

**ISI İZOLASYONU VE DIŞ DUVARLARIN
ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ**

700880

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Nuray EVCİL
502970213011

100880

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Ocak 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 4 Şubat 2000

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mustafa KARAGÜLER
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Erol GÜRDAL (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.Ü.)

[Handwritten signatures of Mustafa Karagüler, Erol Gürdal, and Halit Yaşa Ersoy]

ŞUBAT 2000

ÖNSÖZ

Yirminci yüzyılın en önemli sorunlarından biri taş kömürü, linyit, petrol, doğal gaz ve hidrolik enerji kaynakları gibi mevcut birincil enerji kaynaklarının giderek azalması ve yok olmaya başlaması ile hava kirliliğinde yaşanan artışlardır. Bu sebeple özellikle Türkiye gibi enerji talebini karşılamakta dışa bağımlı olan ülkeler için, enerjinin etkin kullanımı ve korunumu son derece önemli konular olarak karşımıza çıkmaktadır.

Enerjinin etkin kullanımını ve korunumunu sağlamanın en kolay yolu, enerji tüketiminin % 35'ini oluşturan konut sektöründe alınacak tedbirlerdir. Konut sektöründe yaşanan aşırı enerji tüketimi ise binaların ısıtma ihtiyaçlarından kaynaklanmaktadır. Bu noktada ise, binaların sahip oldukları ısı izolasyon seviyeleri ön plana çıkmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda ısı yalıtımıyla ilgili yönetmeliklerde yapılan değişiklikler ve enerji korunumuna yönelik çalışmalar yirmibirinci yüzyılda, binalarda ısıtma ihtiyacı sebebiyle gerçekleşen aşırı enerji tüketiminin engellenmesi konusunda umut vermektedir.

Bu çalışma ile, mevcut binaların dış duvarlarının iç ya da dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek enerji etkin yenilenmesi uygulamaları için bir kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada bana yön veren değerli hocam Sn. Mustafa Karagüler'e ve her aşamada daima benimle olan, yardımlarını esirgemeyen canım annem, babam ve ablama sonsuz teşekkürlerimle...

Nuray Evcil

Ocak, 2000

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. ISI İZOLASYON MALZEMELERİ	4
2.1. İzolasyonun Tarihçesi	4
2.2. Isı İzolasyon Malzemelerinden Beklenen Özellikler	6
2.3. Isı İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması	7
2.3.1. Biçimlerine Göre Isı İzolasyon Malzemeleri	8
2.3.1.1. Örtü İzolasyon Malzemeleri	9
2.3.1.2. Şilte İzolasyon Malzemeleri	9
2.3.1.3. Gevşek Dolgu İzolasyon Malzemeleri	10
2.3.1.4. Taşıyıcı Levha İzolasyon Malzemeleri	10
2.3.1.5. Plak İzolasyon Malzemeleri	10
2.3.1.6. Yansıtıcı İzolasyon Malzemeleri	11
2.3.1.7. Yerinde Püskürtme İzolasyon Malzemeleri	11
2.3.1.8. Yerinde Köpürtülen İzolasyon Malzemeleri	11
2.3.1.9. Oluklu İzolasyon Malzemeleri	11
2.3.2. Doğada Var Oluş Şekillerine Göre Isı İzolasyon Malzemeleri	11
2.3.3. Yapılarına Göre Isı İzolasyon Malzemeleri	13
2.3.4. Kullanma Sıcaklıklarına Göre Isı İzolasyon Malzemeleri	14
2.4. Isı İzolasyon Malzemelerinin Genel Formları	15
2.5. Binalarda Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı İzolasyon Malzemeleri	16
2.5.1. Mantar	16
2.5.2. Heraklit	17
2.5.3. Mineral Elyaf ve Yünler	18
2.5.3.1. Cam Yünü	18
2.5.3.2. Taş Yünü	19

2.5.3.3. Cüruf Yünü	20
2.5.4. Asbest	20
2.5.5. Mineral Köpükler	20
2.5.5.1. Kalsiyum Silikatlı Levhalar	20
2.5.5.2. Vermikülit	21
2.5.5.3. Perlit	21
2.5.5.4. Cam Köpüğü	22
2.5.6. Sentetik Köpükler	22
2.5.6.1. Fenol Köpükler (PF)	22
2.5.6.2. Poliüretan (PU) Köpükler	23
2.5.6.3. Polivinil Klorür (PVC) Köpükler	24
2.5.6.4. Polistiren (PS) Köpükler	24
2.6. Binalarda Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı İzolasyon Malzemelerinin Karşılaştırılması	25
2.7. Isı İzolasyonunun Bina ve Isıtma Sistemi Üzerindeki Etkileri	27
3. DIŞ DUVARLAR	29
3.1. Dış Duvarlardan Beklenen Özellikler	29
3.2. Dış Duvarlarda Karşılaşılan Problemler	31
3.2.1. Çatlakların Oluşumu	31
3.2.2. Çiçeklenme ve Renk Atması	31
3.2.3. Yağmur Sızıntısı	32
3.2.4. Nem Problemleri	32
3.2.4.1. Duvar Konstrüksiyonu İçerisinde Nem Birikimi	34
3.2.4.2. Duvar İç Yüzeyinde Nem Birikimi	35
4. TÜRKİYE’DE ISI İZOLASYON KAVRAMI	37
4.1. Türkiye’deki Binaların Isı İzolasyon Seviyesi	38
4.2. Türkiye’deki Mevcut Durumun Batı Ülkeleriyle Karşılaştırması	41
5. DIŞ DUVARLARDA ISI İZOLASYON UYGULAMALARI	45
5.1. Dış Yüzeyden İzolasyon Uygulaması	45
5.2. İç Yüzeyden İzolasyon Uygulaması	46
5.3. Sandviç Duvar Uygulaması	48
6. MEVCUT BİNALARIN ENERJİ ETKİN YENİLENME UYGULAMALARI	51
6.1. Enerji Etkin Yenilemede Kullanılan Isı İzolasyon Malzemeleri	51

6.1.1. Sentetik Köpük Levhalar	52
6.1.2. Mineral Levhalar	53
6.1.3. Isı Tutucu Boyalar	53
6.2. Enerji Etkin Yenileme Uygulaması Öncesi	55
6.3. Mevcut Dış Duvar Opak Bileşenlerin Enerji Etkin Yenilenme Uygulamaları	57
6.3.1. Mevcut Dış Duvara Isı İzolasyon Uygulamaları	58
6.3.1.1. Mevcut Dış Duvara İç Yüzeyden Isı İzolasyon Uygulaması	58
6.3.1.2. Mevcut Dış Duvara Dış Yüzeyden Isı İzolasyon Uygulaması	62
6.3.2. Mevcut Dış Duvara Saydam Isı İzolasyon Uygulaması	66
6.4. Enerji Etkin Yenileme Uygulama Örnekleri	68
7. TARİHİ BİNALARDA ENERJİ KORUNUMU	75
7.1. Tarihi Binalarda Enerji Korunumu Sağlayan Fiziksel Özellikler	75
7.2. Pasif Önlemler	76
7.3. Koruyucu Enerji Etkin Yenileme	77
7.3.1. Tarihi Binalarda Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi	78
8. İSTANBUL'DAKİ MEVCUT BİNALARIN YALITIMSIZ DIŞ DUVARLARININ ENERJİ ETKİN YENİLENMESİNDE KULLANILABİLECEK ISI İZOLASYON MALZEMESİ KALINLIKLARI	80
8.1. Hesap Yöntemi	80
8.2. Olası Duvar Konstrüksiyonları ve Malzeme Özellikleri	83
8.3. Hesaplama Sonrasında Değerlendirme	84
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
9.1. Öneriler	91
KAYNAKLAR	92
EKLER	96
ÖZGEÇMİŞ	114

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardında yapı elemanları için kabul edilen ısı geçirgenlik değerlerinin (U) Nisan 1998’de yapılan revizyon öncesi ve sonrasındaki durumu...	40
Tablo 4.2 Türkiye ve bazı ülkelerdeki derece-gün sayıları.....	41
Tablo 4.3 Türkiye ve bazı ülkelerdeki bina dış kabuğundan gerçekleşen yıllık ortalama ısı sarfiyatları.....	42
Tablo 4.4 Türkiye be bazı ülkelerde kişi başına yıllık ısı izolasyon malzemesi tüketimi.....	43
Tablo 4.5 Türkiye’deki binaların yapı elemanlarının ısı geçirgenlik değerlerinin (U) TS 825’teki revizyon öncesi ve sonrası durumlarının batı ülkeleriyle karşılaştırılması.....	44
Tablo 8.1 Binaların mevcut dış duvarlarının iç yüzeyden enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek malzemeler.....	85
Tablo 8.2 Binaların mevcut dış duvarlarının dış yüzeyden enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek malzemeler.....	85
Tablo 8.3 Piyasadaki yalıtım malzemeleri kalınlıklarına göre ikinci bölgedeki olası dış duvar konstrüksiyonlarının yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	87
Tablo D.1 Gaz beton çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri.....	99
Tablo D.2 Düşey delikli tuğla çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri.....	100
Tablo D.3 Yatay delikli tuğla çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri.....	101
Tablo E.1 İstanbul’da gaz beton dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	102
Tablo E.2 İstanbul’da düşey delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	104

Tablo E.3	İstanbul’da yatay delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilir minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	106
Tablo F.1	İstanbul’da gaz beton dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	108
Tablo F.2	İstanbul’da düşey delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	110
Tablo F.3	İstanbul’da yatay delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları.....	112



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 5.1 : Dış yüzeyden ısı izolasyon uygulaması.....	47
Şekil 5.2 : İç yüzeyden ısı izolasyon uygulaması.....	49
Şekil 5.3 : Sandviç duvar uygulaması.....	50
Şekil 6.1 : Mevcut dış duvara iç yüzeyden ısı izolasyon uygulaması.....	61
Şekil 6.2 : Mevcut dış duvara dış yüzeyden ıslak uygulama.....	64
Şekil 6.3 : Mevcut dış duvara dış yüzeyden kuru uygulama.....	65
Şekil 6.4 : Mevcut dış duvara saydam ısı izolasyon uygulaması.....	67
Şekil 6.5 : Batıkent İlkokulu'nun yenileme öncesindeki genel görünüşü..	68
Şekil 6.6 : Batıkent İlkokulu'nda dış duvar iç yüzeyine uygulanan yalıtım.....	69
Şekil 6.7 : Duvar iç yüzeyinden tespit edilen galvanizli saç profiller.....	70
Şekil 6.8 : Galvanizli saç profiller arasına yerleştirilen cam yünü levhalar.....	70
Şekil 6.9 : Cam yünü levhalar üzerine tespit edilen alçı plakalar.....	71
Şekil 6.10 : Batıkent İlkokulu'nun yenileme çalışmaları sonrasındaki görünüşü.....	72

SEMBOL LİSTESİ

μ : Su buharı difüzyon direnç katsayısı

$\frac{1}{\alpha_i}$: İç yüzey ısı iletim direnci

$\frac{1}{\alpha_d}$: Dış yüzey ısı iletim direnci

λ : Isı iletkenlik katsayısı

λ_h : Isı iletkenlik hesap katsayısı

$\lambda_{h_{yal}}$: Isı yalıtım malzemesi ısı iletkenlik hesap katsayısı

$\lambda_{h_{kap}}$: Kaplama malzemesi ısı iletkenlik hesap katsayısı

$\frac{1}{\Lambda}$: Duvar ısı geçirgenlik direnci

$\frac{1}{\Lambda'}$: Enerji etkin yenileme uygulamaları sonrasındaki duvar ısı geçirgenlik direnci

d : Malzeme kalınlığı

d_{min} : Isı izolasyon malzemesi minimum kalınlığı

d_{kap} : Kaplama malzemesi kalınlığı

R : Isıl direnç

U_D : Duvar ısı geçirgenlik değeri

$U_{D_{std}}$: TS 825 standardında duvarlar için önerilen ısı geçirgenlik değeri

U_D' : Enerji etkin yenileme uygulamaları sonrasındaki duvar ısı geçirgenlik değeri

ISI İZOLASYONU VE DIŞ DUVARLARIN ENERJİ ETKİN YENİLENMESİ

ÖZET

Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren enerjinin etkin kullanımı ve korunumu, taş kömürü, linyit, petrol, doğal gaz ve hidrolik enerji kaynakları gibi mevcut birincil enerji kaynaklarının giderek azalması ve hava kirliliği artışına paralel olarak özellikle sanayileşmiş ülkelerde önem kazanmaya başlamıştır. Günümüzde ise Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler de dahil olmak üzere bütün dünyada, aşırı enerji tüketiminin azaltılması ve giderilmesi amacına yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Aşırı enerji tüketiminin büyük bir bölümünün binaların ısıtma ihtiyaçları sebebiyle gerçekleşmesi sonucunda, bu çalışmalar, binaların ısı izolasyon seviyeleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bir başka deyişle, ısı izolasyon kavramı ve binaların sahip olmaları gereken ısı izolasyon seviyesi, ısıtma amacıyla kullanılan birincil enerji kaynaklarının aşırı tüketimine bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak ülkemizde ısı izolasyonuna verilmesi gereken önem oldukça geç anlaşılmış olup, bugün bile ulaşması gereken düzeye getirilememiştir. Bu durum ülkemizdeki binaların ısı izolasyon seviyeleri ve ısı izolasyon malzemeleri tüketimleri dikkate alınıp Avrupa ülkeleriyle bir kıyaslama yapıldığında açıkça görülebilmektedir.

Bir ısı izolasyon malzemesinin sağlaması istenen pek çok özellik olmasına rağmen, beklenen bütün bu özelliklerin tek bir ısı izolasyon malzemesinde toplanması mümkün değildir. Dolayısıyla kullanılan ısı izolasyon malzemesinden en iyi performansı alabilmek için, kullanım yeri ve özelliklerine en uygun olan yalıtımın seçilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle, ısı izolasyon malzemelerinin genel özellikleri ve yapıları bilinmelidir. Malzemeler hakkındaki bu bilgileri elde etmenin en kolay yolu ise, sınıflamalardan yararlanmaktır.

Isı izolasyon malzemesi kullanımı ile, bina ve ısıtma sistemi üzerinde, yakıt ve enerji tasarrufu, ekonomik kazanç, kullanım alanında kazanç, hava kirliliğinde azalma, kalorifer tesisatı maliyetinde ve toplam bina maliyetinde düşüşler gibi çeşitli konularda pek çok olumlu sonuç elde edilebilir.

Binaların iç hacimlerini dış ortamdan ayıran düşey elemanlar olarak yapı kabuğunun bir parçası olan dış duvarlar, istenilen iç ortam konfor koşullarının sağlanması ve sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Bu açıdan bakıldığında dış duvarlar, iç ve dış ortam arasındaki bir ayırıcı eleman olarak; ısı, su, ses, yangın gibi olaylara karşı gereken direnci göstermelidirler. Bununla birlikte bir dış duvarın, rijitlik, mukavemet ve estetik gibi çeşitli gereksinimleri de karşılaması gerekmektedir. Ancak günümüzde yaşanan aşırı enerji tüketimi sonucunda mevcut birincil enerji kaynaklarının giderek azalması dikkate alındığında, dış duvarların ısı performansının diğer gereksinimlerin önünde yer aldığı görülmektedir. Dış duvarların ısı performansının değerlendirilmesinde ise, buhar difüzyonu sonucunda oluşan malzeme nemliliği önem kazanmaktadır. Nem problemlerinin ve malzeme nemliliğinin duvar bünyesinin ısı iletkenlik değerinin artmasına neden olması

sebebiyle, enerji etkin yenileme sonrasında oluşan yeni duvar konstrüksiyonunun nem performansı da incelenmelidir.

Binalarda ortaya çıkan ısı kayıplarının büyük bir bölümü bina yüksekliklerine paralel olarak duvar elemanlarından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, binaların dış duvarlarının yalıtımı büyük önem kazanmaktadır. Binaların dış duvarlarına ısı izolasyon uygulaması;

- Dış yüzeyden yalıtım uygulaması,
 - İç yüzeyden yalıtım uygulaması,
 - İki duvar arası yalıtım uygulaması (Sandviç duvar uygulaması)
- olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilmektedir.

Binaların sahip oldukları yetersiz ısı izolasyonları sonucu, ısıtma ihtiyacını karşılamak üzere oluşan aşırı enerji tüketimi; ısı yalıtım uygulamaları sayesinde büyük ölçüde azaltılabilir. Ancak bu azalmayı, sadece yeni yapılmakta olan binalarda ısı izolasyon uygulaması ile elde etmek yeterli değildir. Aynı zamanda mevcut binaların ya eksik olan ya da hiç olmayan ısı izolasyon uygulamaları da göz önüne alınarak, eksiklikler giderilmeli ve bu yapıların enerji etkin yenilenmeleri yoluna gidilmelidir. Mevcut binaların dış duvarlarının enerji etkin yenilenme uygulamaları;

- Dış duvar opak bileşeninin iç yüzeyden bir ısı izolasyon tabakası eklenerek enerji etkin yenilenme uygulamalarını,
 - Dış duvar opak bileşeninin dış yüzeyden bir ısı izolasyon tabakası eklenerek enerji etkin yenilenme uygulamalarını,
 - Saydam ısı izolasyon uygulamalarını,
 - Dış duvarın saydam bileşenlerinin yenilenmesi uygulamalarını
- kapsamaktadır.

Mevcut binaların dış duvar opak bileşenlerinin enerji etkin yenilenmesi, saydam bileşenlerinin enerji etkin yenilenmesinden çok daha ekonomik olup, yenileme amacıyla yapılan harcamalar kendisini 1-2 sene gibi kısa bir sürede amorti etmektedir.

Tarihi binalar söz konusu olduğunda enerji etkin yenileme çalışmaları, mevcut binaların enerji etkin yenileme çalışmalarından farklılaşmaktadır. Ayrıca yine tarihi binalar sahip oldukları iyi geliştirilmiş fiziksel özellikleri sebebiyle de, diğer mevcut binalara oranla daha az enerji tüketmektedirler. Genellikle bu tip binalarda, enerji etkin yenileme uygulamalarına geçilmeden önce; mevcut binada ve özelliklerde herhangi bir değişime gidilmeden ve yeni bir malzeme eklenmeden, alınacak pasif önlemler ile binanın ve mevcut bileşenlerinin işlevlerinin olabildiğince etkin kılınmasına çalışılmalıdır. Tarihi binalarda alınan pasif önlemlere ek olarak koruyucu enerji etkin yenileme çalışmaları da gerçekleştirilebilmektedir. Duvarların ve çatı katının yalıtılması, hava sızdırmazlığın sağlanması, boruların izolasyonu gibi çeşitli uygulamaları içeren bu koruyucu enerji etkin yenileme çalışmalarından tarihi karakteristikleri bozmayacak en ekonomik olan uygulamaya karar verilmelidir. Bununla birlikte tarihi binalar için, mevcut dış duvarlarının bir ısı izolasyon malzemesi ile iç ya da dış yüzeyden enerji etkin yenilenme uygulamaları; binanın tarihi ve dekoratif özelliklerine zarar vermesi veya değişimlere sebep olması nedeniyle tavsiye edilen uygulamalar değildirler. Dolayısıyla tarihi binalarda enerji korunumuna yönelik çalışmalar, daha çok mevcut durumun herhangi bir yeni malzeme kullanılmadan iyileştirilmesinde odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, farklı iç ve dış sıvalara sahip gaz beton, düşey delikli ve yatay delikli tuğladan, olası dış duvar konstrüksiyonları oluşturulmuş ve söz konusu bütün duvar konstrüksiyonlarının TS 825 standardına göre yapılan hesaplar sonucunda; İstanbul'un da dahil olduğu ikinci bölge için yeterli ısı dirence sahip olmadıkları görülmüştür. Yetersiz ısı dirençleri sebebiyle enerji etkin yenilenmeye ihtiyaç duyan bu duvar konstrüksiyonları için, iç ya da dış yüzeyden yenileme uygulamalarında kullanılabilecek çeşitli ısı izolasyon malzemeleri minimum kalınlıkları hesaplanmıştır. Bu ısı izolasyon malzemelerinin piyasadaki kalınlıkları göz önüne alınarak, İstanbul'da söz konusu mevcut duvar konstrüksiyonlarının iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenme uygulamalarında kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları önerilmiştir.

Sonuç olarak Türkiye gibi birincil enerji kaynaklarının sağlanması açısından dışa bağımlı bir ülke için enerjinin etkin kullanımı ve korunumu son derece önemli bir konudur. Bu konu üzerinde hızla, gereken önlemler alınmalıdır. Bu amaçla, özellikle binaların ısı izolasyon uygulamalarına ağırlık verilmeli, gerekli olan destek daha kapsamlı ve eksiklikleri giderilmiş yönetmeliklerle sağlanmalı ve ısı yalıtımı uygulamalarına daha sıkı bir denetim getirilmelidir. Bütün bu işlemler yapılırken, mevcut binaların ısı izolasyon eksiklikleri giderilmeli ve ısı izolasyonuna sahip olmayan mevcut binalara da mutlaka ısı izolasyonu eklenmelidir.



THERMAL INSULATION AND RETROFITTING OF THE EXTERIOR WALLS

SUMMARY

Starting from the mid 20th century, due to the scarcity of primary energy sources such as coal, lignite, oil, natural gas, hydraulic energy sources and the increase in air pollution, the efficient use and conservation of energy has become vitally important. Nowadays, the studies to prevent and remove the excessive energy consumption are considered in the entire world especially developing countries such as Türkiye. Because of the excessive amounts of energy consumption resulting from domestic heating in buildings, these studies have focused in thermal insulation levels of building elements. In other words, sufficient thermal insulation level of buildings is the easiest and most economic solution for excessive amount of consumption of energy sources used in heating. Unfortunately, in Türkiye the importance of thermal insulation has lately been understood and even today, it has not yet reached the necessary levels. This situation can be seen clearly when thermal insulation levels of buildings and consumption of these materials are considered.

Despite there are numerous properties of a thermal insulation material wished to be obtained, it is not possible to gather these properties all in one. Therefore, to get the best performance, it is important to make the best choice according to using space and its characteristics. For this reason, general characteristics of thermal insulation materials and their structures should be known. The easiest way to get this information about materials is benefiting from classifications.

By using a thermal insulation material, a lot of advantages such as savings on fuel, energy and economy, decrease in air pollution, central heating cost and total building cost, can be obtained.

Exterior walls that are a part of building shell have an important role on desired interior comfort conditions and their continuity, as a separator between inner space and outer elements. From this view, exterior walls should show necessary resistance to heat, water, noise, fire etc. Moreover, for a wall, it is expected to carry out some requirements such as rigidity, strength and aesthetic. However according to decrease in primary energy sources as a result of excessive energy consumption, thermal performance of exterior walls has priority in all these requirements. In addition, dampness of materials resulting from vapour diffusion becomes important to evaluate thermal performance of exterior walls. Due to the increase in thermal conductivity of wall construction as a result of dampness problems, the performance of new wall construction after retrofitting should be examined.

Exterior walls are the main sources for heat loss especially in high-rise buildings. Therefore insulating exterior walls is vitally important. Thermal insulation

applications of exterior wall constructions are classified in three groups such as:

- Thermal insulation applications applied from external face of wall,
- Thermal insulation applications applied from internal face of wall,
- Thermal insulation applications applied between two walls (Sandwich wall).

However excessive amounts of energy consumption used in building heating can be lessened considerably by thermal insulation applications, it is not enough to obtain this increase only with new-built buildings. Also existing buildings that lack insulation or without it, should be retrofitted. Retrofitting applications of exterior walls of existing buildings concern:

- Retrofitting of opaque components of exterior walls adding a thermal insulation material to the external or internal face,
- Retrofitting of opaque components of exterior walls using a transparent thermal insulation,
- Retrofitting of transparent components of exterior walls.

Retrofitting of opaque components of exterior walls of existing buildings is more economic than retrofitting of transparent components and expenditures spent for these applications will amortise in 1-2 years.

When it is talked about historic buildings, retrofitting applications differ from retrofitting applications of other existing buildings. First of all, these older buildings use less energy for heating and cooling and hence require fewer weatherization improvements, because they are built with a well-developed sense of physical comfort and because they maximized the natural sources of heating, lighting and ventilation. Before starting the retrofitting applications in these buildings, passive measures such as operational controls should be taken to assure that building and its existing components function as efficiently as possible without the necessity of making alterations or adding new materials. To reduce heating expenditures in historic buildings, the second course of action is preservation retrofitting, such as wall insulation, attic insulation, air filtration, and duct and pipe insulation. The most appropriate and economic preservation retrofitting measure without causing serious damage to the historic building materials through unwanted chemical reactions or moisture-caused deterioration should be chosen. On the other hand, for historic buildings, adding a thermal insulation to exterior walls is not recommended for general use either because of potential technical and preservation problems, or because of the costs outweighing the anticipated energy savings. Therefore the studies for energy conservation in historic buildings are focused on improvement of existing conditions without adding any new materials.

In this study, possible exterior wall constructions with gas concrete, vertically and horizontally perforated bricks having different interior and exterior coatings, are formed. In accordance with Turkish standards TS-825 any of these constructions do not have sufficient thermal resistance for the second zone that İstanbul belongs to. For these wall constructions needed retrofitted, it is calculated the minimum thicknesses for thermal insulation materials to be used on either internal or external face. Then according to the thicknesses of thermal insulation materials on the markets the minimum thicknesses of insulation used for retrofitting applications of these wall constructions in İstanbul are recommended.

As a conclusion, energy conservation and efficiency is vitally important for a country such as Türkiye that is dependant to foreign countries on using primary energy sources. Therefore necessary measures should be taken rapidly about these subjects. Thermal insulation applications should be considered much more efficient in energy conservation in existing buildings and new regulation has to be validate and insulation applications of buildings must be controlled by audits. During the thermal insulation application, problems such as lack of insulation or knowledge about application in existing buildings will be solved. All these preventions will return to us as money saving and result in efficient energy consumption.



1. GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşı sonrasında gelişen yapı teknolojisindeki değişime paralel olarak, yapı elemanları inceliyor hafiflemiş ve yapı kabuğu eski homojen yapısını kaybederek bir sistemler bütünü olarak ortaya çıkmıştır. Binalarda istenilen iç konfor koşullarının elde edilmesinde ve sürdürülmesinde rol oynayan ısı yalıtım sistemi, bu bütünün vazgeçilmez bir parçasıdır. 1950'lerden itibaren, giderek güncellenen enerjinin etkin kullanımı ve korunumu; ısı yalıtımının gerekliliğini ve bu bütün içindeki önemini açıkça ortaya çıkarmıştır. Bütün dünyada, mevcut birincil enerji kaynaklarının azalmasındaki nedenlerden biri olan aşırı enerji tüketimi konusunda, ısı izolasyon kavramı ve binaların sahip olmaları gereken ısı yalıtım seviyeleri bir çözüm olarak görülmektedir.

Ülkemiz gibi enerji kaynakları açısından dışa bağımlı ve çok sayıda yalıtımsız ya da eksik yalıtımlı binalara sahip bir ülke için, enerjinin etkin kullanımı ve korunumu amacıyla sadece yeni inşaa edilen binalarda yalıtım uygulamaları yeterli değildir. Mevcut binaların da mutlaka bu kapsamda enerji etkin yenilenmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada öncelikle binaların dış duvar yalıtım çalışmalarında, uygun ısı izolasyon malzemesi seçiminin yapılabilmesi için, malzemelerin genel özellikleri anlatılmış ve yine aynı amaçla sınıflamalardan yararlanılmıştır.

Binaların iç hacimlerini dış ortamdan ayıran elemanlar olan dış duvarlarda karşılaşılan sorunlardan nem problemleri ve sonuçları, ısı yalıtımı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle detaylıca ele alınmıştır.

Genel olarak ülkemizdeki ısı izolasyon kavramı ve binaların sahip olduğu ısı izolasyon seviyeleri üzerinde durulmuş ve batı ülkeleriyle yapılan karşılaştırmalarla mevcut durumun eksikliği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Yine bu çalışmada dış duvarlarda; dış yüzeyden, iç yüzeyden ve sandviç duvar uygulaması olmak üzere üç şekilde yapılabilen ısı izolasyon uygulamalarının olumlu

ve olumsuz yönleri belirtilmiş ve böylece uygun sistemin seçimine yardımcı olunmaya çalışılmıştır.

Mevcut binaların dış duvarlarının enerji etkin yenilenme uygulamaları opak ve saydam bileşenlerinin yenilenmesi uygulamalarını içermektedir. Ancak dış duvar saydam bileşenlerinin yenilenmesi bir başka deyişle çift cam ve çerçeve uygulaması yüksek maliyete sahip olması ve tek başına yapılması halinde çok etkili olamaması sebebiyle enerji etkin yenilemede asıl çözüm olarak gözükmemektedir. Dış duvar opak bileşenlerine saydam ısı izolasyon uygulamaları da, benzer sebeplerle ve iki farklı sistemin bir arada kullanılmasıyla ortaya çıkabilecek problemler sonucunda etkin bir yenileme olmaktan uzaktır. Dolayısıyla dış duvarların enerji etkin yenilenmesinde en etkin olan çalışmalar, opak bileşenlerin iç veya dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek yapılan yenilemelerdir. Yoğuşma riskini engellemek için, mevcut binaların dış duvarlarının iç yüzeyinden yenilenmelerinde yüksek su buharı difüzyon dirençli yalıtımlar; dış yüzeyinden yenilenmelerinde ise düşük su buharı difüzyon dirençli yalıtımlar kullanılmalıdır. Aksi halde, oluşabilecek yoğuşmaya karşı önlem alınmalıdır.

Bu çalışma içerisinde mevcut binaların dış duvarlarının iç ya da dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi uygulanması yöntemleri ve kullanılabilecek yalıtım malzemeleri ele alınmıştır. Ayrıca enerji etkin yenileme çalışmalarının uygulandığı iki örnek, elde edilen kazançlarla birlikte incelenmiştir.

Tarihi binalardaki enerji korunumu ve enerji etkin yenileme çalışmaları diğer mevcut binaların yenileme çalışmalarından ayrı olarak ele alınmıştır. Çünkü tarihi binalardaki yenileme çalışmaları, sahip oldukları tarihi ve dekoratif özellikler sebebiyle diğer binaların yenileme çalışmalarından ayrılmaktadır. Tarihi binalarda enerji korunumu amacıyla öncelikle herhangi bir yeni malzeme eklenmeden mevcut durumun pasif önlemlerle iyileştirilmesine çalışılmaktadır. Söz konusu binalar için, bir ısı izolasyon malzemesi ile dış duvarlarının iç ya da dış yüzeyden yenilenmeleri, karakteristik özelliklerine zarar vermesi sebebiyle tavsiye edilmemektedir.

Son olarak bu çalışmada TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardına göre İstanbul’un içinde bulunduğu ikinci iklim bölgesindeki yalıtımsız dış duvarlara sahip binaların iç ya da dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilecek

minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları hesaplanmıştır. Bu amaçla gazbeton, dūřey ve yatay delikli tuğla çekirdeğe sahip çeşitli duvar konstrūksiyonları oluşturulmuştur. Hesaplamalarda Nisan 1998’de revize edilen TS 825 standardından alınan veriler kullanılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, yenilenen TS 825 “Binalarda ısı Yalıtım Kuralları” standardına gōre İstanbul’un dahil olduğu ikinci iklim bōlgesi için oluşturulan yalıtımsız çeşitli duvar konstrūksiyonlarının i ya da dış yūzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon malzemeleri kalınlıklarını ve bu yenileme çalışmalarında kullanılabilecek yalıtım malzemeleri ile sahip oldukları özellikleri belirlemek; bu sayede binalarda konfor koşulları açısından daha sağlıklı bir i ortamın elde edilmesini ve binaların enerji etkin olmalarını sağlamaktır. Çalışmada yer alan būtin hesaplamalar revize edilen TS 825 standardına gōre yapılmıştır.

Bu alışma ile, Tūrkiye için enerjinin etkin kullanımının ve korunumunun gereği ve önemi; ısı yalıtım uygulamaları ile enerji korunumu arasındaki ilişki; enerji etkin yenilemede konut sektōrünün sahip olduğu önem; enerjinin etkin kullanımı ve korunumu amacıyla yapılacak çalışmaların sadece yeni inşaa edilmekte olan binalarda gerçekleştirilmesinin yetersizliği ve bu sebeple mevcut binaların da enerji etkin yenilenmeleri ihtiyaı ortaya konmuştur. Yine bu çalışma kapsamında ūlkemizdeki eksik izolasyon seviyesi ve bu konudaki eksikliklerin giderilmesine yōnelik çalışmalar; batı ūlkeleriyle yapılan karışlaştırmalardan yararlanılarak anlatılmıştır. Ayrıca mevcut binaların dış duvarlarının i ya da dış yūzeyden bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek enerji etkin yenilenme uygulamaları, her iki sistemin de sahip olduğu olumlu ve olumsuz özelliklerle birlikte ele alınmıştır.

2. ISI İZOLASYON MALZEMELERİ

Yapılarda iç hacimler ile dış hava ve farklı sıcaklıktaki hacimler arasında; kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma) ve radyasyon (ışınım) yoluyla gerçekleşen ısı akışını azaltan, bir başka deyişle ısı yalıtımı amacıyla kullanılan, ısı iletkenlik katsayıları (λ) 0,1 W/m²K'den küçük olan malzemelere ısı izolasyon (ısı yalıtım) malzemeleri denilmektedir. Bu malzemeler, yoğunlukları düşük, gözenekli, hareketsiz hava içeren malzemelerdir. Isı izolasyon malzemeleri, genellikle karmaşık yapıdadırlar. Sahip oldukları gözenekli yapı; liflerin, tanelerin ve gözenekli tanelerin yığın şeklinde bulunmaları, köpüklü malzeme veya herhangi bir bileşiğin meydana getirdiği bazı kısmi elemanlarının çıkartılması ya da yakılması ile elde edilmektedir. Örnek olarak yanmış kil, sünger taşı (bims), tuf, cüruf ve alçı gibi malzemelerden çeşitli ısı izolasyon malzemelerinin yapılması verilebilir [1, 2].

Isı izolasyon malzemeleri, yaygın olarak yapıların dış duvarlarını yalıtım için kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu malzemeler; iç izolasyon kapsamında, üst kat asma tavanları, çatı katı altındaki tavanlar, çift eğimli çatılarda çıplak iskelet, tesisat boşluğu üzerindeki katlar, garajlar, konsol katlar gibi içerisinden ısı geçişinin gerçekleşebileceği yatay yüzeylerin yalıtımında da kullanılmaktadırlar [3].

2.1. İzolasyonun Tarihçesi

Uygarlığın başlangıcından itibaren yalıtma ihtiyacı insanlık tarafından fark edilmiş olup, dış etkenlerden korunmak amacıyla ilk olarak en basit ve ilkel şekliyle, hayvan derilerinden ve yünden yapılan giysilerden yararlanılmıştır. Aynı şekilde kışın soğuktan, yazın da sıcaktan korunmak için ağaçtan, taştan, topraktan ve diğer doğal malzemelerden ilkel barınaklar inşaa edilmiştir. Daha sonraları eski Yunanlılar ve Romalılar tarafından asbestin bulunmasıyla, bu malzemenin, ısıya ve ateşe olan dayanımı sonucunda çeşitli kullanımları ortaya çıkmıştır. Önceleri Romalılar'ın izolasyon amacıyla ayakkabıların içinde kullandıkları mantar, sanayinin

gelişmesiyle, buz evler için bir izolasyon malzemesi olarak karşımıza çıkmıştır. Kışın donmuş göllerden kesilerek elde edilen buz bloklar, yazın kullanılmak üzere, mantar astarlı buz evlerde saklanmıştır. Sonraları mekanik soğutmanın kullanıma gelmesiyle mantar, boruları ve ekipmanları izole etmek için kullanılmaya başlanmıştır. Endüstride ısı enerjisi korunumu amacıyla ısı yalıtımı yapılması gereği, endüstrinin gelişmeye başladığı 18. yy'dan itibaren anlaşılmıştır.

