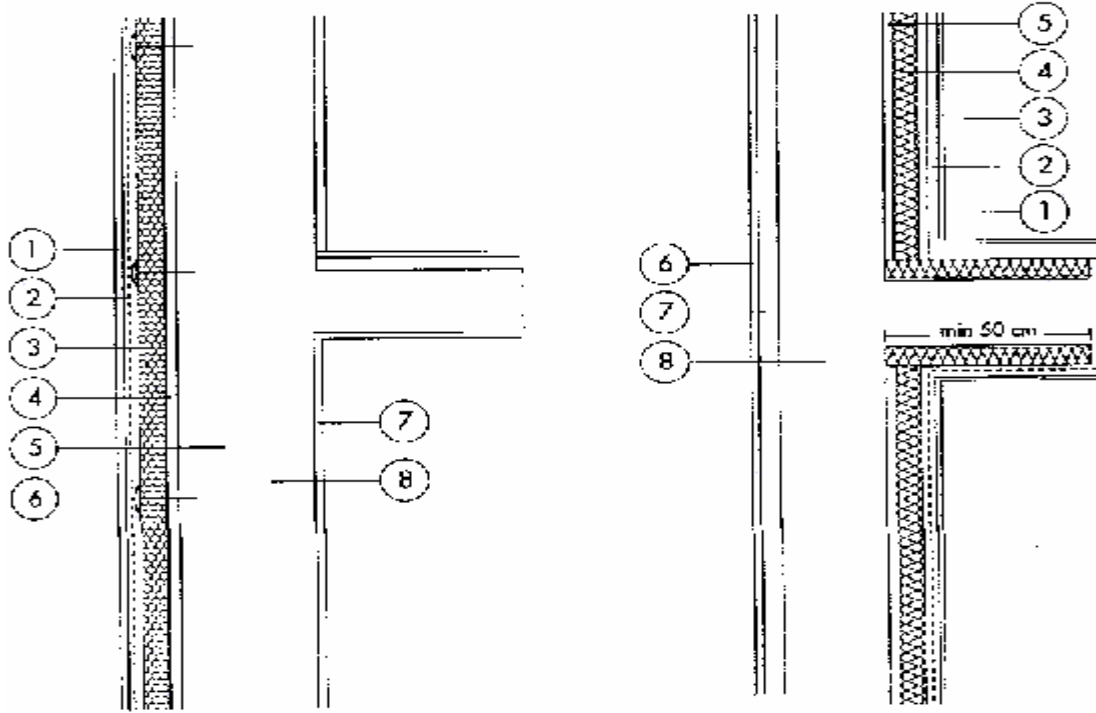
- Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamadır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına yoğuşma tahkiki yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılır. Bu kesicinin ek yerlerinde geçirimsizliği sağlayacak buhar kesici bant kullanılmalı tespit elemanları ile delinmemelidir.
- Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb. tespit elemanlarından kaçınılmalı veya gerekli önlemler alınmalıdır.
- Kat döşemeler ile bileşimlerinde ısı köprülerini yok edecek şekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır.

- Duvar döşemelerinde bulunan kolon, kiriş hatıl vb. ısı köprüleri öncelikle dış yüzeyden, zorunluluk durumunda tavan-döşeme iç yüzeyine en az 50 cm dönülerek yalıtılmalıdır. Buhar kesici tabakalar, mümkünse tavan ve döşemelerde döndürülmelidir.
- Mutfak ve banyo gibi fazla miktarda buhar üretilen hacimli yerlerde kaynağa yakın noktada su buharının pasif bir baca veya havalandırma ile dışarı atılması sağlanmalıdır [33].

3.2.3. Dış Duvarlarda ısı yalıtımının içten ve dıştan uygulamalarının karşılaştırılması

DIŞ DUVARLARDA İÇTEN YALITMA	DIŞ DUVARLARDA DIŞTAN YALITMA
Masif dış kabuk aşırı ölçüde sıcaklık etkilerine maruz kalır. Kışın tamamen donar. Yazın ise ısı depolanması söz konusudur.	Masif dış kabuk sıcaklıktan korunmuştur. Don olayı duvar için sorun değildir.
Korunmayan dış kabuğun şekil değişiklikleri fazladır ve duvar malzemesinin yapısına göre kabarmabüzülme hareketlerine maruz kalır.	Sıcaklığa bağlı şekil değişiklikleri düşüktür. Korumalı kabuktaki önemsiz sıcaklık düşüşleri ve sıcaklık oynamalarıyla orantılıdır.
İç taraftaki buhar kesici dış kabuktan daha sızdırmaz olmalıdır ya da duvar sadece kuru odalar için kullanılmalıdır.	Burada buhar kesicinin önemi çok azdır. Isı yalıtım tabakası ile birlikte bir nem toplayıcı görevi oluşturmaz ve normal şartlar altında kullanılmasa da olur.
Duvar sisteminin ısı depolama yeteneği azdır. Bu odanın daha çabuk ısınmasını sağlar. Oda öte yandan da aynı şekilde çabuk soğuyacaktır.	Bu duvar sisteminin ısı depolama yeteneği fazladır. Yavaş ısınır ve yavaş soğur.
Duvar, arada bir kullanılan odalar, sürekli çalıştırılmayan, iyi ayarlanabilen ısıtma sistemleri için elverişlidir.	Duvar sürekli çalışan (ve ataleti olan) ısıtma sistemleri için elverişlidir.

Aşağıda içten ve dıştan yalıtım uygulamalarına ait detay resimleri verilmiştir (Bkz. Şekil 3.47) [13].



1. Cephe Kaplaması
2. File Taşıyıcılı İnce Sıva
3. Isı Yalıtımı
4. Yapıştırıcı
5. Dış Duvar
6. Dübel
7. İç Sıva
8. Dış Duvar

1. İç Kaplama
2. Alçı Sıva (Donatı Filesini ile) veya Alçı Plaka (ek yerlerine file bandı konularak)
3. Buhar Kesici
4. Isı Yalıtımı
5. Yapıştırıcı
6. Dış Cephe Kaplaması
7. Sıva
8. Betonarme Perde

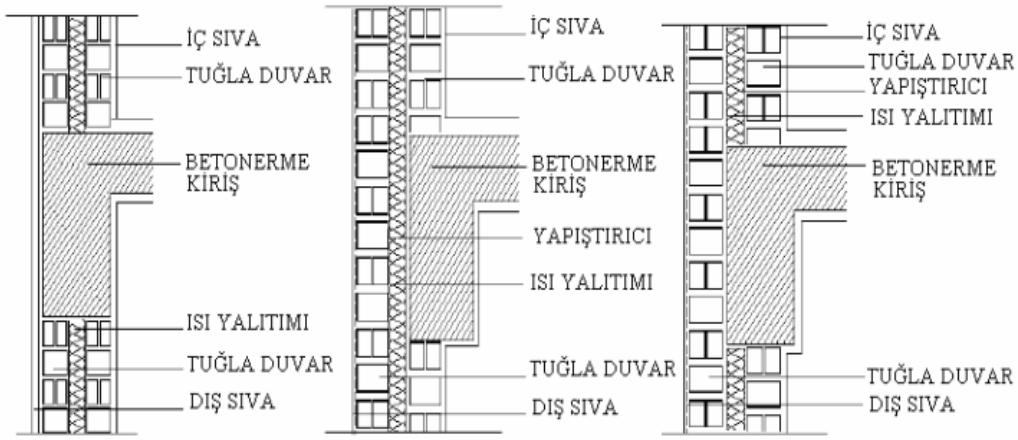
Şekil 3.47. İçten ve Dıştan Isı Yalıtım Uygulamalarına Ait Detay Resimleri

3.2.4. Duvarlarda ortadan (sandviç duvar) ısı yalıtımı uygulanması

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" olarak adlandırılabilir. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar iki değişik şekilde uygulanabilir. Bunlar, birbirinden düşey hareketli bir hava katmanıyla ayrılmış iki masif duvar ve

ısı yalıtım tabakasından oluşan çift kabuk dış duvar sistemi (havalandırmalı-Soğuk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan, hava boşluğu içermeyen çift kabuk bir duvar sistemidir (Havalandırmaz-Soğuk) [15,36].

Her iki sistemde, dış ve iç kabuk aynı veya ayrı masif yapı malzemelerinden örülür veya yapılır. Genellikle beton blok ve briketler, dolu tuğla, pres tuğla, klinker tuğla vb. ile doğal taş, beton gibi alışılmış malzemeler kullanılır. İç ve dış kabuk yalnız tuğlalardan oluşturulabildiği gibi kabuklardan birisi, tuğla vb. diğeri beton, briket vb. olabilir veya her iki kabuk betondan yapılıdır (Bkz. Şekil 3.48).



Şekil 3.48. Duvarlarda Ortadan Isı Yalıtımı Uygulaması ve Detayları

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, camyünü, taş yünü, ahşap yünü, koyun yünü, mineral lifli plak ısı yalıtım malzemeleri, EPS ve XPS sert köpük, poliüretan sert köpük, genleştirilmiş ürefoaldehit köpük vb. plak üreten ısı yalıtım malzemeleri, cam köpüğü ya da genleştirilmiş perlit veya vernikülit, bims vb. taneli yalıtkan dolgu malzemeleri ısı yalıtım malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Ancak, taneli dolgu

malzemeleri daha çok havalandırmamız dış duvarlar için uygun olan ısı yalıtım malzemesidir [34,37].

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlarda, iç ve dış kabuk arasında yapısal bir bağlantı yoktur. Bununla beraber her iki kabuğun mekanik dayanım açısından birlikte çalışması gerekir. Bunun için, iç ve dış masif katman yeterli sıklıkta metal bağlarla birbirine bağlanır. Bağlanma, duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğer ucu iç katmana ve karşılıklı aynı düzlemdeki derzler veya iç ve dış kabukta boşluklara sokularak bağlanır. Bağlar için en uygun metal, bakır, bronz, galvanizli demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok değişik boyut ve biçimlerde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir. Ancak ülkemizde uygulamada bu detay göz ardı edilmekte iç ve dış duvarlar bağlanmamaktadır. Bu nedenle olası bir deprem karşısında duvarlar farklı şekilde depreme tepki vermekte hatta yıkılmaktadır. Bu tür durumları önlemek için duvarlar 3 mm çaptaki galvanizli ankraj çubukları ile birbirine bağlanır. Ankraj çubukları yatayda 75 cm, düşeyde 30-40 cm mesafelerle şaşırtmalı olarak ve m²'ye ortalama 5 adet düşecek şekilde uygulanmalıdır [13,31,34]

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar hem iskelet ve hem de yığma yapılara uygulanmaktadır. İskelet yapılarda kabukların her ikisi ince olabileceği gibi biri kalın (iç kabuk), diğeri ince olabilir. Yığma yapılarda ise statik açıdan daha kalın duvarların yapımı gerektiğinden kabuklardan birisi özellikle iç kabuk diğerdan daha kalın olarak inşa edilmektedir.

Havalandırılmalı çift kabuk dış duvar sistemlerde yer alan katmanında herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem taşıyıcılık ve yapıdan aldığı nemi beraberinde yapıdan uzaklaştırıcılık gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Burada yapı bileşeni hem konstrüksiyon, hem de işlev yönünden hareketli hava katmanı tarafından ikiye bölünmüştür. İyi bir şekilde havalandırılan hava katmanının ısı şartları dış ortamla aynı kabul edilir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlarda; dış kabuk en az 9 cm, iç kabuk ise en az 11.5 cm kalınlığında olmalıdır. İki kabuk arası en fazla 15

cm 'dir. Hava tabakasının en az kalınlığı 4 cm 'dir. Isı yalıtım tabakası ise en fazla 11 cm kalınlığındadır [36].

