

**T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BETONARME BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM AMAÇLI
DUVAR ELEMANLARININ ISIL VE EKONOMİK YÖNDEN ANALİZİ**

Hatice AKSÖZ

İNŞAAT ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

TEKİRDAĞ, 2009

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM AMAÇLI DUVAR ELEMENLARININ ISIL VE EKONOMİK YÖNDEN ANALİZİ

Hatice AKSÖZ

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Enerji ihtiyacının çoğunu ithal eden ülkemizde enerjinin çok daha verimli olarak kullanılması ve maksimum enerji tasarrufunun sağlanması gerekir. Zira ülkemizde enerji kaynaklarının büyük bir oranı ısıtma için harcanmaktadır. Bu nedenle binaların ısıtılmasında gerekli olan enerjiyi en aza indirmek için en uygun ısı yalıtım sistemlerinin yapılarda uygulanarak ekonomik çözümlerin saptanması gerekir.

Bu çalışmada, ısı yalıtımı ile ilgili ekonomik analizler yapılmıştır. Bu bağlamda; faiz ve enflasyon oranları, toplam ısı geçiş katsayısı, yıllık ısıtma süreleri, ortam sıcaklıkları, kullanılan enerjinin ısı değerleri ile yalıtım malzemesi fiyatları incelenmiştir. Bunlara bağlı olarak malzeme cins ve fiyatları da dikkate alınarak ısıtma için gerekli olan yıllık toplam minimum maliyet hesaplanarak optimum yalıtım kalınlığı elde edilmiştir. En ucuz yakıt türü olarak bilinen kömür baz alınarak diğer yakıt türlerine göre enerji maliyetleri bulunmuştur. Uygulamada en çok kullanılmakta olan dört çeşit yalıtım malzemesi (EPS, XPS, taş yünü ve cam yünü) kullanılarak analizler yapılmıştır. Bunun için üç farklı duvar modeli (dışarıdan, içeriden ve ortadan yalıtımlı) esas alınmıştır. Bunlar üzerinde her bir parametre için ayrı ayrı; optimum yalıtım kalınlığı, yalıtımlı ve yalıtımsız yıllık toplam maliyet tutarı, yapılabilecek enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Isı yalıtımı, yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu, optimum maliyet.

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANALYSIS OF THE WALL PARTS THAT ARE APPLIED IN CONCRETE BUILDINGS FOR HEAT INSULATION IN TERMS OF THERMAL AND ECONOMIC

Hatice AKSÖZ

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Civil Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

In the countries, which supply most of their energy necessity from abroad, must use their energy, effectively and provide maximum energy. Most of energy sources are used as heating energy and more as cooling energy in many provinces. So to reduce the required energy for heating and cooling of the buildings they need to be insulated, and to be thrifty or sparing.

In this study the optimum insulation thickness is obtained by considering the interest and inflation rates, the total heat transfer coefficient, the annual heating and cooling periods, the environment temperatures, the costs of the used energy, the air conditioner and their types and by reducing the total annual cost to minimum. After that four various types of energy (coal, natural gas, fuel oil, electricity), by using four kinds of insulation (expanded polystyrene EPS, extrüde polystyrene XPS, rock and glass wool) the optimum insulation thickness, the total annual insulated and un-insulated cost, the energy saving and payback periods are calculated and charts are drawn on tree various wall types for each parameter separately.

Keywords: Thermal insulation, insulation thickness, energy saving, optimum insulated cost.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, TSE 825'in öngördüğü en olumsuz koşullara sahip 4. Bölge illeri için en uygun ısı yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığı ile birim maliyeti hesaplanması amaçlanmıştır. Yalıtım çeşidi olarak çift duvar arası yalıtımlı duvarlar incelenmiştir. Ayrıca karşılaştırma yapabilmek adına üç yalıtım modeli (dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası yalıtım) için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır. Yalıtım malzemeleri olarak günümüzde kullanılan EPS (ekspande polistren), XPS (ekstrüde polistren), taş yünü, cam yünü kullanılmıştır. Yakıt türü olarak en ucuz yakıt türü olarak bilenen kömür baz alınarak diğer yakıt türlerine göre enerji giderleri bulunmuştur.