Bir diğer önemli izolasyon malzemesi olan mineral lifler, ilk olarak Hawaii adasının yerlileri tarafından kulubelerini kaplamak için kullanılmıştır. İnsan yapımı mineral lifler, erken sanayileşme sürecinde geliştirilmişlerdir. Bir maden posası olan erimiş cürufun içine buhar verilmesiyle elde edilen ürün, hem bina izolasyonu hem de endüstriyel izolasyon için yaygın biçimde kullanılmıştır. Mineral lifler, gittikçe artan kullanımları sonucunda zenginleştirilmiş ve boru kaplaması gibi farklı biçimler verilmiştir. Sıcak uygulamalar için ise asbestli kağıdın oluklu tabakalarından yapılan boru kaplaması geliştirilmiştir. Ancak daha etkili cam liflerinin gelişimi bu malzemeyi kullanılmaz hale getirmiştir. Artık kullanılmayan bir diğer malzeme, günümüzdeki kalsiyum silikata benzeyen, 1950'lerin ortalarına kadar çokça kullanılmış olan; ancak bağlayıcı olarak asbest lifleri içeren % 85 magnezya (magnezyum oksit bileşiği) içeren bir malzemedir. 1960'lı yılların erken dönemlerinde ise, özellikle binalarda rijit poliüretan ve poliizosiyanürat kullanılmaya başlanmıştır [4].

Binalarda ise ısı izolasyon yapılması gereği II. Dünya Savaşı sonrasında gelişen yapı teknolojisine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu döneme kadar yapıların kalın yığma duvarları yalıtım ile ilgili sorunları kendi kalınlıkları sayesinde çözebilmekteydiler. Ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra beliren büyük konut gereksinimi, arsaların azalması ve maliyetlerin artması, binalarda faydalı alanın çoğaltılması gereğini doğurmuştur. Böylece betonarmenin gelişimi, yapı elemanlarının incelenmesi ve hafiflemesi gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, taşıyıcılık görevini kaybederek incelen duvarlar yeterli fiziksel koşulları sağlayamadığı için ısı ile ilgili problemler daha çok yaşanır hale gelmiştir [5].

Günümüzde, cam lifi, seramik, mineral yün, kalsiyum silikat, plastik köpük, cam ve diğer maddelerden üretilen malzemeler çeşitli biçim ve şekillerde izolasyon için

kullanılmaktadır. En yaygın olarak görülen malzemeler ise cam yünü, taş yünü, poliüretan ve polistiren yalıtımlardır.

İzolasyon kullanımları, konvensiyonel bina ve boru izolasyonundan, çok düşük ya da çok yüksek sıcaklıklarda çalışan sistemler ve ekipmanların izolasyonuna kadar geniş bir yelpaze içinde yer almaktadır. Günümüzde izolasyon, endüstrinin can damarlarından birini oluşturmakta ve çevremizi geliştirmek için çeşitli şekillerde ve biçimlerde kullanılmaktadır. İzolasyonun önemi gelecekte de teknoloji ilerledikçe ve enerji kaynakları ile enerji korunumu önceliğe sahip olduğu sürece devam edecektir [4].

2.2. Isı İzolasyon Malzemelerinden Beklenen Özellikler

Isı izolasyon malzemelerinin, çeşitli kullanımlarda pek çok özelliği yerini getirmeleri istenir. Ancak bu özelliklerin tümünün bir malzemede bulunması mümkün değildir. Isı izolasyon malzemelerinin seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli özelliklerden biri kullanım yeridir. Çünkü ısı izolasyon malzemelerinden beklenen özellikler, farklı kullanım yerlerine göre farklı öncelikler gerektirebilmektedir. Örneğin yüksek sıcaklığın mevcut olduğu bölgelerde, yüksek sıcaklık sonucunda malzemenin deformasyona uğramaması, ağır yüklerin söz konusu olduğu yerlerde ise malzemenin basınç mukavemeti önem kazanmaktadır.

Çeşitli kullanım yerlerine göre, iyi bir ısı izolasyon malzemesinden beklenen genel özellikler şunlardır [1, 5-7] :

- Isı geçişine karşı yüksek direnç (Düşük ısı iletkenlik katsayısı),
- Yeterli basınç mukavemetine sahip olması, zamanla çökme yapmaması,
- Yeterli çekme mukavemetine sahip olması,
- Kullanılan sıcaklıkla bozulmaması,
- Özelliklerini zaman içinde kaybetmemesi ve çürümemesi,
- Birlikte kullanıldığı malzemelerle reaksiyona girmemesi ve bozulmaması (Kimyasal kararlılık ve dayanıklılık),
- Yanmazlık ve alev geçirmezlik,
- Yeterli buhar difüzyon direnci,
- Suya ve neme karşı yüksek dayanım,

- Uygulama ve işçilik kolaylığı,
- Boyutsal kararlılık,
- Kokusuz olması,
- İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi, kaşıntı ve alerji yapmaması,
- Detay bazında ekonomik olması,
- Hafiflik,
- Çeşitli böcek ve mikroorganizmalar tarafından bozulmaması,
- Küf tutmaması.

Genel olarak, bir ısı izolasyon malzemesinin alkalinitesi, korozif atmosfer koşulları söz konusu olduğunda; kapilaritesi sıvılarla temas içinde bulunması durumunda; kimyasal dayanıklılığı ortam kimyasal yüklü ya da tuzlu olduğunda ve basınca dayanımı bir yük altında kalması durumunda önem kazanmaktadır. Yine malzemelerin boyutsal kararlılığı burulma ya da titreşim gibi mekanik veya atmosferik bozulmalara maruz kaldığında; ultraviyole ışınlar karşı dayanımı uygulamanın dışarıda olması durumunda; mantar ve bakterilerin büyümesine karşı dayanımı yiyecek ve kozmetik işlemlerin olduğu alanlarda; rötresi çimento ve mastik içeren uygulamalarda; ses redüksiyon katsayısı bir ses yalıtımı söz konusu olduğunda; zehirliliği yiyecek üretilen tesislerde ve muhtemel yangın tehlikesi olan alanlarda ve ses emme katsayısı radyo istasyonları ya da hastane gibi sessizliğin gerekli olduğu yerlerde ön plana çıkmaktadır [8].

2.3. Isı İzolasyon Malzemelerinin Sınıflandırılması

Isı izolasyon malzemelerini; biçimlerine, doğada var oluş şekillerine (kökenlerine), yapılarına, kullanma sıcaklıklarına, yapıda uygulanış yerlerine, piyasada bulunuş şekillerine, yapı fiziksel yönlerine vb.'ye bağlı olarak çok çeşitli açılardan gruplandırmak mümkündür. Bu gruplandırmalardan yalıtım malzemelerinin biçimlerine, kökenlerine, yapılarına ve kullanım sıcaklıklarına göre yapılan sınıflamalar, literatürde ısı izolasyon malzemeleri arasında en yaygın olarak rastlanan sınıflamalar olup, bu çalışmada daha detaylıca ele alınmıştır.

Diğer açılardan bakıldığında; yapıda uygulanış yerlerine göre ısı izolasyon malzemeleri;

- Taşıyıcı yapı üstünde,
 - Taşıyıcı yapı altında,
 - Bizzat taşıyıcı yapı bünyesinde
- olmak üzere üç başlıkta toplanmaktadır [9].

Piyasada bulunuş şekillerine bağlı olarak yapılan sınıflamada ise ısı izolasyon malzemeleri;

- Hasır şeklinde ısı izolasyon malzemeleri,
 - Masif yaygı ısı izolasyon malzemeleri,
 - Plak şeklinde ısı izolasyon malzemeleri
- olarak gruplanmaktadır [9].

Yapı fiziksel yönleri açısından ise ısı izolasyon malzemeleri;

- Nem kabul eden (higroskopik) ısı izolasyon malzemeleri,
 - Nem kabul etmeyen (higroskopik olmayan) ısı izolasyon malzemeleri
- olarak ele alınabilmektedirler [9].

2.3.1. Biçimlerine Göre Isı İzolasyon Malzemeleri

Biçimlerine göre ısı izolasyon malzemeleri farklı kaynaklarda değişik şekillerde sınıflanmaktadır.

Seeley'e göre biçimleri açısından ısı izolasyon malzemeleri;

- Levha veya plak şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri,
 - Hasır ve yünlü şilteler halindeki ısı izolasyon malzemeleri,
 - Granül haldeki ısı izolasyon malzemeleri,
 - Alüminyum folyolar,
 - Yalıtımlı şaplar,
 - Sprey halinde uygulanan köpükler
- olarak gruplanmaktadır [10].

Hornbostel'a göre ise, ısı izolasyon malzemeleri;

- Talaş şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri,

- Gevşek lif şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri,
- Şilte şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri,
- Levha şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri,
- Yansıtıcı ısı izolasyon malzemeleri,
- Blok ve tuğla malzemeler

şeklinde altı grupta ele alınmaktadır [11].

Genel olarak binalarda kullanılan ısı izolasyon malzemelerini biçimlerine göre;

- Örtü izolasyon malzemeleri,
- Şilte izolasyon malzemeleri,
- Gevşek dolgu izolasyon malzemeleri,
- Taşıyıcı levha izolasyon malzemeleri,
- Plak izolasyon malzemeleri,
- Yansıtıcı izolasyon malzemeleri,
- Yerinde köpürtülen izolasyon malzemeleri,
- Oluklu izolasyon malzemeleri

olmak üzere sınıflamak mümkündür [12].

2.3.1.1. Örtü İzolasyon Malzemeleri

Bu izolasyonlar, hasır formunda üretilen mineral yün, odun lifi, pamuk lifi, hayvan kılı gibi mineral yapılı çeşitli keçelenmiş liflerden yapılmakta ve 25 mm, 38 mm, 50mm, 75 mm ve 100 mm olmak üzere çeşitli kalınlıklarda üretilmektedirler. Ayrıca örtü izolasyonlar, farklı genişliklerde (400 mm, 500 mm ya da 800 mm veya daha geniş), 2,4 m uzunlukta ya da 12,2 m'den 30,5 m'ye kadar uzunlukta toplar halinde elde edilebilmektedirler. Kaplamasız olabildikleri gibi, bir kısmının tek yüzü, bir kısmının da her iki yüzü kaplı olabilmektedir. Kaplamalı olan örtü izolasyonlar iskeleti oluşturan elemanların köşelerine ya da kenarlarına çivilenmek için, her yüzeyinde çatal çivili flanjlara donatılmışlardır [12].

2.3.1.2. Şilte İzolasyon Malzemeleri

Şilte izolasyon malzemeleri, pek çok açıdan örtü izolasyon malzemelerine benzemekle birlikte, boyları sebebiyle onlardan ayrılmaktadırlar. Şilte izolasyonlar sınırlı uzunlukta olup, genellikle 1,2 m ya da daha kısadrlar. Bu izolasyonlar, ısı

mukavemet (R) değeri malzemenin kalınlığına bağlı olmasına rağmen, kalınlıklarından çok ısı mukavemetlerine (R değerlerine) göre derecelendirilmektedirler [10-12].

2.3.1.3. Gevşek Dolgu İzolasyon Malzemeleri

Genellikle gevşek dolgu izolasyon malzemeleri, lifli ya da taneli yapıda olmaktadır. Lifli olanlar kaya yünü, cam yünü gibi mineral yünlerden ve odun lifi gibi bitkisel liflerden; taneli olanlar ise, perlit ve vermikülit gibi genişmiş minerallerden ve taneli mantar gibi yer bitkilerinden üretilmektedirler. Mineral yün dolgu izolasyonlar, nem emmezler, yanmayı desteklemezler ve verminleri ortadan kaldırırlar. Mineral yün ve bitkisel lifli gevşek dolgu izolasyonlar uygulama yerine el ile ya da bölgeye püskürtülerek yerleştirilmektedirler. Genellikle lifli gevşek dolgu izolasyonlar, yatay yüzeyler üzerine uygulanmaktadır [11, 12].

2.3.1.4. Taşıyıcı Levha İzolasyon Malzemeleri

Taşıyıcı levha izolasyonlar, hem ahşap, kamyş ya da mantar gibi organik liflerden; hem de hücresel izosiyanüratla takviye edilmiş cam lifinden yapılabilmektedirler. Mantar levha izolasyon için yaygın olan kalınlık 75 mm'dir. Sentetik lifli levha izolasyonlar ise 9,5 mm'den 47,5 mm'ye kadar çeşitli kalınlıklarda, 1200 mm genişlikte ve 2,4 m, 3 m ve 3,6 m uzunluklarda olabilmektedirler [9, 12].

2.3.1.5. Plak İzolasyon Malzemeleri

Plak izolasyonlar, rijit ünitelerden oluşan ve normalde kalın bir plaka elde etmek için birbirine yapıştırılmış iki ya da daha çok parça levha izolasyondan yapılabilmelerine rağmen, alansal olarak levha izolasyonlardan küçüktürler. Bu tip izolasyonlar, mantardan, parçalanmış ahşap ve çimentodan, bağlayıcı mineral yünden, vermikülit ve asfalttan, köpürtülmüş betondan, köpürtülmüş plastikten, hücresel kauçuktan ya da vermikülit, perlit veya genişmiş kil agregalı betondan elde edilmektedirler [9, 10, 12].

2.3.1.6. Yansıtıcı İzolasyon Malzemeleri

Yansıtıcı izolasyonlar, emdiği miktardan çok ısıyı yansıtan parlak yüzeyli (alüminyum, bakır kaplamalar ya da metal saçlar gibi) malzemelerden yapılırlar. Bu malzemelerin yerleştirilmeleri önemlidir. Yansıtıcı izolasyonlar özel yerleşimle, buhar kesici bir malzeme olarak da görev yapabilmekte ve dikmelerde, merteklerde; duvar, çatı, tavan yalıtımı için ve soğuk depolarda kullanılmaktadırlar [11, 12].

2.3.1.7. Yerinde Püskürtme İzolasyon Malzemeleri

Yerinde püskürtme izolasyonlar, yüzey içerisine doğru yerleştirilecek bir karışımın hücresel malzemelerle ve bazı lifli malzemelerin karışımı ile üretilirler. Bu izolasyonlar şekli, yerleşimi vb. sebeplerle yalıtım uygulamanın zor olduğu yerlerde kullanılabilmektedirler. Yerinde püskürtme izolasyonlardan biri olan poliüretan köpük, anorganik bağlayıcı asbest lifleri, Portland çimento ya da alçı vb. bağlayıcı vermikülit agrega ve alçı bağlayıcı perlit agrega kullanılarak elde edilebilmektedir [10, 12].

2.3.1.8. Yerinde Köpürtülen İzolasyon Malzemeleri

Yerinde köpürtülen izolasyonlar, sentetik sıvı reçinelerden yapılan malzemelerdir. Bu izolasyonlar, polyester reçine ile poliizosiyanatın karışımı ile elde edilen poliüretan bir ürün olup, hem dökülerek, hem de püskürtülerek uygulanabilmektedirler [12].

2.3.1.9. Oluklu İzolasyon Malzemeleri

Oluklu izolasyonlar, oluklu ve katmerli tabakalarında çimentolu kağıttan yapılmaktadırlar. Bazı türleri, ürüne ekstra sertlik vermek için sertleştirilen bir yapıştırıcı ile püskürtülmekte, diğer türleri ise, ekstra yalıtım değerleri elde etmek için folyo ile kaplanmaktadır [12].

2.3.2. Doğada Var Oluş Şekillerine Göre Isı İzolasyon Malzemeleri

Doğada var oluş şekillerine yani kökenlerine göre ısı izolasyon malzemelerini;

- Organik (hayvansal ve bitkisel) kökenli,

- Anorganik (mineral) kökenli,
- Sentetik kökenli

olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür [1, 5, 6].

Organik kökenli ısı izolasyon malzemeleri bitkisel veya hayvansal kökenlidirler. Bitkisel kökenli ısı izolasyon malzemeleri arasında mantar, ahşap talaş levha, oluklu mukavva, turp, saz, kamış, keten, pamuk, hindistan cevizi, palmye lifleri, pirinç kabuğu ve deniz yosunları yer almaktadır. Yün, keçi kılı ve tiftik ise hayvansal kökenli ısı izolasyon malzemeleridir [13]. Organik kökenli bu ısı izolasyon malzemeleri lif, tane ve köpük şeklinde olabilmektedirler. Lif şeklindeki organik ısı izolasyon malzemeleri, pamuk, yün, jüt (kenevir, kendir), saman, ahşap, talaş, yosun vb.; tane şeklindeki organik ısı izolasyon malzemeleri, turp, mantar, toz halinde talaş vb.; köpük şeklindeki organik ısı izolasyon malzemeleri ise sertleştirilmiş suni melamin reçinesidir. Organik kökenli ısı yalıtımlarında bağlayıcı malzeme olarak, genellikle katran, asfalt, alçı, çimento, suni reçine ve reçine kullanılmaktadır. Bu ısı izolasyon malzemeleri kullanma yerinin özelliklerine göre, keçe, kumaş, levha gibi çeşitli şekillerde üretilmektedirler [12]. Yani bu malzemelerin, ısı tutucu olarak kullanılabilmesi için bazı üretim işlemlerinden geçirilmeleri gerekmektedir. Örneğin çeşitli deniz yosunları, palmye lifleri, keten, pamuk gibi bitkisel liflerin levha haline getirilmeli; ahşap talaşların çimento ile karıştırılıp ıslatılmalı ve preslenmelidir [6].

Anorganik kökenli ısı izolasyon malzemeleri arasında; cam elyafı (cam yünü, cam pamuğu vb.), cam köpüğü, cüruf yünü, asbest lifleri, seramik lifleri, süngertaşı, genişletilmiş mantar, kizelgur, erimiş mineraller, silisli fosiller, vermikülit, perlit, genişletilmiş kil, mağnezit, taş yünü, kömür tozu, kül vb. sayılabilmektedir. Bu izolasyon malzemeleri lif, tane ve toz halinde olabilen; yapıda ve endüstride en çok kullanılan ısı izolasyon malzemeleridir. Anorganik kökenli bu ısı izolasyon malzemelerinde, bağlayıcı madde olarak Portland çimentosu başta olmak üzere çimento ve alçı kullanılmaktadır [1]. Anorganik kökenli ısı izolasyon malzemelerinin bir kısmı (asbest, taş yünü, kizelgur gibi) çok basit işlemlerle doğrudan; bir kısmı (cam yünü, cam pamuğu, cam köpüğü, genişletilmiş mika yani vermikülit, genişletilmiş kil, cüruf yünü, mağnezit gibi) ise karmaşık işlemler sonucu elde edilmektedirler [6, 13].

Sentetik asıllı ısı izolasyon malzemeleri ise son zamanlarda geliştirilmiş, sünger şekline getirilmiş izolasyon malzemeleridir. Bu malzemelere örnek olarak polivinilklorür (PVC), polistiren (PS), poliüretan (PU), polietilen (PE), fenolformaldehit (PF) verilebilir. Plastik köpükler olarak da adlandırılabilen bu malzemeler, açık, kapalı ya da karışık gözenekli olabilirler. Açık gözenekli olanlarda boşluklar, birbirleri ve dış ortamla ince kanallar tarafından bağlantılıdır. Kapalı gözeneklilerde ise, boşluklar arasında kanallar ile bağlantı yoktur. Karışık gözenekli olanlar, çeşitli oranlarda açık ve kapalı gözenekler içermektedirler. Sentetik asıllı ısı izolasyon malzemeleri gaz karışım yoluyla, fiziksel ya da kimyasal yolla elde edilebilirler ve yumuşak, sert veya yarı sert olabilirler [1, 6].

2.3.3. Yapılarına Göre Isı İzolasyon Malzemeleri

Yapılarına göre ısı izolasyon malzemelerini,

- Taneli,
- Lifli,
- Hücreli (köpük şeklinde),
- Kompozit (karışık yapılı)

olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür [4, 5, 6]. Ayrıca bir başka görüşe göre ısı izolasyon malzemeleri yapıları açısından ele alındığında; sert, esnek ve serbest yapılı ısı izolasyon malzemeleri olmak üzere üç ana başlıkta da toplanabilmektedir [14].

Taneli yapıda olan ısı izolasyon malzemeleri, birbirlerine az ya da çok bağlantılı, küçük bir kuvvet uygulandığında ayrılabilen tanelerden oluşmuşlardır. Bu taneler arasında ise serbest hava hapsedilmiştir. Malzemenin boşluklardaki hava miktarının fazlalaşmasıyla, ısı tutuculuk değeri de artmaktadır. Taneli ısı izolasyon malzemelerine örnek olarak granüle mantar, fosil silisli taneler (diyomit, kizelgur), perlit ve vermikülit verilebilir.

Lifli izolasyon malzemeleri daha çok bitkisel ve hayvansal (organik) kökenli liflerden oluşmuşlardır. Ayrıca asbest, cam lifi, taş yünü gibi mineral (anorganik) kökenli de olabilmektedirler. Lifli izolasyon malzemeleri piyasada dökme olarak ya da plaka, levha, keçe ve şilte şeklinde bulunmaktadır. Bu malzemeler arasında bitkisel kökenli olarak mantar, turp, saz, kamış, keten, pamuk, hindistan cevizi,

saman, pirinç kabuğu, palmye lifleri, deniz yosunları, ahşap rende talaşı ve oluklu mukavvalar; hayvansal kökenli olarak yün, keçe kılı, tiftik ve mineral kökenli olarak ise cam lifleri, taş yünü, asbest lifleri, cüruf yünü ve seramik yünü sayılabilmektedir [13].

Köpük şeklindeki ısı izolasyon malzemeleri ise sünger yapılı olup, katı bir matris içerisindeki hava hücrelerine sahiptirler. Bu malzemeler, sentetik köpükler ve mineral esaslı köpükler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Sentetik köpükler (polistiren, polietilen, PVC, fenol köpükler vb.), PVC ve UF gibi açık gözenekli; PU, PS ve PVC gibi kapalı gözenekli olabilirler. Mineral esaslı köpükler içerisinde ise, hafif betonlar (gazbetonlar, hafif agregalı betonlar vb.), sünger taşı ve cam köpüğü sayılabilmektedir [5].

Kompozit yapılı ısı izolasyon malzemeleri ise, uygulamada kolaylık sağlaması ve kendilerini taşıması amacıyla bir bağlayıcıyla birlikte kullanılan malzemeler olup, bağlayıcı madde aglomereleri (çimento bağlayıcılı, alçı bağlayıcılı, sinterleşmemiş kompozitler, bitüm bağlayıcılı kompozitler, rijit köpük halinde kompozitler olmak üzere styropor betonu, perlit betonu vb.), liflerle donatılı kompozitler (çimentolu ahşap talaşı, bakalitli cam yünü vb.) ve lamine (tabakalı) kompozitler (asbestli çimento arası ahşap lifli kompozitler, ortası styropor ve iki yüzü ahşap talaş levhadan oluşan levhalar vb.) olmak üzere üç grupta toplanabilmektedirler [6].

2.3.4. Kullanma Sıcaklıklarına Göre Isı İzolasyon Malzemeleri

Kullanma sıcaklığına göre ısı izolasyon malzemeleri,

- Düşük sıcaklıklı ısı izolasyon malzemeleri,
- Orta sıcaklıklı ısı izolasyon malzemeleri,
- Yüksek sıcaklıklı ısı izolasyon malzemeleri

olmak üzere üç grupta ele alınabilirler.

Düşük sıcaklıklı izolasyon malzemeleri 60°F (15,6°C) ile -450°F (-267,8°C) arasında, orta sıcaklıklı ısı izolasyon malzemeleri 61°F (16,1°C) ile 600°F (315,6°C) arasında, yüksek sıcaklıklı ısı izolasyon malzemeleri ise 601°F (316,1°C) ile 1500°F (815,6°C) arasında kullanılabilmektedirler [8].

Kullanma sıcaklığına göre yapılan bir diğer sınıflamaya göre ısı izolasyon malzemeleri;

- Normal sıcaklıkta kullanılan ısı izolasyon malzemeleri,
 - Yarı refrakter ısı izolasyon malzemeleri,
 - Refrakter ısı izolasyon malzemeleri
- olmak üzere üç grupta incelenebilmektedir.

Normal sıcaklıkta kullanılan ısı izolasyon malzemeleri, adi (sıradan) ısı yalıtım malzemeleri olup yüksek sıcaklıklara dayanıklı değildir. Yarı refrakter ısı izolasyon malzemeleri, 1000°C'de kullanılan; refrakter ısı izolasyon malzemeleri ise yüksek sıcaklıklara dayanıklı (1000°C'nin üzerinde kullanılabilen) malzemelerdir. Refrakter malzemeler arasında asbest malzemeler ve seramik yünleri sayılabilir [5].

2.4. Isı İzolasyon Malzemelerinin Genel Formları

Isı izolasyon malzemeleri, özel fonksiyonlara ve uygulamalara uymak için çok çeşitli formlarda üretilmektedirler. İzolasyon malzemelerinin formu ve tipi, kullanılması gereken uygulama metodunun belirlenmesini sağlamaktadır. En çok kullanılan ısı izolasyon malzemesi formları;

- Rijit levhalar, bloklar, plakalar, borular ve eğrisel elemanların izolasyonları,
- Esnek plakalar,
- Esnek örtüler,
- Köpükler

olmak üzere dört grupta ele alınabilirler.

Polistiren, poliüretan, poliizosiyanürat gibi hücreli izolasyonlar; perlit, vermikülit gibi taneli izolasyonlar; cam yünü, taş yünü, cüruf yünü, silis gibi lifli izolasyonlar rijit levhalar şeklinde üretilmektedirler. Rijit levhalar genellikle dış duvarlarda ve temellerde kullanılan, diğer formlara göre daha pahalı olan izolasyonlardır. Rijit levha izolasyonlar ısı yalıtımının yanında ses izolasyonu ve strüktürel mukavemet de sağlamaktadırlar. Ayrıca yüksek yalıtım değerleri sebebiyle, yüksek ısı direnç istenen yerler için faydalıdır.

Yine hücreli izolasyonlar ile lifli izolasyonlar, esnek plaka olarak imal edilebilmekte ve ayrıca lifli izolasyonlar esnek örtü formunda olabilmektedirler. Köpük formlar ise dökme ya da püskürtme köpüklerden elde edilmektedirler [4, 8, 15].

2.5. Binalarda Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı İzolasyon Malzemeleri

Binalarda ısı izolasyon uygulamaları, özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında gelişen yapı teknolojisine bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Bu tarihe kadar böyle bir gereksinmeye ihtiyaç duyulmamasının sebebi, yapıların kalın duvar ve soğuk çatı konstrüksiyonlarının ısı yalıtımına gerek kalmadan, istenilen ısıl konforu sağlamalarıdır. Ancak savaş sonrasında oluşan konut gereksinimi ve betonarmenin hızla gelişmesi yapı elemanlarının incelik hafiflemesine neden olmuş ve bu durumda, yeterli fiziksel koşullar sağlanamadığı için bina kabuğundaki fiziksel sorunları ve yetersiz konfor koşullarını ortaya çıkarmıştır. Bütün bu olumsuzluklar, ısı yalıtımıyla ilgili arayışları doğurmuş ve yapılarda ısı izolasyon kullanımının önemini gündeme getirmiştir [5, 6].

Çok çeşitli olan bu malzemelerin duvarlarda en yaygın olarak kullanılanları; mantar, heraklit, mineral elyaflar ve yünler, asbest, mineral köpükler ve sentetik köpüklerdir.

2.5.1. Mantar

Bilinen en eski bitkisel kökenli yalıtkanlardan biri olan mantar, taneli bir yapıda olup, doğal mantar veya meşe mantarı olarak da bilinir. Mantar, mantar meşesi denilen Batı Akdeniz havzası ile Atlantik Okyanusu kıyılarında, Portekiz ve Fas'ta yetişen bir ağacın, birbirleri ile ilişkisiz hava gözenekli taneler içeren kabuklarıdır. Bu kabukların yapıda izolasyon malzemesi olarak kullanılabilmesi için, çeşitli boyutlarda kırılıp, öğütülüp değişik aglomere levhalar haline getirilmesi gereklidir. Ancak günümüzde yalıtım amacıyla mantar kullanımı, kaynakların azalması ve sentetik yalıtımların ortaya çıkmasıyla yerini dekoratif amaçlı mantar kullanımlarına bırakmıştır. Aglomere mantar, kullanılan bağlayıcıların cinsine göre katkısız genişmiş mantar aglomereleri, katranlı aglomereler ve kazeinli aglomereler olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Katkısız genişmiş mantar aglomerelerinde bağlayıcı kullanılmamakta, meşe mantarı kırıntıları kendi doğal reçinesi ile bağlanmaktadır. Katranlı aglomerelerde, kırıntılar kaynayan katran içerisinde karıştırılmaktadır.

Kazeinli aglomerelerde ise, kırıntılar kireç-kazein karışımında karıştırılarak yapıştırılmaktadır.

Heterojen yapılı ve örnekten örneğe değişen ısı iletkenlik katsayısına sahip olan mantar, piyasada kabuk, pano, karo vb. şekillerde bulunmaktadır. Ayrıca mantar, bir bağlayıcı ya da çimento harcına katılarak, ısı tutucu katkılı sıva veya şap halinde de uygulanabilmektedir. Genel özellikleri açısından yapıştırılması, çivilenmesi, kesilmesi kolay, çürümeyen, zor yanan (ancak alev alınca, sonuna kadar yanan), is çıkararak yanan, $+130^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kullanılabilen, $0,04-0,06 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ 'lik ısı iletkenlik değerine ve $120-190 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğa sahip bir malzemedir. Bu özelliklere ek olarak higroskopik (havanın nemini çeken) olan, kimyevi maddelere dayanıklı, ancak halojenlere, amonyağa ve eter yağlarına dayanıksız olan mantar, basınç altında bitüm gibi bir bağlayıcı eklenerek daha dayanıklı levha mantarlar elde edilebilmektedir. Bu tür levha mantarlar zor yanan, hemen hemen su almayan ve haşarat barındırmayan özelliktedirler [5, 6, 16, 17].

Yapılarda daha çok terleme olan duvar, döşeme ve tavanlarda kullanılan mantar levhaların döşenmelerinden önce, temas edecek yüzeylere bitümlü harç veya zift sürülmektedir [1].

2.5.2. Heraklit

Heraklit, üretici firma ismi ile bilinen; ahşap rende talaşının manyezit bağlayıcı ile birlikte yüksek sıcaklıklarda preslenmesi yoluyla elde edilen organik esaslı bir ısı yalıtım malzemesidir. 240 kg/m^3 ile 600 kg/m^3 yoğunluklarda üretilebilen heraklit, 110°C 'ye kadar kullanılabilen, B1 sınıfından zor yanan ve yaklaşık $0,18 \text{ kcal/m}^{\circ}\text{C}$ 'lik bir ısı iletkenlik değerine sahip levha yalıtımlar olup, kesilip çivilenebilen özelliktedir. Basınç ve bükülmeye karşı dayanımı iyi olan bu levhalar, aynı zamanda ses yalıtımı da sağlamaktadırlar. Kendi kendini taşıyabilen, kolay uygulan ve sıva için uygun bir yüzey sağlayan heraklit, doğal yapısı sonucu çevre dostudur. Güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenmeyen, ancak organik kökenli bir malzeme olması sebebiyle çeşitli böcek ve organizmalardan zarar görebilen heraklit, geçmişteki kullanım yaygınlığını, günümüzdeki daha gelişmiş izolasyon malzemeleri sebebiyle kaybetmiştir [16, 17].

2.5.3. Mineral Elyaf lar ve Y nler

Bu grup içerisinde, kullanım yeri dışındaki özellikleri ve dokuları birbirine benzeyen, bileşimleri biraz farklı olan cam y nleri ve ta  y nleri ile cüruf y nleri yer almaktadır. Cam y nleri ve ta  y nleri, açık hava hücrelerine sahip, yaklaşık 1-5 mikron çapında, ince ve uzun mineral liflerin yığınları halindedirler. Genellikle sandviç, dikilmiş veya bir bağlayıcı ile stabilize edilmiş olarak kullanılırlar. Kullanım yerine göre mineral lifler, kabuklar, yarı rijit pano ve keçeler, bir ızgara ya da tel örgü üzerine tesbit edilmiş  ilte şeklinde  retilerler. 14-300 kg/m³ olmak üzere çeşitli yoğunluklarda olabilirler. Yaklaşık olarak 20 C’de, 0,04 W/m K’lik ısı iletkenlik değerine sahiptirler. Mineral ısı izolasyon malzemelerinin tercih edilmelerindeki en önemli etken bu malzemelerin yanmaz olmaları ve ateş kesici örtü olarak da kullanılabilmeleridir. Kimyasal olarak nötr, nem tutmayan, çürümeyen, ancak mekanik dayanımları çok az olan ya da hiç olmayan ve bir taşıyıcıya ihtiyaç duyan malzemelerdir [5].

2.5.3.1. Cam Yünü

Cam yünü yalıtımlar, çubuk çekme usul , hazne tambur usul , savurma usul  gibi çeşitli yöntemlerle elde edilebilen, 3-4 mikron çapındaki liflerden meydana gelen, hammaddesinin esas  ilisi silis kumu olan malzemelerdir. Bakalitli (sarı renkli) ya da bakalitsiz (beyaz renkli) olabilmektedirler. Bakalitli türleri 250 C’ye kadar uygulanabilen (daha yüksek sıcaklıklarda -300 C gibi- lifleri tutan bakalitin bozulması sonucu çökmeler oluşur), binalarda ve  ofben, fırın gibi cihazlarda kullanılan, içerdikleri bakalit sayesinde liflerinin birbirlerine yapı masıyla rulo, levha gibi formlarda üretilen yalıtımlardır. Bakalitsiz cam y nleri ise, 550 C’ye kadar, genellikle kazan, tank, boru gibi sanayi yalıtımlarında kullanılan ve form alabilmek için oluklu mukavva gibi malzemelere dikilmesi gereken izolasyonlardır.

Genel olarak cam yünü yalıtımlar, 15-200 kg/m³ arası yoğunlukta, 0 C’de 0,028 kcal/mh C ve 450 C’de 0,065 kcal/mh C’lik ısı iletkenlik katsayılarına sahiptirler. Basınç,  ekme ve kopma dayanımı yo unlu una göre değişen cam yünü, dış kuvvetlerin etkisiyle kolayca deformasyona u rayabilmektedir. Cam y n n n, diğer mineral lifli ısı yalıtım malzemelerinde olduğu gibi, direkt olarak (yağmur, kar vb.) ya da indirekt olarak (buhar difüzyonu, kapilerite vb.) su ile temas etmesi

engellenmelidir. Çünkü bu durumda içerdği hava boşluklarının su ile dolması sonucunda, ısı iletkenlik özelliği artacak ve suyun bakaliti çözmesi ile bakalitin lifleri yapıştırma özelliği sona erecektir. Böylece malzeme kalınlığında da azalmalar görülecektir. Ayrıca yine cam yünü, higroskopik değildir (havanın nemini çekmez) ve kimyasal olarak nötr olup, hidroflorik asit dışında diğer asitlere karşı dayanıklıdır. 1,2'lik buhar difüzyon direnç katsayısı ile cam yünü, kolay buhar geçiren ve dolayısıyla buhar akımının söz konusu olduğu konstrüksiyonlarda sürekli kuru kalması için, buhar kesici gerektiren bir malzemedir. Bütün bu özelliklerine ek olarak cam yünü yalıtımlar, işçiliği kolay, küf ve bakteri oluşumunu desteklemeyen, yanmayan ve haşarat barındırmayan yalıtımlardır [1, 16, 17].

2.5.3.2. Taş Yünü

Taş yünü malzemeler, genellikle bazik, magmatik, taş karakterli hammaddelerin (bazalt, kireçtaşı, dolomit gibi) eritilip savrulması ve ince bir bağlayıcı film ile sarıldıktan sonra fırınlanmasıyla elde edilmektedirler. Yoğunluğu 20-200 kg/m³ arasında değişen, düşük yoğunluklu (20-80 kg/m³) ve yüksek yoğunluklu (100-200 kg/m³) olarak üretilebilen taş yünü, yaklaşık olarak 5 mikron çapındaki liflere, 20°C'de 0,040 kcal/mh°C'lik ısı iletkenlik değerine sahiptir.