Havalandırmasız dış duvarlarda, sistemi oluşturan tüm malzeme katmanlarına ait nemsel ve ısı dirençler birbiri arkasından kesintisiz sıralanmaktadır. Bu tür dış duvarlarda rüzgar etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına ve hem de dış kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olabilir. Isıl konfor şartları sağlanmış bu duvarlarda soğuk dönemde iç kabuk sıcak, don bölgesinde bulunan dış kabuk ise soğuktur. İç kabuk yavaş, dış kabuk ise hızla soğur. Çiğ noktası, ısı yalıtım tabakasının içindedir. Sıcak dönemde ise dış kabuk çok hızla ısınır. Taşıyıcı nitelikteki iç kabuk dış kabuk tarafından korunduğu için yüksek sıcaklıkların etkisi altında değildir. Sıcak dönemde ısı akımına paralel olarak gelişen buhar akımı sonucu, su buharı ısı yalıtım tabakasında yoğuşur, yoğuşma genellikle düzlemseldir. Taşıyıcı duvar yıllık sıcaklık farkı nedeni ile çok az genişler. Dış kabuk, yüksek ısı genleşmelerinin etkisi altındadır ve iç kabuğun ısı depolama yeteneği yüksektir [31].

Havalandırılmalı sistemde dış kabuk için kullanılacak masif yapı taşlarının don etkisine dayanıklı olması ve su geçirmez (sıkı) nitelik taşıması, buna karşılık iyi bir kılcal emicilik gücüne sahip olması, yani iyi bir nem depolayıcı olması gerekir. Bu malzemeler, buhar kesicilik özelliği de taşıyabilir. Bu durumda, kapalı ortamdan difüzyon yoluyla gelen su buharı hareketli hava katmanına erişir erişmez buradaki hava akımı ile derhal uzaklaştırılacaktır. Havalandırılmalı dış duvar sistemi, her yerde kolayca kullanılmayan en hassas ısı yalıtım malzemelerinin (örneğin: son derece düşük yoğunluktaki camyünü vb.) istenilen düzeyde ısı iletkenlik değerleri içinde ve sağlıklı olarak kullanılmasına imkan vermektedir. Burada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tam anlamıyla buhar geçirgen olmasında hiç bir sakınca yoktur. Ancak, bu sistemde cam köpüğü vb. difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, bunlar açık derzli olarak uygulanmalı ve iç kabuk iç yüzeyine yakın bir bölgede güçlü bir buhar kesici katman ile birlikte yer almalıdır. Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı dış duvarlarda boşluk tabanında, olası yoğuşma ve kabuktan sızabilecek yağmur sularının her iki kabuğa zarar vermeden serbestçe dışarı

atılmasını sağlayan bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman, hava giriş delikleri ile optimum düzeyde bağdaştırılmalıdır [36].

Havalandırmasız sistemde genel olarak, su buharı difüzyon direnci yüksek yapı taşları dış kabukta kullanılmamalıdır. Buhar difüzyonuna imkan sağlayan bu yapı taşları suyu bünyesine almamaktadır. Isı yalıtım malzemeleri ise su buharı geçirgen özellikte olmalıdır. Bu tür dış duvarlarda, dış kabuk uygun nitelikte malzemeler ile oluşturulmamış ve derzler dahil, dış yüzeyi su geçirimsiz kılacak önlemler alınmamış ve uygulama hataları yapılmışsa rüzgar etkisi altındaki yağmur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına yol açar hem de iç kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olur. Poliüretan, ekstrüde veya ekspanded polistren sert köpük vb. gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım malzemeleri, kuvvetli yağmur etkisinde, derzlerinin dışında pratik olarak bünyesine nem almaz. Taş yünü, cam yünü vb. mineral lifli plaklar, genişletilmiş ürefoaldehit köpüğü veya hidrofob genişletilmiş perlit vb. gibi açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri ise bünyesine dış kabuğa komşu yüzeylerinden nem alabilir. Isı yalıtım malzemesinin tamamen nemlenmesi durumunda nem, bu tabakaya iç yüzünden, komşu iç kabuğa da girebilir ve onun da nemlenmesine yol açabilir. Bu açıdan bakıldığında, havalandırmasız dış duvarda, pratik olarak, su emmeyen kapalı gözenekli sert köpükler veya hidrofob (su itici) özelliği ile su emiciliği azaltılmış olan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Her iki durumda da duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giriş delikleri ile ilişkilendirilmelidir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlarda su buharı difüzyonu sonucu genellikle yoğuşma görülür. Isı iletim katsayısı aynı olan ısı yalıtım malzemelerinin yüksek buhar difüzyon direncine sahip olanlar, düşük dirençlilere göre daha az yoğuşma riski taşır. Yoğuşma sonucu oluşan nem miktarı, düşük buhar difüzyon dirençli mineral lifli plakalarda daha fazla, yüksek dirençli yapay sert köpük plaklarda ise daha azdır. Bu açıdan da, ısı yalıtım malzemesi olarak, duvar bünyesinde yoğuşmaya izin verilse bile, kapalı gözenekli sert köpük plaklar kullanılabilir [35,36].

Plak türünden ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı durumlarda atmosferik yüklerden koruyucu dış kabuk için, nispeten düşük difüzyon dirençli bir malzeme (1/2 normal dolu tuğla vb.) öngörülürken, ısı yalıtımının dökülerek veya doldurularak uygulandığı duvarlarda masif dış kabuğun difüzyon direnci nispeten yüksek malzemedan (1/2 dolu klinker tuğla vb.) seçilmesi gerekir. Isı yalıtım katmanının dolgu malzemesinden oluşması, duvar tabanında sağlıklı bir sızdırmazlık ve sudan arınım sisteminin uygulanmasını zorunlu kılar [15].

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlar, yağmur geçişinin önlenmesi ve yapı içindeki su buharının yoğunlaşmaya neden olmadan dışarı atılması yönünden uygun olan konstrüksiyonlardır. Bu sistem ısı geçirgenlik direnci yüksek, buhar geçirgenlik direnci düşük ısı yalıtım malzemeleri ile kullanılmalıdır. Yapım sırasında, hava giriş ve çıkış deliklerinin bırakılmış olması ve duvar diplerinin su geçirmezlik malzemeler ile donatılması gerekir.

Yağmur etkisi ve difüzyon tekniği açısından problemlili olan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarlar pratikte çok, ancak bilinçsizce uygulanan bir detaydır. Bu sistemde yeterli performans ancak bir dizi önlem alınarak sağlanabilir. Hidrofob özellikteki dökme perlitli ısı yalıtım tabakasının kalınlığı en az 5 cm olmalıdır. Mineral lifli, yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, konstrüksiyon, uygulama esnasında neme karşı korunmalıdır. Yağmur ve su buharı etkilerine karşı nem emmeyen kapalı gözenekli sert köpük plak veya su itici nitelikteki yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Nemsel etkenlere açık dış kabuğun ısı geçirme değerinin hesaplanması ve bunun ısı korunum açısından değerlendirilmesi gerekir.

Yağmur suyu etkilerine karşı duvar diplerine sağlıklı bir sudan arınım sistemi oluşturulmalı ve bu bölgeye su geçirimsiz malzeme uygulanmalıdır. Havalandırmasız duvarların farklı iç ve dış kabuk ve farklı ısı yalıtım malzemesi seçenekleri ile difüzyon kontrolü yapılmalı ve alınan sonuçlara bağlı olarak kullanım açısından bir karara varılmalıdır [31].

Sandviç duvar uygulaması yoğunlaşma riskinin az olduğu uygulamadır. Sandviç duvar uygulamalarında iç kaplama olarak alçı pano vb. kaplamalar kullanılacaksa tavan ve döşeme ile birleşme hatları panoların arkasına sürekli yapıştırma harcı ile duvara yapıştırılmalıdır. Bu yapıştırma sırasında altta ve üstte boşluk bırakılmaması

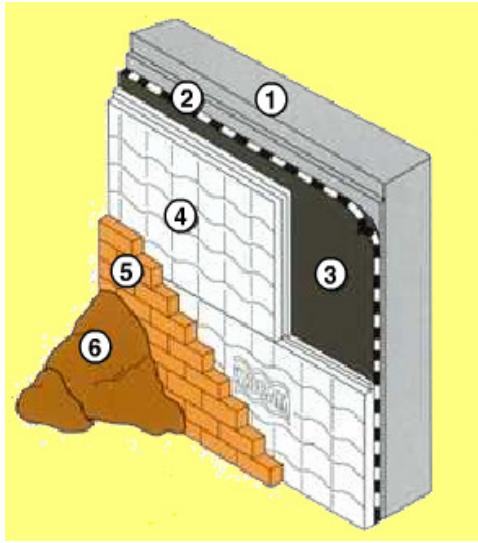
durumunda, hava hareketinden dolayı ısı kayıpları ortaya çıkacaktır. Ayrıca yangın gazlarının duvara sızmalarını önlemek için yanıcı olmayan ısı izolasyon malzemeleri ile doldurup, duvar boşluğu üstünden kapatılmalıdır.

3.2.4.1. Duvarların ortadan yalıtılması (sandviç duvar) uygulamasında dikkat edilecek hususlar

- Isı yalıtımı, iki duvar arasına yerleştirilir. Isı yalıtımı iç duvarın dış yüz ile temas etmelidir. Dış duvar ile ısı yalıtımı arasında hava boşluğu olabilir. Bu boşluk olmadığında dış duvar buhar geçişini engellemeyecek malzeme yapısına sahip olmalıdır.
- Kullanılan ısı yalıtımı malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre yoğuşma tahkiki yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılmalıdır.
- İç duvar bünyesinde kalan kolon, giriş, hatıl döşeme vb. ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı elemanlarının tamamı ısı yalıtım tabakası ile dıştan kaplanmalıdır. Isı yalıtım tabakasının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir.
- Tuğla veya sıva dış yüzeyinde buhar direnci yüksek bir kaplama veya boya kullanılmamalıdır. Geçirimsiz tabaka başlangıçta duvarın kurummasını önler yoğuşma ve tuzlanma riskini arttırarak duvarın nefes almasını engeller.
- Isı yalıtım malzemesi ile iç duvar dış yüzeyi arasında boşluk bırakılmamalıdır.

3.2.5. Toprak altı dış duvar ve subasman yalıtımı

Toprağın altında kalan bölgelerin ve toprağa yakın subasman bölgelerinin yalıtım sistemini oluşturmak için XPS levhalar veya EPS levhalar kullanılır. Kullanılacak XPS levhalarının en az 30 kg/m^3 yoğunluk, %10 deformasyonla 300 kPa 'lık basma mukavemetine ve % 3'ün altında su emme özeliğine sahip olması gereklidir.