Yapının birim yüzeyinin toplam ısıtma maliyeti, yalıtım maliyeti ve optimum yalıtım kalınlığı, şimdiki değer faktörü olarak nitelendirilen bir parametreye ve çalışmada 10 sene olarak belirlenen bir zaman periyodu esas alınmıştır. Maliyet hesaplarında kullanılan yalıtım malzemelerinin birim fiyatları Ek 2'de Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın fiyatları baz alınarak bulunmuştur.

Bu çalışmada destek ve yardımlarını gördüğüm, danışman öğretim üyesi hocam Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmayı hazırlamamda ve hayatımın her aşamasında, benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve hep yanımda olan annem Fatma AKSÖZ'e, babam Beytullah AKSÖZ'e ve kardeşim Müzekka AKSÖZ'e ve dostlarıma teşekkürlerimi borç bilirim.

Hatice AKSÖZ

SİMGELER LİSTESİ

| | |
|-------------|---|
| λ_h | : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK) |
| μ | : Su buharı difüzyon direnç faktörü |
| η | : Isıtma sisteminin verimi |
| d | : Yalıtım kalınlığı (m) |
| d_{op} | : Optimum yalıtım kalınlığı (m) |
| E_1 | : Yıllık ısıtma enerjisi |
| F_{ek} | : Eşdeğer kömür fiyatı (TL/m ²) |
| g | : Enflasyon oranı |
| GÖS | : Geri ödeme süresi |
| H_1 | : Isıtma süresi (saat) |
| H_u | : Yakıtın alt ısıl değeri (J/kg, J/m ³ , J/kWh) |
| i | : Faiz oranı |
| M_F | : Yıllık enerji tasarrufu maliyeti (TL/m ²) |
| M_{mlz} | : İşçilik dahil yalıtım malzemesinin birim fiyatını (TL/m ³) |
| M_T | : Yalıtımsız yıllık toplam maliyet (TL/m ²) |
| $M_{T,y}$ | : Yalıtımlı yıllık toplam maliyet (TL/m ²) |
| M_{y1t} | : Yalıtım Maliyeti (TL/m ²) |
| M_{ykt} | : Isıtma için gerekli olan yakıtın birim fiyatını (TL/kg, TL/m ³ , TL/kWh) |
| M_{y1l} | : Birim alanı ısıtmak için gerekli yıllık enerji maliyeti |
| N | : Yalıtım ömrü sabiti (yıl) |
| r | : Gerçek faiz oranı |
| R | : Isıl iletkenlik direnci (m ² K/W) |
| R_{duvt} | : Yapı elemanlarının toplam ısı geçirgenlik direnci (m ² K /W) |
| R_e | : İç yüzey ısıl iletim direnci (m ² K /W) |
| R_i | : Dış yüzey ısıl iletim direnci (m ² K /W) |
| R_{y1t} | : Yalıtım malzemesinin ısı geçirgenlik direncini (m ² K /W) |
| ŞDF | : Şimdiki değer faktörü |
| T_d | : Aylık ortalama dış sıcaklık değeri (°C) |
| T_i | : Aylık ortalama iç sıcaklık değeri (°C) |
| q | : Isı akış yoğunluğu (W/m ²) |
| q_1 | : Isıtma için gerekli enerji ihtiyacı (W/m ²) |
| U_D | : Duvar Yüzeyinin Isı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K) |