Genellikle 30-100 kg/m³ yoğunluklar kullanımda tercih edilmekle birlikte, ısı iletkenlik katsayısı göz önüne alındığında optimum yoğunluk 100-120 kg/m³ olup, bu değer, cam yününün 60-65 kg/m³'lük optimum yoğunluğundan daha yüksektir. Düşük yoğunluktaki tipleri rulo, yüksek yoğunluktaki tipleri levha şeklinde olan taş yünü yalıtımların kullanım sıcaklığı da yine cam yünü yalıtımlardan daha yüksektir. Bu değer, bileşimde bakalit yer almıyorsa, 750-1000°C'ye kadar çıkabilmektedir. Basınç, kopma mukavemeti vb., cam yününde olduğu gibi yoğunluğa bağlı olarak artmakla birlikte, liflerin hem yatay hem dikey doğrultuda yer alması sebebiyle taş yününün basınç mukavemeti, cam yününe oranla daha fazladır. Taş yününün suya ve buhara karşı davranışı ($\mu=1,1-1,4$ değeri ile) cam yünü ile aynı özellikte olmakla birlikte kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı daha düşüktür (Bileşiminde kalsiyum varsa sert asitlere karşı dayanıklı değildir, kükürt içeriyorsa metal yüzeylerde korozyona sebep olabilmektedir). Ek olarak taş yünü yalıtımlar, yanmayan, küf ve bakteri oluşumunu desteklemeyen, boyutsal kararlılığa ve ses yutucu özelliğe sahip malzemelerdir [5, 16, 18].

2.5.3.3. Cüruf Yünü

Cüruf yünü malzemeler ise, metalurji sanayinin bir yan ürünü olup, esasen demir filizi yüksek fırın cürufundan merkezkaç dönme işlemi sonucunda (sıvı haldeki sülfürün lif haline getirilmesi ile) elde edilen yalıtım malzemeleridir. 150-350 kg/m³'lük yoğunluklarda olabilen cüruf yünü, 100⁰C'de 0,041 kcal/mh⁰C'lik ısı iletkenlik değerine, 500⁰C'de ise, 0,105 kcal/mh⁰C'lik ısı iletkenlik değerine sahiptir. Cüruf yünü ürünler yanmayan, yüksek sıcaklıklara (750⁰C'ye kadar) dayanıklı, küf ya da bakteri oluşumunu desteklemeyen, düşük buhar difüzyon direncine sahip yalıtımlar olup, buhar difüzyon riski olan durumlarda buhar kesici gerektirmektedirler [17, 19].

2.5.4. Asbest

Amyant olarak da bilinen bu malzeme, doğal bir lif cinsi olup, hidrolize olmuş kristalize magnezyum silikat ile kalsiyum silikat karışımından ibarettir. Hornblend asbesti ve serpantin asbesti olmak üzere başlıca iki türü vardır. Asbest yangına dayanıklı, çürümeyen, 0,044 W/mK değerindeki ısı iletkenliğe sahip olan, yoğunluğu 180-200 kg/m³ arasında değişen, ses izolasyonunda tercih edilen, sürekli rejimde 550-600⁰C'ye kadar dayanabilen bir malzemedir. Düz levha, kabuk ve şekilli pano şeklinde üretilbildiği gibi, düzgün olmayan yüzeylerin kaplanması için püskürtülerek de kullanılabilir. Ancak batı Avrupa ülkelerinde kanserojen olduğu gerekçesi ile asbest kullanımı yasaklanmıştır [1, 5, 17].

2.5.5. Mineral Köpükler

Bu başlık altında, kalsiyum silikatlı levhalar, genleşmiş mika, genleştirilmiş doğal cam ve genleşmiş cam sayılabilir [5].

2.5.5.1. Kalsiyum Silikatlı Levhalar

Kalsiyum silikatlı levhalar, Amerika'da üretilen, 1050-1100⁰C'ye kadar dayanıklı, yüksek mekanik dayanımlı, 180-230 kg/m³ yoğunlukta olabilen malzemelerdir. Bu levhalar 8-10 kg/cm²'lik basınç dayanımına, 0⁰C'de 0,057 W/m⁰K ve 350⁰C'de 0,082 W/m⁰K'lik ısı iletkenlik değerine sahiptirler [13].

2.5.5.2. Vermikülit

Vermikülit de denilen genleşmiş mika, karmaşık yapılı, 0-15 mm tane çaplı doğal bir malzeme olup, yanmaz, çürümez; ancak nem alabilen özelliktedir. Genleşmiş mika, iki duvar arasına dökülebildiği gibi, hafif beton ve sıvaların yapımında agrega olarak da kullanılabilir. Yani vermikülit, bir bağlayıcı ya da çimento harcına katılarak ısı tutuculu sıva veya şap halinde de uygulanabilmektedir. 1370°C’de eriyen vermikülit 0,044-0,047 W/m°K değerinde ısı iletkenlik katsayısına ve 50-130kg/m³’lük yoğunluğa sahip olabilir.

Vermikülit kokusuz, aşındırıcı etkiye sahip olmayan, alerji yapmaz özellikte olmasına ve düzensiz boşluklara kolayca dökülebilmesine rağmen, genellikle ısıya karşı yüksek direnç istenilen durumlarda tercih edilmeyen ve nem emdikten sonra oldukça yavaş kuruyan bir malzemedir [6, 20].

2.5.5.3. Perlit

Perlit olarak da bilinen genleştirilmiş doğal cam, sülfatlı bir volkanik taş olup, ısıtıldığında genleşen çok hafif, 0-5 mm çapındaki camsı tanelerden meydana gelen bir malzemedir. Perlit içerdiği çok sayıdaki açık ve kapalı küçük hava kabarcıkları sayesinde ısı yalıtım özelliği kazanmakta ve buna ek olarak çimento ile karıştırıldığında perlit sıvası ve perlit betonu elde edilmesine imkan tanımaktadır. Gözenekli ve hafif yapıdaki beyaz renkli ısı yalıtım amacıyla kullanılan dökme perlit 32-200 kg/m³ yoğunluğa, 0,039-0,052 W/m°K arasında ısı iletkenlik katsayısına, 1,8’lik buhar difüzyon direnç katsayısına ve 1000°C’ye kadar ulaşan kullanım sıcaklığına sahiptir.

Perlit, çimento, kireç, alçı, plastik maddeler ve uçucu kül gibi çeşitli bağlayıcılar ve su ile karıştırılıp, çeşitli amaçlarla (bölme duvar elemanı, çatı yalıtım malzemesi ve tarım alanında) kullanılabilir. Ayrıca yine dökme perlit yanmaz, ses yutucu, kimyasal olarak nötr olan, çürümeyen, bakteri vb. barındırmayan, katkı maddesi içermiyorsa kapiler özellikte olan bir malzemedir. Perlitli pişmiş toprak levhalar, beton, tuğla, gazbeton gibi yüzeylere çimento harcı ya da bitüm gibi yapıştırıcılarla doğrudan yapıştırılabilir [6, 16, 20].

2.5.5.4. Cam Köpüğü

Genleşmiş cam, bir başka deyişle cam köpüğü, toz camın karbon ile birlikte ergitilmesiyle elde edilir ve kapalı cam hücrelerine sahiptir. Cam saf karbonla birlikte, yumuşayınca dek ısıtılır, karbon gaz çıkarmaya başlayınca ürün kapalı hücrelerden oluşan bir köpük haline gelir. 500°C'ye kadar kullanılabilen cam köpüğü, 20°C'de 0,052 W/m °K'lik ısı iletkenlik değerine ve 120-150 kg/m³'lük bir yoğunluğa sahiptir.

Cam köpüğü malzemeler, $\mu=10\ 000$ değerindeki buhar difüzyon direnç katsayılarıyla su ve buhar geçirmezler, higroskopik ve kapiler değildirler, kimyasal etkilere dayanıklıdır, yanmaz, çürümez, küflenmez, haşarat barındırmaz ve hücresel yapıdadırlar. Piyasada kabuk, levha, pano, blok veya kesilmiş parça olarak bulunabilirler. Cam köpüğü levha ısı yalıtım malzemeleri de perlitli pişmiş toprak levhalar gibi, beton, tuğla, gazbeton gibi yüzeylere çimento harcı ya da bitüm gibi yapıştırıcılar yardımıyla doğrudan yapıştırılabilmektedirler. Ayrıca alüminyum folyo, alçı-karton vb. kaplamalarla birlikte kullanılabilen cam köpüğü levhalar basınca dayanıklı, ancak sürtünmeye dayanıksız, çok sert, kolay kırılabilen yalıtımlardır [5, 6, 16, 21].

2.5.6. Sentetik Köpükleri

Bu grup içerisinde, farklı bileşenlerden oluşan, ancak plastik madde ile sarılmış küçük hava hücrelerinden meydana gelen fenol köpükler (PF), genleşmiş poliüretan (PU), polivinilklorür (PVC) köpükleri ve genleşmiş polistiren (PS) yer almaktadır [5].

2.5.6.1. Fenol Köpükler (PF)

Fenol köpükleri (PF), fenol-formaldehit bakalitine anorganik şişirici ve sertleştirici maddelerin katılmasıyla düşük (30-60 kg/m³) ve yüksek (80-120 kg/m³) yoğunlukta olmak üzere iki şekilde elde edilebilen malzemeler olup, blok, pano, plak, kabuk veya yerinde döküm olarak kullanılabilirler.

Düşük yoğunluklu tipleri, 10⁰C'de 0,018-0,022 W/m°K ve 100⁰C'de 0,027-0,031 W/m°K'lik ısı iletkenlik değerine; yüksek yoğunluklu tipleri ise, 20⁰C'de 0,024-

0,029 W/m⁰K ve 50⁰C'de 0,027-0,032 W/m⁰K'lik ısı iletkenlik değerine sahip olan fenol köpükler açık gözenekli yapıları sebebiyle, su, hava ve buhara karşı yalıtımları düşüktür. Buhar difüzyon direnç katsayıları $\mu=6,8-10$ değerinde olan bu köpükler, kolay su alabilen, kapiler özellikte, kırılğan ve düşük mekanik dayanımdadırlar. Buna rağmen, 100⁰C'de kullanılabilen, yanıcı ve yakıcı gaz çıkarmayan, ayrırırken erimeyen, alev iletmeyen özellikte olmaları, sentetik köpükler arasında önemli bir yere sahip olmalarını sağlamıştır. Bu zelliklerine ek olarak fenol köpükler, kflenmeyen, haşarat barındırmayan, potasyum ve yoğun asitler dırındaki kimyasallara karşı dayanıklı olan yalıtımlardır [5, 16].

2.5.6.2. Poliüretan (PU) Köpükler

Poliüretan (PU), poliöl ve izosiyonat denilen iki kimyasal maddenin karışmaları sırasında havanın yardımıyla bu iki maddenin kprp sertleşmesi sonucunda elde edilen plastik esaslı bir köpüktür. Genleşmiş poliüretan köpükler, karışık gözenekli (kapalı gözenekli gevrek, açık gözenekli yumuşak elastik) olan, 30-150 kg/m³ yoğunluğa, -200⁰C'den +130⁰C'ye kadar kullanım sıcaklığına, 0,021-0,028 W/m⁰K'lik ısı iletkenlik değerine (TS 825'e göre 0,035 W/m⁰K'lik ısı iletkenlik değerine) ve $\mu=30-100$ 'lk buhar difüzyon direnç katsayısına sahip sarı renkli malzemelerdir.

Yaygın olarak levha şeklinde kullanılmakla birlikte, yerinde püskürtme olarak ve boru vb. yalıtımlar için form verilmiş biçimlerde de kullanılabilmektedir. Binaların i ya da dır yüzeyleri, özellikle boşluğun sınırlı olduğu ancak yüksek ısı direnci istenilen durumlar için uygun olan poliüretan köpükler, birleşimleri iyi olduğunda buhar ve hava kesici olarak da görev yapabilmektedirler. Ancak i yüzeylerde kullanılmaları durumunda, petrol ürünü yani yanıcı özellikte olmaları sebebiyle, yangına dirençli bir kaplama gerektirmektedirler. Ayrıca yine bu malzemeler güneşin ultraviyole ışınlarının ve suyun uzun süreli etkilerinden korunmalıdırlar, aksi halde malzemede şekil deformasyonları oluşabilmektedir. Poliüretan köpükler benzine, hafif asitlere, alkalilere ve deniz suyuna karşı dayanıklı olup, polistiren köpüklere oranla daha pahalıdırlar [5, 16, 18, 20].

2.5.6.3. Polivinil Klorür (PVC) Köpükler

Polivinil klorür (PVC) köpükleri, polietilen zincirinde her iki karbon atomundan birine klor atomunun bağlanması ile oluşan polimerin köpürtülmüş şekli olup, sert, yarı sert ve yumuşak olarak üretilmekte ve gözenek yapısı elde edilmiş şekline göre değişiklik göstermektedir. Yüksek basınçlı halde kapalı, düşük basınçlı halde karışık veya açık, basınçsız halde ise açık gözenekli olarak meydana gelirler. Kapalı gözenekli tipleri hava ve suya karşı geçirimsiz, buhara karşı da az geçirgendirler.

20°C’de 0,042 W/m°K’lik ısı iletkenlik değerine, 40-80 arasında buhar difüzyon direnç katsayısına ve 30-300 kg/m³ yoğunluğa sahip olup, 30°C’ye kadar kullanılabilirler. Sert levhaları kırılgan, yumuşak olanlar ise elastik özelliktedirler. Ayrıca PVC köpükler haşarat barındırmazlar ve çürümeye karşı dayanıklıdırlar. Ancak bu köpüklerin kimyasal maddelere karşı dayanımları çok iyi değildir [5, 16].

2.5.6.4. Polistiren (PS) Köpükler

Polistiren köpükler (PS), yurt dışında 1950lerden itibaren yapı ve diğer sektörlerde yalıtım amacıyla kullanılan ancak, ülkemizde yapı sektörüne girişi 1980lere kadar geciken yalıtımlardır. Polistiren köpükler, üretim metoduna göre iki şekilde olabilmektedirler. Şişirme metodu ile üretilene genişletilmiş (expanded) polistiren (EPS), extrude metodu ile üretilene de extruded polistiren (XPS) adı verilmektedir. Şişirme metodunda, malzeme önce blok olarak şişirilmekte, sonra levhalar kesilmektedir. Extrude metotda ise banttan sürekli olarak malzeme alınmaktadır [16].

Genleşmiş polistiren, bir başka deyişle styropor, polietilen zincirine iki karbondan bir, bir hidrojen yerine benzen eklenmiş polimerin köpürtülmesi ile elde edilmektedir. Kalitesi yoğunluğuna bağlı olup, yoğunluk arttıkça basınç dayanımında, buhara karşı olan direncinde ve fiyatlarında artışlar görülmektedir. Genellikle 15-30 kg/m³ değerleri arasında yoğunluklarda üretilmekle birlikte, en çok kullanılan yoğunluk 10 kg/m³’tür. Styropor, 15 kg/m³ yoğunlukta 0,037 W/m°K’lik ve 30 kg/m³ yoğunlukta 0,032 W/m°K’lik bir ısı iletkenlik değerine, en çok 80°C’ye kadar kullanım sıcaklığına ve 15-100 değerindeki buhar difüzyon direnç katsayısına sahiptir. Kolayca yanıp alev alabilmelerine karşılık genleşmiş polistiren köpüklerin özel maddelerle karıştırılarak zor yanan tipleri de geliştirilmiştir. Eğer böyle bir

özelliğe sahip değillerse, EPS köpükler iç yalıtım malzemesi olarak binalarda kullanılmaları durumunda yangına karşı dirençli bir kaplama gerektirmektedirler.

Genleşmiş polistiren köpükler, higroskopik ve kapiler özellikte olmayıp, kapalı gözenekli hücreleri sayesinde su geçirmezler. Yine EPS köpükler, alerji yapmamakta ve en ekonomik ısı yalıtım malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Ancak bu köpükler güneş ışınlarından (ultraviyole ışınlardan) ve tiner gibi çeşitli solventlerden korunmalıdırlar, aksi halde malzeme, deformasyonlara uğrayabilmektedir [5, 16-18, 20].

Styrodur de denilen extruded polistiren, polistiren sert köpüğün banttan çekilmesiyle elde edilen köpükler olup, genleşmiş polistiren köpüklerle benzer özellikler göstermektedirler. Ancak onlara oranla ısı iletkenlik katsayıları ile su alma durumları daha azdır ve 25-50 kg/m³ yoğunluklarda olabilmeleri sonucunda basınç mukavemetleri daha yüksektir. XPS köpükler, higroskopik ve kapiler özellikte değillerdir ve EPS köpükler gibi güneşin ultraviyole ışınlarına ve kimyasal maddelere özellikle de tiner gibi solventlere karşı duyarlıdırlar. 80⁰C'ye kadar kullanılabilen bu köpükler zor yanıcı özelliktedirler ve 80-220 değerleri arasında buhar difüzyon direnç katsayısına sahiptirler [16].

2.6. Binalarda Duvar Yalıtımında Kullanılan Isı İzolasyon Malzemelerinin Karşılaştırılması

Bölüm 2.5.'de adı geçen, yapıda kullanılan ısı izolasyon malzemeleri, ısı iletkenlik değerleri, yangında gösterdikleri davranışlar, buhar geçirgenlik seviyeleri, insan sağlığına ve çevreye olan etkileri, kimyasal olaylara karşı davranışları ve güneş ışığından etkilenmeleri gibi çeşitli özellikleri değerlendirilerek karşılaştırılabilirler.

Isı iletkenlik değerleri göz önüne alındığında, düşük iletkenliğe sahip olan poliüretan ve polistiren yalıtımlar, yüksek yalıtım değerinin istendiği mekanlar için uygundur. Genel olarak rijit köpük levha izolasyonlar, diğer izolasyon malzemelerine oranla daha yüksek ısı yalıtım değerlerine sahiptirler. Ancak özellikle poliüretan ve polistiren köpüklerin kolayca yanıp alev almaları ve yangın halinde yoğun duman oluşturmaları, yüksek yalıtım değerlerinin yanında dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Ayrıca polistiren ve poliüretan yalıtımlar, yaşlanma özelliği

gösterirler ve güneşin ultraviyole ışınları (mor ötesi ışınları) ile benzin, gaz yağı, baca gazları, metan ve amin grupları, ester, eter gibi çeşitli solventlerden etkilenirler. Dolayısıyla bu izolasyon malzemelerinin binalarda kullanımı durumunda yangının, ultraviyole ışınların ve solventlerin olumsuz etkilerine karşı önlemler alınmalıdır.

Köpük izolasyon malzemeleri arasında yangına karşı en iyi davranışı gösteren yalıtımlar, +100°C'ye kadar kullanılabilen, yanıcı ve yakıcı gaz çıkarmayan fenol köpüklerdir. Ancak fenol köpüklerin en önemli dezavantajları, açık gözenekli yapıları sebebiyle su, hava ve buhara karşı yalıtımlarının düşük olmasıdır. Yangın güvenliği söz konusu olduğunda taş yünü, yüksek sıcaklıklara (+750-1000°C'lere kadar) dayanıklılığı ve yanmazlığı ile öne çıkan bir yalıtım malzemesidir. Aynı şekilde cüruf yünü yalıtımlar 750°C sıcaklığa, kalsiyum silikatlı levhalar 1050-1100°C sıcaklıklara, perlit 1000°C sıcaklığa ve cam köpüğü yalıtımlar da, 450-500°C sıcaklıklara kadar dayanabilme özellikleri ile yüksek bir yangın güvenliği sunmaktadırlar. Ancak cam köpüğü yalıtımlar, yüksek yangın güvenliği ile birlikte, pahalı oldukları için aynı zamanda ekonomiklik sağlayamamaktadırlar.

Cam köpüğü bu özelliklerine ek olarak, yüksek buhar difüzyon direnç katsayısı ile ($\mu=10\ 000$) su ve buhar geçirmez niteliktedir. Cam yünü ve taş yünü malzemeler ise yaklaşık $\mu=1-1,4$ değerindeki düşük buhar difüzyon dirençleri ile, nemlenme riskinin yüksek olduğu yerler için ideal değildir. Buhar geçirgenlik özelliği göz önüne alındığında, köpük yalıtımlardan poliüretan, genleşmiş polistiren ve PVC köpükler buhara az geçirimli, fenol köpükler ise düşük buhar yalıtımlı malzemelerdir.

Isı yalıtım malzemelerinin, insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkilerinin olmaması, deri ile temas ettiğinde alerji ve kaşıntı yapmaması istenmektedir. Bu açıdan bakıldığında asbest kanserojen, cam yünü ise kaşıncı özellikteki malzemelerdir.

Mantar gibi bitkisel (organik) kökenli yalıtımlar ise yapıları sebebiyle fare, karınca ve çeşitli böcekler için besin kaynağı olup, bünyelerinde mikro-organizmaları barındırabilmektedirler [6, 22-24].

Yapılarda kullanılan ısı izolasyon malzemeleri karşılaştırılırken çeşitli özellikler göz önüne alındığında, farklı malzemelerin farklı özellikler için ön plana çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla uygun ısı izolasyon malzemesinin seçimi, kullanım yeri ve o kullanım yerinin gerektirdiği özellikler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

2.7. Isı İzolasyonunun Bina ve Isıtma Sistemi Üzerindeki Etkileri

Yapılarda ısı yalıtımı uygulamasının bina ve ısıtma sistemi üzerindeki etkilerini aşağıda verildiği gibi özetlemek mümkündür [21, 25, 26]:

- Uygulanan ısı izolasyonunun kalınlığına bağlı olarak, ısı kaybı %30-80 arasında azalır ve bunun sonucundaki ısı ihtiyacı azalmasıyla yakıt ve enerji tasarrufu sağlanır.
- Yakıt tasarrufuna bağlı olarak ısıtma tesisatı masraflarından kazanç sağlanır.
- Daha az enerji ve yakıt tüketimi ile mekan içerisinde daha sağlıklı konfor koşulları elde edilir.
- Daha az yakıt kullanımı sonucunda hava kirliliğinde azalma görülür. Hava kirliliğindeki azalma ise iş verimi ve iş gücü artışını, hava kirliliğinin sebep olduğu hastalıkların azalmasını beraberinde getirir.
- Tarihi binalarda hava kirliliği nedeniyle ortaya çıkan hasarlar büyük ölçüde azalır.
- Elde edilecek yakıt tasarrufu sonucunda, ısıtma sisteminde kullanılan yakıtların nakliyatında ve bunun sonucunda trafik yoğunluğunda özellikle -şehirler arası trafikte- azalma gerçekleşir.
- Isıtma dönemi süresince iç hacim sıcaklığı artar; yaz döneminde ise binanın aşırı ısınması engellenir.
- Mekan içerisinde, kalorifer tesisatındaki azalma sonucu, daha geniş bir kullanım alanı elde edilir.
- Dış duvarlardaki ısıl gerilmeler azalır, böylece sıcaklık farkları sonucunda oluşan gerilme çatlakları meydana gelmez.
- Yalıtım için yapılacak masraf, toplam bina inşaat maliyetinin % 1-3'ü kadar olup, kendisini 1-2 sene içinde amorti eder.

- Kalorifer tesisat maliyetinde, kazan yüzeyindeki, radyatör dilimi ve grup adedindeki, radyatör ve musluk adetlerindeki, vana sayı ve boyutlarındaki, boru çapındaki, işçilik giderlerindeki, genleşme kabındaki, elektrik sarfiyatındaki ve sirkülasyon pompası ile brülör seçimindeki azalmalara bağlı olarak, düşüşler görülür.



3. DIŞ DUVARLAR

Binaların iç hacimlerini dış atmosferden ayıran düşey elemanlar olarak basitçe tanımlanabilen dış duvarlar, geçmişteki kalın, ağır ve homojen yapılarına karşılık; günümüzde, gelişen betonarme sistemin bir sonucu olarak (taşıyıcı sisteme daha az yük aktarması istemi ile) incelmış ve hafifleştirilmiştir. Dolayısıyla ortaya, farklı malzemelerden ve katmanlardan oluşan karmaşık bir bütün çıkmıştır. Bu karmaşık bütün ancak doğru tasarlanması ve iyi bir optimizasyon yapılması durumunda kendisinden beklenen işlevleri yerine getirebilmekte ve böylece iyi bir duvar performansından bahsedilebilmektedir.

Bir dış duvar için, kendisinden beklenen işlevlerin bir kısmı kullanıcı gereksinimlerinin karşılanmasına (mahremiyet, kapalı bir mekan istemi gibi), bir kısmı ise kullanım sürecinde oluşabilecek olayların karşılanmasına (binanın yağmur, su, rüzgar gibi dış atmosfer olaylarından korunması, su ve ısı sızıntılarının engellenmesi, yangına karşı koruyuculuk gibi) yöneliktir. Her iki amaç için de dış duvar performansının belirlenmesinde; ısı, su-nem, ses ve yükler önemli etmenlerdir [27]. Mevcut enerji kaynaklarının giderek azalmasına karşılık günümüzdeki aşırı enerji tüketimi ve bu konudaki yaklaşımlar dikkate alındığında; dış duvarların ısıl performansının önceliği ve önemi açıkça görülebilmektedir. Ancak mevcut binaların dış duvarlarının enerji etkin yenilenmesinde, ortaya çıkan yeni duvar konstrüksiyonunun ısıl performansı yanında, nem performansı da, istenilen iç konfor koşullarına ulaşılmasında büyük önem taşımaktadır.

3.1. Dış Duvarlardan Beklenen Özellikler

Bir dış duvar elemanından öncelikli olarak dış atmosfere açık döşemeler ve çatılarla birlikte; bina iç çevre koşullarını ayarlaması ve bu koşulların istenilen sınırlarda sürdürülebilmesi için, iç ve dış çevre arasında bir geçiş sağlaması beklenir. Bu sebeple bir dış duvar için, rüzgara, yağmura, solar radyasyona, ısıya, sese, yangına,

bazı maddelerin oluşumuna (küf, mantar vb.), böceklerle, hayvanlara ve insanlara karşı gereken koruyuculuk görevini gerçekleştirmesi ve aynı zamanda, bina kullanım süreci boyunca sağlam ve dayanıklı kalması bir zorunluluktur. Bütün bu özelliklerin yanında bir dış duvardan, bina estetiğine ve formuna katkıda bulunması, renk, doku ve gözeneklilik gibi bazı gereksinimleri de karşılaması istenir.

Bir dış duvar elemanından beklenen genel özellikler şunlardır [28, 29] :

- Isı akışlarının kontrolü ve iyi bir ısı performans,
- Su buharı akışının kontrol edilmesi ve iyi bir nem performansı,
- Hava akışının kontrolü,
- Yağmur ve drenaj suyu sızması gibi su hareketlerinin engellenmesi,
- Işığın ve solar radyasyonun kontrolü,
- Gürültü kontrolü,
- Yangına karşı koruyuculuk ve yangın kontrolü,
- Rüzgardan ileri gelen yüklerin taşınması ve bu yüklerin duvarın ölü yükleri ile birlikte strüktür elemanlarına iletilmesi,
- Dayanıklı ve kalıcı olması,
- Estetik gereksinimleri karşılaması,
- Ekonomik olması.

Rijitlik ve mukavemet, dayanıklılık ve kalıcılık, estetik gereksinimlerin karşılanması ve ekonomiklik, ayırıcı bir eleman olarak bir dış duvar için; temel fonksiyonlarının yanında karşılaması gereken genel özelliklerdir. Diğer özellikler ise dış duvarın, iç ve dış çevre arasındaki bir geçiş elemanı olması ile ilgilidir. Ancak bütün bu özellikler içerisinde, günümüzdeki enerji kaynaklarının aşırı tüketimi dikkate alındığında, dış duvar performansının belirlenmesinde, dış duvarın ısı performansının önemi ve önceliği açıkça görülebilmektedir.

Dış duvarın ısı performansını belirleyici özellikler ise; ısıtma döneminde ısı kayıplarının az olması, soğutma istenen dönemde ısı kazançlarının az olması, ısı depolama seviyesi, iç yüzey sıcaklığının istenilen seviyede tutulabilmesi, yüksek ve düşük sıcaklıklara ve ısıl deformasyona dayanımdır [27].

3.2. Dış Duvarlarda Karşılaşılan Problemler

Bir dış duvar elemanı, su-nem, ısı, rüzgar, yağmur gibi çeşitli etkenler sebebiyle ya da tasarım ve yapım hatalarından ötürü, bina kullanım süreci içerisinde çeşitli problemlerle karşı karşıya kalarak, istenilen performansı gösteremeyebilir. Dış duvarlarda sıklıkla karşılaşılan problemler arasında dış kaplamada çatlakların oluşumu, çiçeklenme, renk atması, yağmur suyu sızıntısı ve nem problemleri sayılabilir.

Dış duvarların ısı performansının değerlendirilmesinde; buhar difüzyonu sonucunda oluşan malzeme nemliliği, malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarında artışa neden olması sebebiyle önemli bir kriterdir. Bu sebeple dış duvarlarda karşılaşılan problemlerden nem problemleri ve sonuçları bu çalışmada daha detaylı incelenmiştir.

3.2.1. Çatlakların Oluşumu

Genellikle dış duvarlardaki çatlak oluşumu, kaplama ve strüktür arasındaki ya da iç ve dış duvar bileşenleri arasındaki farklı hareketlerden kaynaklanmaktadır. Bu hareketlerin temelinde ise ısı ve nem değişimleri sebebiyle farklı malzemelerin genişip büzülmesi yer almaktadır. Ayrıca benzer çatlaklar, strüktürel yükleme altındaki malzemelerin sehim yapması veya kısılması nedeniyle de gerçekleşebilmektedir [29].

3.2.2. Çiçeklenme ve Renk Atması

Duvar yüzeylerinde görülen çiçeklenme, renk atması gibi problemler, malzeme üzerindeki ya da içerisindeki su hareketleri ile erimiş bazı zerreciklerin ve kimyasalların taşınması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sodyum sülfat, sodyum karbonat, sodyum bikarbonat, sodyum silikat, potasyum sülfat, magnezyum sülfat, kalsiyum sülfat, kalsiyum karbonat gibi tuzlar beyaz ya da gri tortulara; klor ve nitrat tuzları, vanadium, molibdenum gibi bazı tuzlar ise yeşil renkte çiçeklenmeye sebep olmaktadır.

Çiçeklenme mevsimlere göre değişim gösteren bir problem olup, özellikle kışın şiddetlenmektedir. Bu durumun sebebi ise, duvar konstrüksiyonu içerisindeki nemin yazın buharlaşmasına ve erimiş tuzların yüzeyden çok konstrüksiyon içerisinde

birikmesine karşılık; kışın bu buharlaşma oranının yavaş olmasıdır. Dolayısıyla kışın nem, buharlaşmadan önce, duvar yüzeyine doğru ilerler ve yüzeyde tuz tortularını bırakıp, çiçeklenmenin oluşumuna neden olur. Çiçeklenme oluşumuna etki eden pek çok faktör olmakla birlikte, öncelikle konstrüksiyon içerisinde su ile solüsyona katılacak tuzların bulunması ve bu tuzların nemin buharlaşmasıyla yüzeyde tortu bırakması gerekmektedir [29, 30].

3.2.3. Yağmur Sızıntısı

Dış duvarlardan içeriye yağmur sızıntısı; duvar örgüsünde (tuğla elemanlar ile harç arasında) boşluklar kalması durumunda, konstrüksiyonda geçirgen elemanlar kullanılması durumunda ve strüktürel çatlakların oluşması durumunda ortaya çıkan yaygın bir problemdir. Bu problemin meydana gelmesinde binanın soruna maruz kalma derecesi, konstrüksiyonu oluşturan malzemelerin özellikleri ve duvar konstrüksiyonunun dizaynı önemlidir.

Tuğla ve harç arasındaki boşluklar, uygun olmayan tuğla ve harç bileşiminden ve birleşim yerlerinde yetersiz harcın kullanıldığı hatalı yapım tekniklerinden kaynaklanmaktadır. Strüktürel çatlaklar ise yapı elemanlarının farklı hareketlerinin ya da uzama ve kısalmaların bir sonucudur. Yağmur fırtınası boyunca duvar yüzeyine yağan yağmur, dış ve iç hava basınç farkı sebebiyle; tuğla ve harç içerisinde ya da arasında ilerleyebileceği bir yol bulması ve fırtınanın su, duvar iç yüzeyine ulaşınca kadar sürmesi halinde konstrüksiyon içerisine doğru itilir. Bu durum yağmur sızıntısının en temel şeklidir [29, 31].

3.2.4. Nem Problemleri

Yapı elemanlarında normal şartlarda iç ve dış ortam kısmi buhar basınç farklarından dolayı ısı akımına paralel yönde bir su buharı akımı vardır ve buhar, yapı elemanlarından yoğuşmadan geçtiği sürece bir problem söz konusu değildir. Ancak nem oranının sıcaklık etkisi ile değişmesi sonucunda; tasarım ve yapım hataları sebebiyle, bu elemanların içerisinde ya da yüzeyinde yoğuşma meydana gelebilir.

Yoğuşma, havada bulunan su buharının taşınamayacak hale gelip sıvılaşmasıdır. Bir başka deyişle, havanın içerdiği su buharı miktarında sıcaklığa bağlı bir sınır söz konusu olup, bu sınıra ulaşıldığında hava, su buharına doymuş demektir. Hava

sıcaklığı yükseldikçe, havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar. Aynı sınırın aşılması durumunda ise, o sıcaklıktaki havanın taşıyabildiği miktarın üzerindeki su buharı, yoğuşma şeklinde biriktirilir. Sonuç olarak yoğuşma, havadaki nem miktarı artışından ya da hava sıcaklığındaki ve/veya duvar yüzeylerindeki sıcaklık düşüşünden kaynaklanmaktadır. Yoğuşma riski, iç bağıl nem (Belirli bir sıcaklıktaki havada bulunan su buharı ağırlığının aynı sıcaklıkta ve aynı miktardaki havada bulunabilen azami su buharı ağırlığına oranının yüzdesel ifadesi [32, s. 328]) oranı düşürülerek (%70'ten aza) azaltılabilir. Bu durum, bina içerisinde üretilen nem miktarı düşürülerek veya nemi kaynağında yok ederek, hava ve yüzey sıcaklıklarını enerji etkin yenileme ile arttırarak, binadaki havalandırma geliştirilerek gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte yoğuşma riskini etkileyen temel faktörler; nem üretimi, nem hareketleri, nem emme, ısı yalıtımı, ısıtma, havalandırma, dış hava şartları, yön durumu, bina ve kullanıcılarıdır [27, 33].

Ancak yoğuşup duvar konstrüksiyonu içerisinde kalan su buharı her zaman problemlere neden olmayabilir. Yoğuşma boyunca konstrüksiyonda biriken su miktarı, duvar bünyesine ve duvarı oluşturan malzemelerin sudan ve yoğuşan su içerisinde bulunabilen çeşitli kimyasallardan etkilenmesine bağlı olarak malzemeleri etkiler [34].

Bina içerisindeki nem;

- Yemek pişirme, banyo yapma, elbiselerin kurutulması, nefes alıp verme gibi normal yaşam aktivitelerinden,
- Gaz ya da parafin kullanılan baca sistemi olmayan ısıtıcılardan,
- Hava koşullarından,
- Yapı elemanlarındaki çeşitli bozulmalardan,
- Temel duvarlarından, bodrum kattan, tesisat katlarından geçerek ilerleyen zemin neminden

kaynaklanmaktadır [33, 35].

Bina dış duvar konstrüksiyonundaki nem ise;

- Çeşitli sebeplerle yapı elemanları içerisinden difüzyon yolu ile geçen su buharının birikmesi,
- Dış ve iç ortamdaki nemin, adsorbsiyon ile duvar içerisine alınması,
- Su yalıtımı ve tesisatındaki hasarlar,

- Zemin neminin kapiler ilerlemesi,
- Yağmur, kar gibi yağmur sularının yüzeylere çarpması,
- Harç suyu gibi yapımda kullanılan suyun birikmesi,
- Malzemelerin taşınma ve depolanması sırasında, ortamdaki nemi bünyelerine alması

gibi çeşitli yollarla duvar bünyesine girmektedir [27].

Genel olarak rüzgar, basınç farklarının ve ısı akışlarının sebep olduğu hava sirkülasyonu, difüzyon ve mekanik nem gidericiler (dehumidifiers) yoluyla hareket eden nem, dış duvar bünyesinde; difüzyon, moleküler taşınma ve su taşınması olmak üzere üç şekilde taşınmaktadır [27, 33, 35]. Dış duvarlarda, iç ve dış ortam arasındaki kısmi buhar basınç farkları sebebiyle, sürekli olarak, özellikle, difüzyon yoluyla nem taşınımı söz konusudur.