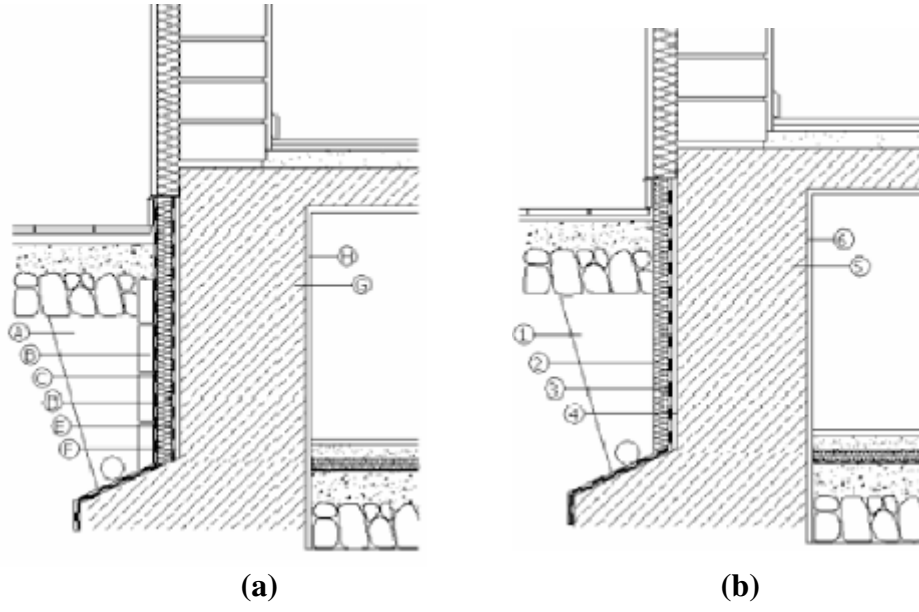


1. Bodrum Duvarı
2. Düzeltme Sıvası
3. Su yalıtım Örtüsü
4. Isı Yalıtım Örtüsü
5. Baskı Duvarı
6. Toprak Dolgu

Şekil 3.49. Subasman Uygulaması

Toprak altı dış duvarlarda yüzeyin düzeltilmesi için sıva yapıldıktan sonra, bitümlü su yalıtım örtüleri, kaynaklanarak dış duvar yüzeyine yapıştırılır (Bkz. Şekil 3.49-3.50). Bunun üzerine XPS veya EPS ısı levhaları serbest olarak su yalıtım örtüsü üzerine yerleştirilir. Bu işlem, baskı duvarı ve toprak dolgu ile beraber yürütüldüğü takdirde levhaları yapıştırmaya gerek yoktur [13].

Diğer bir yöntem ise, ısı yalıtım levhalarının yer yer soğuk bitüm ile su yalıtım üzerine yapıştırılmasıdır. Bundan sonra baskı duvarı örülerek ve toprak dolgu yapılarak uygulama tamamlanır.

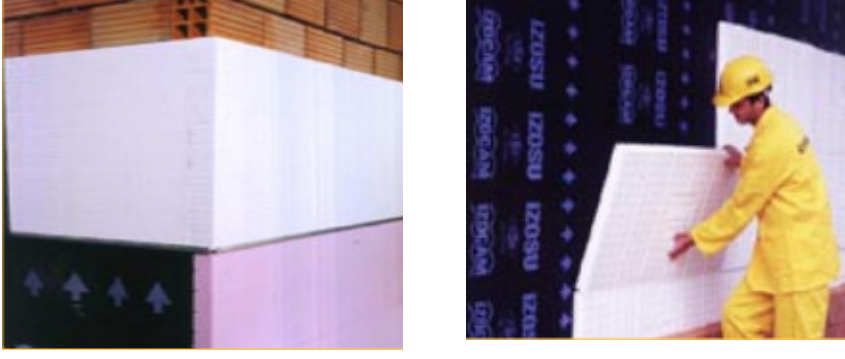


- A. Toprak
- B. Baskı Duvarı
- C. Su Yalıtım Örtüsü
- D. Isı Yalıtım Levhası (XPS)
- E. Su Yalıtım Örtüsü
- F. Düzeltme Sıvası
- G. Betonarme Perde Duvar
- H. İç Sıva

- 1. Toprak
- 2. Isı Yalıtım (XPS)
- 3. Su Yalıtım Örtüsü
- 4. Düzeltme Sıvası
- 5. Betonarme Perde Duvar
- 6. İç Sıva

Şekil 3.50. (a) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarlı) – (b) Toprak Temaslı Beton Perde Duvarlar (Koruma Duvarsız)

Duvarın toprağa yakın subasmanı bölgesinde ise cephede oluşturulan başlangıç bölgesinden başlama üzere ısı yalıtım levhaları, noktasal yapıştırma metodu ile bitüm örtü üzerine yapıştırılır. Levha yüzeyinin %40 oranına alt katmanda yapışması gerekir [13,37].



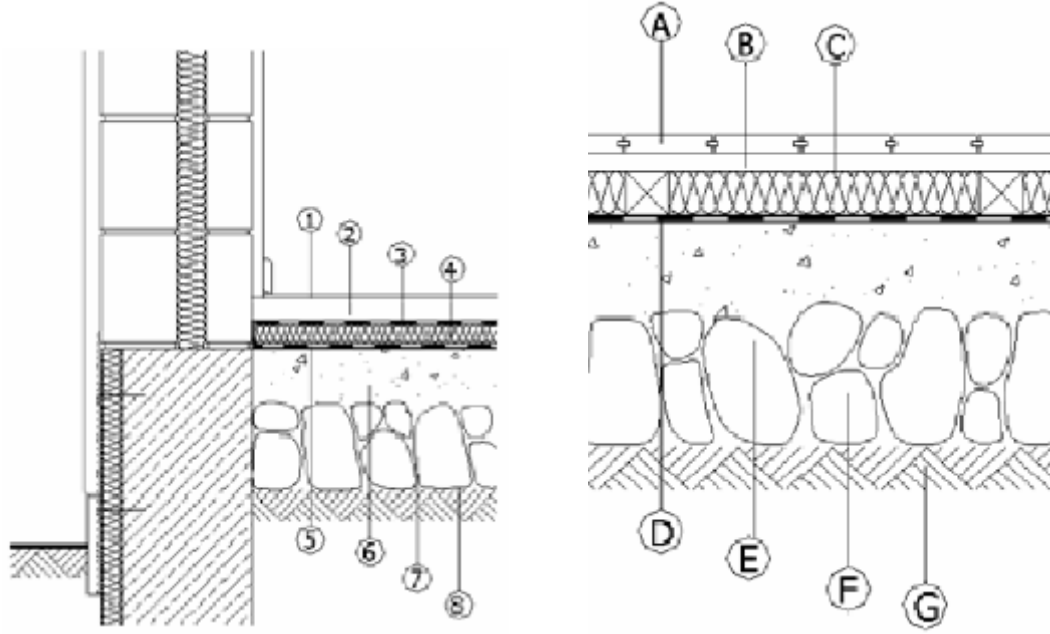
Şekil 3.51. Toprak Altı Dış Duvar ve Subasmanı Yalıtımı

Levhaların üzerine donatı katmanı oluşturulduktan sonra, son kat dekoratif dokulu sıva toprak hizasına kadar uygulanmalıdır. Subasman yüksekliği en az 30 cm olmalıdır. Gerek toprak altı dış duvarlarda, gerekse de subasmanında kullanılan ısı yalıtım levhalarının tespitinde, su yalıtım örtüsünü delmemek için dübel kullanılmamalıdır [7,24].

3.3. Döşemelerde Isı Yalıtımı

Döşemelerde ısı yalıtımı; toprağa oturan döşemelerde, yerden ısıtılmalı döşemelerde, düşük sıcaklıktaki iç ortama bitişik döşemelerde ve çıkmalarda uygulanır.

Toprağa basan döşemelerde ısı yalıtımı radye temel altında ısı yalıtımı ve betonarme döşeme üstüne ısı yalıtımı olmak üzere iki farklı şekilde yapılır. Radye temel altında ısı yalıtımında ısı yalıtımı yatay olarak döşeme betonu altına serilir. Bu uygulamada ısı yalıtım levhaları olarak bünyesine su almayan XPS levhaları kullanılmalıdır. Ayrıca ısı yalıtımı sisteminin altına sudan etkilenmeleri önlemek için de su yalıtım yapılmalıdır (Bkz. Şekil 3.52) [7,13].



1. Döşeme Kaplaması
2. Şap
3. Bir Kat Serbest Su Yalıtım Örtüsü
4. Isı Yalıtımı
5. Su Yalıtım Örtüsü
6. Grobeton
7. Blokaj
8. Toprak Zemin

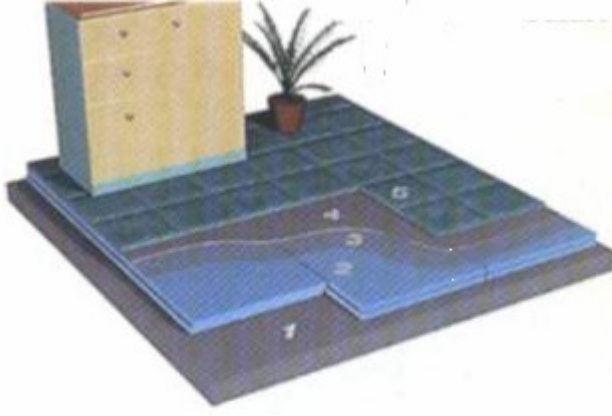
- A. Ahşap Parke
- B. Ahşap Kör Döşeme
- C. Ahşap Kadronlar Arası Isı Yalıtımı
- D. Su Yalıtımı Örtüsü
- E. Grobeton
- F. Blokaj
- G. Toprak Zemin

Şekil 3.52. Toprağa Basan Döşemelerde Isı Yalıtımı Detayı

Uygulamaya başlamadan önce ısı yalıtım levhalarının serileceği zemin levhalarının yüzeyi; birbirine kenetlenmiş şekilde oturtulmasını sağlayacak kadar düz ve temiz olmalıdır. Beton dökülürken sivri cisimlerle su ve ısı yalıtımı zedelenmemelidir. Ayrıca donatı demirleri yerleştirilirken aynı titizlik gösterilmelidir. Isı yalıtım levhaları sürekliliği bozulmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Özellikle duvar birleşimlerinde ısı köprüleri oluşmayacak şekilde detaylar çözülmelidir. Duvar yalıtımı yapılırken ısı yalıtımı döşeme kalınlığının alt hizasında başlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Zemin etüdü ve zemindeki su durumu (zemin rutubeti, basınçsız su ve basınçlı su) incelendikten sonra kullanılacak ısı ve su yalıtım malzemelerinin seçimi ve dizilişi yapılmalıdır [23,34].

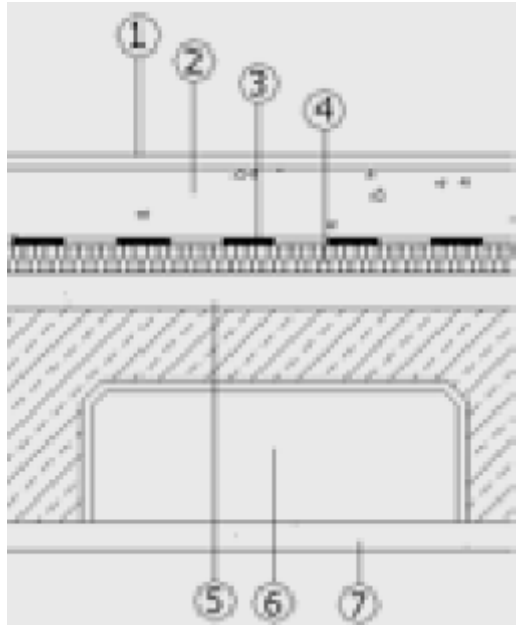
Düşük sıcaklıktaki ortama bitişik döşemelerde ısı yalıtımında levhalar, döşeme betonu üzerine doğrudan, arada boşluk kalmayacak şekilde döşenir. Üzerine harçlı

bir döşeme kaplaması uygulanacaksa, ayırıcı tabaka olarak polietilen folyo serilir ve istenirse ince bir şap tabakası atılarak, harçlı kaplama uygulaması yapılır. Halı, PVC, ahşap parke gibi kaplamalar için şap tabakası üzerine yapıştırma veya latalı tespit yapılır (Bkz. Şekil 3.53 – 3.54).