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| ÖNSÖZ..... | iii |
| SİMGELER LİSTESİ..... | iv |
| İÇİNDEKİLER..... | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | viii |
| TABLolar LİSTESİ..... | x |
| RESİMLER LİSTESİ..... | xii |
| 1 . GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Isı Yalıtımıyla İlgili Yapılan Literatür Araştırması | 3 |
| 1.2. Yalıtımın Tanımlanması..... | 6 |
| 1.3. Yalıtımın Amacı..... | 8 |
| 1.4. Yalıtımın Türleri..... | 8 |
| 1.4.1. Isı Yalıtımı..... | 9 |
| 1.5. Kullanılan Yöntemler..... | 10 |
| 1.6. Yasal Düzenlemeler ve Kanunlar..... | 10 |
| 1.6.1. Isı Yalıtımı İle İlgili Yönetmelikler | 10 |
| 1.6.2. TS 825'in Revizyonu | 12 |
| 1.6.3. TS 825'in Genel Açıklamaları | 13 |
| 1.6.4. TS 825'e Ait Ek Kriterler..... | 15 |
| 1.6.5. Standardın Uygulanmasındaki Aksaklıklar..... | 15 |
| 2. KONUTLARDA UYGULANAN DIŞ DUVAR ISI YALITIM SİSTEMLERİ..... | 17 |
| 2.1. Bina Duvarlarının Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları..... | 18 |
| 2.1.1. Dışarıdan Yalıtım..... | 19 |
| 2.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları..... | 20 |
| 2.2.1. İçeriden Yalıtım..... | 21 |
| 2.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları..... | 22 |
| 2.4. Havalandırılmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları..... | 24 |
| 2.5. Isı Yalıtımı Konusunda Yapının Projelendirilmesinde Mimarlar ve Mühendislerce Dikkat Gereken Hususlar..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 3. YAPILARDA ÇİFT DUVAR ARASI ISI YALITIMI SİSTEMLERİ | 29 |
| 3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Genel Özellikleri..... | 29 |
| 3.1.1 Yapılarda Kullanılan Yalıtım ve Bağlantı Malzemeleri..... | 29 |
| 3.1.2. Isı Tutucu Malzemeler..... | 30 |
| 3.1.3. Isı Tutucu Malzemelerde Aranacak Özellikler..... | 30 |
| 3.1.4. Isı Tutucu Malzemeler ve Çeşitleri..... | 32 |
| 3.1.5. Isı Tutucu Malzemelerin Uygulanması..... | 32 |
| 3.2. Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı..... | 33 |
| 3.2.1 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım..... | 34 |
| 3.2.1.1 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamasında Dikkat Edilecek Hususlar..... | 35 |
| 3.2.2 Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı Elemanları Nasıl Olmalı ve Nasıl Uygulanmalı... | 35 |
| 3.2.3 Çift Duvar Arası Isı Yalıtımında Kullanılan Malzemeler..... | 36 |
| 3.2.3.1 EPS Isı Yalıtım Levhaları..... | 36 |
| 3.2.3.2. XPS Isı Yalıtım Levhaları..... | 40 |
| 3.2.3.3. Taş Yünü Isı Yalıtım Levhaları..... | 43 |
| 3.2.3.4. Cam Yünü..... | 46 |
| 3.2.4. Kullanılan Malzemelerin Karşılaştırılması..... | 48 |
| 3.2.5. Malzemenin Nakliyesi ve Depolanması..... | 50 |
| 3.3. Isı Yalıtım Sisteminde Tanımlanan Malzeme ve Elemanlar | 50 |
| 3.3.1. Yapıştırıcı Malzemelerin Uygulanması..... | 51 |
| 3.3.2. Dübel Uygulaması..... | 51 |
| 3.3.3. Sıva Donatı Filesiz Uygulaması..... | 52 |
| 3.3.4. Yalıtım Levhası Sıvasız Uygulaması..... | 53 |
| 3.3.5. Köşe Profili Uygulaması..... | 54 |
| 3.3.6. Su Basman Profili Uygulaması..... | 54 |
| 3.3.7. Son Kat Dekoratif Kaplama Uygulaması..... | 55 |
| 3.4. Uygulama Detayları..... | 55 |
| 3.4.1. Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar..... | 56 |