Nem çeşitli nedenlerle duvar bünyesine girmekte, taşınmakta ve depolanmaktadır. Malzemeler direnç katsayıları gibi malzeme özellikleri sonucunda nem geçişine karşı koyarlar. Genel olarak buhar, duvar konstrüksiyonunda, düşük su buharı difüzyon direnç katsayılı tabakalardan (mineral lifli ısı izolasyon malzemeleri gibi) kolay geçer; yüksek su buharı difüzyon direnç katsayılı tabakaların (genleşmiş polistiren gibi) yüzeyinde biriktirilir. Bir miktar nem ise, yine malzeme özelliklerine (nem emme) bağlı olarak, konstrüksiyon içerisinde depolanır. Duvar içerisindeki ya da yüzeylerdeki su buharı ise, çeşitli sebeplerden ötürü yoğunlaşarak birikebilir [27].

3.2.4.1. Duvar Konstrüksiyonu İçerisinde Nem Birikimi

Duvar konstrüksiyonu içerisindeki nem birikimi, duvarın fiziksel, kimyasal ve elektrokimyasal performansına olumsuz yönde etki eder. Duvar kesiti içerisinde aşırı nem birikimi, ıslanan kesitteki malzemelerin ısı iletkenlik değerlerinin artmasına ve buna paralel olarak iç ısısal konforun düşmesine sebep olur. Bu durum ise, istenilen iç ısısal konforun sağlanması için daha fazla enerji tüketimi demektir. Ayrıca ıslanan ve ısı iletkenliği artan duvar kesitindeki malzemelerin buhar difüzyon dirençlerinde azalma ve taşınan nem miktarında da artışlar görülür. Böylece yoğunlaşma daha da fazlalaşarak rutubetli bir iç ortam meydana gelir. Aynı şekilde ıslanan kesitteki malzemelerin mekanik dayanımlarında da azalmalar ortaya çıkar. Donma durumunda oluşacak hacim artışı ise malzemelerde çatlak oluşumuna sebep olur. Bunlara ek

olarak duvar bünyesindeki nem birikimi, metal malzemelerde korozyon oluşumuna neden olur [27, 34, 35].

Binaların dış duvarlarının yalıtılmasında ya da enerji etkin yenilenmesinde eğer düşük su buharı difüzyon dirençli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) iç yüzeyden uygulanacak olursa; yalıtım malzemesinin içerisinde gerçekleşecek olan nem birikimini önlemek için, buhar kesici bir malzeme yalıtımın sıcak yüzeyine uygulanmalıdır. Aynı şekilde yüksek su buharı difüzyon dirençli ısı yalıtım malzemeleri (polistiren, cam köpüğü vb.) dış yüzeyden uygulanacak olursa, yalıtım malzemesinin iç yüzeyinde gerçekleşecek olan nem birikimine karşı yine buhar kesici bir malzeme ile önlem alınmalıdır.

3.2.4.2. Duvar İç Yüzeyinde Nem Birikimi

Nem, çevresindeki havanın çiğlenme sıcaklığından (doyma sıcaklığından) daha düşük yüzey sıcaklığına sahip olan yüzeylerde yoğunlaşır. Bu durum, düşük sıcaklıklardaki havanın nem tutma kabiliyetinin düşmesi sebebiyle özellikle soğuk kış günlerinde karşılaşılan bir problemdir. Dış duvarlar için iç yüzey sıcaklıkları, iç ve dış hava sıcaklıklarına ve konstrüksiyonun ısı direnç miktarına bağlıdır [33, 35]. Dış duvar iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde, dış hava sıcaklıklarına müdahale etmek mümkün değildir. İç hava sıcaklıkları ise ısıtma sistemi ile kontrol edilip, istenilen seviyeye getirilebilir. Ancak ısı yalıtımsız ya da eksik yalıtımlı binalar için bu durum, aşırı enerji harcaması demektir. Dolayısıyla dış duvar iç yüzey sıcaklıklarının, yüzey yoğunlaşmasından kaçınmak için yüksek tutulmasında, en önemli etkenin ısı yalıtımı olduğu açıktır.

Duvar iç yüzeyindeki nem birikimi; boya dökülmelerine, metal elemanlarda korozyona, taşınan tuzlar nedeniyle yüzey bozulmalarına, uçuşan tozların nemli yüzeylere yapışmasıyla kirliliğe neden olur ve küf, mantar gibi bazı organizmaların yaşamasına uygun ortam yaratır. Küflenme ve mantar oluşumu ise, yüzeylerde renk atmasına, koku problemlerine, yapı elemanlarında bozulmalara, alerjik reaksiyonlara, solunum enfeksiyonlarına, aşırı duyarlılığa ve bulaşıcı hastalıklara sebep olur. İç havada bulunan bazı mantarlar ise, kansere ve doğuştan gelen kusurlara neden olan; bağışıklık sisteminin performansını düşüren veya dokuları zehirleyen mikotoksinleri üretirler [27, 36, 37].

Küf, özellikle bağıl nemin yüksek değerlere ulaştığı durumlarda cisimlerin yüzeylerinde yetişen, mantar olarak bilinen basit bir bitkidir ve çok sayıdaki küçük sporlarla kendi kendilerine yayılma özelliğine sahiptir. Spor kaynağı, uygun sıcaklık, besin, oksijen ve su, küf oluşumundaki temel gereksinimlerdir. Bu gereksinimlerden sadece su, binalarda küf oluşumunu sınırlayıcı bir etkidir. Çünkü küf sporları, yoğunlukları mevsimlere göre değişiklik gösterse bile, hemen hemen her zaman dış havada mevcuttur. Bazı mantarlar 0°C 'nin altında da büyüebilmesine karşılık, genellikle pek çok mantar için bu sınır $0-5^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Bununla birlikte yaygın olan iç havadaki türlerin gelişimi için en az $5^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C}$ sıcaklık gerekmektedir. Küf oluşumu için gerekli olan üst sıcaklık sınırı ise 60°C 'dir. Diğer gereksinimlerden oksijen ihtiyacı havadan, besin ihtiyacı ise çeşitli tortulardan ve tozlardan sağlanmaktadır. Küfler, enzim üretebilmek ve metabolik aktiviteler gerçekleştirebilmek için neme ihtiyaç duyarlar. Küf oluşumunun meydana gelmesi için ortalama olarak bağıl nem miktarı % 70'in üzerinde olmalıdır [33, 36, 37].

Binalardaki küf oluşumu ve yüzeylerdeki yoğunlaşma, dış duvar iç yüzeylerinin soğuk olması engellenerek (yüzey sıcaklıkları artırılarak) ya da iç ortamdaki nem düzeyi sınırlandırılarak kontrol edilebilir. Benzer izolasyon seviyeli binalar göz önüne alındığında, soğuk iklimlerde iç ortamdaki nem miktarı, sıcak iklimlerdekinden daha düşük olmalıdır. Bununla birlikte ısıtma sezonu boyunca ılıman iklimlerde, iç ortam nem seviyesi genellikle 21°C 'de % 35-45 bağıl nemde tutulmalıdır [36].

4. TÜRKİYE’DE ISI İZOLASYON KAVRAMI

Özellikle 1950’li yıllardan itibaren, bozulan çevre koşullarına, giderek azalan mevcut doğal enerji kaynaklarına ve bu azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan yüksek enerji fiyatlarına paralel olarak, sanayileşmiş ülkeler başta olmak üzere bütün dünyada enerjinin etkin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Ancak, Türkiye’de bu konuya gösterilmesi gereken özenin, Avrupa ülkeleriyle bir kıyaslama yapıldığında oldukça yetersiz kaldığı açıkça görülebilmektedir. Enerji korunumu ve ısı izolasyonu ile ilgili çalışmaların, ülkemizde 90’lı yıllarda daha ciddi anlamda ele alındığı söylenebilir. Nitekim bu amaçla 1997 yılı İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nce “Isı Yalıtım Senesi” ilan edilmiştir. Fakat bina yatırım sektöründeki idari ve teknik altyapı eksiklikleri sebebiyle, Türkiye’de izolasyon kavramı hala gelmesi gereken seviyeye ulaşamamıştır.

Türkiye sahip olduğu enerji kaynakları açısından kendi kendine yetemeyen, dışa bağımlı bir ülkedir. Çünkü taş kömürü, linyit, petrol, doğal gaz, hidrolik enerji kaynakları gibi mevcut birincil enerji kaynakları ülke gereksiniminin ancak sınırlı bir bölümünü karşılayabilmektedir. 1950’lerde enerji talebinin tamamı yurt içinden karşılanabilirken, bugün talebin yerli üretimle karşılanma oranı % 47’ye düşmüştür. Bununla beraber aynı oranın Dünya Enerji Konseyi (WEC) Türk Milli Komitesi çalışmalarına göre 2010 yılında % 39’a düşmesi beklenmektedir [38].

1992 yılı itibarıyla Türkiye’de toplam 44.077.000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji tüketilmiş olup, bu enerjinin % 77’si fosil yakıtlardan (taş kömürü, linyit, asfalt, doğal gaz, petrol), % 15,1’i odun ve hayvansal atıklardan, % 7,7’si hidrolik kaynaklardan, % 0,2’si de diğer kaynaklardan elde edilmiştir [7]. Bu açıdan bakıldığında, Türkiye fosil yakıtlara bağımlı bir ülkedir. Fosil yakıtların kullanımındaki artış, CO₂ gazı üretimini arttırmaktadır. Ayrıca diğer kirleticilerle birlikte CO₂ gazı, dünyanın uzaya yansıttığı enerjiyi giderek daha fazla tutması sebebiyle dünyadaki sıcaklık seviyesinin yükselmesine ve bölgesel asit

yağmurlarının oluşmasına da neden olmaktadır. Bu durum da, zamanla daha çok çevre kirliliğine ve doğanın dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır.

1995 yılı verilerine göre Türkiye’de tüketilen 49.382.000 TEP enerjinin % 35’i konut, % 34’ü sanayi, % 23’ü ulaştırma, % 5’i tarım ve % 1’i diğer sektörlerde kullanılmaktadır [39]. Sayısal verilerden de anlaşıldığı gibi, konut sektöründe yapılacak enerji tasarrufu ülke çapında olumlu sonuçlar doğuracaktır. Konut sektöründe enerji tasarrufu sağlamanın en kolay yolu, binalarda yapı elemanlarında gereken ısı izolasyon uygulanmalarının yapılmasıdır. Böylece özellikle ısıtma döneminde, istenilen iç ortam sıcaklığının daha az yakıt tüketimi ile karşılanabilmesi gerçekleştirilecektir.

4.1. Türkiye’deki Binaların Isı İzolasyon Seviyesi

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”dır. Isı ve enerji korunumuyla ilgili diğer yönetmelikler arasında, 3 Kasım 1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca çıkarılan “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği”, 30 Ekim 1981 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nca çıkarılan “Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkındaki Yönetmelik” ve bu yönetmeliğin 16 Ocak 1985 tarihinde revize edilmiş şekli, 9 Kasım 1984’te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca çıkarılan “Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı İle Yakıt Tasarrufu Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik”, 11 Kasım 1995’te yine aynı bakanlıkca çıkarılan “Sanayii Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Artırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkındaki Yönetmelik” sayılabilir [7, 40, 41].

1970 yılında çıkarılan TS 825 ile, bu standardın uygulanması konusunda bir zorunluluk olmaması sebebiyle bir sonuca varılamamış, ancak 3 Kasım 1977’de çıkarılan yönetmelik ile bu konuda önemli bir adım atılmıştır. Bu yönetmeliğe göre, yapı projelerinde gerekli ısı yalıtım önlemleri alınmadığı takdirde, bu projeler ilgili

belediyelerce onaylanmayacak ve inşaat izni verilmeyecektir. Ancak bu yönetmelik ile mevcut imar yönetmeliği arasındaki kopukluklar sebebiyle yine istenilen hedef elde edilememiştir. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla ise, 30 Ekim 1981’de “Bazı Belediyelerin İmar Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkındaki Yönetmelik” olarak bilinen “Isı Yalıtım Yönetmeliği” ve bu yönetmeliğin 16 Ocak 1985 tarihli revizyonu olan yönetmelik yürürlüğe konulmuş ve mevcut imar yönetmeliklerine ek ve değişiklikler yapılmıştır. Böylece binalara, ısı kayıpları bakımından çevre şart ve gereklerine uygun olarak yalıtılması ve bunun bir ısı yalıtım projesi ile gösterilmesi zorunluluğu getirilmiştir [7, 40, 41].

Özellikle son yıllarda enerji korunumu ve ısı yalıtımıyla ilgili çalışmaların önem kazanmasıyla, bu konuyla ilgili yönetmeliklerde de gereken değişiklik ve gelişmelerin yapılmasına çalışılmıştır. Bu amaçla son olarak 28 Nisan 1998 tarihinde TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardının revizyonu tamamlanarak yürürlüğe konulmuştur. Yine aynı amaçla, söz konusu standardın zorunlu standart olması için, 30 Ekim 1981 tarihli yönetmelik yenilenmiş olan TS 825 doğrultusunda revize edilmiş ve 14 Haziran 1999’da resmi gazetede yayınlanmıştır. Böylece TS 825’in 1 yıl sonunda (14 Haziran 2000’de) mecburi standart olarak yürürlüğe girmesi sağlanmıştır.

Ülkemizde TS 825’in revizyonu ile yalıtım konusundaki eksikliklerin giderilmesi yolunda önemli yenilikler gerçekleştirilmiştir. Bu yeniliklerin başında binaların duvar, tavan ve tabanlarının ısı geçirgenlik değerlerinde (U değerlerinde) öngörülen iyileştirme gelmektedir. Bu sayede duvarlarda % 54-62, tavanlarda % 30-40 ve tabanlarda % 35-38 oranları arasında iyileştirme sağlanmıştır. Tablo 4.1’de revizyon öncesi ve sonrasında yapı elemanlarının sahip olduğu ısı geçirgenlik değerleri ve elde edilen iyileştirme oranları görülmektedir [42]. Ayrıca eski standarta yetersiz kalan iklim bölgesi sayısı, revizyon sonucunda üçten dörde çıkarılmış, yapı elemanlarında buhar geçişinin incelenmesi ve sınırlandırılması getirilmiş, ısı kazançları hesaplara dahil edilmiş ve binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanının, binanın brüt hacmine olan oranına ($A_{Top}/V_{brüt}$) bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı da sınırlandırılmıştır [16, 42, 43].

Günümüzde, binaların ısı yalıtım projeleri halen 16 Ocak 1985'te çıkarılan yönetmeliğe göre hazırlanmaktadır. Isı yalıtım projesindeki gerekli hesaplar da TS 825'e göre yapılmaktadır. Mecburi ısı yalıtım kurallarının denetim ve yürütülmesi ise belediyelere verilmiştir [7, 44]. Sonuç olarak Türkiye'de yönetmeliklerdeki yetersizlikler ve koordinasyon eksikliği sebebiyle binaların ısı izolasyon uygulamalarıyla ilgili gerekli denetim gerçekleştirilememiştir. Bu durum da, yalıtımsız binaların ortaya çıkmasına ya da yetersiz yalıtım uygulamalarına sebep olmuştur. Bunların sonucunda ise ya yetersiz iç konfor koşulları veya gereken konfor koşullarını sağlamak için aşırı enerji tüketimi meydana gelmektedir.

Tablo 4.1: TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardında, yapı elemanları için kabul edilen ısı geçirgenlik değerlerinin (U) Nisan 1998'de yapılan revizyon öncesi ve sonrasındaki durumu [42]

Yapı Elemanı	Revizyon Öncesi U Değerleri (W/m ² K)	Revizyon Sonrası U Değerleri (W/m ² K)	Elde Edilen İyileştirme Oranları
DUVAR	1,05-1,75	0,40-0,80	% 62-54
TAVAN	0,36-0,82	0,25-0,50	% 30-40
TABAN	0,65-1,25	0,40-0,80	% 38-35

Ülkemizdeki binaların ısı izolasyon seviyesini anlaşılmamasına, uygulanmakta olan izolasyon kalınlıkları ile en düşük maliyetli izolasyon yani optimum izolasyon kalınlıklarına göz atmak yardımcı olacaktır. Örneğin, Ankara, Erzurum ve İstanbul'da, çatı ve duvarlarda uygulanmakta olan izolasyon kalınlıkları sırasıyla Ankara için 6 cm ve 2 cm, Erzurum için 6 cm ve 3 cm, İstanbul için 5 cm ve 0 cm iken; İzocam Tic. San. A. Ş.'nin yaptığı hesaplara göre optimum izolasyon kalınlıkları ise yine çatı ve duvarlarda olmak üzere sırasıyla Ankara için 10 cm ve 8 cm, Erzurum için 12 cm ve 9 cm, İstanbul için 8 cm ve 6 cm'dir [45]. Bu sayısal değerlerden de kolayca anlaşılabileceği gibi, özellikle duvarlarda ısı izolasyon uygulamaları oldukça yetersizdir.

1990 yılında PİAR Araştırma Şirketi tarafından İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa ve Kocaeli illerinde, ısı yalıtım yönetmeliğinin yürürlüğe girdiği tarihten sonra inşaa edilmiş 15.643 bina üzerinde yapılan bir araştırma sonuçlarına göre bu binalarda, İstanbul'da % 53, Ankara'da % 24, İzmir'de, Kocaeli'de ve Bursa'da % 84 oranında yeni yönetmeliğe uyulmadığı görülmüştür. [7].

Ülkemizde, başta aşırı enerji tüketimi olmak üzere ısı ile ilgili pek çok soruna çözüm olarak, binalarda ısı izolasyon uygulamalarına gidilmelidir. Ancak bu konuda sadece yeni inşa edilen binalarda yalıtım uygulamaları, çok sayıdaki yalıtımsız ya da yetersiz yalıtımlı binalar sebebiyle kesin çözüm olarak gözükmemektedir. Bu nedenle öncelikle hızla mevcut binalardaki ısı izolasyon eksiklikleri ve yoklukları, enerji etkin yenileme çalışmalarıyla giderilmelidir.

4.2. Türkiye’deki Mevcut Durumun Batı Ülkeleriyle Karşılaştırılması

Türkiye’deki binaların ısı izolasyon seviyeleri ile batı ülkelerindeki binaların ısı izolasyon seviyeleri karşılaştırıldığında, ülkemizdeki yetersizlikler açıkça görülebilmektedir. Bu karşılaştırma, derece-gün sayılarından, iklim bölgelerinden, yıllık ortalama ısı sarfiyatlarından, tüketilen ısı izolasyon malzemeleri miktarlarından ve yapıların duvar, tavan, tabanları için kabul edilen ısı geçirgenlik değerlerinden yola çıkılarak yapılabilir.

Derece-gün sayıları, bir binanın ısıtma dönemi boyunca gerçekleşen toplam ısı kaybını belirlemede kullanılan değerler olup, bu süredeki dış hava sıcaklığı günlük ortalaması ile bina iç ortalama sıcaklığı farkının ısıtma yapılan gün sayısı ile çarpımıdır. Türkiye’de derece-gün sayısı, İstanbul için 1800, Ankara için 2650, Antalya için 650, İzmir için 1050, Sivas için 3400, Erzurum için 4400 ve Kars için 4800’dür. Görüldüğü gibi Türkiye’nin çeşitli bölgelerindeki şehirlerde oldukça farklı derece-gün değerleri söz konusudur. Ülkemizde yaklaşık 7,5 kata varan bu farklılaşma, Fransa’da 2,5, Almanya ve Avusturya’da 1,2, İsveç’te ise 2 kata yakındır [45] (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Türkiye ve bazı ülkelerdeki derece-gün sayıları

	TÜRKİYE	ALMANYA	FRANSA	İSVEÇ	AVUSTURYA
DERECE-GÜN SAYILARI	250-4800	3387-4046	1275-2947	3870-6250	3235-3700

Türkiye; 1985 tarihli Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yönetmeliği gereğince üç iklim bölgesine ayrılmıştır. Ancak coğrafi konumu sebebiyle derece-gün sayıları bölgelere göre büyük farklılıklar gösteren bir ülke için, üç iklim bölgesi yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yürürlükteki kurallara göre uygulanan binalarda bile ortaya çıkan ısı

kayıpları, 1.iklim bölgesinde Fransa'ya göre % 46, 2.iklim bölgesinde yine Fransa'ya göre % 53, İngiltere'ye göre % 27, 3.iklim bölgesinde Almanya'ya göre % 25, Avusturya'ya göre % 20, İsveç'e göre % 230 daha fazladır [39, 45]. Ancak iklim bölgelerindeki bu eksiklik, TS 825'te Nisan 1998 tarihinde yapılan yeniliklerle giderilmiş ve ülkemiz dört iklim bölgesine ayrılmıştır.

Türkiye'de TS 825'in yenilenmesi öncesinde yürürlükte olan yönetmeliklerde kabul edilen sınır değerlere göre yıllık ortalama ısı sarfiyatları, Alanya'da 20.475, İzmir'de 61.425, İstanbul'da 70.200, Ankara'da 91.425, Kars'ta 165.200 kcal/m² olmak üzere değişiklik göstermektedir. Buna karşılık,ülke genelinde İngiltere'nin yıllık ısı sarfiyatı 20.000-40.000, İsveç'in 20.000-30.000, Almanya'nın ise 40.000-60.000 kcal/m² değerleri arasındadır. Bu konuda ülkemizdeki eksiklik, iklim bölgeleri arasında bir ısıtma sezonu boyunca, bina dış kabuğundan gerçekleşen ortalama ısı sarfiyatları açısından bir sınırlamanın olmamasıdır (Tablo 4.3) [7, 45]. Söz konusu problem, TS 825'in revizyonu ile ortadan kaldırılmış ve binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları, ısı kaybeden yüzeyleri toplam alanlarının brüt hacimlerine oranlarına ($A_{Top}/V_{brüt}$) bağlı olarak sınırlandırılmıştır. Bütün bu veriler ülkemizde binaların ısıtma süresi boyunca çok daha fazla korunmaya ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Tablo 4.3: Türkiye ve bazı ülkelerdeki bina dış kabuğundan gerçekleşen yıllık ortalama ısı sarfiyatları

	TÜRKİYE	İNGİLTERE	İSVEÇ	ALMANYA
Yıllık Ortalama Isı Sarfiyatları (kcal/m²)	Antalya=38.025	20.000-40.000	20.000-30.000	40.000-60.000
	İzmir=61.425			
	İstanbul=70.200			
	Ankara=91.425			
	Sivas=117.300			
	Erzurum=151.800			
	Kars=165.600			

1995 yılı itibarıyla Türkiye'de tüketilen ısı izolasyon malzemeleri miktarı yaklaşık 1.500.000 m³ 'tür. Buna karşılık aynı yılda Almanya'da 30.200.000 m³, Fransa'da ise 20.100.000 m³ ısı izolasyon malzemesi tüketilmiştir (Tablo 4.4) [46]. Ülkemizdeki yıllık ısı yalıtım malzemesi kullanım miktarı kişi başına 0,02 m³ iken, aynı değer

Fransa'da 0,28 m³'e, Almanya'da 0,33 m³'e, Danimarka'da 0,99 m³'e ve İsveç'te 1,03 m³'e ulaşmaktadır [7]. Bu değerler Türkiye'deki ısı izolasyon seviyesinin eksikliği açısından oldukça çarpıcıdır. Ayrıca Avrupa ülkelerinde uygulanan yalıtım malzemesi kalınlığı 10-20 cm; duvarlar için İskandinav ülkelerinde 10-25 cm, Orta Avrupa ülkelerinde ise 5-10 cm'dir [38]. Buna karşılık ülkemizde çatı ve duvarlarda kullanılan ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları, bu değerler karşısında son derece yetersizdir.

Tablo 4.4: Türkiye ve bazı ülkelerde kişi başına yıllık ısı izolasyon malzemesi tüketimi

	TÜRKİYE	İSVEÇ	ALMANYA	FRANSA	İNGİLTERE	YUNANİSTAN
ISI YALITIM MALZEMESİ TÜKETİMİ (m ³ /kişi/yıl)	0,02	1,03	0,33	0,28	0,16	0,05

Türkiye'de TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardında Nisan 1998'de yapılan revizyonun öncesinde, binaların tavan, taban ve duvar elemanlarının ısı geçirgenlik değerlerine (U) bakıldığında; bu değerlerin diğer ülkelerdeki sınır değerlerin oldukça üzerinde yer aldığı görülebilmektedir.

Ülkemizde duvarlar için bu değer revizyon öncesinde 1,05-1,75 (W/m²K) iken; Almanya'da 0,40-0,60, İngiltere'de 0,45 ve İsviçre'de 0,25-0,30 (W/m²K) sınırlarındadır. Aynı şekilde ısı geçirgenlik değerleri tavanlarda, ülkemiz için 0,36-0,82 (W/m²K), Almanya için 0,18-0,25 (W/m²K), İngiltere için 0,20-0,25 (W/m²K) ve İsviçre için 0,25-0,30 (W/m²K); tabanlarda ise yine ülkemiz için 0,65-1,25 (W/m²K), Almanya için 0,35-0,45 (W/m²K), İngiltere için 0,35-0,45 (W/m²K) ve İsviçre için ise 0,25-0,30 (W/m²K) değerlerindedir. Ancak Türkiye'de Nisan 1998 TS 825'in revizyonu ile duvarların ısı geçirgenlik sınırı 0,40-0,80; tavanların ısı geçirgenlik sınırı 0,25-0,50; tabanlarındaki ise 0,40-0,80 (W/m²K) seviyelerine çekilmiştir.

Ülkemizdeki ve batı ülkelerindeki yapı elemanlarının (duvar, tavan ve taban) ısı geçirgenlik değerleri Tablo 4.5'te sunulmuştur [42, 43].

Tablo 4.5: Türkiye’deki binaların yapı elemanlarının ısı geçirgenlik değerlerinin (U) (W/m^2K), TS 825’teki revizyon öncesi ve sonrası durumlarının batı ülkeleriyle karşılaştırılması

Yapı Elemanı	TÜRKİYE		ALMANYA	İNGİLTERE	İSVİÇRE
	Revizyon Öncesi	Revizyon Sonrası			
DUVAR	1,05-1,75	0,40-0,80	0,40-0,60	0,45-0,45	0,25-0,30
TAVAN	0,36-0,82	0,25-0,50	0,18-0,25	0,20-0,25	0,25-0,30
TABAN	0,65-1,25	0,40-0,80	0,35-0,45	0,35-0,45	0,25-0,30

5. DIŞ DUVARLARDA ISI İZOLASYON UYGULAMALARI

Binalardaki ısı kayıpları, duvar, döşeme ve çatı konstrüksiyonları ile baca, pencere ve kapı gibi yapı elemanlarından gerçekleşmektedir. Bu bölgelerden oluşan ısı kayıpları oranları yapının mimarisine, konumuna, ısı yalıtım durumuna ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre değışiklik göstermektedir. Ancak genel olarak, bina yüksekliğı arttıkça dış duvarlardan gerçekleşen ısı kayıp oranlarının da arttığı görölmektedir. Son yıllardaki gerek konut binalarının, gerekse büro binalarının, bina yükseklikleri göz önüne alındığında dış duvarlara ısı yalıtımı uygulanması gereğı kolaylıkla anlaşılmaktadır.

Dış duvarlara ısı izolasyonu; dış yüzeyden, iç yüzeyden ve iki duvar arasında (sandviç duvar uygulaması) olmak üzere üç şekilde gerçekleşmektedir.

5.1. Dış Yüzeyden Isı İzolasyon Uygulaması

Binalara dış duvarın dış yüzeyinden ısı izolasyon uygulaması, en yaygın sistem olup, konut yapıları gibi uzun süreli kullanılan mekanlar için uygundur. Ancak ısı depolaması fazla olmasına rağmen, bu tip duvarlar için ön ısınma süresi uzundur. Binaların dış yüzeyden yalıtılması durumunda sistem; yağmur, rüzgar, nem gibi atmosferik olaylara açıktır. Bu sebeple oluşabilecek problemleri önlemek için, ya uygulama kalitesine dikkat edilmelidir ya da ısı izolasyon malzemesi 8,5 cm'lik yarım tuğla kalınlığında taşıyıcı olmayan, bir dış duvar ile korumaya alınmalıdır. Eğer dış kaplama malzemesi ile ısı tutucu levhalar arasında hava boşluğu bırakılıp, alt ve üstte açılacak delikler yardımıyla da sistemin havalandırılması sağlanırsa dışarı çıkmak isteyen buhar, hava boşluğundan dışarı atılır ve böylece yapı fiziğı açısından çok daha uzun ömürlü bir konstrüksiyon elde edilir. Bu durumda ekstra bir buhar kesici malzeme kullanılmasına da gerek yoktur [47].

Dış yüzeyden yalıtım uygulanması sonucunda, sıcaklık farkları sebebiyle duvarlarda oluşan ısıl gerilmeler minumuma iner ve buna bağılı olarak duvar bünyesindeki iç

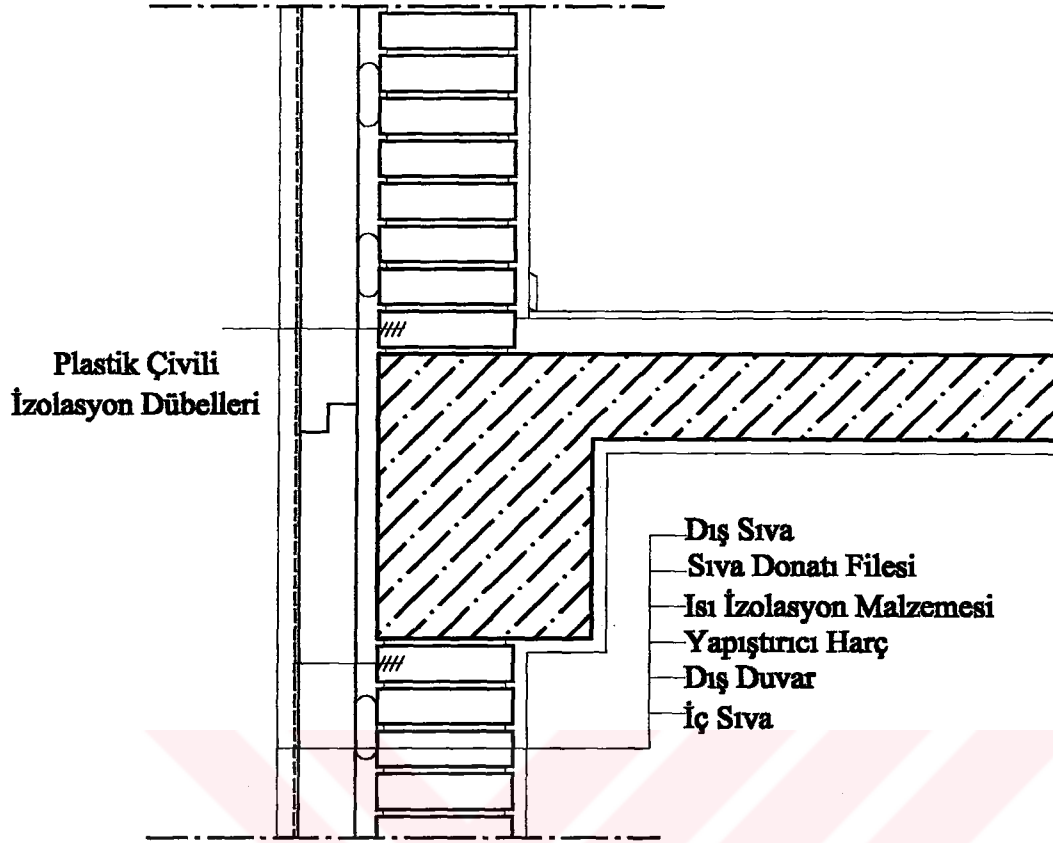
yapı bozulmaları ve çatlakların oluşumu engellenir. Ayrıca kış mevsiminde oluşabilecek donma noktası, izolasyon tabakası içinde gerçekleştiğinden, duvar iç yüzeylerindeki yoğunlaşma ihtimali en az seviyededir. Dıştan izolasyon uygulanmasının diğer avantajları arasında iç mekanda hacim daralmasına sebep olmaması, ısı köprülerinin etkilerinin ortadan kalkması ve dış sıvanın bozulması durumunda daha kolay tamir olanağı sunması sayılabilir. Bu avantajlarına karşılık, pahalı olması, yağmur, rüzgar gibi dış atmosferik olaylara karşı koruyuculuk gerektirmesi, iskele kurulması ihtiyacı, bina dış görünüşüne etki etmesi, ileride uygulanabilecek kablolar için gömme problemlerine sebep olması ve yağmur borusu gibi çıkıntıların olduğu yerler ile pencere gibi açıklıklarda dikkatli bir detay gerektirmesi dış yüzeyden yalıtım uygulamasının dezavantajları olarak gösterilebilir [1, 33, 48].

Duvarın dış yüzeyinden levha izolasyon uygulamalarında, levhalar öncelikle, duvar yüzeyine yapıştırıcı harçlar ile (reçine katkılı çimento esaslı harçlar vb.) yapıştırılırlar. Daha sonra bu levhalara plastik çivili izolasyon dübelleri ile mekanik fiksaj yapılır. Bu işlemin ardından, yapıştırıcı sıva üzeri, sıva taşıyıcı file ile kaplanır. Ardından bir kat astar sıva ve son kat hazır sıva uygulanarak, yüzey boyamaya hazır hale getirilir (Şekil 5.1) [49].

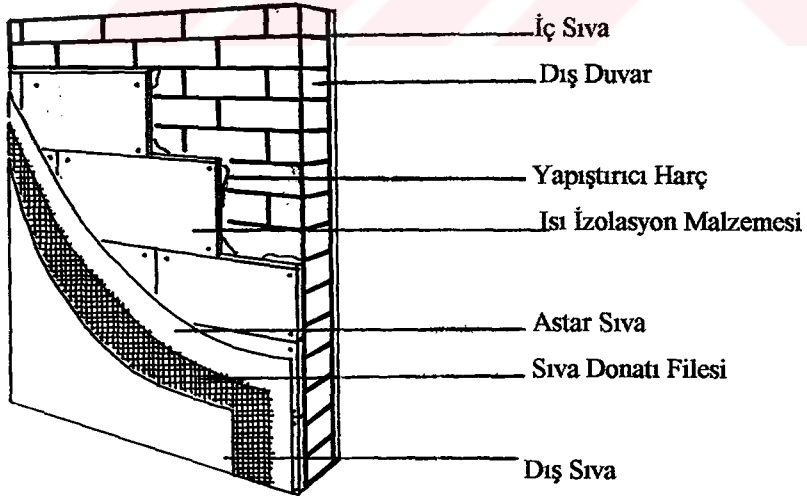
5.2. İç Yüzeyden İzolasyon Uygulaması

Binalara dış duvarın iç yüzeyinden ısı izolasyon uygulaması, büro binaları, konser ve sinema salonları gibi kısa süreli kullanılan mekanlar için uygundur. Bu sistemde duvarların ısı depolaması az, ancak ön ısınma süresi kısadır. İç yüzeyden yalıtım yapılması durumunda, buhar difüzyonu sonucunda ısı izolasyon malzemesi içerisinde yoğunlaşma olasılığı oldukça yüksektir. Bu sebeble, izolasyonun sıcak tarafında bir buhar kesici malzeme kullanılmalıdır.

İçten ısı izolasyon uygulamasının avantajları arasında, bina dış görünüşüne etki etmemesi, iskele gerektirmemesi, uygulama sırasında dış hava olaylarından etkilenmemesi, uygulama kolaylığı, istenilen mekan için ya da duvar için uygulama olanağı vermesi, daha ekonomik olması sayılabilir. Bu sistem, teknik ya da estetik sebeplerle dış yüzeyden ısı izolasyon uygulamasının uygun olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Ancak sıcaklık farkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler sonucu iç yapıda bozulmalar ve çatlaklar oluşabilmekte; yaz döneminde herhangi bir



Ölçek: 1/10



Şekil 5.1: Dış yüzeyden ısı izolasyon uygulaması [49]

iklimlendirme cihazı kullanılmadığı takdirde, iç ortam sıcaklıklarında istenmeyen yüksek artışlar görülmekte ve iç hacimde daralma olmaktadır [1, 33, 48].