1. Döşeme Betonu
2. Isı Yalıtım Levhası
3. Ayırıcı Tabaka
4. Harç
5. Döşeme Kaplaması veya Şap Tabakası

Şekil 3.53. Düşük Sıcaklıktaki Ortama Bitişik Döşemelerde Isı Yalıtımı Uygulaması



1. Döşeme Kaplaması
2. Yüzer Şap (Donatılı, anolu, 400 dozlu)
3. Bir Kat Serbest Su Yalıtım Örtüsü
4. Isı Yalıtımı
5. Şap
6. Asmolen Döşeme
7. İç Yüzey Kaplaması (İç Sıva)

Şekil 3.54. Ara Kat Döşeme Detayı

Isıtılan döşemelerde levhalar döşeme betonu üzerine serilir. Üzerine polietilen folyo ayırıcı tabaka serildikten sonra ısıtma-tesisat boruları plastik ayaklar ile yerleştirilir, uygun kalınlıkta şap dökülerek ısıtma borularının bu şap kalınlığının ortasında kalması temin edilir. Daha sonra istenilen döşeme kaplaması ile detay tamamlanır (Bkz. Şekil. 3.55) [7].



1. Döşeme Betonu
2. Isı Yalıtım Levhası
3. Ayırıcı Folyo
4. Isıtma Boruları
5. Şap
6. Zemin Kaplaması

Şekil 3.55. Yerden Isıtmalı Döşemelerde Isı Yalıtımı

Bu tür malzemeler basma yüklerine ve zamana bağlı sünmeye karşı yüksek dayanıma sahiptir. Bu nedenle kaplama malzemelerinin hasarına neden olmaz. Basma dayanımının yüksek olması nedeniyle daha ince şap kalınlığı ile yeterli mukavemet ve böylece maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Bünyesine su emmemesi özellikle döşemeden ısıtma, soğuk depo ve temel yalıtımı uygulamalarında, muhtemel kazalara karşı ısı yalıtım özelliklerinin korunmasına ve zamanla hasar oluşumunun önlenmesine imkan verir [37].

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüz dünyasında, güç dengelerinin enerji ve enerji yollarına sahip olma temeline dayanmasından dolayı, enerji tasarrufu ve enerjinin verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Enerji tasarrufunun önemli bir ayağı da ısı yalıtımıdır. Ülkemizde üretilen toplam enerjinin % 41'nin konutlarda tüketildiği göz önüne alındığı zaman, konutlarda ısı yalıtımının üzerinde hassasiyetle çalışılması bir gereklilik olarak önümüze çıkar. Türkiye enerjide % 68 oranında dışa bağımlıdır ve 2020 yılında bu oranın % 80'e çıkması tahmin edilmektedir. Enerji tasarrufu ile Türkiye'de yılda 3 milyar \$, sadece binalarda ise 1,3 milyar \$ tasarruf yapılabilir. Konutlarda ısı yalıtımı uygulaması enerji tasarrufu, çevre kirliliği ve bina ömrü üzerinde etkileri vardır. Yönetmeliklere uygun bir ısı yalıtımı ile kışın ısınma, yazın soğutma amaçlı kullanılan enerjide büyük miktarlarda tasarruf sağlanır. Isı yalıtımına harcanan maliyetler kendisini 1-2 ısıtma sezonunda amorti eder ki bu süre teknik bakımından çok kısa bir süredir. Isı yalıtımı yapılması ile konfor şartlarının sağlanması için harcanan yakıt azalır, buna bağlı olarak atmosfere verilen NO_x ve SO_x bazlı gazların emisyonunda kayda değer azalmalar meydana gelerek çevre kirliliğini önlemede büyük kazanımlar sağlar. Isı yalıtımı ile binayı oluşturan yapılar termal şoklardan ve dış ortamın etkilerinden korunduğu için ısı yalıtımı bina ömrüne olumlu etki yapar.

Yalıtılacak bölgenin özellikleri ve bölgeden istenen konfor şartları çok iyi analiz edilip bu özelliklere uyan ısı yalıtım malzemesinin seçilmesi, uygulanması ve termal kamera ile ısı köprülerinin tespit edilmesi, binalarda ısı yalıtımının amacına ulaşması bakımından çok önemlidir. Farklı konfor istekleri ve farklı ortamlar ısı yalıtım malzemelerinde çok çeşitliliğe yol açmıştır. Isı yalıtım malzemeleri yapıldıkları ana maddeye göre; bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri, mineral kökenli ısı yalıtım malzemeleri, sentetik ısı yalıtım malzemeleri ve yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Malzeme

biliminin gelişmesi, ısı yalıtımı yapılan bölgelerin ve bu bölgelerden istenen özelliklerin artmasına paralel olarak malzeme çeşitleri artmaktadır. Isı yalıtımında kullanılan malzemelerin seçiminde, malzemenin yoğunluğu, su geçirgenliği, sudan-nemden etkilenmezlik, yanmazlık ve alev geçirmezlik, mekanik özellikleri, buhar difüzyon direnci, kimyasallardan etkilenmezlik, insan sağlığına etkileri ve ekonomiklik gibi kriterler göz önüne alınır.

Yalıtım malzemelerinin EK-5’de verilen; malzemenin yoğunluğu, su geçirgenliği, sudan-nemden etkilenmezlik, yanmazlık ve alev geçirmezlik, mekanik özellikleri, buhar difüzyon direnci, kimyasallardan etkilenmezlik birimleri üretici firmaların ve yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarıdır. Belirtilen değerlerin teyid edilmesi için bir laboratuvar çalışmasının yapılması gerekmektedir. Ülkemizde henüz bütün yalıtım malzemelerin değerlerini test edebilecek simülasyon tespit edilememiştir.

Binalarda ısı yalıtımı çatılarda, duvarlarda ve döşemelerde uygulanır. Çatılarda uygulanmasında çatının; sıcak-soğuk, gezilebilir-gezilemez, eğimli-düz çatı olması büyük önem taşır buna bağlı olarak uygulama farklı yöntem ve detaylarla yapılır. Duvarlarda ısı yalıtımı dıştan, içten ve sandviç ısı yalıtımı olarak farklı tekniklerde karşı çıkar. Dış duvarların yalıtımında mantolama işlemi, binayı bir bütün olarak algılayıp sardığından dolayı ısı köprülerinin oluşmasına engel olarak en verimli uygulamadır. İçten yalıtım uygulaması genelde binaya sonradan yapılan ısı yalıtım uygulamalarında gerek uygulama süresi ve uygulama maliyetleri bakımından mantolama işlemine göre daha avantajlı bir uygulama olarak karşımıza çıkar ancak mantolama sisteminde olduğu gibi ısı köprülerini tam olarak engelleyemez. Sandviç duvar uygulaması, Avrupa ve ülkemizde yapılan bir uygulama olup ülkemizde genellikle yanlış uygulanan bir tekniktir. Yapılan yanlışlık, sandviç duvar uygulamasının tek başına ısı yalıtımında yeterli olduğu görüşü ve uygulama esnasında iç ve dış duvarların birbirlerine ankraj çubukları ile bağlanmamasıdır. Bu durum; özellikle ülkemizin deprem kuşağında olması gerçeği göz önüne alındığı zaman dikkat edilmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Duvarlarda ısı yalıtımı sadece duvarlarda oluşması olası ısı köprülerinin önüne geçilmesi işleminden ibaret olmayıp, ayrıca yapılarda ses ve nem kontrolüne de yardımcı olur. Özellikle duvarlarda ısı yalıtımının amacına ulaşması ve ısı yalıtım malzemesinin yalıtım özelliğini yitirmemesi için nem kontrolü yapılmalıdır. Bu nedenle yalıtım

yapılacak duvarın kuzey cepheye bakıp bakmaması, duvar üzerinde herhangi bir su akıntısının olmaması büyük önem taşımaktadır. Bu tür durumların vuku bulması halinde neme karşı dirençli ısı yalıtım malzemeleri yüzeye uygulanmalıdır. Döşemelerde ve temellerde ısı yalıtım uygulaması özellikle bina ömrüne etki eden ve su yalıtımı ile beraber uygulanması gereken bir konudur.

Isı yalıtımı bilinci geçmiş yıllara nazaran ülkemizde daha gelişmektedir. Bu bağlamda ısı yalıtımı üniversitelerde inşaat ve yapı bilimlerinde en çok değinilen konular olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak mevcut durum gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığı zaman ısı yalıtımı öneminin gerek toplum tarafından anlaşılması gerekse de yerel yönetimler tarafından teşvik edilmesi, kanuni zorunluluk olarak uygulanması ve kontrolü konusunda zafiyetlerimizin olduğu açıktır. (Bkz.EK-2 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği)Bununla beraber yalıtım uygulamalarını sadece ısı yalıtımından ibaret olmadığı bunu beraber su, ses ve yangın yalıtımının da uygulanması ile konutlardan ve sanayi tesislerinden gerek konfor şartları sağlanması gerekse de enerji tasarrufu konusunda kazançlarımızın milli servete katkısı olacağı göz önünde tutulmalıdır.

Günümüzde kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin uygulama fiyatları EK-5’de sunulmuştur. Tablo incelendiği takdirde; Genleştirilmiş polistren (EPS) ve Ekstrüde polistren köpük (XPS) malzemelerinin hemen hemen her alanda kullanıldığı halde, fiyatlarının günümüz şartlarına göre uygun olduğu görülmektedir. Bununla birlikte; yüksek performanslı ısı yalıtım malzemelerinin piyasaya yeni girmeleri nedeniyle fiyatlarının yüksek olduğu, fakat performanslarının; klasik ısı yalıtım malzemeleri diye nitelendirdiğimiz günümüz yalıtım malzemeleri ile kıyaslandığında, gelecekte söz konusu malzemelerin alternatifi olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ŞEN A.O., 'Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiye'de Yalıtım' Yüksek Lisans Tezi., Sakarya Üniversitesi, FBE, Sakarya, Haziran-2006 , s.1-4,8-19,36-43
- [2] 'Yalıtım' TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: 2005/399, 2005, s.7-15,19-37,81-104
- [3] RUBACI E., 'Yaşanan Konutlarda Enerji Tasarrufu' Martav Yalıtım A.Ş., 2006, s. 25-36
- [4] KOCAASLAN G. 'Yer Kabuğunda Isı Yalıtımı Kullanımı ve Isıtma Enerjisi Korunumu' Yalıtım Dergisi, Sayı 3, 2005
- [5] KARACA T. 'Ekstrüde Polistren Köpük Levhaların Dış Duvarlarda Kullanımı' Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, 2001, s. 14-37,56-64
- [6] KOÇU N., KORKMAZ Z. S., 'Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtım Uygulamalarının TS 825' e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi' Selçuk Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fak. ,2005
- [7] 'Isı + Ses + Yangın İzolasyon' IZOCAM A.Ş, s. 13-20,37-50,75-79
- [8] P. INCROPERA F., P. DeWITT D. Çevirenler; DERBENTLİ T. , Genceli F O. , GÜNGÖR A. , HEPBAŞLI A. İLKEN Z., ÖZBALTA N., ÖZGÜÇ F. ,PARMAKSIZOĞLU C. , URALCAN Y. 'Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri' Purdue University School Of Mechanical Engineering ISBN: 975-8431-11-0, Literatür Yayıncılık, 2001, s.3-9
- [9] CAN A. 'Yapılarda Isı Yalıtımı ve Türkiye'de Enerji İhtiyacının Azaltılması Yönünden Önemi' Trakya Üniversitesi, 2006
- [10] ÖZEREN Y. 'Para Kazandıran Konfor' , İnşaat&Malzeme Dergisi, Altan Matbaacılık, Ekim-2005
- [11] ŞENGÜL D. , SAYIN B., KAPLAN A. S., 'Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliliği ve Yalıtımdaki Uygulamaların Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi' İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği, Kasım-2005, s. 8-28