| | |
|---|-----|
| 4. ISI YALITIM UYGULAMALARINDA ISI KÖPRÜLERİNİN OLUŞUMU..... | 57 |
| 4.1. Isı Köprüsü..... | 58 |
| 4.2. Yoğuşma..... | 60 |
| 5. DUVAR ISI YALITIM UYGULAMALARINDA MALİYET ANALİZİ..... | 62 |
| 5.1 Duvar Isı Yalıtımı Uygulamalarında Maliyet Analizinde Kullanılan Değerler..... | 63 |
| 5.1.1 Isıl Geçirgenlik Direnci Hesabı..... | 64 |
| 5.1.2 Toplam Isıl Geçirgenlik Direncinin (1/U) Hesaplanması | 64 |
| 5.1.2.1 Duvar Yüzeylerinin Yalıtımlı Isı Geçirgenlik Katsayısı..... | 65 |
| 5.1.3 Yapı Bileşeninin Isı Kaybı Hesabı | 66 |
| 5.1.4 Isıtma İçin Gerekli Yıllık Enerji Miktarı..... | 68 |
| 5.1.5 Yıllık Enerji Maliyeti ve Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması..... | 70 |
| 5.1.6 Enerji Tasarrufu ve Geri Ödeme Süresi..... | 73 |
| 5.2 Isı Yalıtımı Uygulamaları..... | 74 |
| 5.2.1 Yalıtımsız Duvarların Toplam Isı Direncinin Bulunması..... | 74 |
| 5.2.2 Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması..... | 76 |
| 5.2.3 Şimdiki Değer Faktörünün Bulunması..... | 77 |
| 5.2.4. Yıllık Toplam Maliyetlerin Hesaplanması..... | 79 |
| 6. SONUÇLAR..... | 93 |
| 7. KAYNAKLAR..... | 96 |
| 8. EKLER..... | 102 |
| EK 1. Maliyet Analizinde Kullanılan Değerler..... | 102 |
| EK 2. Yalıtım Malzemelerinin Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın 2008 Yılı Birim Fiyatları..... | 122 |
| ÖZGEÇMİŞ | 123 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1 Binalarda Yalıtımın Uygulandığı Yapı Elemanları..... | 5 |
| Şekil 1.2 Dış Etkiler Sonucu Oluşan Isı Kayıpları..... | 9 |
| Şekil 2.1a) Dış Duvarlarda Dışarıdan Yalıtım Uygulamaları, b) Dış Duvarlarda Dışarıdan Yalıtım Detayı..... | 19 |
| Şekil 2.2 Dışarıdan ve İçeriden Yalıtım Uygulamaları..... | 19 |
| Şekil 2.3 Dış Duvarlarda İçeriden Yalıtım Detayı..... | 21 |
| Şekil 2.4 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Detayları..... | 24 |
| Şekil. 2.5 Giydirme Cephe Sistemlerin Uygulaması ve Yalıtım Detayı | 25 |
| Şekil 2.6. Yapı Bileşenlerinin Tasarım ve Yerleşimi..... | 25 |
| Şekil 2.7 Isı Yalıtımsız Duvarlarda Sıcaklık Grafiği | 27 |
| Şekil 2.8 Isı Yalıtımsız Duvarlarda Yoğuşma..... | 27 |
| Şekil 2.9 Isı Yalıtımlı Duvar Detayı..... | 28 |
| Şekil 3.1 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Detayı..... | 29 |
| Şekil 3.2 Sandviç Duvarların Yalıtım Detayları..... | 33 |
| Şekil 3.3. EPS Isı Yalıtım Levhalarında Isı İletkenliğinin Sıcaklıkla Değişimi..... | 40 |
| Şekil 4.1 Isı Kayıpları..... | 57 |
| Şekil 4.2 Isı Köprüsü ve Yoğuşma | 58 |
| Şekil 4.3 Cephede Meydana Gelen Sıva Üzeri Çatlama ve Bozulma..... | 59 |
| Şekil 4.4 Duvar Bileşenlerinde Doymuş Su Buharı ve Su Buharı Kısmi Basınçlarının Kesişmemesi ve Kesişmesi Durumu..... | 61 |
| Şekil 5.1 Sandviç Duvar Uygulaması..... | 63 |
| Şekil 5.2 Duvar Elemanlarının Kesiti..... | 63 |
| Şekil 5.3 Duvarlardaki Farklı Yalıtım Çeşitlerinin ve Yalıtım Malzemelerinin Kış Şartlarındaki Isı Akış Yoğunluğu..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Şekil 5.4 Farklı Yalıtım Çeşitlerinin Birim Duvar Yüzeylerinin Isı Geçirgenlik Katsayılarının Karşılaştırılması | 76 |
| Şekil 5.5 Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Duvar Yüzeylerinin Isı İletkenlik Değeri ve Yalıtım Kalınlığı..... | 79 |
| Şekil 5.6 EPS'nin Yalıtım Kalınlıklarının Farklı Yalıtım Uygulamalarında Isıma Maliyetine Etkisi..... | 83 |
| Şekil 5.7 XPS'nin Yalıtım Kalınlıklarının Farklı Yalıtım Uygulamalarında Isıma Maliyetine Etkisi..... | 83 |
| Şekil 5.8 Taş Yünü'nün Yalıtım Kalınlıklarının Farklı Yalıtım Uygulamalarında Isıma Maliyetine Etkisi..... | 84 |
| Şekil 5.9 Cam Yünü'nün Yalıtım Kalınlıklarının Farklı Yalıtım Uygulamalarında Isıma Maliyetine Etkisi..... | 84 |
| Şekil 5.10 EPS İçin Yalıtımlı Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Farklı Enerji Türlerine Bağlı Olarak Yıllık Enerji Tasarrufu Üzerine Etkisi..... | 86 |
| Şekil 5.11 XPS İçin Yalıtımlı Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Farklı Enerji Türlerine Bağlı Olarak Yıllık Enerji Tasarrufu Üzerine Etkisi..... | 87 |
| Şekil 5.12 Taş Yünü İçin Yalıtımlı Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Farklı Enerji Türlerine Bağlı Olarak Yıllık Enerji Tasarrufu Üzerine Etkisi..... | 87 |
| Şekil 5.13 Cam Yünü İçin Yalıtımlı Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Farklı Enerji Türlerine Bağlı Olarak Yıllık Enerji Tasarrufu Üzerine Etkisi..... | 88 |
| Şekil 5.14 Duvar Yüzeylerinde EPS'nin Farklı Kalınlıklarda Yalıtımsız ve Yalıtımlı, Bölge Standartlarına Uyumu..... | 88 |
| Şekil 5.15 Duvar Yüzeylerinde XPS'nin Farklı Kalınlıklarda Yalıtımsız ve Yalıtımlı, Bölge Standartlarına Uyumu..... | 89 |
| Şekil 5.16 Duvar yüzeylerinde Taş Yünü'nün ve Cam Yünü'nün Farklı Kalınlıklarda Yalıtımsız ve Yalıtımlı, Bölge Standartlarına Uyumu..... | 89 |
| Şekil 5.17 Yalıtım Çeşitlerinin Uygulama Açısında Karşılaştırılması..... | 90 |
| Şekil 5.18 Duvar Yüzeylerinde Yalıtım Türlerinin Maliyet Karşılaştırması..... | 91 |

TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1.1 : DIN 4108 ve TS 825'in Karşılaştırılması..... | 13 |
| Tablo 2.1 : İçeriden ve Dışarıdan Yalıtım Karşılaştırılması..... | 21 |
| Tablo 3.1 : EPS'nin Teknik Özellikleri..... | 39 |
| Tablo 3.2 : Isı Yalıtım Amaçlı EPS Levhalar İçin EN 13163'te Belirtilen Sınıflama ve μ Değerleri ile Norm'da Önerilen Denklemler Kullanılarak Hesaplanmış Yaklaşık Eşdeğer Yoğunluklar ve ısı İletkenlikleri..... | 40 |
| Tablo 3.3 : XPS'nin Teknik Özellikleri..... | 43 |
| Tablo 3.4 : EPS ve XPS karşılaştırılması..... | 43 |
| Tablo 3.5 : Taş Yünü'nün Karakteristik Özellikleri..... | 46 |
| Tablo 3.6 : Yalıtım Malzemelerinin Yoğunluk ve Isı İletim Katsayıları | 49 |
| Tablo 3.7 : Isı Yalıtımında Uygulanan Dübel Şemaları..... | 52 |
| Tablo 5.1:Yalıtım Amaçlı Duvar Elemanlarında Kullanılan Malzemelerin Kalınlık ve İletkenlik Katsayı Değerleri..... | 65 |
| Tablo 5.2 : Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Isı Akış Yoğunluğu..... | 67 |
| Tablo 5.3 Dışarıdan Yalıtım Uygulamalarında Isı Akış Yoğunluğu..... | 67 |
| Tablo 5.4 İçeriden Yalıtım Uygulamalarında Isı Akış Yoğunluğu..... | 68 |
| Tablo 5.5 Hesaplarda Kullanılan Parametreler..... | 74 |
| Tablo 5.6 Dış Duvar Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri..... | 75 |
| Tablo 5.7 Türkiye'deki Enerji Türlerinin Karşılaştırılması..... | 77 |
| Tablo 5.8 Hesaplamalarda Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri..... | 77 |
| Tablo 5.9 Farklı Yalıtım Çeşitlerinin Optimum Yalıtım Kalınlıkları ve Dirençleri..... | 78 |
| Tablo 5.10 Farklı Yalıtım Malzemelerinin Toplam Maliyetleri ve Geri Ödeme Süreleri..... | 81 |
| Tablo 5.11 Farklı Yalıtım Uygulamalarında Yakıt Çeşitlerinin Eşdeğer Kömür Fiyatına (F_{ek}) Oranları..... | 82 |
| Tablo 5.12 Birim Yüzey İçin Farklı Yalıtım Çeşitlerinde Yalıtımsız Yıllık Toplam Maliyet | 85 |