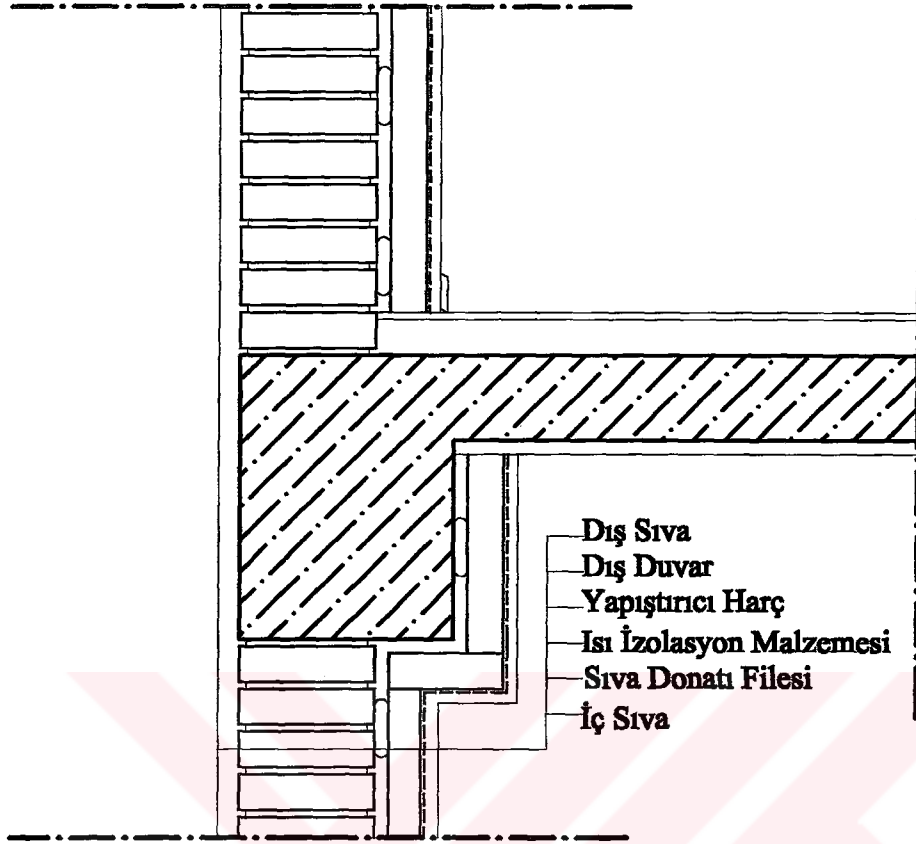
Duvarın iç yüzeyinden ısı izolasyon uygulamasında, yalıtım malzemesi yüzeye düşey yönde aralıklı yerleştirilmiş latalar arasına tutturulabilir. Lata aralıkları ısı izolasyon malzemesinin genişliğine bağlı olup, duvara tutturulmaları çimento harç ile özel olarak yerleştirilmiş takozlarla ya da dübellerle gerçekleştirilebilir [7]. Ayrıca levha izolasyon malzemeleri yapıştırıcı harç ile duvar yüzeyine yapıştırıldıktan sonra üzerine sıva taşıyıcı file ve iç sıva kaplanarak da uygulanabilirler (Şekil 5.2). Plastik çivili izolasyon dübelleri ile fiksaj yöntemi ise, kat yüksekliği 3 m'yi geçtiği ya da duvar yüzeyi uygun olmadığı durumlarda kullanılmalıdır [47, 49].

5.3. Sandviç Duvar Uygulaması

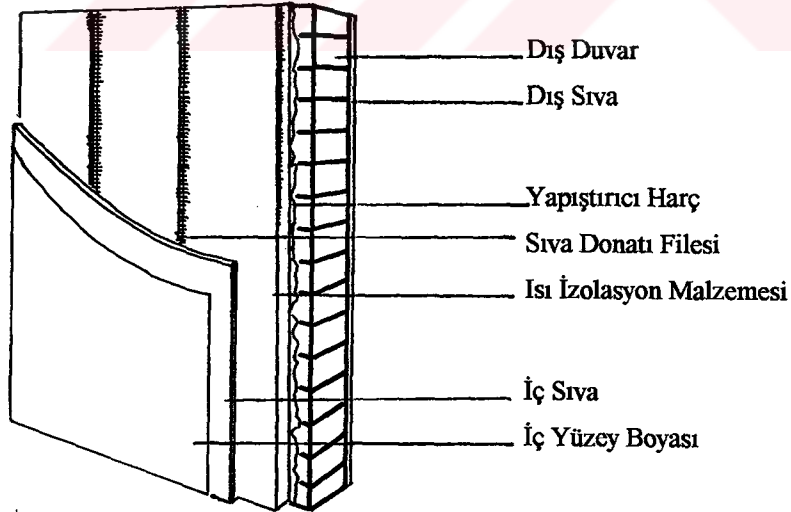
Sandviç duvar uygulaması, iki duvar arasına ısı izolasyon malzemesinin yerleştirilmesinden ibaret olup, uygulaması en kolay sistemdir. Isı izolasyon tabakasının arasına yerleştiği duvar konstrüksiyonları, her ikisi de 8,5 cm'lik yarım tuğladan örülmüş ince duvarlar olabileceği gibi, biri taşıyıcı ve kalın, diğeri ise ince duvar olarak da yapılabilmektedir (Şekil 5.3).

Sandviç duvar uygulaması yoğuşma riskinin az olduğu uygulamalar olup, boşluklu ya da boşluksuz olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Boşluklu duvar uygulamasında ısı izolasyon levhaları iç duvar yüzeyine yapıştırılıp bir miktar hava boşluğu bırakıldıktan sonra dış duvar örülür. Boşluksuz duvar uygulamasında ise dış duvar örüldükten sonra ısı izolasyon levhaları yapıştırılıp iç duvar örülür [49]. 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 alt ve üstte boşluk bırakılması durumunda, hava hareketinden dolayı ısı kayıpları ortaya çıkacaktır. Ayrıca yangın gazlarının duvara sızmalarını önlemek için yanıcı olmayan ısı izolasyon malzemeleri ile doldurulup, duvar boşluğu üstünden kapatılmalıdır [50].

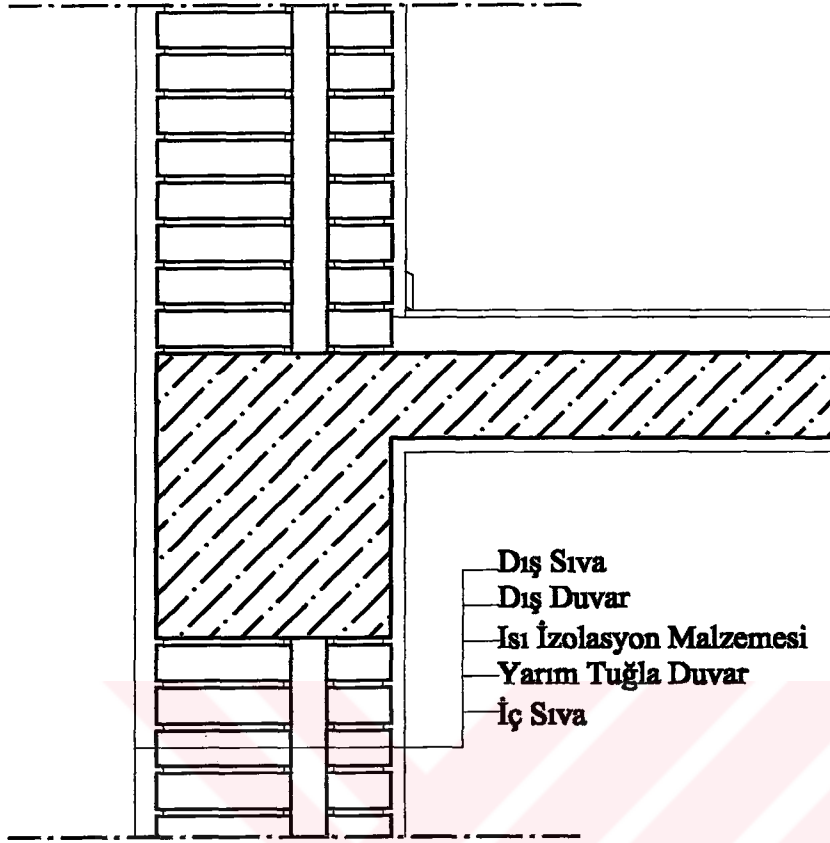
Sandviç duvarlardaki en önemli problem, duvar konstrüksiyonunun depremdeki davranışıyla ilgilidir. Eğer oluşturulan iki duvar konstrüksiyonu arasında herhangi bir bağlantı söz konusu değilse; deprem halinde duvar bünyesi yeterli mukavemet



Ölçek: 1/10



Şekil 5.2: İç yüzeyden ısı izolasyon uygulaması [49]



Ölçek: 1/10

Şekil 5.3: Sandviç duvar uygulaması [49]

gösteremeyecektir. Rijitliğin önemli bir özellik olduğu sandviç duvarlarda, duvar yüksekliği arttığı takdirde ve deprem bölgelerinde tehlikeli durumlarla karşılaşmamak için, iki duvar konstrüksiyonu derz yerlerinden ince metal ya da tel kenetlerle birbirine bağlanmalıdır.

6. MEVCUT BİNALARIN ENERJİ ETKİN YENİLENME UYGULAMALARI

Mevcut binalar zamanla, aşırı enerji tüketimleri sonucunda önemli ve ciddi problemlere sebep olabilmekte ve bu nedenle sistemlerin enerji etkin yenilenmesine ihtiyaç duymaktadırlar. Binalardaki enerji tüketimi, iklime, bina kullanımına ve tipine, bina boyutlarına, yapım şekline; bakım, mevcut ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerine (tip, sayı, boyut ve etkinliklerine), kullanılan yakıta ve diğer ekipman ve servis şekillerine göre değişmektedir. Herhangi bir enerji etkin yenileme işleminin başarısının değerlendirilmesinde, maliyet ve elde edilen enerji koruma miktarı temeldir. En uygun enerji etkin yenileme işlevini belirlemek için, öncelikle enerji özelliklerine, ısı performansına, konfor koşullarına ve mevcut problemlere ait geçerli bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgilerin toplanmasından sonra; binanın enerji profilini çıkarmak, gerçek şartlara karşı tasarım tahminlerini karşılaştırmak, enerji kayıplarının ana bölgelerini belirlemek, yüzey bileşenlerinin durumunu araştırmak ve seçenekleri listeleterek daha detaylı bir maliyet / kazanç analizi ortaya koymak için ön analizler yapılmalıdır [51].

6.1. Enerji Etkin Yenilemede Kullanılan Isı İzolasyon Malzemeleri

Türkiye’de mevcut binaların dış duvar opak bileşenlerinin enerji etkin yenilenmesinde kullanılan ısı izolasyon malzemeleri; polistiren ve poliüretan gibi yüksek buhar difüzyon dirençli sentetik köpük levhalar ve taş yünü ile cam yünü gibi düşük buhar difüzyon dirençli anorganik kökenli, lifli mineral levhalardır. Bu malzemelere ek olarak, püskürtülerek uygulanan gevşek dolgulu ısı izolasyon malzemeleri ve cam köpüğü levhalar da enerji etkin yenileme uygulamaları için kullanılabilir [52-54]. Ancak genellikle cam köpüğü yalıtımlar pahalı olmaları ve daha yüksek ısı iletkenliğe sahip olmaları sebebiyle tercih edilmemektedir.

Enerji etkin yenilemede kullanılacak ısı izolasyon malzemesinin seçimini belirleyen özelliklerden en önemlisi, yalıtılması düşünülen mekanın niteliğidir. Örneğin bitmiş

bir duvar konstrüksiyonu içerisindeki bir boşluğu yalıtım için dökme izolasyon malzemeleri uygun değildir. Bununla birlikte, örtü, püskürtme veya levha ürünler ya da yansıtıcı sistemler kullanılabilir. Böyle bir boşluğu yalıtmanın en ekonomik yolu ise, yerinde köpürtülen poliüretan köpük veya pnömatik ekipmanlarla yerinde püskürtme izolasyonların kullanımıdır.

Ayrıca farklı biçimlerdeki izolasyonların birlikte kullanılabilme özellikleri de malzeme seçiminde önemli bir kriterdir. Mesela gevşek dolgu bir ısı izolasyon malzemesinin üzerine örtü izolasyonlar, ya da örtü izolasyonların üzerine gevşek dolgu yalıtımlar eklenebilir. Genellikle yoğunluğu fazla olan malzemeler, kolaylıkla ezilebilen yoğunluğu az olan yalıtımların üzerine yerleştirilmemelidirler. Aksi takdirde, sıkışan malzemenin kalınlığı azalacak ve bu da daha düşük ısı mukavemetlerin oluşmasına sebep olacaktır [52].

6.1.1. Sentetik Köpük Levhalar

Enerji etkin yenileme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan sentetik köpük levhalar polistiren ve poliüretan köpükler olup; daha çok içten yapılan enerji etkin yenileme çalışmaları için uygundur [52]. Yüksek su buharı difüzyon direncine sahip olan bu köpüklerin dıştan yenilemelerde kullanılması halinde, duvar konstrüksiyonunda yalıtım malzemesinin iç yüzeyinde yoğunlaşacak neme karşı önlemler alınmalıdır. Bu amaçla yalıtım malzemesinin sıcak tarafında bir buhar kesici malzeme kullanılmalıdır.

Sentetik köpük malzemelerden biri olan, daneli ve çekme tekniği ile yapılan kabartılmış polistiren levhalar, enerji etkin yenileme amacıyla en çok kullanılan ısı yalıtım malzemesidir. Yerinde uygulanan ya da hazır levha olarak bulunan köpüklendirilmiş poliüretan ise daha çok özel uygulamalarda kullanılmaktadır [52].

Düşük maliyetleri ve düşük ısı iletkenlikleri sonucunda, yenileme çalışmalarında en çok kullanılan malzemeler olan polistiren ve poliüretan köpüklerin yapılarıyla ve özellikleriyle ilgili daha detaylı bilgi bölüm “2.5.6. Sentetik Köpükler” içerisinde verilmiştir.

6.1.2. Mineral Levhalar

Taş yünü ve cam yünü başta olmak üzere mineral yapıli levhalar, daha çok dıştan yapılan enerji etkin yenileme çalışmaları için uygundur [52]. Bu levhaların içten yenilemelerde kullanılması halinde, sahip oldukları düşük buhar difüzyon dirençleri sebebiyle duvar bünyesinde, yalıtım malzemesi içerisinde yoğuşma meydana gelecektir. Böyle bir durum ise, yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri artmasına ve özelliklerini kaybetmesine neden olacaktır. Mineral levhaların iç yüzeyden yenileme çalışmalarında kullanılmaları durumunda, yoğuşma riskine karşı yeterli buhar difüzyon direncine sahip buhar kesici malzemelerle önlem alınmalıdır.

Cam yünü ve taş yünü levhalar daha çok çatı yalıtımlarında tercih edilmekte olup, taş yünü levhalar cam yünü levhalara oranla daha çok uygulanmaktadır [52]. Ayrıca taş yünü ya da cüruf yünü gevşek dolgu ısı izolasyon malzemeleri genellikle ahşap strüktürlü mevcut duvarların yalıtılmasında kullanılmaktadır. Bu izolasyon malzemeleri, uygulanacakları boşluk içerisine bir hortum aracılığıyla püskürtülen özel ekipmanlarla tatbik edilmektedirler. Montaj, dış duvarların iskeletinin ahşap dikmeleri arasında düşey boşluklu iki delik gerektirdiği için, genellikle “iki-delik metodu” olarak adlandırılmaktadır. Bu deliklerin her ikisi de 5 cm çapında olmalıdır ve biri duvar üst noktasından 41 cm’den, ikincisi ise duvar bitiminden 61 cm’den açılmalıdır. Açılan bu deliklere izolasyon püskürtüldükten sonra bu montaj delikleri kapatılır. Bu uygulama genellikle bu konuda uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmektedir [53].

Taş yünü ve cam yünü yalıtımların yapılarıyla ve özellikleriyle ilgili daha detaylı bilgi bölüm “2.5.3. Mineral Elyaf lar ve Yünler” içerisinde verilmiştir.

6.1.3. Isı Tutucu Boyalar

Günümüzde enerji etkin yenileme uygulamalarında; özellikle soğuk iç yüzeye sahip, nemli ve küflü duvarlar gibi problemli bölgeler için önerilen bir diğer malzeme, ısı tutucu özellikli iç cephe boyalarıdır. İçi boş, havası alınmış mikro cam kürecikli bu boyalar, akrilik kopolimer emülsiyon esaslı olup, 0,12 W/m²K değeri nde ısı iletkenlik katsayısına sahiptirler. Normal boyalarda 0,70 W/m²K olan bu iletkenlik

değerlerine bakılarak bu boyaların, yaklaşık olarak 6,5-7 kat daha fazla ısı yalıtım özelliğine sahip oldukları söylenebilmektedir.

Üretici firmalara göre ısı tutucu boyalar, mikro cam kürecikler ve düşük ısı geçirgenlikleri sonucunda duvar iç yüzey sıcaklığının yüksek olmasını sağlayarak boya tabakası üzerinde su buharının yoğunlaşmasını engellemektedirler. Ayrıca içerdikleri küf öldürücü, antibakteriyel maddeler ile duvar yüzeyindeki mikroorganik küf ve mantar oluşumuna karşı koymaktadırlar. Yüksek buhar geçirgenlikleri ile nefes alıp vermeye izin veren ısı tutucu boyalar ek olarak, uygulama kolaylığına, her türlü yüzeye yapışabilme özelliğine ve dekoratif özelliğe sahiptirler. Isı izolasyon seviyesi yetersiz olan ya da yalıtımın mevcut olmadığı dış duvar iç yüzeyleri; mutfak, banyo, gıda, tekstil vb. endüstriyel tesisler gibi aşırı nemli mekanlar, depo, kiler gibi iyi bir havalandırmaya sahip olmayan yapılar bu boyaların kullanılabileceği uygulama alanları arasında yer almaktadır. Ancak yine bu boyalar, duş kenarları gibi sürekli su ile direkt temas halindeki yüzeyler için uygun değildirler.

Isı tutucu boyalar mevcut boyalı yüzeylere tatbik edilmeden önce yüzey her türlü kir, yağ ve küf gibi dokulardan arındırılmalıdır. Bu amaçla yüzey ıslak bir bezle silindikten sonra küf temizleyici bir solüsyon ile temizlenmelidir. Her iki durumda da yüzey kuruduktan sonra, ısı tutucu boya 2-3 kat halinde duvar yüzeyine tatbik edilmelidir. Bu uygulama +5°C'nin üzerinde yüzey sıcaklığına sahip olan duvar iç yüzeylerine, katlar arasında en az iki saatlik bir kuruma süresi bırakılarak yapılmalıdır [55].

Isı tutucu boyalar, fizikotermal, kimyasal ve dekoratif etkileri ile soğuk iç yüzeye sahip, küflü mantarlı ve rutubetli duvarlar için basit ve uygulaması kolay bir çözüm olarak gözükmekle birlikte sorunlu yüzeylerde tam bir başarı sağlayıp sağlayamayacağı konusu ve kalıcılığı şüpheli bir durum ortaya koymaktadır. Ayrıca ısı tutucu boyaların enerji etkin yenileme çalışmalarında duvar iç yüzeyine tatbik edilmesi durumunda; sürülecek olan boya kalınlığının milimetrik değerlerde olması

sebebiyle, $\frac{d}{\lambda}$ oranı küçük bir değere karşılık gelmektedir. Bunun sonucunda ise ısı tutucu boyalar, yeni duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik değeri üzerinde önemli bir azalma sağlayamamaktadırlar.

6.2. Enerji Etkin Yenileme Uygulaması Öncesi

Mevcut bir binanın, bir ısı izolasyon malzemesi ile enerji etkin yenileme uygulamasına geçilmeden önce, ilk olarak binanın mevcut bir ısı izolasyonuna sahip olup olmadığı incelenmelidir. Eğer daha önceden uygulanmış bir yalıtım söz konusu ise bu yalıtımın niteliği ve miktarı tespit edilmelidir. Bu tespite bağlı olarak da ne kadarlık bir ısı izolasyon uygulamasının yeterli, etkili ve ekonomik olacağı belirlenmelidir. Binalarda yapılan bu enerji kontrolü ile mevcut olan ve ihtiyaç duyulan izolasyon miktarları ortaya konulmaktadır. Amerika başta olmak üzere yurt dışında pek çok ülkede bu kontrol süreci, bölgesel kamu kuruluşları ya da enerji ofisleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak bu denetimi yapacak benzeri bir kuruluş yoksa, bu işlemler bina kullanıcıları tarafından da yapılabilmektedir. Bu amaçla, binada yalıtım uygulanması gereken çatı, duvar vb. yerler kontrol edilmelidir. İncelenen binada bir veya birden fazla izolasyon malzemesi çeşitli kalınlıklarda kullanılmış olabileceği için, her bir bölgede eğer varsa izolasyonun cinsi belirlenmeli ve kalınlığı ölçülmelidir. Öncelikle çatı arası, sonra duvarlar ve garaj ya da bodrum katı gibi ısıtılmayan mekanlara bitişik olan döşemeler kontrol edilmelidir. Bu bölgelerde, strüktürel çerçeve elemanları yalıtımın incelenmesini ve kalınlığının ölçülmesini kolaylaştıran elemanlardır. Genellikle bitmiş dış duvarların kontrolü, diğer alanlara oranla daha zor yapılmaktadır. Duvardaki elektrik prizlerini kullanmak, bu bölgelerdeki izolasyonun incelenmesini sağlayan bir metottur. Bu metotta, prize gelen elektrik kesildikten sonra priz dışarı çıkarılır ve oluşan delik yardımıyla duvar kesiti incelenir. Duvarlardaki yalıtım durumu incelenirken, farklı katların her biri için ve binanın yeni ve eski bölümleri için ayrı ayrı kontrol yapılmalıdır. Yapılan bütün kontrollerin sonucunda, elde edilen verilere dayanılarak, sahip olunan ısı mukavemetler (R değerleri) ve söz konusu bölgede geçerli olan ısı mukavemetler yardımıyla incelenen binadaki izolasyonun yeterli olup olmadığına karar verilmelidir.

Isı izolasyon uygulamasına geçilmeden önce yapılması gereken bir diğer kontrol hava kaçaklarının tespit edilmesidir. Binalarda hava sızıntıları, kapı ve pencere doğramaları etrafındaki küçük açıklıklardan, şömine ve bacalardan, iki duvarın ya da duvar ve tavanın birleştiği yerlerdeki çatlaklar gibi duvar, döşeme ve tavanlardaki açıklıklardan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, yaşam mekanları ile çatı ve

bodrum katları ve tesisat boşlukları arasında da hava girişleri oluşabilmektedir. Binanın yaşam mekanları ve diğer bölgeleri arasında oluşan bu kaçaklar, genellikle pencere ve kapı çevrelerindeki kaçaklardan daha fazladır. Eğer binalardaki bu hava sızıntılarının gerçekleştiği bütün alanlara kolayca ulaşılabilirse, açıklıkları kontraplak ile kapatarak kaçaklar engellenebilmektedir. Ulaşılması güç bölgeler için ise birleşim yerlerine plastik köpük izolasyonların enjeksiyonu veya yoğunluğu yüksek izolasyonların püskürtülmesi uygundur [53, 56].

Enerji etkin yenileme öncesinde göz önüne alınması gereken diğer bir özellik ise nem durumudur. Çünkü nem kontrolü ısı izolasyon uygulaması ile birleşen ve yapılması gereken temel bir iştir. Normal şartlar altındaki nem geçişi, iç ve dış çevre arasındaki kısmi su buharı basınç farkları sebebiyle yapıların dış duvarlarının opak bileşenlerine doğru su buharı şeklinde gerçekleşmektedir. Duvar konstrüksiyonu içerisinde farklı tabakalar, direnç katsayıları gibi malzeme özellikleri sonucunda, nem geçişine karşı koyarlar. Nem ya tabakaların önünde biriktirilir ya da aşırı miktarlara ulaştığında, tasarım veya yapım hatalarından dolayı duvar içerisinde hapsedilir. Sonuç olarak nem, duvarların fiziksel performansına etki ederek, önemli arızalara sebep olabilmektedir. Duvar konstrüksiyonu içerisinde aşırı nem birikimi, malzemelerin ısı dirençlerinin düşmesine ve böylece iç ısısal konforun olumsuz yönde etkilenmesine; duvar iç yüzeyindeki nem birikimi ise, yüzeyde su lekelerine, boya dökülmelerine ve bazı organizmaların yaşamasına neden olmaktadır. Bu organizmaların oluşumu da, hava kalitesine ve kullanıcı sağlığına etki etmektedir. Bütün bu nem problemlerinden korunmak için, buhar kesici bir malzeme kullanılmalı ve binada yeterli bir havalandırma sağlanmalıdır. Genellikle buhar kesici malzeme, kışın izolasyonun sıcak olan, yani genel olarak içteki yaşama mekanlarına bakan yüzeyine yerleştirilmelidir. Eğer bir tesisat boşluğu söz konusu ise, buhar kesici döşeme yüzeyine yerleştirilmelidir. Günümüzde buhar kesici bir malzeme eklenmiş bazı örtü ısı izolasyon malzemeleri de bulunmaktadır. Ancak enerji etkin yenileme yapılacak binada mevcut bir yalıtım söz konusu ise, bu yeni malzeme yerine, buhar kesiciye sahip olmayan bir örtü izolasyon malzemesi tercih edilmelidir. Eğer bu tip bir izolasyon kullanım için uygun değilse, izolasyon tabakaları arasında, nemin izolasyona girip çıkmasına izin vermek için ya buhar kesici yüzey çıkartılmalı ya da bir bıçak ile kesilmelidir. Bir buhar kesici içermeyen örtü izolasyonlar veya gevşek dolgu izolasyonlar için polietilen plastik tabakalar, buhar kesici malzeme olarak

kullanılmak için uygundur. Püskürtme ısı izolasyonu ile doldurulmuş bitmiş duvar boşlukları gibi bir buhar kesici malzemenin yerleştirilemeyeceği bölgelerde, duvar iç yüzeyi düşük geçirgenlikli bir boya veya plastik bir tabaka içeren bir duvar kağıdı kullanılarak buhara dayanıklı bir hale getirilebilmektedir. Bu özelliğe sahip boyalar, buhar geciktirici tabakaya sahip olmayan yenilenecek binalar için uygun bir çözüm olarak gözükmektedir. Çünkü bu malzemeler bitmiş yüzeyi çıkartmadan uygulanabilmektedirler [53, 56].

Özellikle yeni konstrüksiyonlarda bir buhar kesici malzeme iç bitirme tamamlanmadan önce dış duvarların iç yüzeyine yerleştirilmeli; bir hava geciktirici malzeme de dış bitirme uygulanmadan önce dış duvarlara dış yüzeyden sarılmalıdır. Hava geciktirici bir malzeme; ısınmış ya da iklimlendirilmiş iç havanın bina kabuğundan kaçmasını engelleyerek enerji kayıplarını azaltan bir malzemedir. Ancak bu malzemeler, nem geçişini engelleyemedikleri için, buhar geciktirici malzemelerden ayrılmaktadırlar. Ayrıca hava geciktirici malzemeler, ısıtma ve soğutma etkinliğini ve bina iç konfor koşullarını düşüren rüzgar ile bina iç ve dış ortamları arasındaki basınç farklarından kaynaklanan sıcak ya da soğuk hava akımları geçişlerine de karşı koyan malzemelerdir [53, 56].

6.3. Mevcut Dış Duvar Opak Bileşenlerin Enerji Etkin Yenilenme Uygulamaları

Yapıların mevcut dış duvarlarının enerji etkin yenilenme uygulamaları; dış duvarın opak bileşeninin gerek iç, gerekse dış yüzeyden bir ısı izolasyon tabakası eklenerek enerji etkin yenilenmesi; saydam ısı izolasyon uygulaması; dış duvarın saydam bileşenlerinin yenilenmesi olarak üç grupta toplanabilir [54]. Enerji etkin yenileme sonucunda bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek oluşan yeni duvar konstrüksiyonunun hem ısı performansı, hem de nem performansı göz önüne alınmalıdır.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, mevcut binaların dış duvarlarının enerji etkin yenileme uygulamalarında, amortisman süreleri göz önüne alındığında en ekonomik yöntem, dış duvarların opak bileşenlerinin bir ısı izolasyon malzemesi kullanılarak yalıtılmasıdır. Dış duvarların saydam bileşenlerinin yenilenmesi (çift cam ve çerçeve uygulanması) ise ekonomik gözükmemektedir. Ayrıca enerji etkin yenileme

uygulamaları sonucunda, en yüksek enerji korunumunun, dış duvar konstrüksiyonunun hem opak bileşenine dış yüzeyden ısı yalıtımı eklenmesi, hem de aynı zamanda saydam bileşeninin yenilenmesi (çift cam ve yeni çerçeve uygulaması) olduğu anlaşılmıştır [52]. Buna karşılık en düşük enerji korunumu, sadece dış duvar konstrüksiyonunun saydam bileşeni yenilendiği durumda ortaya çıkmaktadır.

6.3.1. Mevcut Dış Duvara Isı İzolasyon Uygulamaları

Mevcut binaların dış duvarlarına enerji etkin yenileme amacıyla ısı izolasyon uygulamaları; mevcut dış duvara içten ve mevcut dış duvara dıştan ısı yalıtımı olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Enerji etkin yenilemede, gerek mevcut dış duvarın iç yüzeyinden, gerekse dış yüzeyinden ısı izolasyonu eklenmesinde; yeni binaların dış duvarlarına yalıtım uygulanmasıyla oluşan özellikler (ısınma süresi, ısı depolama kapasitesi, yoğuşma durumu vb.) geçerlidir.

Enerji etkin yenileme uygulamalarında ısı izolasyon malzemelerinin uygulanması; binanın strüktürel dizaynına ve kullanılacak malzemenin tipine bağlı olarak uzman kişileri gerektirebilmektedir. Mevcut binalarda dış duvar boşlukları içerisine yalıtımın montajı zor olup, bu durumda, genellikle küçük deliklerden boşluk içerisine gevşek dolgulu izolasyonu püskürtecek özel ekipmanlara sahip olan uzmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Buna karşılık beton blokların vb.'nin dış yüzeyine rijit izolasyonların uygulanması daha kolay ve özel ekipler olmadan da yapılabilecek bir montajdır.

6.3.1.1. Mevcut Dış Duvara İç Yüzeyden Isı İzolasyon Uygulaması

Mevcut dış duvarların iç yüzeyden enerji etkin yenilenmesi, daha çok uygulama kolaylığı açısından, binaların sadece belli katları, belli mekanları veya belli duvarları yenilenecekse tercih edilen bir sistemdir. Bu sistemde duvar konstrüksiyonunun ısı depolama özelliği az olup, ön ısınma süresi kısadır. Bu sebeple istenilen iç mekan sıcaklığına, duvar konstrüksiyonunun ısıtılmasına gerek kalmaksızın kısa sürede ulaşılmaktadır. Ancak yine aynı sebepten dolayı, ısıtma kesildiği takdirde iç mekan sıcaklığı kısa sürede azalmaktadır. Enerji etkin yenilemede içten yalıtım uygulamanın en büyük dezavantajları ise, yalıtımın betonarme elemanlarda (döşeme, kiriş vb.) kesilmesi sonucunda oluşabilecek ısı köprüleri ile, özellikle düşük buhar

difüzyon dirençli yalıtım malzemeleri kullanılması halinde ortaya çıkabilecek yoğuşmalardır.

İç yüzeyden enerji etkin yenilemede çeşitli izolasyon malzemeleri kullanılabilir. Ancak kullanım yerine, mevcut duvar konstrüksiyonunun özelliklerine, ısı, nem ve yangın ile ilgili özelliklere ve maliyete bağlı olarak uygun ısı izolasyon malzemesi seçimi yapılmalıdır. Bununla birlikte genel olarak, TS 825'e göre ısı iletkenlik katsayısı (λ) 0,031 W/m²K olan polistiren, 0,035 W/m²K olan poliüretan gibi yüksek difüzyon dirençli sentetik esaslı köpük yapılı levhalar ya da 0,040 W/m²K'lık ısı iletkenliği sahip taş yünü, cam yünü gibi düşük difüzyon dirençli mineral lifli levhalar kullanılmaktadır [52, 54]. Ancak özellikle, düşük difüzyon dirençli ısı izolasyon malzemeleri (mineral lifli levhalar) kullanılırken, yoğuşma riskine karşı nem kontrolü yapılmalıdır. Çünkü su buharı, düşük difüzyon dirençli ısı yalıtım tabakasından kolayca geçerek, yüksek difüzyon dirençli bir tabakaya ulaştığında daha ileriye gidemeyecek ve birikerek yoğuşmaya sebep olabilecektir. Mineral lifli yalıtım levhalarının kullanılmasında oluşabilecek yoğuşma riski, yüksek difüzyon dirençli malzemelerin kullanılması durumunda daha az indirilebilmektedir. Bu takdirde, ısıtma mevsiminde dışarı çıkmak isteyen su buharı, yalıtım malzemesi tarafından tutulacak ve duvar konstrüksiyonunun soğuk kısımlarına ulaşmasına izin verilmeyecektir.

Mevcut dış duvara iç yüzeyinden ısı izolasyon uygulaması çalışmalarında uygulamaya geçilmeden önce, uygulamanın yapılacağı mekanın hazır hale getirilmesi gereklidir. Bunun için ısı yalıtımının uygulanacağı duvar ya da duvar yüzeylerinde bulunan ısıtma tesisatı elemanları (kalorifer boruları, petekleri vb.) ile aydınlatma tesisatı elemanları (prizler, anahtarlar, armatürler vb.) ve süpürgelik gibi elemanlar sökülmesi; uygulama sonrasında kolayca yeniden takılmaları için yerleri işaretlenmelidir. Hazırlanan duvar yüzeyine ısı yalıtım levhaları ıslak ya da kuru yöntemlerle uygulanabilmektedir. Isı yalıtım levhalarını çevresel etkilerden korumak amacıyla levhaların üzerine tatbik edilen kaplama tabakası için de ıslak ve kuru yöntemler geçerlidir.