- [12] 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
- [13] www.izoder.org.tr
- [14] ORAL. K. G. , ALTUN C. 'Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı ve Nem Kontrolü' İTÜ Mimarlık Fak., Ağustos,2005
- [15] EVCİL N. 'Yapı Kabuğunda Isı Yalıtım Değerlerinin Yapı Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi' Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE 1999 s. 54-73
- [16] YILMAZ Z., ORAL K. G. 'Yapı Kabuğunda Isı Yalıtım Değerlerinin Yapı Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi' Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı MMO Yayını No: 213 , 1999, s.159-158
- [17] REMAN, O. 'Isı-Su İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması, Özellikleri, Soru ve Seçim Kriterleri' Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fak., Balıkesir.2000, s. 9-14, 22-26
- [18] Türk Yapı Sektörü Raporu 2004, 'Çatı Kaplama Malzemeleri' ,2004
- [19] www.yapex.com
- [20] <http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/isiyalitim/genelozellik/turleri.htm>
'Isı Tutucu Malzemelerde Aranılan Özellikler'
- [21] www.kimyamuhendisi.com ' Isı Yalıtım Malzemeleri'
- [22] ' terratherm-manto' Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemleri Ürün Katalogu, Arge İnşaat Mühendislik Yapı ve İzolasyon Malz. LTD. ŞTİ, 2006
- [23] 'ODE ISIPAN' Ürün Katalogu, Arge İnşaat Mühendislik Yapı ve İzolasyon Mlz. LTD. ŞTİ, 2006
- [24] 'Capatect Dalmaçyalı Dış Cephe Yalıtım Sistemleri Uygulama Detayları Katalogu'
- [25] Kubilay S. , L. ÖZCAN 'Yüksek Performanslı Isı Yalıtım Malzemeleri' İZOCAM A.Ş , 2005
- [26] www.mcizolasyon.com 'Isı Yalıtımında Kullanılan Kompozit Malzemeler'
- [27] UMAROĞULLARI F., ŞAHİN S., 'Binalarda Kullanılan Yüksek Teknoloji Ürünü Saydam Elemanların Optik ve Isıl Özellikleri' Trakya Üniversitesi, 2005, s. 10-18

- [28] http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/duvar_elemanlari ‘Çatılarda Yalıtımın Önemi ve Konutlarda Uygulama Örnekleri’
- [29] BULUT Ü. , ‘Teras Çatılar Üzerine Mimari Bir Değerlendirme’ Yalıtım Dergisi, Nisan-2005
- [30] SEZER F. ‘Metal Sandviç Panellerin Çatı ve Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Yapıda Uygulanışı ve Görülen Uygulama Hataları’ Yalıtım Dergisi, Ekim-2005
- [31] YILMAZ, R. ‘Betonarme Karkas Yapılarda Kolon ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi’ Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Haziran,2006, s.1-4,28-49,63-67
- [32] http://arkitera.com/v1/malzemedosyasi/duvar_elemanlari ‘ Dış Mantolama’
- [33] BERKMEN G. ‘Dış Cephe Yalıtım Sistemleri ve Uygulama Prensipleri’ Yalıtım Kongresi ve Sergisi Bildirileri MMO Yayını, 2001
- [34] BAYER M. A. ‘Yapı Kabuğunda Isı Geçirgenlik Direnci Düşük Olan Parça ve Bileşenlerin Uygulamalarına Yönelik Çözüm Önerileri’ Yüksek Lisans Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi, 2002, s. 40-70
- [35] <http://www.izolasyon-bilgi.com/isi-izolasyonu> ‘Duvarlarda Isı Geçiş Olan Yerler ve Bazı Önlemler’
- [36] DİLMAÇ Ş., ‘Ülkemizdeki Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamaları İçin Hazırlanacak Standart Detaylarla İlgili Prensiplerin Tanımlanması’ İTÜ Mimarlık Fak., 1998, s. 3-34
- [37] ÖZER M., ‘Yapılarda Isı-Su Yalıtımları Yapı Fiziksel Tanım Hesaplama Esasları’ İTÜ Mimarlık Fak., 1982, s. 30-42

EKLER

EK-1 Isı Yalıtımında Kullanılan Terimler

ISI YALITIMINDA KULLANILAN TERİMLER		
NO	TERİM	AÇIKLAMA
1	Isı	Belirli sıcaklıktaki bir sistemin sınırlarından, daha düşük sıcaklıktaki bir sisteme, sıcaklık farkı nedeniyle transfer edilen enerjidir.
2	Sıcaklık	Herhangi bir noktada ölçülebilen bir değer olup, sıcak veya soğuk hissini pozitif veya negatif bir büyüklük olarak belirler
3	Yoğunluk	Bir kütle için birim hacminin ağırlığıdır.
4	Isı İletkenliği	Homojen bir malzemenin kararlı hal şartları altında iki yüzeyi sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman birim zamanda birim alan ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan geçen ısı miktarına ısı iletkenliği denir. Bir ısı yalıtım malzemesinde aranması gereken en önemli özelliktir. Düşük ısı iletkenlik sabitine sahip malzeme yüksek ısı iletim direncine sahiptir.
5	Isı Geçirgenliği	Bir cismin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu zaman birim zamanda "d" kalınlığındaki bu cismin birim alanından yüzeylere dik yönde geçen ısı miktarına ısı geçirgenliği denir.
6	Isı Kaybı	"d" kalınlığındaki yapı bileşeninin 1 m^2 'sinden 1 saatte havalandırma ve ısı iletimi ile kaybedilen toplam ısı kaybına denir.
7	Isı Geçirme Katsayısı	Herhangi bir "d" kalınlığındaki yapı bileşeninin her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki farkın $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması halinde bileşenin 1 m^2 'sinden 1 saatte geçen ısı miktarına ısı geçirme katsayısı denir
8	Yüzeysel Isı İletim Katsayısı	Yüzeyler arasındaki sıcaklık farkının $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması halinde 1 m^2 malzeme yüzeyinden havaya ve ya havadan malzeme yüzeyine 1 saatte geçen ısı miktarına yüzeysel ısı iletim katsayısı denir.
9	Buhar Difüzyonu	Yüksek kısmi basınçlı kısımdan alçak kısmi basınçlı kısma doğru su buharı moleküllerinin geçişine buhar difüzyonu denir.
10	Termal Konfor	İnsan vücudunun ürettiği ısı ile kaybettiği ısıyı eşitlediği sıcaklık ve nem aralığıdır.
11	Higroskopik Malzeme	Bünyesine nem çekme özelliği olan malzemelerdir.
12	Hidrofob	Su tarafından ıslatılmayan malzemelerdir.
13	Kapiler Malzeme	Malzeme yüzeyinde yoğunlaşma ile oluşan suyun veya malzeme yüzeyinin direk temas eden suyun, herhangi bir basınç etkisi olmadan malzeme bünyesindeki kılcal damarlara girerek malzeme içinde ilerlemesi durumudur. Bu özelliğe sahip malzemelere kapiler malzeme denir.

EK-2 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği

YÖNETMELİK

Bayındırlık ve İskan Bakanlığından;

BİNALARDA ISI YALITIMI YÖNETMELİĞİ

Amaç ve Kapsam

MADDE 1 – Bu yönetmelik, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Bu yönetmelik, 3030 sayılı Büyük Şehir Belediyelerinin Yönetimi Hakkında Kanun Hükümünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun kapsamındaki belediyeler dahil, bütün yerleşim birimlerindeki binalarda uygulanacaktır.

Münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl ve benzeri binalarda bu yönetmelik hükümleri aranmaz.

Bu yönetmelik, 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun Hükümünde Kararnamenin 209 sayılı Kanun Hükümünde Kararname ile değişik 32. Maddesi kapsamına giren kamu kurum ve kuruluşları, katma bütçeli idareler, il özel idareleri ve belediyeler bu yönetmeliğe uymak ve uygulamakla yükümlüdürler.

Dayanak

MADDE 2 – 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun Hükmünde Kararnamenin 209 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile değişik 2/n maddesine dayanılarak düzenlenmiştir.

Isı Bölgeleri

MADDE 3 – Yurdumuz, binalarda ısı yalıtımı uygulamaları bakımından dört ısı bölgesine ayrılmış ve bu bölgelere giren il ve ilçeler EK 1-A'da ki listede ve EK 1-B'de harita üzerinde dört grupta gösterilmiştir. Listede yer almayan belediyeler, bağlı oldukları ilçe değerlerini esas alacaklardır. Birinci bölgede yapılacak olan binalarda, merkezi klima sistemi uygulanacak ise bu binalarda yapılacak olan ısı yalıtım projesinde ikinci bölge için verilmiş olan sınır değerler geçerli olacaktır.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

MADDE 4 - Binalar, ısı kayıpları bakımından çevre şart ve gereklerine uygun düzeyde yalıtılacaktır. Binaların hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, Tablo 1'de bölgelere göre verilen yıllık ısıtma enerjisi sınır değerlerini aşmamalıdır.

Isıl İletkenlik Değeri ve Isıl İletkenlik Direnci

MADDE 5 - Hesaplamalarda kullanılacak çeşitli yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik hesap değerleri ile iç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik direnç değerleri TS 825'den, hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri ve pencere ve dış kapıların ısı geçirgenlik katsayıları TS 2164'den alınacaktır.

Zemine Oturan Döşemenin Isı Geçirgenlik Katsayısı

MADDE 6 – ısı yalıtım hesabı yapılan yeni binalarda, ısıtılan hacimlerdeki toprağa oturan döşemeler için alınacak U_t değeri, standartta tavsiye edilen U_t değerinden en fazla % 25 düşük seçilebilir.

Proje Zorunluluğu

MADDE 7 – Bu yönetmelik hükümleri uyarınca TS 825 standardında belirtilen hesap metoduna göre yetkili makine mühendisi tarafından hazırlanan "ısı yalıtımı projesi" imara ilişkin mevzuat gereğince yapı ruhsatı verilmesi aşamasında tesisat projesi ile birlikte ilgili idarelerce istenir.

Özel Durum

MADDE 8 – Belediye hudutları ve mücavir alan sınırları dışında, köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanların köy yerleşik alanları civarında ve mezralarda 2 kata kadar olan ve toplam döşeme alanı 100 m^2 'den küçük (dış havaya açık balkon, teras, merdiven, geçit, aydınlık vb. hariç) yeni binalar ile bu alanlardaki mevcut binalarda;

- a. Yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayılarının (U), Tablo 2'de belirtilen yapı bileşenlerine ait U değerlerine eşit veya daha küçük olması,
- b. b- Toplam pencere alanının, ısı kaybeden dış duvar alanının %12'sine eşit veya daha küçük olması,
- c. c - Bu şartları sağlayan konstrüksiyonlar ve detayların mimari projede gösterilmesi ve "Makine Tesisat Raporunda" belirtilmesi,

halinde 7'nci maddede belirtilen "Isı Yalıtım Projesi" yapılması şartı aranmaz. Bu durumda yukarıdaki şartların sağladığını gösteren bir "Isı Yalıtım Raporu" düzenlenmesi yeterli olacaktır. Ancak, herhangi bir " U " değerinin Tablo 2'de verilen değerlerden daha büyük olması durumunda, bu binalar için ısı yalıtımı projesi hazırlanmalıdır.