| | |
|--|----|
| Tablo 5.13 Birim Yüzey İçin Farklı Yalıtım Çeşitlerinde Yalıtımlı Yıllık Toplam Maliyet .. | 85 |
| Tablo 5.14 Birim Yüzey İçin Farklı Yalıtım Çeşitlerinde Yıllık Enerji Tasarrufu..... | 85 |
| Tablo 5.15 Birim Yüzey İçin Farklı Yalıtım Çeşitlerinde Geri Ödeme Süresi..... | 86 |
| Tablo 5.16 Birim Yüzey İçin Farklı Yalıtım Çeşitlerinde Yalıtım Sonrası Duvar Kalınlığı... | 91 |

RESİMLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Resim 2.1 Dış Duvarlardaki Isı Yalıtım Uygulamaları..... | 18 |
| Resim 3.1 Bodrum Kat Isı Yalıtımında EPS Uygulaması..... | 37 |
| Resim 3.2 Dış Duvar Isı Yalıtımında EPS Uygulaması..... | 38 |
| Resim 3.3 Teras Çatı Isı Yalıtımında EPS Uygulaması..... | 38 |
| Resim 3.4 EPS Yalıtım Levhası..... | 39 |
| Resim 3.5 Dış Duvar Isı Yalıtımında ve Teras Çatıda XPS Uygulaması | 42 |
| Resim 3.6 İç Duvar Isı Yalıtımında ve Teras Çatıda XPS Uygulaması..... | 42 |
| Resim 3.7 XPS Ürünleri..... | 42 |
| Resim 3.8 Levha Şeklindeki Taş Yünü Isı Yalıtım Ürününün Dış Duvarlarda Uygulanması..... | 44 |
| Resim 3.9 Levha Şeklindeki Taş Yünü Isı Yalıtım Ürününün Döşemede Uygulanması..... | 45 |
| Resim 3.10 Taş Yünü Sanayi Şiltesinin Tesisat Yalıtımında Kullanılması..... | 45 |
| Resim 3.11 Kalibel Isı Yalıtım Ürününün Duvarda Uygulanması..... | 45 |
| Resim 3.12 Dökme Taş Yünü..... | 46 |
| Resim 3.13 Isıtılmayan Bir Çatı Arasında Cam Yünü Isı Yalıtım Ürünün Döşemeye Serilmesi..... | 47 |
| Resim 3.14 Cam Yünü Isı Yalıtım Ürününün Katmanlı Dış Duvarda Uygulanması..... | 47 |
| Resim 3.15 Dökme Cam Yünü..... | 48 |
| Resim 3.16 Yapıştırma Harcı..... | 51 |
| Resim 3.17 Dübel Uygulaması ve Çeşitleri | 52 |
| Resim 3.18 Sıva Filesı..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Resim 3.19 Levha Sıvası..... | 53 |
| Resim 3.20 Köşe Profili..... | 54 |
| Resim 3.21 Su Basman Profili..... | 55 |
| Resim 3.22 Son Kat Dekoratif Kaplama (Silikonlu, Hazır Renkli Sıva)..... | 55 |