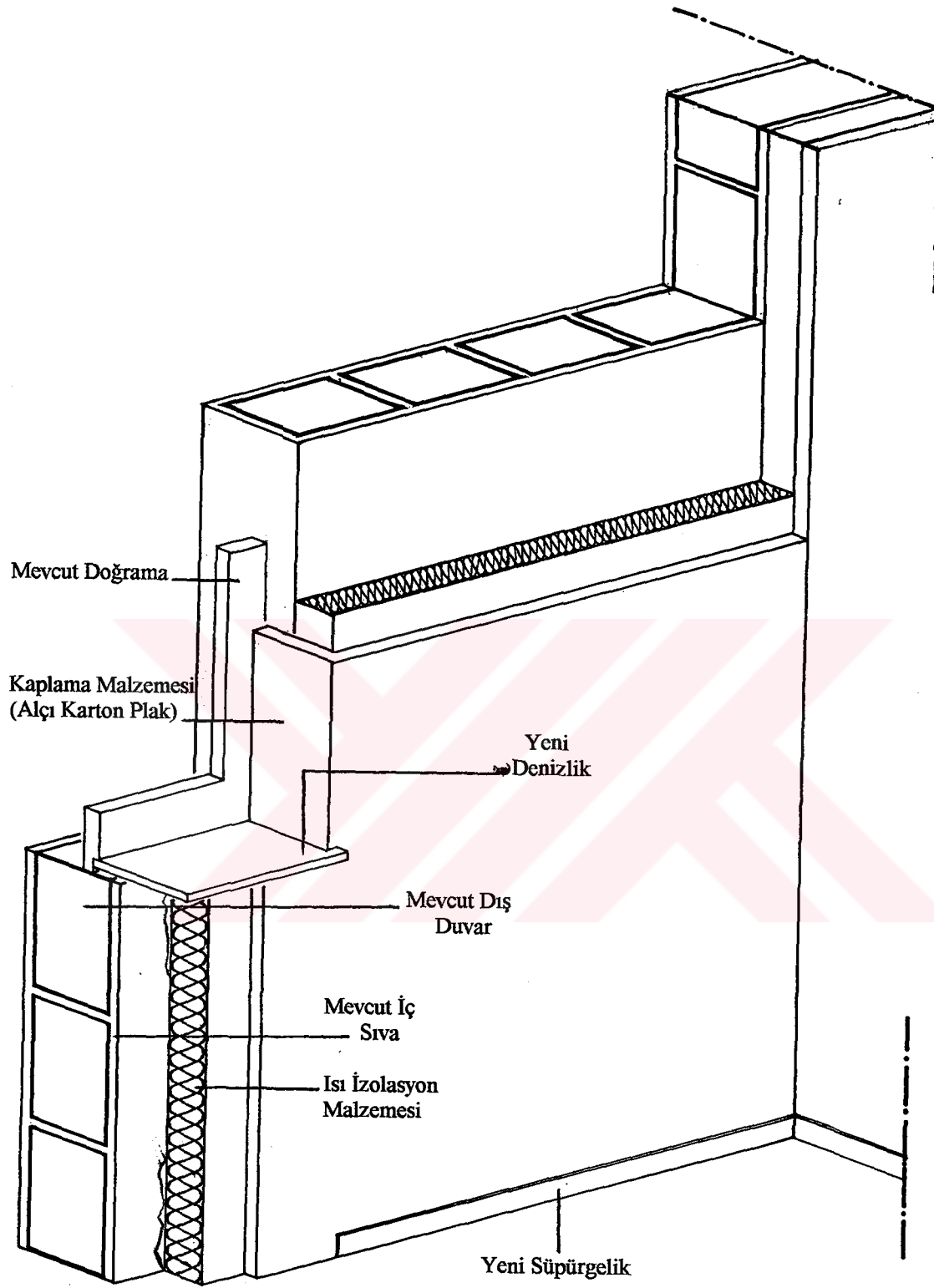
İç yüzeyden yenilemede, ıslak yöntem uygulanmasında, ısı izolasyon levhalarının yapıştırılması söz konusudur. Bu uygulamada yalıtım ile uyumlu, üretici firmalarca önerilen özel yapıştırıcı harçlar ya da alçı malzeme kullanılabilir. Önceden

uygulamaya hazır hale getirilmiş duvar yüzeyi üzerine hem yapıştırma işlevini, hem de duvar yüzeyindeki girinti, çıkıntıları doldurma işlevini gerçekleştiren özel yapıştırma harcı ya da alçı tatbik edilir. Daha sonra yalıtım levhaları yapıştırılır ve üzerine bir daha yapıştırma harcı uygulanır. Bu işlemi ise, sıva taşıyıcı donatı filesinin uygulanan sıva üzerine, ek yerleri 5 ya da 10 cm birbiri üstüne gelecek şekilde yerleştirilmesi izler. İstenirse dekoratif ve koruyucu amaçlı son kat kaplamasının uygulanan sıva üzerine daha iyi yapışmasını sağlamak için bir kat astar tatbik edilebilmektedir. Islak yöntemin son aşaması ise istenilen kalınlık ve cinsteki son kat kaplamasının uygulanmasıdır.

Kuru yöntemde ise, ısı izolasyon levhaları, bir kadronaj sistemi içerisine çakma ya da vidalı geniş başlı plastik dübeller ile tespit edilmektedirler. Dolayısıyla öncelikle, duvar iç yüzeyine yatay, düşey veya her iki yönde, ahşap ya da metal çubuklardan oluşan kadronaj sistemi yerleştirilmeli ve daha sonra ısı izolasyon levhaları bu sistem içerisine yapıştırma ile, çakma veya vidalı dübeller ile ve özel çıtalar ile yerleştirilmelidir. Kuru yöntemdeki son aşama ise, yine son kat kaplama malzemesinin (kontraplak, çimentolu ahşap yonga, alçı karton levha vb.) kadronaj sistemine çakılarak veya vidalanarak tespit edilmesidir. Kuru yöntemde göz önüne alınması gereken önemli bir nokta, metal kadronaj sistemi kullanıldığı takdirde ısı köprülerinin oluşumudur. Bu riske karşı önceden önlem alınmalıdır.

İç yüzeyden yalıtım eklenirken, bu uygulamaların dışında ısı yalıtım levhaları ile kaplama levhalarının bir araya getirildiği kompozit malzemelerin de özel bir yapıştırma harcı aracılığıyla duvar yüzeyine uygulanması mümkündür (Şekil 6.1) [54]. Eğer kompozit yalıtımlı paneller kullanılacaksa, tavan ve döşeme ile birleşme noktalarında panel arkalarına sürekli yapıştırıcı harç sürülmelidir. Ayrıca panel üzerinde yer alan priz vb. delik çevreleri aynı şekilde kapatılmış olmalıdır [50] .

Mevcut dış duvarın iç yüzeyinden yenileme işlemi tamamlandıktan sonra, uygulama öncesinde sökülen elemanlar yeniden yerlerine uygun olarak yerleştirilmelidirler. Ancak, duvar konstrüksiyonunda, eklenen yalıtım, sıva ve kaplama malzemesi sebebiyle kesit artışı olacak ve bu durumda, sınırlı genişlikteki iç denizlikler ve pervazlar yetersiz kalacaktır. Bu probleme çözüm olarak önerilen bu elemanların yenilenmesi ise ek bir maliyet getirecektir.



Şekil 6.1: Mevcut dış duvara iç yüzeyden ısı izolasyon uygulaması [54]

6.3.1.2. Mevcut Dış Duvara Dış Yüzeyden Isı İzolasyon Uygulaması

Mevcut dış duvarların dış yüzeyden enerji etkin yenilenmesi, daha çok bütün bina yenilenecekse tercih edilen bir sistemdir. Bu sistemde duvar konstrüksiyonunun ısı depolama özelliği çok olup, ön ısınma süresi uzundur. Bu sebeple duvar iç yüzey sıcaklığına ve istenilen iç mekan sıcaklığına, duvar konstrüksiyonu ısındıktan bir süre sonra ulaşılır. Ancak duvar konstrüksiyonunun yüksek ısı depolama özelliği sonucunda, ısıtmaya ara verilmesi durumunda, iç yüzey ve mekan sıcaklığı istenilen seviyede belli bir süre daha korunabilmektedir. Bu uygulamanın en büyük avantajı ise, betonarme elemanların (döşeme, kiriş vb.) bulunduğu bölgelerde de yalıtımın sürekliliğinin sağlanması sebebiyle, ısı köprülerinin oluşum riskinin en aza indirilmesidir. Dış yüzeyden enerji etkin yenilemenin en büyük dezavantajı ise; bina yüzeyine iskele kurma gereğidir. Bu durum özellikle kat adedi arttıkça hem güvenlik, hem de uygulama süresi ve zorluğu açısından problemler yaratmakta ve maliyeti arttırmaktadır. Bu sebeple dış duvarlara dış yüzeyden ısı izolasyonu uygulamaları, içyüzeyden yalıtım uygulamalarına oranla daha az ekonomik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dış duvara dış yüzeyden ısı yalıtımı uygulamalarında darbe etkisine karşı ve sıva çatlaklarını önlemek için sıva donatısı kullanılmalı, kat hizalarında genleşme derzleri oluşturulmalı; polimer veya lif katkılı sıva, dış cephe boyası olarak da açık renkler tercih edilmelidir. Ayrıca yağmur suyu sızması riskine karşı, kaplama arkasında bir malzeme kullanılıyorsa, buharı dışarı atabilen ve suyu iç tarafa geçirmeyen yani nefes alabilen bir su yalıtım tabakası uygulanmalıdır [50].

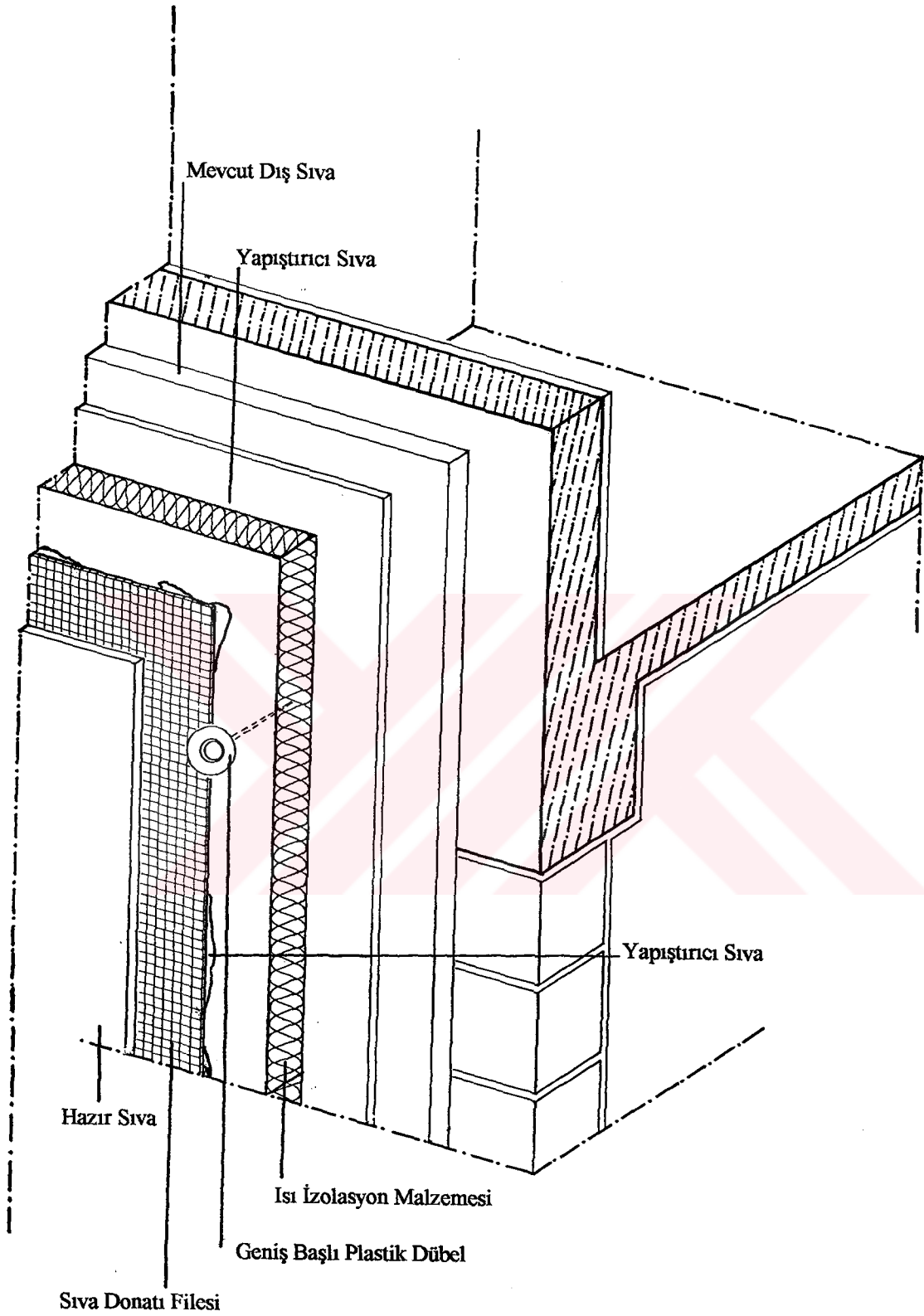
Dış yüzeyden enerji etkin yenilemede de iç yüzeyden yenilemede olduğu gibi çeşitli izolasyon malzemelerinin kullanılması mümkündür. Ancak yine kullanım yerine, mevcut duvar konstrüksiyonunun özelliklerine, ısı, nem ve yangın ile ilgili özelliklere ve maliyete bağlı olarak uygun ısı izolasyon malzemesi seçimi yapılmalıdır. Yangıcılık sınıfı olarak A1, A2 ve B1 sınıfı ısı izolasyon malzemeleri kullanımı İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Geliştirme Başkanlığınca yayınlanmış olan programa göre uygundur. Yine bu programda yangın dirençli tesbit elemanları ve her kat hizasında 100 mm'lik bant halinde mineral yün yangın bariyerleri yapılması tavsiye edilmektedir [50]. Bununla birlikte genel olarak, içten yalıtımda olduğu gibi, TS 825'e göre ısı iletkenlik katsayısı (λ) 0,031 W/m²K

olan polistiren, 0,035 W/m°K olan poliüretan gibi yüksek difüzyon dirençli sentetik esaslı köpük yapıli levhalar ya da 0,040 W/m°K'lik ısı iletkenliğe sahip taş yünü, cam yünü gibi düşük difüzyon dirençli mineral lifli levhalar kullanılmaktadır [52, 54]. Ayrıca ısı yalıtımlı dış cephe panelleri kullanılması durumunda, kaplama ile ısı yalıtımı arasında yapışma önem kazanmaktadır [50].

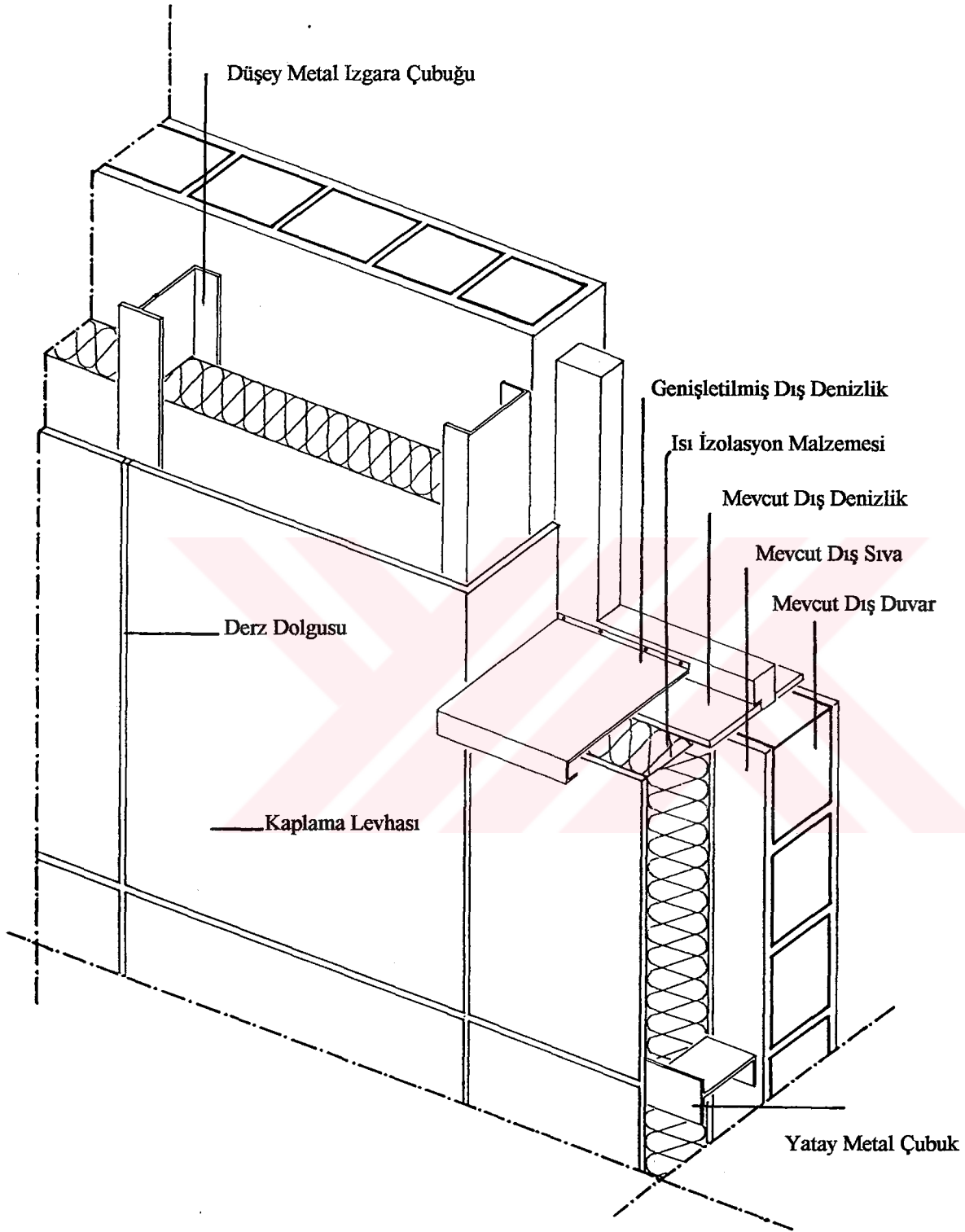
Bu sistemde de, ısı yalıtımı uygulamasında, içten ısı yalıtımında olduğu gibi ıslak ve kuru uygulamalar geçerlidir. (Şekil 6.2, Şekil 6.3).

Dış yüzeyden yenilemede, ıslak yöntem kullanılması durumunda ısı izolasyon levhaları; yapıştırma ile, çakma ya da vidalı plastik dübeller ile ve özel çıtalar ile tespit edilebilmektedir. Bu üç yöntemden en uygun olanının seçimi, yalıtım malzemesinin ve kaplamanın birim alandaki ağırlığına, bina yüksekliğine, bina yüksekliği arttıkça etkili olan rüzgarın emme ve basınç kuvvetlerine, mevcut dış duvar konstrüksiyonunun ve yüzeyinin taşıyıcılık özelliğine bağılı olarak yapılmalıdır. Yalıtım levhaları yapıştırma ile tespit edilecekse, iç yüzeyden yapılan uygulamadaki gibi, yalıtım malzemesi ile uyumlu olan, üretici firmalarca önerilen özel yapıştırıcı harçlar kullanılmalıdır. Bu harç, yalıtım uygulaması için gerekli olan düzgün bir yüzeyin elde edilmesini de sağlar. Çakma ya da vidalı dübellerle tespit yapılması halinde ise kullanılacak dübel tipi ve uzunluğu önem kazanmaktadır. Dübellerin seçimi, ısı izolasyon levhalarının kalınlığı, duvar konstrüksiyon malzemesi ve taşıyıcılığı göz önüne alınarak yapılmalıdır. Eğer ısı izolasyon levhaları özel çıtalar kullanılarak uygulanacaksa yatayda, yüzeyine yalıtım yüksekliği kadar aralıklarla “u” profili elemanlar tespit edilmelidir. Isı yalıtım levhaları, bu elemanlar içerisine yerleştirilir ve düşeyde levhaların içine giren tespit çıtaları kullanılır. Bu üç tespit şekliinden herhangi biri ile tespit edilen yalıtım levhaları üzerine özel yapıştırma harcı ve sonra sıva donatı filesi ve istenirse son kat kaplamasının daha iyi yapışması için astar olarak bir kat daha yapıştırma harcı uygulanır. Bu harç, firmalarca önerilen kuruma süresinden sonra üzerine kaplama uygulanmasına hazırdır. İstenilen kalınlık ve cinsteki son kat kaplamasının da yapılmasıyla uygulama işlemleri son bulur [53].

Kuru yöntemde ise, içten yalıtımda olduğu gibi, ilk olarak kaplamayı taşıyacak yatay, düşey ya da her iki yönde ahşap veya metal çubuklardan oluşan bir kadronaj



Şekil 6.2: Mevcut dış duvara dış yüzeyden ıslak uygulama [54]



Şekil 6.3: Mevcut dış duvara dış yüzeyden kuru uygulama [54]

sistemi yerleştirilmelidir. Isı izolasyon levhaları bu kadronaj sistemi içerisine yapıştırma ile çakma veya vidalı dübellere ile ve özel çitalarla tespit edilebilir. Bu tespit işlemi ve seçimi, yalıtımın dış yüzeyden ıslak yöntemle tespit işlemindeki gibi gerçekleşmektedir. Yalıtım malzemesinin yerleştirilmesinden sonra seçilen kaplama malzemesi (metal, taş esaslı, seramik esaslı, ahşap esaslı, mineral esaslı ya da plastik esaslı malzemeler) kadronaj sistemine çakılarak veya vidalanarak tespit edilir. Kapsama malzemesinin seçiminde fiziksel özellikler, estetik özellikler, kullanılan malzemelerle olan uyum etkili olmalıdır [54].

6.3.2. Mevcut Dış Duvara Saydam Isı İzolasyon Uygulaması

Mevcut dış duvarlara saydam ısı izolasyon uygulaması, ısıtmaya ihtiyaç duyulan dönemde güneş ışınlarından yararlanarak duvar konstrüksiyonunun sıcaklığının, buna bağlı olarak da iç yüzey ve iç mekan sıcaklığının artırılması esasına dayanmaktadır. Böylece kullanılan saydam ısı yalıtımı sonucunda, güneş ışınlarının olmadığı zamanlarda duvar konstrüksiyonundaki ısı kaybının engellenmesi, bir başka deyişle; saydam yalıtımlarla dış duvardaki solar radyasyon faydalı ısıya dönüştürülmektedir (Şekil 6.4) [54, 57].

Saydam ısı izolasyon sistemi, güneş ışınlarını yutucu bir yüzey, güneş ışınlarını geçiren ancak ısı kaybını engelleyen saydam bir ısı izolasyonu, güneş ışınlarını geçiren koruyucu bir cam ve ısıtma istenmeyen dönemde, güneş ışınlarının duvar yüzeyine ulaşmasını engelleyen bir güneş kontrol elemanı olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemle, saydam ısı izolasyonuna iletilen solar radyasyon, yüksek miktarda solar radyasyon emen dış duvar yüzeyinde ısı enerjisiye dönüştürülür ve Goetzberger'in sürekli durum teorisine göre duvar bünyesi ile saydam tabakanın ısı geçirgenlik değerleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak, az ya da çok enerji bina içerisine faydalı ısı olarak akar [54, 57].

Saydam ısı izolasyon malzemesi olarak, petek ya da kamış biçimli polikarbonat, akrilik cam gibi plastik malzemeler kullanılabilir.

Saydam ısı izolasyon uygulamasına geçilmeden önce, yutucu yüzeyi, saydam ısı izolasyonunu ve güneş kontrol elemanını içeren modüler çerçeve sistemi, binanın saydam ısı izolasyonu uygulanacak cephe ya da cephelerine tespit edilmelidir.

Saydam ısı izolasyonu uygulanmayacak olan diğer cephelere veya cephe bölümlerine dış yüzeyden ısı izolasyon uygulaması yapılmalıdır. Kullanılan bu iki farklı sistemin birleşim yerlerinde ortaya çıkabilecek ısı köprülerine karşı önlemler alınmalı ve uygun birleşimler yapılmalıdır [54].

Ancak bu sistemin uygulanabilirliği; duvar bünyesine kazandırabileceği ısıl direnç seviyesi, ekonomiklik ve birleşim yerlerinde oluşabilecek ısı köprüleri sebebiyle çok gelişmiş gözükmemektedir.

6.4. Enerji Etkin Yenileme Uygulama Örnekleri

Bu çalışmada incelenecek uygulama örneklerinden biri Ankara Batıkent İlkokulu, diğeri ise İsviçre Zürih yakınlarındaki Grüningen İlkokulu'dur.

Batıkent İlkokulu tek katlı betonarme karkas bir yapı olup, 13,5 cm delikli tuğla ve üzerine 8 cm prese tuğladan oluşmuş dış duvarlara ve ahşap doğramalı tek camlı pencerelere sahip olarak inşaa edilmiştir (Şekil 6.5).

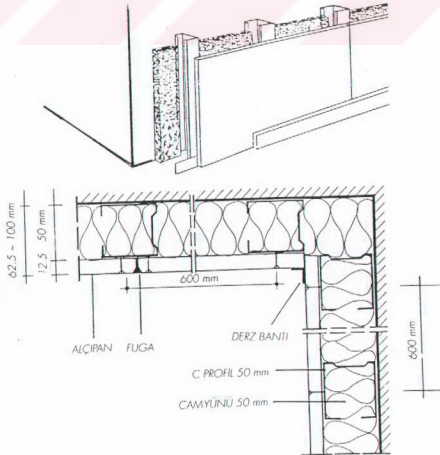


Şekil 6.5: Batıkent İlkokulu'nun yenileme öncesindeki genel görünüşü [58]

Binanın brüt alanı 332,6 m² ve kat yüksekliği ise 2,90 m'dir. Isıtma sistemi olarak doğalgaz seçilmiş olan okul binasında mevcut durumda ısı geçirgenlik değeri

pencereler için $4,5 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$, duvarlar için $1,43 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$ ve çatı için $0,55 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$ değerlerindedir. Bu değerler ile mevcut binanın saatlik ısı ihtiyacı; dış hava sıcaklığı -12^0C , derslik iç sıcaklığı 20^0C , koridor ve WC iç sıcaklıkları 18^0C alınarak 43.660 Kcal/h olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yine bu değerler ile 1992-1993 ısıtma sezonu boyunca tespit edilen fiili iç ve dış sıcaklıklarla aynı dönem için bina ısı ihtiyacı $43,9 \text{ Gcal}$ olarak bulunmuştur. Bu hesaplamada yapısal kayıp $30,4 \text{ Gcal}$, havalandırma kaybı $17,5 \text{ Gcal}$ ve öğrencilerden gelen ısı kazancı -4 Gcal 'dir. Burada bina kabuğundan kaynaklanan ısı kayıplarının yanı sıra; dersliklerin ders aralarında havalandırılması ve giriş kapısının giriş-çıkış saatlerinde açık tutulması sonucunda oluşan havalandırma kayıpları ile öğrencilerin vücut ısılarından dolayı binaya sezon boyunca sağladıkları ısı kazançları da göz önüne alınmıştır. $30,4 \text{ Gcal}$ 'lik yapısal ısı kaybının % 20'si döşemelerden, % 21'i duvarlardan, % 24'ü çatılardan ve % 35'i de pencerelerden kaynaklanmaktadır.

Batıkent İlkokulu'nda enerji etkin yenileme amacıyla çatı, pencere ve dış duvarlar iyileştirilmiş ve mevcut binaya rüzgarlık eklenmiştir. Çatıda çatı arası döşemesindeki mevcut cam yünü şilte üzerine 8 cm 'lik ek bir cam yünü ısı yalıtımı serilmiş; tüm pencerelerde kör kasalar sökülerek duvarla pencere arasında sızdırmazlık sağlanacak şekilde yenileri yerleştirilmiş, plastik esaslı çerçeveler ve $4+4 \text{ mm}$ kalınlıkta, 9 mm hava boşluklu, $2,6 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$ ısı geçirgenlik değerine sahip olan ısıcamlar takılmıştır. Dış duvarlarda ise iç yüzeyden yalıtım uygulaması yapılmıştır (Şekil 6.6).

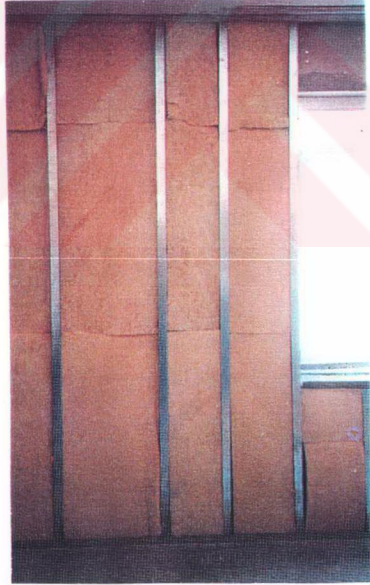


Şekil 6.6: Batıkent İlkokulu'nda dış duvar iç yüzeyine uygulanan yalıtım [58]

Mevcut dış duvarın iç yüzeyden yenilenmesi amacıyla düşeyde, modüler aralıklarla galvanizli saç profiller, iç yüzeyden vida ve dübellere tespit edilmiş (Şekil 6.7), bu profillerin aralarına 5 cm kalınlıkta cam yünü levhalar yerleştirilmiş (Şekil 6.8) ve bunun üzerine de iç yüzey kaplaması olarak alçı plakalar saç profillerle monte edilmiştir (Şekil 6.9). Alçı plakaların düşeydeki ek yerleri ile tavan birleşim derzleri, derz takviye bandı üzerine dolgu alçısı uygulanarak kapatılmış ve böylece düzgün bir duvar iç yüzeyi elde edilmiştir. Bu uygulamanın pencere üst ve yan kenarları ile olan birleşim yerleri, pencereye doğru, tek kat alçı plaka kirişe vidalanmak veya duvara alçı harcıyla yapıştırılmak suretiyle dönülmüştür. Pencere altlarındaki parapet duvarlarında ise, ısı izolasyon ve alçı plaka uygulaması denizlik seviyesinde kesilmiştir. Ayrıca dış duvarlarda cam yüzeylerin azaltılması yoluna gidilmiş ve kırıktan döşemeye kadar olan mevcut dış doğramalar sökülerek alt kısımlara gazbeton malzeme ile parapet duvarlar örülmüştür. Bu parapet duvarlarında da diğer mevcut dış duvarlarda olduğu gibi iç yüzeyden yalıtım uygulaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.7: Duvar iç yüzeyinden tespit edilen galvanizli saç profiller [58]



Şekil 6.8: Galvanizli saç profiller arasında yerleştirilen cam yünü levhalar [58]



Şekil 6.9: Cam yünü levhalar üzerine tespit edilen alçı plakalar [58]

Batıkent İlkokulu'nda enerji tasarrufu amacıyla uygulanan bütün bu yenileme işlemleri sonucunda, daha önce hesaplamalarda alınan iç ve dış sıcaklıklara bağlı kalınarak yapılan teorik hesaplamada pencerelerin ısı geçirgenlik değerinin 4,5 Kcal/m²h⁰C'den 2,6 Kcal/m²h⁰C'ye, duvarların ısı geçirgenlik değerinin 1,43 Kcal/m²h⁰C'den 0,42 Kcal/m²h⁰C'ye ve çatılarının ise 0,55 Kcal/m²h⁰C'den 0,36 Kcal/m²h⁰C'ye düştüğü görülmüştür. Yine aynı şekilde mevcut binanın 1 saatlik ısı ihtiyacında 43.660 Kcal'den 25.777 Kcal'ye kadar bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Bir başka deyişle teorik olarak binada % 41'lik bir enerji tasarrufu sağlanabileceği ortaya çıkarılmıştır. Bu tasarrufun gerçekte ne kadar olacağını bulmak üzere, 1.11.1992-30.3.1993 tarihleri arasında binaya çeşitli sıcaklık sensörleri yerleştirilmiş ve ısıtmanın gerçekleştiği 07.00-18.00 saatleri arasında bina iç ve dış ortam sıcaklıkları sürekli olarak kaydedilmiştir. Bu bilgilerin bir bilgisayar programı yardımıyla değerlendirilmesinden sonra, enerji etkin yenilenmiş bina kabuğundaki ısı kaybı 19,5 Gcal olarak bulunmuştur. Ölçümler sonucunda elde edilen verilere göre bina kabuğundaki yenileme öncesindeki 30,4 Gcal'lik ısı kaybının 19,5 Gcal'ye düştüğü ile fiili olarak % 36 oranında enerji tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte havalandırmadan kaynaklanan ısı kayıpları ile öğrencilerden kaynaklanan ısı kazançlarının sırasıyla, 17,5 Gcal ile -4 Gcal'lik yenileme

öncesindeki değerlerinde sabit kaldığı, değişmediği kabul edilmiştir. Dolayısıyla iki durum arasındaki farklı ısı ihtiyaçları bina kabuğundaki yapısal kayıplardan kaynaklanmaktadır.

Fiili ölçümlere göre, 19,5 Gcal'lik yapısal kayıp, 17,5 Gcal'lik havalandırma kaybı ve -4 Gcal'lik öğrencilerden kazanılan ısı kazancı sonucunda, bina kabuğundaki ısıtma sezonu boyunca gerçekleşen toplam ısı ihtiyacı 33 Gcal olarak bulunmuştur. Batıkent İlkokulu'nda yenileme öncesi ve sonrası ısı kayıpları karşılaştırıldığında, çatıda % 24'ten % 13'e, pencerelerde % 35'ten % 16'ya ve dış duvarlarda % 21'den % 15'e varan düşüşler görülmektedir. Döşemelerde herhangi bir yenileme yapılmadığı için % 20'lik ısı kaybı oranı her iki durum için de aynıdır. Yenileme öncesindeki 43,9 Gcal'lik ısı ihtiyacının yenileme sonrasında 33 Gcal değerine düşmesi ile fiilen % 36 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Sonuç olarak Batıkent İlkokulu'nda yapılan yenilemeler sonucunda % 41 teorik, %36 ise fiili enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir (Şekil 6.10) [58].



Şekil 6.10: Batıkent İlkokulu'nun yenileme çalışmaları sonrasındaki görünüşü [58]

Grüningen İlkokulu 20 sene önce inşaa edilmiş, yenileme öncesinde ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere enerji tüketimi çok yüksek bir bina olup 1993-1994 döneminde enerji etkin yenilenmiştir. 10 derslikli, 1170 m² ısıtılan alana sahip olan

bu binada, enerji tüketimini azaltmak ve havalandırma ile aydınlatmadaki iyileşmelerle konfor koşullarını arttırmak için yapılan yenileme işlemleri yaygın olarak uygulanmayan, kontrol edilen yapay aydınlatma ve içten ısı izolasyon uygulamalarını içermektedir. Grüningen İlkokulu'nda tatbik edilen içten yalıtım uygulamasına ek olarak, daha yaygın bir biçimde kullanılan dıştan ısı izolasyon uygulaması başlangıçta denenmiştir. Ancak bu uygulamadan; gece boyunca düşük sıcaklık isteminin daha az etkili olması, binanın mimari özelliklerinin etkilenmesi ve dış hava koşullarından koruma ihtiyacı sonucunda daha pahalı olması gibi sebeplerle vazgeçilmiştir.

Grüningen İlkokulu'nda yapılan simülasyon çalışmalarında, sıcaklık kontrolüne özen gösterilmiş ve gece, hafta sonları veya tatiller gibi binanın kullanılmadığı zamanlardaki sıcaklığı düşürmek için bir zaman sayacından yararlanılmıştır. Alınan sonuçlar göstermiştir ki; sınıflarda sadece kısa süreli kullanımlar ve düşük sıcaklık ek bir ödeme olmaksızın % 10'luk ısıtma enerjisinden kazanç sağlamaktadır. İçten yalıtım uygulamasıyla gerçekleştirilen bu durum, binanın ısısal ataleti yüzünden dıştan yalıtım uygulamasıyla söz konusu olamamaktadır.

Binada enerji etkin yenileme uygulamaları kapsamında; dış duvarlarda ve pencere şevlerinde buhar kesicili 5-8 cm taş yünü, iç duvarlarda 6 mm mantar linolyum, tavanlarda aynı zamanda akustik özellikleri de geliştiren 25 mm odun yünü levhalar, mekan daralmasını önlemek için bodrum çatısında ve en üst kat tavanında 20 cm dışarıdan uygulanan genişlemiş poliüretan ve döşeme yüzeylerinde 8 mm mantar parkeler kullanılmıştır. İç yüzeyden ısı izolasyonu takviye edilmesinde, yazın aşırı ısınmalardan kaçınmak için önlemler gerekmektedir. Bu amaçla her bir derslik, ayrı bir havalandırma sistemi ile donatılmıştır. Yapay aydınlatma ise ışık ve "occupancy" sensörler kullanılarak optimize edilmiştir.

Sonuç olarak Grüningen İlkokulu'nda enerji etkin yenileme uygulamaları için her bir derslikte yapılan harcama yaklaşık olarak 90.000 İsviçre Frangı'dır. Ayrıca yine her bir derslik için yıllık 814 lt'lik yakıttan elde edilen enerji korunumu sonucunda, enerji giderlerinin 30.000 İsviçre Frangı olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte konvansiyonel sistem olan dış yüzeyden yalıtım uygulama teknikleri ile aynı sonuçları elde edebilmek için % 30-50 daha fazla gider ortaya çıkacağı öne sürülmüştür. Enerji korunumu amacıyla yapılan harcamalar, Grüningen İlkokulu'nda

toplam giderlerin 1/3'ünü; konfor koşullarının iyileştirilmesi ve bakım ise geri kalan harcamaları oluşturmaktadır. Gröninge İlkokulu'nda derslikler için ısıtma enerjisi tüketimi, enerji etkin yenileme çalışmaları ile yaklaşık olarak % 70 oranında düşürölmüştür [59].