Projede Bulunması İstenen Belgeler

MADDE 9 - Isı yalıtım projesinde aşağıda belirtilen bilgiler bulunmalıdır.

a) Isı kayıpları, ısı kazançları, kazanç/kayıp oranı, kazanç kullanım faktörü ve aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının büyüklükleri, TS 825’de verilen “Binanın Özgül Isı Kaybı” ve “Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı” çizelgelerindeki örneklerde olduğu gibi çizelgeler halinde verilmeli ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının (Q), Tablo 1’de verilen yıllık ısıtma enerjisi (Q¹) formülünden elde edilecek olan sınır değerden büyük olmadığı gösterilmelidir.

b) Konutlar dışında farklı amaçlarla kullanılan binalarda yapılacak hesaplamalarda, binadaki farklı bölümler arasındaki sıcaklık farkı 4 K’den daha fazla ise ve bu binada birden fazla bölüm için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılacaksa, bu bölümlerin sınırları şematik olarak çizilmeli, sınırların ölçüleri ve bölümlerin sıcaklık değerleri üzerinde gösterilmelidir.

c) Binanın ısı kaybeden yüzeylerindeki dış duvar, tavan ve taban/döşemelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve “U” değerleri belirtilmelidir.

d) Pencere sistemlerinde kullanılan cam ve çerçevenin tipi, bütün yönler için ayrı ayrı pencere alanları ve “U” değerleri ile çerçeve sistemi için gerekli olan hava değişim sayısı (n_h) belirtilmelidir.

e) Havalandırma tipi belirtilmelidir.

f) Isı yalıtım projesinde, binanın ısı kaybeden yüzeylerinde oluşabilecek yoğunlaşma TS 825-EK 6’da belirtildiği şekilde tahkik edilmelidir.

g) Dış yüzeylerde yer alan bütün betonarme elemanlar (kolon, kiriş, hatıl ve perde duvar vb.) mutlaka yalıtılmalıdır. Dolgu duvarlar ise hesap sonuçlarına göre gerekiyorsa yalıtılacaktır.

h) Binanın tümünde veya bağımsız bölümlerinde esaslı tamir, tadil ve eklemelerde de bu yönetmelik hükümleri uygulanır.

D) Bitişik nizam olarak projelendirilmiş alanlarda (sıra evler, ikiz evler) yapılacak binaların, ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q) hesabı yapılırken, bitişik duvar olan bölümleri de dış duvar gibi değerlendirilir ve hesaba katılır.

i) Bu yönetmelikte belirtilmeyen diğer hususlarda TS 825'e uyulacaktır.

Isı Yalıtımı Prensiplerinin Detayları

MADDE 10 – Isı yalıtımı prensiplerinin detayları EK: 2/1-24'de verilmiştir.

- a. Detaylar Isı Yalıtım Projesinin hazırlanmasında yol gösterici olması amacıyla verilmiştir.
- b. Yapılacak hesaplar sonucunda bulunacak malzeme kalınlıklarına göre detaylar kesinleştirilecektir.
- c. Detaylarda temel prensip, ısı köprülerinin oluşmasını önlemektir. Bunun için gereken tedbirler alınmalıdır.
- d. Teknolojik gelişmelere göre standartlarda yer alacak yeni malzemeler de detaylarda kullanılabilir.

Mimari Uygulama Projesi

MADDE 11 - Mimari uygulama projesi ve sistem detayları, ısı yalıtım projesindeki malzemeler ve nokta detaylarına uygun olmalı ve ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde, çatı-duvar, duvar-pencere, duvar-taban ve taban/döşeme-duvar bileşim detaylarını ihtiva etmelidir.

Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi

MADDE 12 – Tablo 3’de örneği verilen “ısı ihtiyacı kimlik belgesi”, yetkili ısı yalıtımı projesi ve uygulamayı yapan makine mühendisleri tarafından doldurulup imzalandıktan ve belediye veya valilikçe onaylandıktan sonra yapı kullanma izin belgesine eklenmelidir. Isı ihtiyacı kimlik belgesi, bina yöneticisinin dosyasında bulunmalı ve bir kopyası bina girişine asılmalıdır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Kaloriferli Binalarda Uygulama Esasları

Kazan Daireleri, Bacalar

MADDE 13 – Kazan dairesi ve bacaların yapımında aşağıdaki hususlara uyulur.

A) Kazan Daireleri :

a- Kazan daireleri yakıt cinsine göre boyutlandırılmalıdır.

b- Kazan daireleri içe ve dışa açılan iki adet kapısı olacak şekilde düzenlenmelidir.

c- Kazan dairesi kapıları yanmaz malzemedan yapılmalı ve direk merdiven boşluğuna açılmamalıdır. Koku, sızıntı ve yangın halinde dumanın bina içine girmesini engellemek için arada küçük bir giriş odası yapılmalı ve bu odanın kapıları sızdırmaz olmalı ve alta eşik konulmalıdır.

d- Kazanların önü ve arkası ile sağ ve sol yanında her türlü bakım-onarım ve müdahalenin yapılmasına imkan sağlayacak açıklık bulunmalıdır.

e- Kazan dairesinde yakıt türüne göre gerekli olan temiz havanın sağlanması ve egzost havasının atılabilmesi için gerekli havalandırma sağlanmalıdır. Bu işlemin sağlıklı yapılabilmesi için kuranglez yapılmalıdır. Bu uygulama ile gaz yakıtlı cihazlar için kanal yapma olanağı da sağlanmış olacaktır.

f- Kazan dairesinin dış duvarı olması veya ısı merkezinin ayrı bir binada bulunması halinde, kazan dairesi taban alanının 1/12'si kadar dış duvarlara pencere konulmalıdır.

g- Temiz hava giriş bacası ağzının zemin düzeyinde, pis hava atma bacası ağzının ise tavan düzeyinde olması sağlanmalıdır.

h- Katı ve sıvı yakıt kullanılan tesiste taze hava emiş menfez kesiti, duman bacası kesitinin % 50'sinden az olmamak üzere 50 kW'a (43 000 kCal/h) kadar 300 cm², sonraki her kW için 2,5 cm² ilave edilerek bulunan değerde, egzost baca kesiti ise duman bacası kesitinin % 25'i kadar olmalıdır.

ı- Gaz yakıtlı kazanlarda ise taze hava emiş menfezi, duman bacası ve egzost bacası kesitleri gaz firmaları ve ilgili gaz dağıtım kuruluşlarının istediği hesap değerlerine göre belirlenmelidir. Kazan dairelerinde bu doğal havalandırmanın yapılamadığı durumlarda cebri havalandırma (fanlı taze hava emiş ve egzostu) uygulanmalıdır. Bu durumda;

1. Sıvı yakıtta bu havalandırma kapasitesi kazanın her kW'ı için 0,5 m³/h olmalıdır.
2. Cebri havalandırılmalı sıvı yakıtlı kazan dairesinde;

Vantilatör kapasitesi = (Brülör fan kapasitesi + aspiratör kapasitesi) x 1,1 olmalı ve fanın brülörle aynı anda birlikte çalışması sağlanmalıdır.

3. Katı yakıtlarda mutlaka doğal havalandırma yapılmalıdır.

4. Gaz yakıtlı kazan dairelerinde bu seçimler, gaz firmaları ile gaz dağıtım kuruluşları kriterlerine göre yapılacaktır. Sadece emiş veya egzost yapılan yarı cebri havalandırılmalı kazan dairelerinde negatif basınç oluşacağından bu tür sistem uygulanmaz.

i- Kazan dairesinde farklı yakıtlı kazan varsa, en yüksek değerdeki baca ve havalandırma kriterleri esas alınmalıdır.

k- Soğuk bölgelerde ve sürekli kullanılmayan kazan dairelerinde donma tedbiri olarak havalandırma panjurlarını otomatik kapayan donanım yapılmalıdır.

l- Kazan dairesi yüksekliği TS 2192'ye göre hesaplanmalıdır.

m- Kazan kullanıcılarının kullanılan yakıt cinsine göre eğitimleri yaptırılarak sertifikalandırılmaları sağlanmalıdır.

n- Sıvı ve gaz yakıt kullanılan durumlarda kazan daireleri, gerekli tedbirleri almak koşuluyla çatıda tesis edilebilir. Bu durumda;

1. Statik hesaplarda kazan dairesi etkisi dikkate alınmalıdır. (Yaklaşık 1000-2000 kg/m²)

2. Çatının altında ve yanındaki mahallere rahatsızlık verebilecek etkileri aktarmamak için uygun akustik yalıtım uygulanmalıdır.Kazanlara titreşim izoleli kaide yapılmalıdır.
3. Kazan dairesine çıkış için uygun merdiven yapılmalıdır. Kapı ve pencereler kaçış yönünde, kilitsiz ve kolay açılacak şekilde düzenlenmelidir.
4. Yakıt boru hattı, doğal havalandırılmalı, kolay müdahale edilebilen bir şaft veya merdiven boşluğunda duvara yakın olacak şekilde düzenlenmelidir.
5. Havalandırma ve diğer kriterler bodrum kazan daireleri ile aynı olmalıdır.

B) Bacalar :

a- Her kazan için standardına uygun ayrı bir baca yapılmalıdır. Ancak gaz yakıtlı kazan bacalarında, gaz firmaları veya gaz dağıtım kuruluşlarınca önerilen kriterlere göre ortak baca uygulanabilir.

b- Kazan bacalarına, şofben,kombi, kat kaloriferi ve jeneratör gibi başka cihaz bacalarının bağlantısı yapılamaz.

c- Bacalar, mümkünse bina içinde olmalıdır. Zorunlu hallerde, bacanın bina dışında yapılması halinde, soğumaması için gerekli ısı yalıtımı ve dış koruması yapılmalıdır.

d- Katı ve sıvı yakıtlı bacalar dolu tuğla (içi sıvalı) veya ateş tuğlası ile gaz yakıtlı kazanlarda ise baca ısıya, yoğuşma etkilerine dayanıklı malzemelerden ve uygun üretim teknikleri ile yapılmalıdır. Metal bacalarda yanma sesinin yukarılara iletilmemesi için gerekli tedbirler alınacak ve baca topraklaması yapılmalıdır.

e- Bacaların en altında bir temizleme kapağı bulunmalıdır.

f- Gaz yakıtlı kazanlarda, temizleme kapağına ek olarak drenaj düzeni yapılmalıdır.

g- Bacalar, yanlarındaki bina ve engellerden etkilenmeyecek şekilde tesis edilmeli, bu engellerin en üst noktasından veya münferit binalarda mahya kotundan en az 1 metre yükseklikte ve üzerine şapka yapılmalıdır.

h- Bacalar mümkün olduğunca dik yapılmalı, zorunlu hallerde ise yatayla en az 60° açıda tek sapmaya izin verilmelidir.

ı- Duman kanalları, çelik malzemeden yapılacak ve izole edilmelidir. Gaz yakıtlı kazanlarda paslanmaz çelik tercih edilmelidir. Kanallar, kolayca temizlenecek şekilde düzenlenecek, gaz analizi için üzerinde ölçüm delikleri bırakılmalıdır. Duman kanallarının yatay uzunluğu dikey bacanın 1/4 ünden daha fazla olmamalı, kanal ana bacaya direk ve % 5 lik yükselen eğimle bağlanmalı, 2 adet 45° lik dirsekten fazla sapma olmamalı ve 90°lik dirsek kesinlikle kullanılmamalıdır.

i- Baca ve duman kanallarında TS 901'e uygun yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır.

k-Yüksek bina bacalarında genleşme ve bacanın kendini taşıması için gerekli tedbirler alınmış olmalıdır.

l- Baca kesiti zorunlu olmadıkça dairesel olmalıdır.

Radyatörler

MADDE 14 – Dış duvarlara monte edilen radyatörlerin arkasına üzeri yansıtıcı levha veya film kaplanmış yalıtım panelleri konulmalıdır.