7. TARİHİ BİNALARDA ENERJİ KORUNUMU

Tarihi binalarda koruma amacıyla alınan önlemler, yanlış uygulamalar sonucunda, binaların mimari karakterlerine uygun olmayan değişimlerle ya da istenmeyen çeşitli kimyasal reaksiyonların ve nemin neden olduğu bozulmalar sebebiyle tarihi yapı elemanlarında oluşan ciddi hasarlarla sonuçlanabilmektedir. Bu sebeple tarihi binalardaki enerji etkin yenileme uygulamaları, diğer binaların enerji etkin yenileme uygulamalarından daha fazla dikkat ve özen gerektirmektedir.

Tarihi binaların pek çoğu, enerji korunumu sağlayan fiziksel özelliklere ve istenilen ısı performansına katkıda bulunan çeşitli donatılara sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde tarihi binalar, diğer binalara oranla ısıtma ve soğutma için daha az enerji kullanırlar ve böylece yine daha az iklimlendirmeye ilgili iyileştirmelere ihtiyaç duyarlar. Tarihi binalarda ısıtma ve soğutma giderlerini azaltmak ve ısı performansı geliştirmek amacıyla yapılan bu iyileştirme çalışmaları, pasif önlemleri ve koruyucu enerji etkin yenileme uygulamalarını içermektedir [60].

7.1. Tarihi Binalarda Enerji Korunumu Sağlayan Fiziksel Özellikler

Tarihi binalar, ısıtma, havalandırma ve aydınlatma ile ilgili doğal kaynaklardan en yüksek düzeyde faydalanılabilecek iyi geliştirilmiş fiziksel özelliklerle tasarlandıkları için daha az enerji tüketirler. Tarihi binalarda enerji korunumu sağlayan bu fiziksel özelliklerden en belirgin olanı, doğal ışık ve havalandırma sağlamak için pencerelerin kullanımıdır. Ayrıca tarihi binalarda görülen orta avlu, tepe ve çatı pencereleri de yine aynı amaca yönelik tasarlanmışlardır. Bu özellik ile taze hava ve ışık, doğal kaynaklardan maksimum yararlanılarak sağlanır ve böylece havalandırma ile aydınlatma için kullanılan enerji tüketiminden tasarruf elde edilir. Yine tarihi binalarda pencerelerin dizaynı ile, sağlayacakları ısı özelliklerinden de yararlanma yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, pencere boyutları ve sayısı, gereken ışık ve havalandırmayı sağlayacak düzeyde tutulmuş; pencerelerden gerçekleşen ısı kayıp ve

kazançlarını minimize etmek için iç ya da dışta pencere kepenkleri, jaluzi, perde veya tenteler kullanılmıştır.

Betonarme sistemin öncesinde kullanılan ağır taşıyıcı örgü duvarların ısıl ataleti, tarihi binaların sahip olduğu bir diğer fiziksel özelliktir. Bu ısıl atalet sonucunda, ısı transfer süresi uzatılarak duvarın ısıl mukavemeti geliştirilmiştir. Bir saat boyunca solar radyasyon altındaki yüksek ısıl ataletli bir duvar, dış yüzeyinden ısıyı aldıktan sonra altı saatin üzerinde bir sürede bu ısıyı içeriye vermektedir. Oysaki yine aynı şartlardaki düşük ısıl ataletli bir duvar için bu süre, iki saat kadardır [60]. Tarihi binaların ağır taşıyıcı örgü duvarlarının sağladığı bu yüksek ısıl atalet ile, modern iklimlendirme olmaksızın, yaz aylarında serin bir iç ortam elde edilebilmektedir.

Tarihi binaları enerji etkin kılan diğer fiziksel özellikleri arasında; daha çok ılıman iklimlerde, yaz aylarındaki ısı kazançlarını azlatmak için bina yüzeylerinin balkonlar kullanılarak içe çekilmesi, konsol ve kapı saçaklarının tasarlanması, rüzgardan daha çok yararlanmak için yaşama mekanlarının üst katlara alınması sayılabilir.

Tarihi binalar, enerji korunumu sağlayan fiziksel özellikleri ile diğer binalara oranla daha yüksek ısıl özelliklere sahiptirler ve daha az yenilemeye ihtiyaç duyarlar.

7.2. Pasif Önlemler

Tarihi binalarda enerji korunumu amacıyla enerji etkin yenileme uygulamalarından önce alınan pasif önlemler, herhangi bir değişim olmadan ve yeni bir malzeme eklemeyen, binanın ve mevcut bileşenlerinin işlevlerinin mümkün olduğunca etkin kılınmasını içermektedir.

Pasif önlemlerin başında etkili kontroller gelmektedir. Yapılacak bu kontrollerle, binadaki enerji kullanımının nasıl ve hangi zamanlarda gerçekleştiği araştırılıp belirlenmelidir. Böylece, binadaki enerji korunumu sağlayacak yollar ortaya konulacaktır.

Binalarda yapılması gereken etkili kontroller arasında; kışın termostatın düşürülmesi, yazın arttırılması, kullanılan mekanlardaki sıcaklıkların kontrolü, doğal aydınlatmanın maksimizasyonu, yapay aydınlatmanın azaltılması, mekanik ekipmanların azami verimle çalışabilmeleri için bakımlarının düzenli olarak

yapılmasının kontrolü ve radyatörlerin, hava menfezlerinin temizlenmesi sayılabilir [60, 61].

Tarihi binalarda, alınacak sözü geçen bu pasif önlemlerle yaklaşık % 30 oranında yeni bir malzeme kullanılmaksızın ve herhangi bir değişiklik olmaksızın enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [60].

7.3. Koruyucu Enerji Etkin Yenileme

Tarihi binalarda enerji korunumu elde etmek için yukarıda bahsedilen pasif önlemlere ek olarak, bazı koruyucu enerji etkin yenileme çalışmaları da yapılmaktadır. Bu yenilemelerle binanın ısı performansını iyileştirilerek, % 20-% 30 arasında bir diğer enerji tasarrufu daha sağlanabilmektedir. Ancak bu yenileme çalışmaları sırasında; binanın tarihi karakteristiğini bozacak uygun olmayan değişikliklerden (tarihi özellikli pencerelerin kaldırılması, önemli mekanlara asma tavan yerleştirilmesi vb.) kaçınmaya, alınacak yenileme önlemlerinin neme bağlı bozulma ve problemlere sebep olmamasına, uygulanacak malzemelerin kimyasal ve fiziksel olarak mevcut malzemelerle uyum sağlamasına dikkat edilmelidir [60].

Koruyucu enerji etkin yenileme önlemlerine başlamadan önce, binada mevcut olan fiziksel özellikler araştırılmalı; çatı, duvar gibi temel yapı bileşenleri hangi yapı sisteminin ve varsa hangi izolasyonun kullanıldığının belirlenmesi için kontrol edilmelidirler. Ayrıca bina elemanlarının geçirgenliği (kapı, pencere, döşeme ve tavanın duvarla birleştiği noktalardaki hava sızdırması) tespit edilmelidir.

Bütün bu çalışmalardan sonra, tarihi binalarda, tarihi karakteristiği tehlikeye atmayacak ve ekonomik olan enerji etkin yenileme uygulamasına karar verilmelidir.

Tarihi binalarda uygulanabilecek enerji etkin yenileme çalışmaları arasında;

- Hava sızdırmazlığın sağlanması,
- Çatı katının yalıtılması,
- Bodrum katının ve tesisat boşluğunun yalıtılması,
- Boru izolasyonu,
- Tente ve gölge sağlayıcı önlemlerin alınması,
- Giriş holü, rüzgarlık oluşturulması,
- Pencere ve kapıların yenilenmesi,

- Duvarların yalıtılması,
 - Duvarlarda su geçirmez kaplama kullanılması
- sayılabilmektedir [60, 61].

Ancak bu uygulamalardan ilk dördü dışındaki yenilemeler tarihi binalarda çeşitli sebeplerle tavsiye edilen önlemler değildir. Çünkü örneğin gölge elde etmek amacıyla sıcak iklimlerde ağaçların sonradan bina çevresine yerleştirilmesi pahalı bir uygulamadır. Giriş holü, rüzgarlık oluşturulması, mevcut pencere ve kapıların yenilenmesi ise, bina görsel ve tarihi özelliklerinde değişime sebep olmaktadır. Kuru duvar konstrüksiyonunun ıslak (nemli) duruma göre daha yüksek ısı direncine sahip olacağı düşüncesiyle duvarlarda su geçirmez kaplamaların kullanılması, konstrüksiyon içerisinde nemin tutulmasına ve bu sebeple çeşitli bozulmaların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [60].

7.3.1. Tarihi Binalarda Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi

Tarihi binaların dış duvarlarının iç yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek yenilenmesi iç yüzeydeki korniş gibi önemli mimari dekorasyon elemanlarının tahrip olmasına ya da yer değişimine neden olması sebebiyle tercih edilen bir uygulama değildir. Tarihi binalarda duvarların iç yüzeyden enerji etkin yenilenmesi, ancak soğuk bir iklimdeki büyük ve içte mimari özellikleri ve önemi olmayan mekanlara sahip binalar için tavsiye edilebilmektedir. Bu durumda ısı yalıtım malzemesi ahşap ya da örme duvarlara tutturulmaktadır. İçten buhar kesicili rijit ya da örtü izolasyon malzemeleri, bu uygulamada kullanılabilmektedir. Ancak rijit plastik köpük izolasyonların seçilmesi durumunda yanmaz, ateşe dayanıklı bir kaplama uygulanmalıdır. Çünkü rijit plastik köpükler yandıklarında çevreye yoğun bir duman vermekte ve ateşin çabuk yayılmasına sebep olmaktadır [60, 61].

Tarihi binaların dış duvarlarının dış yüzeyden ısı izolasyon malzemesi eklenerek yenilenmesi de, iç yüzeyden yapılan yalıtım takviyesi gibi, tavsiye edilen bir uygulama değildir. Bu durumun başta gelen sebeplerinden biri, uygulanan izolasyonun, silmeli yalıtım, korniş, pencere, kapı ve çatı süslemeleri gibi dekoratif özelliklere hasar verebilmesi ve çeşitli değişikliklere neden olmasıdır. Son zamanlarda, uzun vadede bakımı azaltmak ve duvar konstrüksiyonunun ısı performansını geliştirmek için tarihi binaların ahşap yüzeylerine yerleştirilen

alüminyum veya vinil kaplamaların kullanımında bir artış görülmektedir. Ancak tarihi binaların yüzeylerinde yapay kaplamaların kullanımı da, uygun ve iyi bir seçim değildir. Çünkü yüzeyde kullanılan bu kaplamalar, mevcut ya da potansiyel çürüme problemlerini ve böcek istilalarını gizlemektedirler ve ayrıca bu kaplamaların duvarın ısı performansındaki katkısı maliyetiyle kıyaslandığında oldukça önemsiz kalmaktadır.

Ayrıca tarihi binalarda, amonyum ve alüminyum sülfatı yangın geciktirici olarak kullanan selüloz izolasyonların kullanımı da çeşitli problemlere sebep olabilmektedir. Çünkü sülfatlar havanın nemi ile reaksiyona girerek, tuğla, ahşap ve özellikle metal elemanlarda hasara neden olan sülfürik asidi oluşturlar. Sülfürik asit oluşumunun ileri bir sonucu ise, bu tip selüloz yalıtımlarla izole edilen bir binanın, strüktürel bağlantılarındaki zayıflama sebebiyle çökmesidir [60].

Sonuç olarak, tarihi binalarda enerji korunumu için yapılabilecek yenileme çalışmaları, tarihi özellikler sebebiyle diğer mevcut binalardan ayrılmakta ve uygulamalar daha çok, yeni bir malzeme eklemeksizin mevcut durumun iyileştirilmesinde yoğunlaşmaktadır.

8. İSTANBUL'DAKİ MEVCUT BİNALARIN YALITIMSIZ DIŞ DUVARLARININ ENERJİ ETKİN YENİLENMESİNDE KULLANILABİLECEK ISI İZOLASYON MALZEMESİ KALINLIKLARI

İstanbul'daki mevcut binaların pek çoğu, yetersiz ısı izolasyon seviyeleri ya da hiç yalıtımsız bünyeleriyle enerji etkin yenilenmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Özellikle çok katlı binalar dikkate alındığında, ısı kayıplarının büyük bir bölümünün yalıtımsız veya az yalıtımlı dış duvar elemanlarından kaynaklandığı görülmektedir. Bu sebeple İstanbul'daki mevcut binaların yetersiz ısı dirençli dış duvarlarının bir ısı izolasyon malzemesi ile enerji etkin yenilenmesi, istenilen iç ısısal konforun, ısıtma için aşırı enerji tüketimi olmadan sağlanmasında büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Nisan 1998'de yenilenen TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" kapsamında ikinci bölgede yer alan İstanbul ili için, yalıtımsız dış duvarlara sahip mevcut binaların, dış duvarlarının iç ve dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi ile enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek çeşitli ısı izolasyon malzemeleri için minimum kalınlıkların tespit edilmesidir. Hesaplarda, farklı çekirdek malzemelerine ve farklı iç ve dış sıvalara sahip olası dış duvarlar, en düşük ısı dirençli yani yalıtımsız şekilleriyle kabul edilmişlerdir. Ayrıca iç yüzeyden yenilemede yüksek su buharı difüzyon direnç katsayılı ısı izolasyon malzemeleri, dış yüzeyden yenilemede ise düşük su buharı difüzyon direnç katsayılı ısı izolasyon malzemeleri çeşitli kaplama malzemeleri ile kullanılmışlardır.

8.1. Hesap Yöntemi

Yapılan hesaplarda, Nisan 1998 tarihli TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına uyulmuş; malzemelerin birim hacim ağırlıkları, ısı iletkenlik hesap değerleri TS 825 Ek 5'ten, İstanbul'un da dahil olduğu ikinci bölge için tavsiye edilen duvar bünyesinin ısı geçirgenlik değeri ($U_{Dstd}=0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) ise, yine aynı standardın Ek 1-C bölümünden alınmıştır.

d (m) : Malzeme kalınlığı,

λ_h (W/mK) : Isı iletkenlik hesap katsayısı,

U_D (W/m²K) : Duvarın ısı geçirgenlik değeri

olmak üzere “n” tane katmandan oluşan mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik direnci; denklem (8.1.)’deki eşitlikle ifade edilir.

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (8.1.)$$

Bütün hesaplamalarda, TS 825 standardına göre iç yüzey ısı iletim direnci ($1/\alpha_i$) 0,13 m²K/W ve dış yüzey ısı iletim direnci ($1/\alpha_d$) 0,04 m²K/W olarak kullanılmıştır.

Mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik değeri (U_D) ise, (8.2.) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (8.2.)$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen mevcut duvar bünyesinin ısı geçirgenlik değeri (U_D), TS 825 standardında II. bölge için verilen 0,60 W/m²K’lik ısı geçirgenlik değerinin altında ise; söz konusu duvar konstrüksiyonu için enerji etkin yenileme uygulamasına ihtiyaç yoktur. Ancak eğer bu değer aşıyorsa, aşırı enerji tüketimi olmadan iç ısısal konforun geliştirilmesi için, mevcut duvar konstrüksiyonunun enerji etkin yenilenmesi yoluna gidilmelidir. Bu çalışmada ele alınan gazbetonlu, düşey delikli ya da yatay delikli tuğlalardan meydana gelen bütün olası duvar konstrüksiyonları için hesaplanan duvar bünyesinin ısı geçirgenlik değeri (U_D), 0,60 W/m²K değerinin üzerindedir. Dolayısıyla söz konusu duvarlar için enerji etkin yenileme çalışmaları gerekmektedir.

Bu çalışmada, enerji etkin yenileme sonrasında ortaya çıkacak olan yeni duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik değerinin, 0,60 W/m²K değerinden küçük olması için, kullanılabilecek çeşitli ısı izolasyon malzemelerinin minimum kalınlıkları hesaplanmıştır.

$d_{\min}$ (m) :Uygulanacak ısı izolasyon malzemesi minimum kalınlığı,
 $\lambda_{h_{yal}}$ (W/mK) :Uygulanacak ısı yalıtım malzemesi ısı iletkenlik hesap katsayısı,
 d_{kap} (m) :Uygulanacak kaplama malzemesi kalınlığı,
 $\lambda_{h_{kap}}$ (W/mK) :Uygulanacak kaplama malzemesi ısı iletkenlik hesap katsayısı
 olmak üzere yenileme sonrasındaki duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik direnci $(\frac{1}{\Lambda'})$, (8.3.) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\frac{1}{\Lambda'} = \frac{1}{\Lambda} + \frac{d_{\min}}{\lambda_{h_{yal}}} + \frac{d_{kap}}{\lambda_{h_{kap}}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (8.3.)$$

U_D' (W/m²K) yani enerji etkin yenileme sonrasındaki duvar konstrüksiyonunun ısı geçirgenlik değeri ise, (8.3.)'deki denklemden yararlanılarak (8.4.)'deki eşitlik ile elde edilmiştir.

$$U_D' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda'} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (8.4.)$$

$$U_D' \leq U_{D_{std}} \quad (8.5.)$$

(8.5.) eşitsizliğinde $U_{D_{std}}$ değeri yerine, ikinci bölge için geçerli olan 0,60 W/m²K'lik duvar ısı geçirgenlik değeri konularak ve üstte verilen (8.4.) eşitliğinden yararlanılarak; uygulanacak olan ısı izolasyon malzemesinin minimum kalınlığı ($d_{\min}$) hesaplanmıştır.

Her bir çekirdek malzemesi için örnek hesaplamalar Ek A, Ek B ve Ek C'de sunulmuştur.

8.2. Olası Duvar Konstrüksiyonları ve Malzeme Özellikleri

Bu çalışmada, çekirdek malzemesi gazbeton, düşey delikli tuğla ya da yatay delikli tuğla olan duvar konstrüksiyonları, farklı iç ve dış sıvalarla birlikte hesaplamalarda yer almıştır. Mevcut dış duvar konstrüksiyonlarında olası iç sıva olarak 2 cm kalınlığında kireç sıva, alçı sıva ile anorganik esaslı hafif agregalı sıvalar; olası dış sıva olarak ise 3 cm kalınlığında kireç sıva, çimento sıva ve yine anorganik esaslı hafif agregalı sıvalar kabul edilmiştir. Çekirdek malzemeleri ile farklı iç ve dış sıvalara bağlı olarak, çeşitli mevcut duvar kombinasyonları oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar, çekirdek malzemesi gazbeton olan duvarlar için D_{G1} , D_{G2} , D_{G3} , D_{G4} , D_{G5} , D_{G6} , D_{G7} , D_{G8} , D_{G9} şeklinde; düşey delikli tuğladan duvarlar için D_{DT1} , D_{DT2} , D_{DT3} , D_{DT4} , D_{DT5} , D_{DT6} , D_{DT7} , D_{DT8} , D_{DT9} şeklinde ve yatay delikli tuğladan duvarlar için D_{YT1} , D_{YT2} , D_{YT3} , D_{YT4} , D_{YT5} , D_{YT6} , D_{YT7} , D_{YT8} , D_{YT9} şeklinde kodlanmıştır.

Hesaplarda kullanılan, birim hacim ağırlığı 800 kg/m^3 , ısı iletkenlik hesap katsayısı $0,29 \text{ W/mK}$ olan 20 cm'lik gazbetondan oluşan duvarlar için ısı geçirgenlik değerleri (U_D), farklı iç ve dış sıvalara bağlı olarak; $1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile $1,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ arasında değişmektedir. Gazbetondan olası mevcut dış duvar konstrüksiyonları ve ısı geçirgenlik değerleri Ek D Tablo D.1'de verilmiştir.

Çekirdek malzemesi; birim hacim ağırlığı 1400 kg/m^3 ve ısı iletkenlik hesap katsayısı $0,58 \text{ W/mK}$ olan 19 cm kalınlığındaki düşey delikli tuğladan oluşan duvarlar göz önüne alındığında, yine farklı iç ve dış sıvalara bağlı olarak duvar konstrüksiyonlarının ısı geçirgenlik değerleri (U_D) $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile $1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ arasında yer almaktadır. Düşey delikli tuğla duvar konstrüksiyonları ile sahip oldukları ısı geçirgenlik değerleri Ek D Tablo D.2'de sunulmuştur.

Aynı şekilde birim hacim ağırlığı $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$ ve ısı iletkenlik hesap katsayısı $0,45 \text{ W/mK}$ olan 19 cm'lik yatay delikli tuğlalardan meydana gelen duvarlar için ise, duvar bünyesinin ısı geçirgenlik değeri (U_D), farklı iç ve dış sıvaların kullanıldığı durumlarda $1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile $1,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ arasındadır. Çekirdek malzemesi yatay delikli tuğla olan mevcut dış duvar olasılıkları ve ısı geçirgenlik değerleri Ek D Tablo D.3'de görülmektedir.

Söz konusu mevcut dış duvar konstrüksiyonlarının iç yüzeyden yenilenmesinde yüksek su buharı difüzyon dirençli ısı izolasyon malzemeleri (polistiren ve poliüretan sert köpükler ve cam köpüğü); dış yüzeyden yenilenmesinde ise düşük su buharı difüzyon dirençli ısı izolasyon malzemeleri (cam yünü ve taş yünü) seçilmiştir. Yalıtım malzemelerinin ve oluşacak yeni duvar konstrüksiyonunun nem performansı göz önüne alındığında; eğer cam yünü gibi düşük su buharı difüzyon dirençli yalıtımlar iç yüzeye ya da cam köpüğü gibi yüksek su buharı difüzyon dirençli yalıtımlar dış yüzeye uygulanacak olursa, yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri, yüksek miktarlardaki nem sonucu artmaktadır [22]. Bir başka deyişle; tam tersi durumlarda, yani polistiren, cam köpüğü gibi yüksek su buharı difüzyon dirençli yalıtımların dış yüzeyde kullanılması halinde yalıtım malzemelerinin iç yüzeyinde; cam yünü, taş yünü gibi düşük su buharı difüzyon dirençli yalıtımların iç yüzeyde kullanılması halinde ise yalıtım malzemeleri içerisinde yoğuşma meydana gelmektedir. Böyle durumlarda yoğuşma riskine karşı önlem olarak, ısı izolasyon malzemesinin sıcak tarafına yeterli buhar difüzyon direncine sahip bir buhar kesici malzeme yerleştirilmelidir.

Kaplama malzemesi olarak iç yüzeyden yenilemede farklı ısı iletkenlik değerlerindeki kireç sıva, alçı sıva ve anorganik esaslı hafif agregalı sıvalar ile kontrplak ve ahşap yonga levha; dış yüzeyden yenilemede ise kireç sıva, çimento sıva, anorganik esaslı hafif agregalı sıva ve genişlemiş perlit agregalı sıvalar hesaplarda kullanılmıştır. Bütün iç yüzeyden yenilemelerde kaplama malzemeleri 2 cm kalınlığında, dış yüzeyden yenilemelerde ise 3 cm kalınlığında kabul edilmişlerdir (Tablo 8.1, Tablo 8.2).

8.3. Hesaplama Sonrasında Değerlendirme

Hesaplamalar sonrasında elde edilen; İstanbul'un da dahil olduğu ikinci bölge için; farklı çekirdek malzemelerine ve iç ve dış sıvalara sahip duvar tiplerinin, iç ve dış yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek çeşitli yalıtım malzemelerinin minimum kalınlıkları Ek E Tablo E.1., Tablo E.2. ve Tablo E.3.'de sunulmuştur.

Tablo 8.1: Binaların mevcut dış duvarlarının iç yüzeyden enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek malzemeler

	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d/ λ Değeri (m ² K/W)
KAPLAMA MALZEMESİ				
Kireç Sıva	1800	0,02	0,870	0,023
Alçı Sıva	1400	0,02	0,700	0,029
Anorg. Hafif Agr. S.	1000	0,02	0,380	0,053
Kontraplak	800	0,02	0,130	0,154
Ahşap Yonga Levha	700	0,02	0,170	0,118
ISI İZOLASYON MALZEMESİ				
Polistiren Sert Köpük	> 20	d	0,031	d/0,031
Cam Köpüğü	100-500	d	0,052	d/0,052
Poliüretan Sert Köpük	≥ 30	d	0,035	d/0,035

Tablo 8.2: Binaların mevcut dış duvarlarının dış yüzeyden enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek malzemeler

	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Katsayısı λ_h (W/mK)	d/ λ Değeri (m ² K/W)
KAPLAMA MALZEMESİ				
Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034
Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021
Anorg. Hafif Agr. S.	1000	0,03	0,38	0,079
Gen. Perlit Agregalı S.	800	0,03	0,29	0,103
ISI İZOLASYON MALZEMESİ				
Cam Yünü	8-500	d	0,04	d/0,040
Taş Yünü	8-500	d	0,04	d/0,040

Hesaplamalarda kullanılan farklı çekirdek malzemelerinden oluşan mevcut duvar konstrüksiyonlarının ısı geçirgenlik değerleri (U_D) incelendiğinde; en yüksek ısıl direnci gösteren duvarların, en düşük ısı iletkenlik hesap katsayısına sahip olan gazbetondan meydana gelen duvarlar olduğu görülmektedir. Aynı çekirdek malzemesine sahip farklı duvar tipleri arasında ise, farklı ısı iletkenlik değerlerindeki iç ve dış sıvalara bağlı olarak, en iyi ısıl direnci gösteren mevcut duvar tipi her iki yüzeyden anorganik esaslı hafif agregalı sıvayla kaplanmış olan duvarlardır (D_{G9} , D_{DT9} , D_{YT9}). Aynı çekirdek malzemesine sahip farklı duvar tipleri arasında en düşük

ısı dirence sahip olan duvar tipi ise, iç yüzeyinde kireç sıva, dış yüzeyinde ise çimento sıva içeren duvarlardır (D_{G2} , D_{DT2} , D_{YT2}).

Genel olarak hesaplamalarda yer alan iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenileme çalışmalarına bakıldığında, her duvar tipi için; iç yüzeyden polistiren sert köpüklerle yenileme ile İstanbul için en düşük izolasyon kalınlıklarına ulaşılmıştır. Bu durum polistiren sert köpüklerin sahip olduğu 0,031 W/mK'lik düşük ısı iletkenlik katsayısından kaynaklanmaktadır. Yine aynı şekilde, 0,052 W/mK'lik yüksek ısı iletkenlik değerine paralel olarak cam köpüğü ile iç yüzeyden yenilemelerde en yüksek izolasyon kalınlıkları ortaya çıkmıştır.

Önceden belirlenmiş olan mevcut bir dış duvar tipi için, içten yenilemelerde kullanılan farklı kaplama malzemeleri açısından bir değerlendirme yapıldığında, kaplama malzemelerinden en düşük kalınlıklarda yalıtım gerektirenin kontraplak; yüksek kalınlıklarda yalıtım gerektirenin ise kireç sıva olduğu görülmektedir. Dıştan yenilemeler söz konusu olduğunda en düşük kalınlıkta yalıtım gerektiren kaplama perlit agregalı sıva; en yüksek kalınlıkta yalıtım gerektiren kaplama ise çimento sıvadır.

Sonuç olarak İstanbul'un da dahil olduğu ikinci bölgede; farklı kaplama malzemelerine bağlı olarak, kabul edilmiş olan mevcut duvar tipleri için, iç yüzeyden yenilemelerde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon kalınlıkları;

- Polistiren sert köpükler için 1,6 cm ile 3,4 cm arasında,
- Cam köpüğü için 2,7 cm ile 5,7 cm arasında,
- Poliüretan sert köpükler için ise 1,8 cm ile 3,9 cm arasındadır.

Aynı değerler dış yüzeyden yenilemelerde;

- Taş yünü ve cam yünü yalıtımlar için ise 2,3 cm ile 4,4 cm arasında değişmektedir.

Ancak hesaplamalar sonucunda elde edilen Ek E Tablo E.1, Tablo E.2 ve Tablo E.3'de görülen minimum izolasyon kalınlıklarının (d_{min}), piyasada bulunan yalıtım malzemeleri kalınlıklarına uyarlanması gerekmektedir. Dolayısıyla piyasadaki yalıtım malzemeleri kalınlıkları göz önüne alındığında; farklı çekirdek ve kaplama malzemelerine göre, ikinci bölgede iç yüzeyden enerji etkin yenilemelerde önerilen minimum polistiren sert köpük kalınlıkları 2 cm, 3 cm ya da 4 cm; cam köpüğü

kalınlıkları 4 cm, 4,5 cm, 5 cm ya da 6 cm; poliüretan sert köpük kalınlıkları ise 2 cm, 3 cm ya da 4 cm olarak değişmektedir. Aynı şekilde dış yüzeyden enerji etkin yenilemelerde cam yünü ve taş yünü yalıtımlar için önerilen minimum izolasyon kalınlıkları 3 cm ya da 5 cm'dir. Piyasadaki yalıtım malzemeleri kalınlıkları dikkate alındığında, önerilen minimum kalınlıklar genel olarak Tablo 8.3'te sunulmuştur. Bu tabloda, bir yalıtım malzemesi için görülen farklı kalınlıklar, mevcut duvar bünyesinin sahip olduğu farklı kaplama malzemeleri ile yenilemede kullanılan farklı kaplama malzemelerinden kaynaklanmaktadır. İstanbul'un da içerisinde bulunduğu ikinci bölge için, farklı duvar konstrüksiyonlarına bağlı olarak mevcut binaların dış duvarlarının enerji etkin yenilenmesinde elde edilen hesaplamalar sonrasında önerilen minimum izolasyon malzemeleri kalınlıkları daha detaylı olarak Ek F Tablo F.1, Tablo F.2 ve Tablo F.3'de görülmektedir.

Tablo 8.3: Piyasadaki yalıtım malzemeleri kalınlıklarına göre ikinci bölgedeki olası dış duvar konstrüksiyonlarının yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

Çekirdek Malzemesi	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Dış Yüzeyden Yenilemede Önerilen Min. Isı İzolasyon Malzemesi Kalınlıkları d_{min}		İç Yüzeyden Yenilemede Önerilen Min. Isı İzolasyon Malzemesi Kalınlıkları d_{min}	
Gazbeton	1,01-1,11	Taş Yünü ve Cam Yünü	3 cm	Polistiren Köpük	2 cm, 3 cm
				Cam Köpüğü	4 cm
				Poliüretan Köp.	2 cm, 3 cm
D. Delikli Tuğla	1,59-1,85	Taş Yünü ve Cam Yünü	5 cm	Polistiren Köpük	3 cm, 4 cm
				Cam Köpüğü	5 cm, 6 cm
				Poliüretan Köp.	4 cm
Y. Delikli Tuğla	1,38-1,57	Taş Yünü ve Cam Yünü	5 cm	Polistiren Köpük	3 cm, 4 cm
				Cam Köpüğü	4,5cm, 5cm, 6cm
				Poliüretan Köp.	3 cm, 4 cm

Göz önüne alınan duvar tipleri, farklı yalıtım ve kaplama malzemeleri ile iç ve dış yüzeyden yenileme çalışmaları kapsamında değerlendirildiğinde; yenilemede kullanılacak olan ısı izolasyon malzemesi kalınlığının, mevcut duvarın ısı direncine, kullanılacak kaplama malzemesi ile yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değerlerine bağlı olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle mevcut duvar konstrüksiyonunun ısı direnci arttıkça ve yenilemede kullanılacak olan kaplama malzemesi ile yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri azaldıkça, gereken ısı izolasyon malzemesi kalınlığı da azalmaktadır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve enerji korunumu üzerinde etkili çözümlerden biri olan binalarda ısı izolasyonu uygulama çalışmaları dünyada özellikle 1900'li yılların ortalarında, Türkiye'de ise gecikmeyle de olsa 1990'lardan itibaren önem kazanmaya başlamıştır. Avrupa ülkeleriyle ülkemiz arasında ısı izolasyon seviyeleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında bu gecikme sonucunda her yıl ortaya çıkan aşırı ve gereksiz enerji tüketimi ve ülkemizdeki yetersizlikler rahatlıkla fark edilmektedir. Türkiye'nin birincil enerji kaynakları açısından dışa bağımlı bir ülke olması, enerji korunumu ve enerjinin etkin kullanımı konularında gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu hale getirmektedir. Türkiye'de tüketilen enerjinin en büyük bölümü, konutlarda ısıtma ihtiyacını gidermek amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizdeki binaların çoğunluğunun ısı izolasyonu açısından yetersiz olması veya hiç yalıtımsız olması; ya düşük iç ortam sıcaklığı sebebiyle yetersiz iç konfor koşullarına ya da bu konfor koşullarının sağlanabilmesi için aşırı enerji tüketimine neden olmaktadır.

Binalarda ısıtma amacıyla harcanan aşırı enerjinin azaltılması için; hem yeni inşaa edilen binalarda ısı izolasyon uygulaması yapılması, hem de mevcut binaların enerji etkin yenilenmesi gerekmektedir. Binaların özellikle dış duvar opak bileşenlerinin bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek enerji etkin yenilenmesi maliyet açısından en ekonomik iyileştirmedir. Yine bu uygulama, ısı kaçışlarının en çok gerçekleştiği elemanların dış duvar opak bileşenleri olması nedeniyle en etkili önlem olarak da karşımıza çıkmaktadır.

Genel olarak binaların belli bir katı, bölümü, mekanı ya da belli bir duvarı enerji etkin yenilenecekse dış duvarın iç yüzeyinden; bütün bina yenilenecekse dış yüzeyinden ısı izolasyon malzemesi uygulanmaktadır. İç yüzeyden yenilemelerde yüksek su buharı difüzyon dirençli ısı yalıtım malzemeleri; dış yüzeyden yenilemelerde ise düşük su buharı difüzyon dirençli ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır.

İç yüzeyden yenilemelerde düşük su buharı difüzyon dirençli yalıtımların kullanılması durumunda, yalıtım malzemesi içerisinde yoğuşma görülmektedir. Aynı şekilde, dış yüzeyden yenilemelerde yüksek su buharı difüzyon dirençli yalıtımların kullanılması halinde ise, yalıtım malzemesinin iç yüzeyinde yoğuşma meydana gelmektedir. Bu tür uygulamalarda, yoğuşma riskine karşı ısı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici bir malzeme yerleştirilmelidir.

Mevcut dış duvar opak bileşeninin iç yüzeyden enerji etkin yenilenmesinde uygulama kolaylığı olmasına rağmen, betonarme elemanların yalıtılmaması sebebiyle ısı köprüleri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu sistemde yeni duvar konstrüksiyonuna bağlı olarak pencere denizliklerinde problemler çıkmakta, mevcut denizliklerin yeni duvar konstrüksiyonuyla birlikte kullanılması mümkün olmamakta ve yenilenmeleri gerekmektedir.

Dış yüzeyden enerji etkin yenileme ise, daha çok konut yapıları gibi uzun süreli kullanılan yapılarda tercih edilmektedir. Çünkü bu sistemle oluşan yeni duvar konstrüksiyonunun ısı depolama kapasitesi daha fazladır. Ancak bu uygulamada da uygulama zorluğu, iskele kurma zorunluluğu ve daha yüksek bir maliyet karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak her iki sistemin de sahip olduğu avantajlar ve dezavantajlar mevcuttur. Doğru ve uygun sistemin seçimi, ancak uygulama yerinin özellikleri ve gerektirdiği önceliklerin göz önüne alınıp değerlendirilmesiyle mümkündür.

Tarihi binalar söz konusu olduğunda enerji etkin yenileme çalışmaları, diğer enerji etkin yenileme çalışmalarından farklılaşmaktadır. Bu binalarda enerji korunumuna yönelik uygulamalar, daha çok mevcut durumun herhangi bir yeni malzeme eklenmeden iyileştirilmesinde toplanmaktadır. Bu amaçla tarihi özellik taşıyan binalarda öncelikle, pasif önlemler ile binanın ve mevcut bileşenlerinin işlevlerinin olabildiğince etkin kılınmasına çalışılmalıdır. Böylece iyi geliştirilmiş fiziksel özelliklere sahip olan ve daha az enerji tüketen bu binalarda; tarihi ve dekoratif özelliklere zarar vermeden enerji korunumu sağlanabilmektedir. Tarihi binalarda pasif önlemlere ek olarak koruyucu enerji etkin yenileme uygulamaları da gerçekleştirilmektedir. Ancak bu uygulamalardan olan mevcut dış duvarın iç ya da dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi ile enerji etkin yenilenmesi uygulamaları;

binanın tarihi ve dekoratif özelliklerine zarar vererek değişimlere sebep olması nedeniyle tavsiye edilmemektedir.

Bu çalışmada İstanbul'da yalıtımsız dış duvarlara sahip binaların; dış duvar opak bileşenlerinin iç veya dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi ile yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım malzemeleri kalınlıkları araştırılmıştır. Bu amaçla gazbeton, yatay ve düşey delikli tuğla çekirdeğe sahip çeşitli duvar konstrüksiyonları oluşturulmuş ve bütün olasılıkların ısı geçirgenlik değerlerinin, TS 825'te İstanbul'un dahil olduğu ikinci iklim bölgesi için verilen standart değer üzerinde olduğu görülmüştür.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, ikinci iklim bölgesindeki söz konusu duvar konstrüksiyonlarından gazbeton çekirdeğe sahip binaların iç yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları

- Polistiren sert köpükler için 2 cm ve 3 cm,
- Poliüretan sert köpükler için 2 cm ve 3 cm,
- Cam köpüğü için 4 cm;

dış yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları ise,

- Cam yünü ve taş yünü levhalar için 3 cm'dir.

Aynı şekilde söz konusu duvar konstrüksiyonlarından düşey delikli tuğla çekirdeğe sahip binaların iç yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları

- Polistiren sert köpükler için 3 cm ve 4 cm,
- Poliüretan sert köpükler için 4 cm,
- Cam köpüğü için 5 cm ve 6 cm;

dış yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları ise,

- Cam yünü ve taş yünü levhalar için 5 cm'dir.

Son olarak söz konusu duvar konstrüksiyonlarından yatay delikli tuğla çekirdeğe sahip binaların iç yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları

- Polistiren sert köpükler için 3 cm ve 4 cm,
- Poliüretan sert köpükler için 3 cm ve 4 cm,
- Cam köpüğü için 4,5 cm, 5 cm ve 6 cm;

dış yüzeyden yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum yalıtım kalınlıkları ise,

- Cam yünü ve taş yünü levhalar için 5 cm'dir.

Bu değerler hesaplamalarda ele alınan duvar konstrüksiyonunun sahip olduğu farklı kaplama malzemelerine ve yine, yenilemede kullanılan farklı kaplamalara göre değişmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda görülmektedir ki; İstanbul'da söz konusu duvar konstrüksiyonlarının yenilenmelerinde en ince yalıtım kullanabilme olanağı, polistiren ve poliüretan sert köpüklerle mümkün olabilmektedir. Buna karşılık daha sıcak duvar iç yüzeylerinin elde edilmesinde çözüm olarak sunulan ısı tutucu boyaların yenileme çalışmalarında kullanımı; d/λ değerlerinin çok küçük olması sebebiyle, yalıtım malzemesi kalınlıklarında etkili bir incelmeyi sağlayamamaktadır. Söz konusu boyalar içerdikleri küf öldürücü maddeler sonucunda, daha çok küf ve mantar oluşumuna karşı bir çözüm olarak gözükmektedirler.

Sonuç olarak Türkiye'deki mevcut binaların özellikle dış duvar opak bileşenlerinin ısı izolasyon eksikliklerinin giderilmesi, eğer mevcut değilse enerji etkin yenilenmeleri, enerjinin etkin kullanımı ve korunumu açısından hızla yerine getirilmesi gereken bir konudur. Bu amaçla, devlet tarafından gereken denetim mekanizması çalıştırılmalı ve yasal destek kanun ve yönetmeliklerle sağlanmalıdır.

9.1. Öneriler

Bu çalışma ile, mevcut binaların enerji etkin yenilenmelerinde, dış duvar opak bileşenlerinin iç ya da dış yüzeyden bir ısı izolasyon malzemesi eklenerek yenilenmesi uygulamalarının en etkin yenilemeler olduğu sonucuna varılmıştır. Dış duvar opak bileşenlerinin enerji etkin yenilenme uygulamalarından bir diğeri olan saydam ısı izolasyonu uygulamasının ise; mevcut duvar bünyesine kazandırabileceği ısı direnç miktarı geliştirilmeli; iki farklı sistemin bir arada kullanılması sebebiyle birleşim yerlerinde oluşabilecek ısı köprülerine karşı çözümler getirilmelidir. Ayrıca ısı tutucu boyaların, dış duvarın iç yüzeyden enerji etkin yenilenme uygulamalarında daha etkin kullanımları ile duvar bünyesine daha fazla ısı direnç kazandırmalarının yolları araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Dağsöz , A. K.**, 1991. Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi, Emre Matbaacılık, İstanbul.
- [2] http://www.kingsan.com/uk/building/thermal_performance/p38.html
- [3] **Rosen, H. and Heineman, T.**, 1996. Architectural Materials For Construction, Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- [4] <http://www.insulation.org/insulation/HISTORY.htm> (National Insulation Association-U. S. A.)
- [5] **Gürdal, E.**, 1990. Isı yalıtımı ve ısı yalıtkan malzemeler, İnşaat Dergisi, 30, 26-36
- [6] **Toydemir, N., Tanaçan, L. ve Sayıl, B.**, 1991. Isı tutucu malzemeler ve uygulamaları, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 67, 66-74.
- [7] **Oymael, S.**, Yapılarda ısı yalıtımı sorunları ve çözüm yolları, Yalıtım: Isı Ses Su ve Yangın Yalıtım Teknolojileri Dergisi, 5, 41-45.
- [8] <http://www.micainsulation.org/standards/materials.htm> (Midwest Insulation Contractors Association-U. S. A.)
- [9] **İlgaz, T.**, 1979. Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması, T.C. Bayındırlık Bakanlığı ile KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fakültesi Yayını, 20-30.
- [10] **Seeley, I. H.**, 1986. Building Technology, Third Edition, Macmillan Education Ltd., London.
- [11] **Hornbostel, C.**, 1961. Materials For Architecture, Reinhold Publishing Corporation, USA.
- [12] **Smith, C. R. and Andres, K. C.**, 1987. Materials Of Construction, Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- [13] **Kahraman, F.**, Şubat 1999. Isı Tutucu Malzemeler ve Yapılarda Uygulama Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- [14] **Neğiş, T.**, 1988. Binalarda ısı tecridi ve ısı yalıtım malzemeleri, İnşaat Dergisi, 3, 20-23.
- [15] <http://hem.dis.anl.gov/eehem/96/9609insulation.htm> (Home Energy, The Magazine of Residential Conservation)

- [16] **Karakoç, H., Binyıldız, E. ve Turan, O.,** 1999. Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı, ODE Teknik Yayınları, No:G 20, Türkiye.
- [17] **Karakoç, H.,** 1997. Enerji Ekonomisi, Demirdöküm Teknik Yayınları, Türkiye.
- [18] <http://www.izocam.com.tr> (İzocam Tic. San. A. Ş.-Türkiye)
- [19] <http://www.insulation.org> (National Insulation Association-U. S. A.)
- [20] <http://www.its-canada.com/reed/pdf/insul.pdf> (Information Technology Specialists-Canada)
- [21] **Dağsöz, A. K.,**Yapılarda Isı Kaybının Önlenmesi ve Türk Ekonomisine Katkısı, Işıklar Tuğla, İstanbul.
- [22] **TS 825,** 1989. Binalarda ısı yalıtımı kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [23] <http://hem.dis.anl.gov/eehem/96/9609insulation.html> (Home Energy, The Magazine of Residential Conservation)
- [24] **Isısan,** 1997. Isısan Çalışmaları No:153 Kalorifer Tesisatı.
- [25] **Turan, O.,** 1998. Isı yalıtımının ısınmaya ve binaya etkileri, Yapıda Isısal Sorunlar ve Isıtıcılar Semineri, İstanbul, 29 Aralık.
- [26] **Bayraktar, G. K.,** 1997. Isı yalıtım çalışmalarında infrared termografi tekniği kullanımı, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [27] **Altun, C. M.,** Ocak 1997. Buhar Difüzyonunun Dış Duvarların Nem İle İlgili ve Isıl Performansına Etkilerinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ.
- [28] <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd048e.html> (National Research Council of Canada-Institute for Research In Construction)
- [29] http://www.nrc.ca/irc/bsi/82-1_E.html (National Research Council of Canada-Institute for Research In Construction)
- [30] <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd002e.html> (National Research Council of Canada-Institute for Research In Construction)
- [31] <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd006e.html> (National Research Council of Canada-Institute for Research In Construction)
- [32] **Hasol, D.,** 1993. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayın, s. 328.

- [33] **Garratt, J. and Nowak, F.**, 1991. Tackling Condensation, A Guide To The Causes Of and Remedies For Surface Condensation And Mould In Traditional Housing, Building Research Establishment Report, USA.
- [34] **Özgür, İ. Ü.**, 1982. Yapı Elemanlarına Su Buharı Etkisinin İncelenmesi, İTÜ Mim. Fak. Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [35] <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd231e.html> (National Research Council of Canada-Institute for Research In Construction)
- [36] **Lstiburek, J. And Carmody, J.**, November-December 1995. Fundamentals of Moisture In Houses, Home Energy Magazine Online.
- [37] **Adan, O. C. G.**, 1994. On The Fungal Defacement of Intrerior Finishes, CIP-DATA Koninklijke Bibliotheek
- [38] **İzocam Tic. San. A. Ş.**, 1993. Yakıt tasarrufu ve hava kirliliğinin azaltılması probleminin ısı izolasyonu ile çözümü, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 92, 24-28.
- [39] **Çalıkoğlu, E.**, 1996. Isı yalıtımı uygulama esasları, Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu Sempozyumu, İzmir, 28 Kasım, s.18-30.
- [40] **Ekinci, C. E.**, 1997. Isı yalıtımı ile ulusal ekonomi ve çevre korunumu, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [41] **Öztürk, M.**, 1997. Isı yalıtımı ve çevre kirliliği, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [42] **Buyruk, B. H.**, 1999. Binalarda ısı yalıtım kurallarında yapılan son yenilikler, İzolasyon Dünyası Dergisi, 18, 17-21.
- [43] **TS 825**, 1998. Binalarda ısı yalıtım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [44] **Arınç, Ü. D.**, 1997. Isı yalıtımı projelerinin hazırlanmasında ve denetlenmesinde izlenmesi gereken esaslar, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [45] **İzocam Tic. San. A. Ş.**, 1990. Ülkemizdeki eksik bina izolasyonunun şehirlerimizin hava kirliliği ve ülke ekonomisi üzerine etkileri, İstanbul.
- [46] **Turan, O.**, 1996. Yapılarda ısı yalıtımı yetersizliğinin enerji tasarrufuna etkileri, Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu Sempozyumu, İzmir, 28Kasım,s.80-99
- [47] **Sunguroğlu, İ. ve Ersoy, H.**, 1988. Ustalar İçin Geliştirme Kursları İzolasyon Kurs Notları, İstanbul, s.34-35.

- [48] **Oğulata, T. ve Oğulata, N.**, Yapılarda ısı yalıtım ve önemi, Yalıtım: Isı Ses Su ve Yangın Yalıtım Teknolojileri Dergisi, 3, 40-44.
- [49] **Gel, M. K.**, 1997. Duvarlarda ısı yalıtımının önemi ve uygulamaları, İzolasyon Dünyası Dergisi, 3, 4-6.
- [50] **Öztürk, M.**, Mevcut ve yeni binalarda ısı kayıplarının önlenmesinde dikkat edilecek hususlar, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, İstanbul
- [51] **Santamouris, A., Balaras, C., Dascalaki, E., Argiriou, A. and Gaglia, A.**, 1996. Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic Hotels, Energy and Building, 24, 65-75.
- [52] **Özkan, E., Tavi, A. ve Şahal, N.**, 1997. Konutlarda yapı dış kabuğunun enerji etkin yenilenerek geliştirilmesi, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [53] <http://www.eren.doe.gov/erec/factsheets/insulate.html> (Energy Efficiency and Renewable Energy Network-U. S. Department of Energy)
- [54] **Altun, M. C.**, 1997. Mevcut konutların dış duvarlarının opak bileşenlerinin enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek uygulama yöntemleri, Mevcut Binalarda Isı Yalıtım Semineri, İstanbul, 19-20 Şubat.
- [55] Dyo (Dyoterm, banyo mutfak ve bebek odaları için özel boya) ve Kaleterasit (Isı tut, sıcakkanlı boya) firma broşürleri
- [56] http://www.ornl.gov/roof%2bwalls/insulation/ins_01.html (Oak Ridge National Laboratory-U. S. A.)
- [57] **Sayigh, A. A. M.**, 1992. Renewable Energy Technology and The Environment, Solar and Low Energy Architecture, Volume 4, Pergamon Press, 1896-1904, USA.
- [58] **İzocam Tic. San. A. Ş.**, 1993. Batıkent İlkokulu ısı yalıtımı çalışmaları.
- [59] http://www.caddet-ee.org/publications/nw197_02.htm (Centre for The Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies-Energy Efficiency)
- [60] <http://www2.cr.nps.gov/tps/briefs/brief03.htm> (Technical Preservation Services, Preservation Briefs)
- [61] **Petersen, S. R.**, 1974. Retrofitting Existing Housing for Energy Conservation: An Economic Analysis, Building Science Series 64. Washington, D. C., U.S. Government Printing Office, U. S. A.

EK A: İstanbul'da gazbeton çekirdek malzemesine sahip D_{G2} tipindeki mevcut bir duvar konstrüksiyonu için minimum cam köpüğü kalınlığı hesabı

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,2}{0,29} + \frac{0,03}{1,40} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda} = 0,734 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D = \frac{1}{0,13 + 0,734 + 0,04} \Rightarrow U_D = 1,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D \leq U_{D_{std}}$ olmadığı için duvar konstrüksiyonunda enerji etkin yenilemeye ihtiyaç vardır.

$$\frac{1}{\Lambda'} = \frac{1}{\Lambda} + \frac{d_{\min}}{\lambda_{h_{yal}}} + \frac{d_{kap}}{\lambda_{h_{kap}}}$$

$$\frac{1}{\Lambda'} = 0,734 + \frac{d_{\min}}{0,052} + \frac{0,02}{0,70} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda'} = 0,763 + \frac{d_{\min}}{0,052} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_D' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda'} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D' = \frac{1}{0,13 + 0,763 + \frac{d_{\min}}{0,052} + 0,04} \Rightarrow U_D' = \frac{1}{0,933 + \frac{d_{\min}}{0,052}} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D' \leq U_{D_{std}}$ olması için;

$$\frac{1}{0,933 + \frac{d_{\min}}{0,052}} \leq 0,60 \Rightarrow d_{\min} \geq 0,038 \text{ m olmalıdır.}$$

EK B: İstanbul'da düşey delikli tuğla çekirdek malzemesine sahip D_{DT4} tipindeki mevcut bir duvar konstrüksiyonu için minimum polistiren sert köpük kalınlığı hesabı

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,19}{0,58} + \frac{0,03}{0,87} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda} = 0,391 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D = \frac{1}{0,13 + 0,391 + 0,04} \Rightarrow U_D = 1,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D \leq U_{D_{std}}$ olmadığı için duvar konstrüksiyonunda enerji etkin yenilemeye ihtiyaç vardır.

$$\frac{1}{\Lambda'} = \frac{1}{\Lambda} + \frac{d_{\min}}{\lambda_{h_{yal}}} + \frac{d_{kap}}{\lambda_{h_{kap}}}$$

$$\frac{1}{\Lambda'} = 0,391 + \frac{d_{\min}}{0,031} + \frac{0,02}{0,170} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda'} = 0,509 + \frac{d_{\min}}{0,031} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_D' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda'} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D' = \frac{1}{0,13 + 0,509 + \frac{d_{\min}}{0,031} + 0,04} \Rightarrow U_D' = \frac{1}{0,679 + \frac{d_{\min}}{0,031}} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D' \leq U_{D_{std}}$ olması için;

$$\frac{1}{0,679 + \frac{d_{\min}}{0,031}} \leq 0,60 \Rightarrow d_{\min} \geq 0,031 \text{ m olmalıdır.}$$

EK C: İstanbul'da yatay delikli tuğla çekirdek malzemesine sahip D_{YT8} tipindeki mevcut bir duvar konstrüksiyonu için minimum cam yünü veya taş yünü kalınlığı hesabı

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{h_3}}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0,02}{0,38} + \frac{0,19}{0,45} + \frac{0,03}{1,40} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda} = 0,496 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D = \frac{1}{0,13 + 0,496 + 0,04} \Rightarrow U_D = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D \leq U_{D_{std}}$ olmadığı için duvar konstrüksiyonunda enerji etkin yenilemeye ihtiyaç vardır.

$$\frac{1}{\Lambda'} = \frac{1}{\Lambda} + \frac{d_{\min}}{\lambda_{h_{yal}}} + \frac{d_{kap}}{\lambda_{h_{kap}}}$$

$$\frac{1}{\Lambda'} = 0,496 + \frac{d_{\min}}{0,04} + \frac{0,03}{1,40} \Rightarrow \frac{1}{\Lambda'} = 0,517 + \frac{d_{\min}}{0,04} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_D' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda'} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

$$U_D' = \frac{1}{0,13 + 0,517 + \frac{d_{\min}}{0,04} + 0,04} \Rightarrow U_D' = \frac{1}{0,687 + \frac{d_{\min}}{0,04}} \text{ W/m}^2\text{K}$$

$U_D' \leq U_{D_{std}}$ olması için;

$$\frac{1}{0,687 + \frac{d_{\min}}{0,04}} \leq 0,60 \Rightarrow d_{\min} \geq 0,039 \text{ m olmalıdır.}$$

Ek D Tablo D.1: Gazbeton çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri

Mevcut Dış Duvar Tipi (İç yüzeyden dış yüzeye doğru)	Birim Hacim Ağ. (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletken. Hes.Katsay. λ _h (W/mK)	d/λ Değeri (m ² K/W)	IsıGeçirgenlik Değeri U _D (W/m ² K)	
Bütün hesaplarda 1/α _i =0,13 (m ² K/W) ve 1/α _e =0,04 (m ² K/W) alınmıştır.						
D _{G1}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,09
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{G2}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,11
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{G3}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,04
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D _{G4}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,08
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{G5}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,10
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{G6}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,03
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D _{G7}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,06
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{G8}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,07
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{G9}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,01
	Gazbeton	800	0,2	0,29	0,690	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	

Ek D Tablo D.2: Düşey delikli tuğla çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri

Mevcut Dış Duvar Tipi (İç yüzeyden dış yüzeye doğru)		Birim Hacim Ağ. (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletken. Hes.Katsay. λ_h (W/mK)	d/ λ Değeri (m ² K/W)	IsıGeçirgenlik Değeri U _p (W/m ² K)
Bütün hesaplarda 1/ α_i =0,13 (m ² K/W) ve 1/ α_d =0,04 (m ² K/W) alınmıştır.						
D_{DT1}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,80
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D_{DT2}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,85
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D_{DT3}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,67
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D_{DT4}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,78
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D_{DT5}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,83
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D_{DT6}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,65
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D_{DT7}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,71
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D_{DT8}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,75
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D_{DT9}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,59
	Düşey Delikli Tuğla	1400	0,19	0,58	0,328	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	

Ek D Tablo D.3: Yatay delikli tuğla çekirdeğe sahip mevcut dış duvar tipleri

Mevcut Dış Duvar Tipi (İç yüzeyden dış yüzeye doğru)	Birim Hacim Ağ. (kg/m ³)	Kalınlığı d (m)	Isı İletken. Hes.Katsay. λ _b (W/mK)	d/λ Değeri (m ² K/W)	IsıGeçirgenlik Değeri U _D (W/m ² K)	
Bütün hesaplarda 1/α _i =0,13 (m ² K/W) ve 1/α _e =0,04 (m ² K/W) alınmıştır.						
D _{YT1}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,54
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{YT2}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,57
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{YT3}	Kireç Sıva	1800	0,02	0,87	0,023	1,44
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D _{YT4}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,53
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{YT5}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,56
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{YT6}	Alçı Sıva	1400	0,02	0,70	0,029	1,43
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	
D _{YT7}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,47
	Yatay Delikli Tuğla	0≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Kireç Sıva	1800	0,03	0,87	0,034	
D _{YT8}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,50
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Çimento Sıva	2000	0,03	1,40	0,021	
D _{YT9}	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,02	0,38	0,053	1,38
	Yatay Delikli Tuğla	≤1000	0,19	0,45	0,422	
	Anorg.Hafif Agr.S.	1000	0,03	0,38	0,079	

Ek E Tablo E.1: İstanbul'da gazbeton dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bütçesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_d (W/m^2K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D_{G1}	1,09	Kireç Sıva	2,3	3,8	2,5	Kireç Sıva	2,9
		Alçı Sıva	2,2	3,7	2,5	Çimento Sıva	2,9
		Anorg. Hafif Agr. S	2,2	3,7	2,4	Anorg. Hafif Agr. S	2,7
		Kontraplak	1,8	3,1	2,1	Perlit Agregalı S.	2,6
		Ahşap Yonga L.	2,0	3,3	2,2		
D_{G2}	1,11	Kireç Sıva	2,3	3,8	2,6	Kireç Sıva	2,9
		Alçı Sıva	2,3	3,8	2,6	Çimento Sıva	3,0
		Anorg. Hafif Agr. S	2,2	3,7	2,5	Anorg. Hafif Agr. S	2,7
		Kontraplak	1,9	3,2	2,1	Perlit Agregalı S.	2,6
		Ahşap Yonga L.	2,0	3,4	2,3		
D_{G3}	1,04	Kireç Sıva	2,1	3,5	2,4	Kireç Sıva	2,7
		Alçı Sıva	2,1	3,5	2,4	Çimento Sıva	2,7
		Anorg. Hafif Agr. S	2,0	3,4	2,3	Anorg. Hafif Agr. S	2,5
		Kontraplak	1,7	2,9	1,9	Perlit Agregalı S.	2,4
		Ahşap Yonga L.	1,8	3,1	2,1		
D_{G4}	1,08	Kireç Sıva	2,2	3,7	2,5	Kireç Sıva	2,8
		Alçı Sıva	2,2	3,7	2,5	Çimento Sıva	2,9
		Anorg. Hafif Agr. S	2,1	3,6	2,4	Anorg. Hafif Agr. S	2,7
		Kontraplak	1,8	3,1	2,1	Perlit Agregalı S.	2,6
		Ahşap Yonga L.	1,9	3,3	2,2		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{G5}	1,10	Kireç Sıva	2,3	3,8	2,6	Kireç Sıva	2,9
		Alçı Sıva	2,3	3,8	2,5	Çimento Sıva	2,9
		Anorg. Hafif Agr. S	2,2	3,7	2,5	Anorg. Hafif Agr. S	2,7
		Kontraplak	1,9	3,1	2,1	Perlit Agregalı S.	2,6
		Ahşap Yonga L.	2,0	3,3	2,2		
D _{G6}	1,03	Kireç Sıva	2,1	3,5	2,4	Kireç Sıva	2,7
		Alçı Sıva	2,1	3,5	2,3	Çimento Sıva	2,7
		Anorg. Hafif Agr. S	2,0	3,4	2,3	Anorg. Hafif Agr. S	2,5
		Kontraplak	1,7	2,8	1,9	Perlit Agregalı S.	2,4
		Ahşap Yonga L.	1,8	3,0	2,0		
D _{G7}	1,06	Kireç Sıva	2,2	3,6	2,4	Kireç Sıva	2,9
		Alçı Sıva	2,1	3,6	2,4	Çimento Sıva	2,8
		Anorg. Hafif Agr. S	2,1	3,5	2,3	Anorg. Hafif Agr. S	2,6
		Kontraplak	1,8	2,9	2,0	Perlit Agregalı S.	2,5
		Ahşap Yonga L.	1,9	3,1	2,1		
D _{G8}	1,07	Kireç Sıva	2,2	3,7	2,5	Kireç Sıva	2,8
		Alçı Sıva	2,2	3,7	2,5	Çimento Sıva	2,8
		Anorg. Hafif Agr. S	2,1	3,5	2,4	Anorg. Hafif Agr. S	2,6
		Kontraplak	1,8	3,0	2,0	Perlit Agregalı S.	2,5
		Ahşap Yonga L.	1,9	3,2	2,2		
D _{G9}	1,01	Kireç Sıva	2,0	3,4	2,3	Kireç Sıva	2,6
		Alçı Sıva	2,0	3,4	2,3	Çimento Sıva	2,6
		Anorg. Hafif Agr. S	1,9	3,2	2,2	Anorg. Hafif Agr. S	2,4
		Kontraplak	1,6	2,7	1,8	Perlit Agregalı S.	2,3
		Ahşap Yonga L.	1,7	2,9	2,0		

Ek E Tablo E.2: İstanbul'da düşey delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Binyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{DT1}	1,80	Kireç Sıva	3,4	5,7	3,8	Kireç Sıva	4,3
		Alçı Sıva	3,4	5,6	3,8	Çimento Sıva	4,4
		Anorg. Hafif Agr. S	3,3	5,5	3,7	Anorg. Hafif Agr. S	4,1
		Kontraplak	3,0	5,0	3,4	Perlit Agregalı S.	4,0
		Ahşap Yonga L.	3,1	5,2	3,5		
D _{DT2}	1,85	Kireç Sıva	3,4	5,7	3,9	Kireç Sıva	4,4
		Alçı Sıva	3,4	5,7	3,8	Çimento Sıva	4,4
		Anorg. Hafif Agr. S	3,3	5,6	3,8	Anorg. Hafif Agr. S	4,2
		Kontraplak	3,0	5,0	3,4	Perlit Agregalı S.	4,1
		Ahşap Yonga L.	3,1	5,2	3,5		
D _{DT3}	1,67	Kireç Sıva	3,2	5,4	3,7	Kireç Sıva	4,1
		Alçı Sıva	3,2	5,4	3,6	Çimento Sıva	4,2
		Anorg. Hafif Agr. S	3,1	5,3	3,5	Anorg. Hafif Agr. S	4,0
		Kontraplak	2,8	4,7	3,2	Perlit Agregalı S.	3,9
		Ahşap Yonga L.	2,9	4,9	3,3		
D _{DT4}	1,78	Kireç Sıva	3,4	5,6	3,8	Kireç Sıva	4,3
		Alçı Sıva	3,3	5,6	3,8	Çimento Sıva	4,3
		Anorg. Hafif Agr. S	3,3	5,5	3,7	Anorg. Hafif Agr. S	4,1
		Kontraplak	3,0	5,0	3,3	Perlit Agregalı S.	4,0
		Ahşap Yonga L.	3,1	5,1	3,5		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın ısı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
DDT5	1,83	Kireç Sıva	3,4	5,7	3,8	Kireç Sıva	4,3
		Alçı Sıva	3,4	5,7	3,8	Çimento Sıva	4,4
		Anorg. Hafif Agr. S	3,3	5,5	3,7	Anorg. Hafif Agr. S	4,2
		Kontraplak	3,0	5,0	3,4	Perlit Agregalı S.	4,1
		Ahşap Yonga L.	3,1	5,2	3,5		
DDT6	1,65	Kireç Sıva	3,2	5,4	3,6	Kireç Sıva	4,1
		Alçı Sıva	3,2	5,4	3,6	Çimento Sıva	4,2
		Anorg. Hafif Agr. S	3,1	5,2	3,5	Anorg. Hafif Agr. S	3,9
		Kontraplak	2,8	4,7	3,2	Perlit Agregalı S.	3,8
		Ahşap Yonga L.	2,9	4,9	3,3		
DDT7	1,71	Kireç Sıva	3,3	5,5	3,7	Kireç Sıva	4,2
		Alçı Sıva	3,3	5,5	3,7	Çimento Sıva	4,2
		Anorg. Hafif Agr. S	3,2	5,4	3,6	Anorg. Hafif Agr. S	4,0
		Kontraplak	2,9	4,8	3,2	Perlit Agregalı S.	3,9
		Ahşap Yonga L.	3,0	5,0	3,4		
DDT8	1,75	Kireç Sıva	3,3	5,6	3,8	Kireç Sıva	4,2
		Alçı Sıva	3,3	5,5	3,7	Çimento Sıva	4,3
		Anorg. Hafif Agr. S	3,2	5,4	3,6	Anorg. Hafif Agr. S	4,1
		Kontraplak	2,9	4,9	3,3	Perlit Agregalı S.	4,0
		Ahşap Yonga L.	3,0	5,1	3,4		
DDT9	1,59	Kireç Sıva	3,1	5,3	3,6	Kireç Sıva	4,0
		Alçı Sıva	3,1	5,2	3,5	Çimento Sıva	4,1
		Anorg. Hafif Agr. S	3,1	5,1	3,4	Anorg. Hafif Agr. S	3,8
		Kontraplak	2,7	4,6	3,1	Perlit Agregalı S.	3,7
		Ahşap Yonga L.	2,9	4,8	3,2		

Ek E Tablo E.3: İstanbul’da yatay delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde kullanılabilecek minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri $U_D(W/m^2K)$	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{YT1}	1,54	Kireç Sıva	3,1	5,2	3,5	Kireç Sıva	3,9
		Alçı Sıva	3,1	5,1	3,5	Çimento Sıva	4,0
		Anorg. Hafif Agr. S	3,0	5,0	3,4	Anorg. Hafif Agr. S	3,8
		Kontraplak	2,7	4,5	3,0	Perlit Agregalı S.	3,7
		Ahşap Yonga L.	2,8	4,7	3,1		
D _{YT2}	1,57	Kireç Sıva	3,1	5,2	3,5	Kireç Sıva	4,0
		Alçı Sıva	3,1	5,2	3,5	Çimento Sıva	4,0
		Anorg. Hafif Agr. S	3,0	5,1	3,4	Anorg. Hafif Agr. S	3,8
		Kontraplak	2,7	4,6	3,1	Perlit Agregalı S.	3,7
		Ahşap Yonga L.	2,8	4,7	3,2		
D _{YT3}	1,44	Kireç Sıva	2,9	4,9	3,3	Kireç Sıva	3,8
		Alçı Sıva	2,9	4,9	3,3	Çimento Sıva	3,8
		Anorg. Hafif Agr. S	2,9	4,8	3,2	Anorg. Hafif Agr. S	3,6
		Kontraplak	2,5	4,3	2,9	Perlit Agregalı S.	3,5
		Ahşap Yonga L.	2,7	4,4	3,0		
D _{YT4}	1,53	Kireç Sıva	3,1	5,1	3,5	Kireç Sıva	3,9
		Alçı Sıva	3,0	5,1	3,4	Çimento Sıva	4,0
		Anorg. Hafif Agr. S	3,0	5,0	3,4	Anorg. Hafif Agr. S	3,7
		Kontraplak	2,7	4,5	3,0	Perlit Agregalı S.	3,6
		Ahşap Yonga L.	2,8	4,6	3,1		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{YT5}	1,56	Kireç Sıva	3,1	5,2	3,5	Kireç Sıva	4,0
		Alçı Sıva	3,1	5,2	3,5	Çimento Sıva	4,0
		Anorg. Hafif Agr. S	3,0	5,1	3,4	Anorg. Hafif Agr. S	3,8
		Kontraplak	2,7	4,5	3,0	Perlit Agregalı S.	3,7
		Ahşap Yonga L.	2,8	4,7	3,2		
D _{YT6}	1,43	Kireç Sıva	2,9	4,9	3,3	Kireç Sıva	3,7
		Alçı Sıva	2,9	4,9	3,3	Çimento Sıva	3,8
		Anorg. Hafif Agr. S	2,8	4,8	3,2	Anorg. Hafif Agr. S	3,6
		Kontraplak	2,5	4,2	2,8	Perlit Agregalı S.	3,5
		Ahşap Yonga L.	2,6	4,4	3,0		
D _{YT7}	1,47	Kireç Sıva	3,0	5,0	3,4	Kireç Sıva	3,8
		Alçı Sıva	3,0	5,0	3,4	Çimento Sıva	3,9
		Anorg. Hafif Agr. S	2,9	4,9	3,3	Anorg. Hafif Agr. S	3,6
		Kontraplak	2,6	4,3	2,9	Perlit Agregalı S.	3,5
		Ahşap Yonga L.	2,7	4,5	3,0		
D _{YT8}	1,50	Kireç Sıva	3,0	5,1	3,4	Kireç Sıva	3,9
		Alçı Sıva	3,0	5,1	3,4	Çimento Sıva	3,9
		Anorg. Hafif Agr. S	2,9	4,9	3,3	Anorg. Hafif Agr. S	3,7
		Kontraplak	2,6	4,4	3,0	Perlit Agregalı S.	3,6
		Ahşap Yonga L.	2,7	4,6	3,1		
D _{YT9}	1,38	Kireç Sıva	2,9	4,8	3,2	Kireç Sıva	3,6
		Alçı Sıva	2,8	4,8	3,2	Çimento Sıva	3,7
		Anorg. Hafif Agr. S	2,8	4,6	3,1	Anorg. Hafif Agr. S	3,5
		Kontraplak	2,4	4,1	2,8	Perlit Agregalı S.	3,4
		Ahşap Yonga L.	2,6	4,3	2,9		

Ek F Tablo F.1: İstanbul'da gazbeton dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bütçesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D_{G1}	1,09	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	3	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
D_{G2}	1,11	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	3	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
D_{G3}	1,04	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	2	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	2	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
D_{G4}	1,08	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	3	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
DG5	1,10	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	3	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
DG6	1,03	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	2	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	2	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	2		
DG7	1,06	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	2	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
DG8	1,07	Kireç Sıva	3	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	3	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	3	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	2	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	3		
DG9	1,01	Kireç Sıva	2	4	3	Kireç Sıva	3
		Alçı Sıva	2	4	3	Çimento Sıva	3
		Anorg. Hafif Agr. S	2	4	3	Anorg. Hafif Agr. S	3
		Kontraplak	2	4	2	Perlit Agregalı S.	3
		Ahşap Yonga L.	2	4	2		

Ek F Tablo F.2: İstanbul'da düşey delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{DT1}	1,80	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	4	6	4		
D _{DT2}	1,85	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	4	6	4		
D _{DT3}	1,67	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
D _{DT4}	1,78	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	4	6	4		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
DDT5	1,83	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	4	6	4		
DDT6	1,65	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
DDT7	1,71	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
DDT8	1,75	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	6	4		
DDT9	1,59	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	4	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		

Ek F Tablo F.3: İstanbul'da yatay delikli tuğla dış duvarlara sahip mevcut binaların iç ve dış yüzeyden enerji etkin yenilenmelerinde önerilen minimum ısı izolasyon malzemesi kalınlıkları

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri $U_D(W/m^2K)$	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{YT1}	1,54	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
D _{YT2}	1,57	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	5	4	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
D _{YT3}	1,44	Kireç Sıva	3	5	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	5	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	4,5	3		
D _{YT4}	1,53	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		

MEVCUT DURUM		İÇ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME				DIŞ YÜZEYDEN ENERJİ ETKİN YENİLEME	
Duvar Bünyesi Tip No	Mevcut Dış Duvarın Isı Geçirgenlik Değeri U_D (W/m ² K)	Kaplama Malzemesi	Polistiren İle	Cam Köpüğü İle	Poliüretan İle	Kaplama Malzemesi	Cam veya Taş Yünü İle
			Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)	Min. Kal. d (cm)		Min. Kal. d (cm)
D _{YT5}	1,56	Kireç Sıva	4	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	4	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	6	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
D _{YT6}	1,43	Kireç Sıva	3	5	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	5	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	4,5	3		
D _{YT7}	1,47	Kireç Sıva	3	5	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	5	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	4,5	3		
D _{YT8}	1,50	Kireç Sıva	3	6	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	6	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	5	4		
D _{YT9}	1,38	Kireç Sıva	3	5	4	Kireç Sıva	5
		Alçı Sıva	3	5	4	Çimento Sıva	5
		Anorg. Hafif Agr. S	3	5	4	Anorg. Hafif Agr. S	5
		Kontraplak	3	4,5	3	Perlit Agregalı S.	5
		Ahşap Yonga L.	3	4,5	3		

ÖZGEÇMİŞ

Nuray Evcil, 1974 yılında Ankara’da doğdu. 1992’de ikincilikle Çamlıca Kız Lisesi’nden mezun olduktan sonra aynı yıl İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’ne girmeye hak kazandı. Yine aynı sene İ.T.Ü. Yabancı Diller Okulu’nda bir yıl süreyle İngilizce hazırlık sınıfına devam etti. Lisans öğrenimini bunu takip eden 4 yıl içerisinde tamamlayarak; 3,37 ortalama ile mezun oldu. 1997 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi programında yüksek lisans öğrenimine başladı.