Otomatik Kontrol

MADDE 15 – Yakıt tasarrufu için sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda otomatik kontrol sistemi tercih edilmelidir. Gaz firmaları ile ilgili gaz dağıtım kuruluşlarınca belirlenen esaslara göre ayrıca gaz kaçak kontrol sistemi oluşturulmalıdır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli Hükümler

Yapı ve Yalıtım Malzemelerinin Standarda Uygunluğu

MADDE 16 – Yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değerleri (λ_h) TS 825’de verilmiştir. Bina yapımında kullanılacak olan yapı ve yalıtım malzemelerinde TSE markası ve Türk Standardına Uygunluk Belgesi aranmalı, kullanılacak malzemelere ait λ_h ısı iletkenlik hesap değerlerinin ısı yalıtım projesinde alınan λ_h değerine uygunluğu gerektiğinde TSE veya TSE tarafından akredite edilmiş laboratuvarlardan alınacak bir rapor ile belgelendirilmelidir. Ancak, bahsedilen kurumlardan alınacak olan ısı iletkenlik hesap değerleri TS 825 EK-5’deki değerlerden daha küçük olması durumunda hesaplamalarda TS 825 EK-5’deki λ_h değerleri kullanılacaktır.

MADDE 17 – İnşaatın her safhasında ısı yalıtımı ile ilgili denetimler, belediye sınırları içinde ve mücavir alanlarda belediyeler, bu sınırlar dışındaki yerleşim birimlerinde valilikler tarafından yapılır. Binanın ısı yalıtımı ile ilgili teknik sorumlu, inşaatın taban/döşeme, duvar ve tavan aşamalarında, uygulanan yalıtımın projede verilen detaylara uygunluğunun kontrolünü yaparak belediye valiliğe rapor verir.

Yürürlükten Kaldırma

Madde 18 - Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile; 16 Ocak 1985 tarih ve 18637 sayılı resmi gazetede yayımlanan, Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

Geçici Madde 1 – 14/6/2000 tarihine kadar yapım işi ihalesi ilan edilmiş kamu binalarında ve inşaat ruhsatı alınmış özel yapılarda bu Yönetmelik hükümleri aranmaz.

Yürürlük

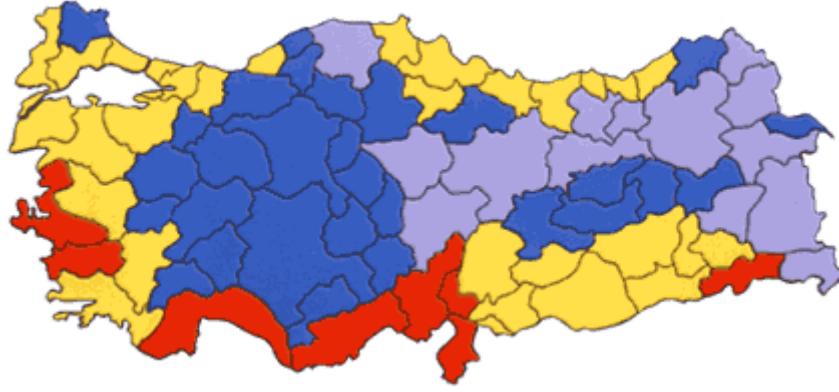
Madde 19 - Bu yönetmelik 14/6/2000 tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

Madde 20 - Bu yönetmelik hükümlerini Bayındırlık ve İskan Bakanı yürütür.

EK-2 Tablo 1 : Bölgelere göre $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi (Q') ihtiyacı sınır değerleri

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



EK-2 Tablo 2 : Bölgelere göre tavsiye edilen ısı geçirgenlik kat sayıları (U değerleri)

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P^* (W/m ² K)
1. Bölge	0.80	0.50	0.80	2.80
2. Bölge	0.60	0.40	0.60	2.80
3. Bölge	0.50	0.30	0.45	2.80
4. Bölge	0.40	0.25	0.40	2.80

(*) : U_p olarak verilen ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 2’de özel birleştirilmiş çift cam türü için verilmiştir. Diğer kapı ve pencere türleri için ısı geçirgenlik katsayıları TS 2164’den alınarak hesaba katılır.

EK-2 Tablo 3 Isı Hesap Kartı

	Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
$A_{top} = m^2$ $V_{brüt} = m^3$ $A/V = m^{-1}$ $A_n = m^2$	$Q^I = kWh/m^3$ veya $Q^I = kWh/m^2$	$Q_{yıl} = kWh/m^3$ veya $Q_{yıl} = kWh/m^2$
<p>Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı [kg, m³] : $860 \times Q_{yıl} / (\text{Yakıtın kalorilik değeri} \times \text{Sistem verimi}) [Kcal / (kg, m^3)] = \dots\dots [kg \text{ veya } m^3 \text{ yakıt}]$</p> <p>Önemli Not : Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS 825'deki kabullere göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.</p>		
<p>A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup dış ölçülere göre bulunur. Birimi "m²"dir. $V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m³"dür. A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$) oranıdır. Birimi "m⁻¹"dir. Q^I : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m², kWh/m³" dür. $Q_{yıl}$: Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m², kWh/m³" dür. A_n : Binanın net kullanım alanıdır ($A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ formülü ile hesaplanır).</p>		
Binanın enerji verimliliği indeksi		
<input type="checkbox"/> C Tipi Bina Normal enerji verimli bina	<input type="checkbox"/> B Tipi Bina İyi enerji verimli bina	<input type="checkbox"/> A Tipi Bina Süper enerji verimli bina
<p>Not : $Q_{yıl} \leq 0,99 \times Q^I$ ise C Tipi Bina, $Q_{yıl} \leq 0,90 \times Q^I$ ise B Tipi Bina, $Q_{yıl} \leq 0,80 \times Q^I$ ise A Tipi Bina bölümü işaretlenmelidir.</p>		
Düzenleyenler		ONAY
Adı Soyadı, Unvanı İmza :	Adı Soyadı, Unvanı İmza :	

EK-2 Tablo 4 İllere Göre Derece Gün Bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	AYDIN	İÇEL		
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
ili 2. Bölgede olup da kendisi 1. Bölgede olan Belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS (Muğla)	
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla) ,	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	GÖKOVA (Muğla)
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADAPAZARI	ÇANAKKALE	K.MARAŞ	Rize	TRABZON
ADİYAMAN	DENİZLİ	Kilis	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	Siirt	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	
BARTIN	GAZİANTEP	MARDİN	ŞANLIURFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞİRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
ili 3. Bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)	DÜZCE (Bolu)		
ili 4. Bölgede olup da kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
ABANA (Kastamonu)	BOZKURT		ÇATALZEYTİN (Kastamonu)	
(Kastamonu)				
CİDE (Kastamonu)	İNEBOLU (Kastamonu)		DOGANYURT (Kastamonu)	
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
ili 1. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
ili 2. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	ULUS (Bartın)	DURSUNBEY (Balıkesir)		
ili 4. Bölgede olup da kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
TOSYA				
(Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
ili 2. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	MESUDİYE (Ordu)	Ş.KARAH SAR (Giresun)		
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K. Maraş)	ELBİSTAN (K.Maraş)	
ili 3. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	SOLHAN (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)		

EK-3 EPS ve XPS'nin Karşılaştırılması

EPS ve XPS'İN KARŞILAŞTIRILMASI	
GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN KÖPÜK ISI YALITIM LEVHALARI (EXPANDED= EPS)	HADDEDEN ÇEKİLMİŞ POLİSTİREN ISI YALITIM LEVHALARI (EKSTRUDE = XPS)
Isı iletkenliği düşüktür ve sabittir.Şişirici gazı ve zamana bağlı olarak değişmez.	Isı iletkenliği düşüktür,ancak şişirici gazı ve zamana bağlı olarak değişir.
EPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için kullanılan şişirici gaz (pentan) ozon tabakasına zarar vermez,iklim değişikliklerine sebep olmaz.	XPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için HCFC ler kullanılmaktadır.Bu gazların kullanımı ozon tabakası veya iklim üzerindeki istenmeyen etkileri sebebi ile yakın gelecekte terk edilecektir.Günümüzde Avrupa'daki tesislerde şişirici gaz olarak CO2 kullanımına geçilmiştir.XPS üretiminde kullanılan şişirici gazların çevreye verdikleri zarar azaldıkça ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenlikleri artmaktadır.
EPS üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan pentanın hava ile yer değiştirme hızı yüksektir.Üretimi takiben birkaç gün içerisinde ısı iletkenliği sabit değere ulaşır ve zamanla kötüleşmez.	XPS üretiminde kullanılan şişirici gazın hava ile yer değiştirmesi aylar sürer. Şişirici gazın yerini hava aldıkça levhaların ısı iletkenliği artar.
EPS üretim maliyeti ve dolayısı ile fiyatı daha düşüktür.Aynı ısı yalıtım düzeyi daha düşük maliyetle sağlanır.	Üretim teknolojisinden dolayı maliyeti ve dolayısı ile fiyatı daha yüksektir.Aynı ısı yalıtım düzeyi için daha yüksek fiyat ödenmesi gerekir.
EPS geniş bir yoğunluk aralığında üretilebilir.Uygulamaya en uygun seçeneği sunar,kaynak israfına sebep olmaz.	XPS ancak yüksek yoğunluklarda üretilebilir.Uygulamanın gerektirdiğinden daha yüksek yoğunluklarda kullanmak zorunda kalınabilir.Bu da maliyetin gerek siz yere artmasına ve kaynak israfına sebep olur.
EPS kapalı gözeneklidir. Su emme değeri düşüktür.Yüksek yoğunluklarda çok düşük değerlere çekilebilir.	XPS kapalı gözeneklidir. Kapalı gözenek oranı EPS den fazladır. Genel olarak su emme değeri çok düşüktür.
Buhar direnci geniş bir aralıkta değiştirilebilir.Uygulamaya uygun bir ürün seçilebilir. Dışarıdan uygulamalarda avantajlıdır.	Buhar direnci yüksektir. Dışarıdan uygulamalarda gereksiz bir direnç oluşturur. İçeriden uygulamalarda avantajlıdır.
Eğilme dayanımı vardır.	Eğilme dayanımı yoktur.
Esnek hale getirilerek ses yalıtım amaçlı kullanılabilir.	Esnek kabiliyeti yoktur, ses yalıtım amaçlı kullanılmaz.
Uzun ömürlüdür.	Uzun ömürlüdür.
B1 sınıfı malzemedir.	B1 sınıfı malzemedir.
Avantajlı olduğu uygulamalar: Dışarıdan duvar yalıtımı. Klasik teras çatı yalıtımı-teraz çatıda kullanılmaz. Yüzer döşeme (özel üretim).	Avantajlı olduğu uygulamalar: Özellikle soğuk iklimlerde içeriden ısı yalıtımı. Klasik ve/veya ters çatı uygulaması. Ağır trafik yükü olan döşemeler. Basınçlı su etkisinde dışarıdan bodrum duvarı
Mümkün olan uygulamalar: Kiremit vb örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı. Zemin yalıtımı.	Mümkün olan uygulamalar: Kiremit vb örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı. Zemin yalıtımı.
Ters çatı uygulamalarında kullanılmaması uygundur. Basınçlı su etkisinde bodrum duvar uygulamalarında kullanılmaması uygun olur.	Yüzer döşeme uygulamalarında kullanılmaz. Dışarıdan yalıtım uygulamalarında tercih edilmemesi daha uygundur.

EK-4 Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin İletkenlikleri Ve Su Buharı Direnç Faktörleri**EK-4 Tablo-1** Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin 1511 iletkenliği Hesap Değerleri (Ah) ve Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörleri (μ)
(TS 825'e uygun)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
1	Doğal taşlar			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metaformik taşlar (granit, bazalt, mermer vb.)	>2800	3,5	
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	<1600	0,55	
2	Doğal zeminler (doğal nemlikte)			
2.1	Kum, kum - çakıl	1800	1,4	
2.2	Kil, sıkı toprak	2000	2,1	
3	Dökme malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,7	
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤1000	0,19	
3.3	Yüksek fırın l cürufu	≤600	0,13	
3.4	Kömür cürufu	≤1000	0,23	
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤1200	0,22	
		≤1500	0,27	
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS 3681)	≤50	0,046	
		≤100	0,058	
		≤150	0,070	
		≤200	0,081	
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤200	0,05	
3.81	Polistren, sert köpük parçacıkları	15	0,045	
3.9	Testere ve plan ya talaşı	200	0,07	
3.10	Saman	150	0,058	
4	Sıvalar, şaplar ve diğer harç tabakaları			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	0,87	15-35
4.2	Çimento harcı	2000	1,4	15-35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,7	10
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış Sıva	1200	0,35	10
4.5	Alçı harçlı şap	2000	1,2	15-35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,4	
4.7	Dökme asfalt kaplama, kalınlık ≥15 mm	2300	0,9	15-35
4.8	Anorganik asıllı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800	0,30	
		900	0,35	
		1000	0,38	

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi¹⁾ kg/m³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ⁶⁾
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
5	Büyük boyutlu yapı elemanları ve bileşenleri (kolon, kiriş, döşeme ve ısı iletkenliği hesabına esas yüzeyi 0,25 m2 den büyük olan perde, panolar gibi)			
5.1	Normal beton, (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış Betonlar			
	Donatılı	2400	2,1	70-150
	Donatısız	2200	1,74	70-150
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114'te uygun agregalarla) 3)	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,00 1,30 1,60	70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150 70-150
5.2.2	Yalnız genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) 3)	300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,10 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,30 0,35 0,42 0,49	

EK 4-Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
5.3	Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış Betonlar	1600 1800 2000	0,81 1,10 1,40	3-10 5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar ³⁾	600 700 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,22 0,26 0,28 0,36 0,46 0,57 0,75 0,92 1,20	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvarz kumu katılmadan yapılmış betonlar (TS 3234'e uygun) (TS 2823,e uygun yapı elemanları dahil)	500 600 700 800 900 1000 1200	0,15 0,18 0,20 0,24 0,27 0,32 0,44	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif Betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400 600 800 1000 1200	0,14 0,19 0,25 0,35 0,44	
5.4.2	Çeltik kapağı betonu	600 700	0,14 0,17	
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS 453'e uygun yapı elemanları dahil)	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,19 0,21 0,23	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10
6	Yapı plakları ve levhaları			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS 453' uygun plaklar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçta yerleştirilen levhalar	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,29	5-10 5-10 5-10 5-10

EK 4- Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	500	0,19	5-10
		600	0,22	5-10
		700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
6.2	Hafif betondan duvar plakları	800	0,29	5-10
		900	0,32	5-10
		1000	0,37	5-10
		1200	0,47	5-10
		1400	0,58	5-10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474'e uygun)	600	0,29	5-10
		750	0,35	5-10
		900	0,41	5-10
		1000	0,47	5-10
		1200	0,58	5-10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS 3682'ye uygun)	600	0,29	5-10
		750	0,35	5-10
		900	0,41	5-10
6.5	Alçı karton plakalar (TS 452'ye uygun)	900	0,21	8
7	Kağır duvarlar (Harç fugaları-derzleri dahil)			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS 704, TS 705'e uygun tuğlalarla yapılan kağır duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinger, (TS 4562) seramik klinger (TS 2902	1800	0,81	50-100
		2000	0,94	50-100
		2200	1,20	50-100
7.1.2	TS 704, TS 705'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200	0,50	5-10
		1400	0,58	5-10
		1600	0,68	5-10
		1800	0,81	5-10
		2000	0,96	5-10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700	0,35	5-10
		800	0,38	5-10
		900	0,42	5-10
		1000	0,45	5-10
7.1.3.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak AS B sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	700	0,30	5-10
		800	0,33	5-10
		900	0,36	5-10
		1000	0,39	5-10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,30	5-10
		800	0,33	5-10
		900	0,36	5-10
		1000	0,39	5-10

EK 4- Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.1.4.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
		900	0,30	5-10
		1000	0,33	5-10
7.1.5	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS 4377'ye uygun W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla)			
7.1.5.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,24	5-10
		800	0,27	5-10
		900	0,30	5-10
		1000	0,34	5-10
7.1.5.2	TS 4916'ya uygun harç kullanılarak W sınıfı lamba zıvanalı tuğlalarla yapılan duvarlar	≤700	0,18	5-10
		800	0,21	5-10
		900	0,24	5-10
		1000	0,28	5-19
7.1.6	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	≤1000	0,45	5-10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808'e uygun)	700	0,35	5-10
		800	0,40	5-10
		900	0,44	5-10
		1000	0,50	5-10
		1200	0,57	5-10
		1400	0,70	5-10
		1600	0,79	5-25
		1800	0,99	5-25
		2000	1,10	5-25
2200	1,30	5-25		
7.3	Gaz beton duvar blokları ile duvarlar (TS 453' e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar	400	0,20	5-10
		500	0,22	5-10
		600	0,24	5-10
		700	0,27	5-10
		800	0,29	5-10
7.3.2	İnce derzli (derz kalınlığı ≤3 mm) veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş bloklarla duvarlar (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla)	400	0,15	5-10
		500	0,17	5-10
		600	0,20	5-10
		700	0,23	5-10
		800	0,27	5-10
7.3.3	TS 4916' ya uygun harç kullanılarak gaz beton bloklarla yapılan duvarlar)	400	0,14	5-10
		500	0,16	5-10
		600	0,18	5-10
		700	0,21	5-10
		800	0,23	5-10
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile duvarlar			

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾	
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla duvarlar (TS 406' ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla)	500	0,32	5-10	
		600	0,34	5-10	
		700	0,37	5-10	
		800	0,40	5-10	
		900	0,43	5-10	
		1000	0,46	5-10	
		1200	0,54	5-10	
		1400	0,63	10-15	
		1600	0,74	1 0-1 5	
		1800	0,87	1 0-1 5	
2000	0,99	1 0-1 5			
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla duvarlar (TS 2823' e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	500	0,29	5-10	
		600	0,32	5-10	
		700	0,35	5-10	
		800	0,39	5-10	
		900	0,43	5-10	
		1000	0,46	5-10	
		1200	0,54	5-10	
		1400	0,63	10-15	
		1600	0,74	1 0-15	
		1800	0,87	10-15	
2000	0,99	1 0-15			
7.4.3	Kuars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla duvarlar (TS 2823' e uygun SW türü bloklarla)	Uzunluk \geq 490 mm	500	0,20	5-10
			600	0,22	5-10
			700	0,25	5-10
			800	0,28	5-10
			500	0,22	5-10
		600	0,24	5-10	
		240 mm \leq Uzunluk < 490 mm	700	0,28	5-10
			800	0,31	5-10
		7.4.4	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS 3681' e uygun agregayla TS 406' ya uygun olarak yapılmış bloklarla)	500	0,26
600	0,29			5-10	
700	0,32			5-10	
800	0,35			5-10	
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla duvarlar				
7.5.1.	Hafif betondan boşluklu bloklarla duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS 2823' e uygun BOB türü bloklarla)				

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
7.5.1.1	2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm, 5 sıra boşluklu; genişlik \leq 490 mm, 6 sıra boşluklu; genişlik \leq 490 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,35 0,39 0,44 0,49 0,60 0,73	5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10 5-10
7.5.1.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50 5-50
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla duvarlar (TS 406' ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik \leq 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik \leq 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik \leq 365 mm olan bloklarda	\leq 1800	0,92	20-30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm olan bloklarda	\leq 1800	1,3	20-30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi; $<$ 1600 kg/m ³ \leq 1600, $<$ 2000 kg/m ³ \leq 2000, $<$ 2600 kg/m ³ \leq 2600 kg/m ³		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	Ahşap ve ahşap mamulleri			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplak (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50-400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)	700	0,13	50-1 00
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64)	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70

EK-4 Tablo 1 (devam)

Sıra No	MALZEME VEYA BİLEŞENİN ÇEŞİDİ	Birim hacim kütlesi ¹⁾ kg/m ³	Isıl iletkenlik Hesap değerleri λ_h ⁴⁾ W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ ⁶⁾
9.1.1	Linolyum	1000	0,17	
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	250	0,07	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama ≥ 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve Folyolar			
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütülen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,30	100000
10	Isı yalıtım malzemeleri			
10.1	Odun talaş levhalar (TS 305)			
	Levha kalınlığı ≥ 25 mm	360-480	0,09	2-5
	Levha kalınlığı = 10 mm	570	0,15	2-5
10.2	Sentetik köpük malzemeler			
10.2.1	Polistren sert köpük levhalar (PS)			
10.2.1.1	Polistren-partiküler köpük (TS 7316)	≥ 15	0,040	20-250
10.2.1.2	Polistren-ekstrüde köpük XPS (TS 11989)			
10.2.1.2.1	Yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı levhalar	>20	0,031	8-250
10.2.1.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	≥ 30	0,028	8-250
10.2.2	Poliüretan sert köpük levhalar (PUR) (TS 2193) (TS 10981)	≥ 30	0,035	30-100
10.3	Fenol reçinesinden sert köpük levhalar	≥ 30	0,040	1 0-50
10.4	Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri TS 901	8-500	0,049	1
10.5	Cam köpüğü levhalar	1 00-500 i	0,052	10000
		80-160	0,040	10
10.6	Mantardan ısı yalıtım levhaları (TS 304)	$>160-250$	0,050	30
		$>250-500$	0,055	35
10.7	Kamıştan hafif levhalar		0,058	

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri bir yapı malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlelerinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenliği hesap değeri, esas malzemenin (mesela tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlelerine (varsa içindeki boşluk ve delikler dahil birim hacim kütlesi) en yakın ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütlesi için verilen değerdir. Bir malzeme veya bileşen için yalnız bir birim hacim kütlelerine bağlı olarak ısı iletkenliği hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlesi farklı da olsa bu ektaki değer geçerlidir. Gerektiğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ektaki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) TS 4916'ya uygun hafif örgü hacı kullanılması durumunda, bu ek'te; briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri 0,06 W/mK kadar azaltılabilir. Ancak bu harcın kullanılması halinde;

-Duvarların taşıyıcı olmaması,

-Kullanılacak harcın ilgili standartlarca üretilmiş olması ve şantiyelere ambalajlı olarak getirilmesi,

-Yapılacak azaltma sonucu bulunacak ısı iletkenliği hesap değerleri, duvar örgüsünde kullanılan briket ve blokların yapıldıkları betonlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerlerinden daha küçük olmaması gereklidir.

3) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenliği hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda %20 arttırılarak uygulanır.

4) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (örneğin döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısı iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısı geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.

5) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenliği hesap değerine sahip malzemedan meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanın ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alanları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır böylece yüzey yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değeri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.

6) Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir

ÖZGEÇMİŞ

Hakan AKINCI 1966 yılında Ankara’da doğdu. İlkokulu Ankara, Denizli ve İzmir’de; ortaokulu İzmir’de, lise eğitimini İstanbul’da tamamladı. Lise eğitimini Kuleli Askeri Lisesi’nde tamamlamayı takiben, 1984 yılında Kara Harp Okulu’na girdi. 1988 yılında teğmen rütbesiyle mezun olup, 1989 yılında İzmir’de sınıf eğitimini tamamladı. 1989–91 yılları arasında Kahramanmaraş, 1991–1994 yılları arasında Kars / Kağızman, 1994–2000 yılları arasında İzmir, 2000–2003 yılları arasında Kars / Sarıkamış’ta görev yaptı. Halen Sakarya / Adapazarı’nda görevli bulunmaktadır. Hakan AKINCI, evli ve bir erkek çocuk babası olup, İngilizce bilmektedir