1. GİRİŞ

Bir yapı tasarımının, amacına uygun, sağlam, estetik ve ekonomik olması şeklinde özetlenebilecek özellikleri, projelendirme ve uygulama olarak iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Tasarımın oluşum ve kullanma sürecindeki biçimlenişini sağlayan malzemenin, 19. yüzyıla kadar konstrüksiyon ve forma etkisini ayrı ayrı değerlendirmesinin zor olduğu görülmüştür. Çünkü form, tasarımın konstrüksiyon olanaklarından doğmuştur.

19. yüzyıldan sonra endüstri devrimi ile beraber gelişen ekonomik ve sosyal değişimler malzeme teknolojisinin önemini arttırmış ve tasarımda tek bir malzeme yerine birden fazla malzemenin kullanıldığı çözümler görülmeye başlanmıştır. Endüstri devrimi ile tüm dünyada büyük bir hızla gerçekleşen makineleşme, zaman içinde büyük bir enerji problemini ortaya çıkarmıştır. Özellikle sanayide kullanılan fosil yakıtlar atmosferde oluşturdukları zararlı etkileri ile çevresel felaketlerin oluşmasına sebebiyet vermiştir. Bilinçsiz sanayileşme her geçen gün yerkürenin sahip olduğu enerji stokunun azalmasını sağlamıştır. Bu sebeple dünyanın pek çok ülkesi var olan enerjisini en verimli şekilde kullanabilmesinin çözüm yollarını aramaktadır. Kullanılan enerji kaynaklarının fosil yerine güneş, rüzgâr ve su şeklinde temiz enerji kaynakları olması için gerekli çalışmaları hayatın tüm alanlarına yaymıştır. Pek çok sektörde olduğu gibi yapı sektöründe de enerji korunumu bu sebeple çok önemlidir.

Bir yapının tasarımından, uygulanıp işletmeye açılmasına kadar geçen süreçler içerisinde mekân oluşumu; yönlendirme, cephedeki doluluk boşluk oranları, taşıyıcı sistemin belirlenmesi, yan yana gelen malzemelerin birbirine etkisi ve daha pek çok konu yani enerji korunumu açısından önem göstermektedir. Tüm bunlar yapı içinde yaşayan insanların konfor koşullarının istenilen düzeyde olmasını sağlamaktadır. Yapı sağlığını etkileyen mekanik deformasyonlar, aşınma, deprem, ısısal etkiler, su ve nem etkileri, akustik sorunlar, güneş ve atmosfer etkileri, yangın gibi faktörlerin hepsi yapı fiziği açısından değerlendirilmesi gereken konular olarak saptanmıştır. Ama öncelikle yapıda kullanılan malzemelerin içyapısının bilinmesi, tanınması ve doğru inşaat sistemi ve doğru malzeme seçimlerin yapılması gerekmektedir. Malzemede görülen deformasyonlar basınç, çekme, kayma, burulma, eğilme, burkulma, yorulma, çarpma, sertlik, aşınma gibi durumlar olarak sayılabilmektedir (Yücedağ 2006).

Isısal sorunlar yapı içinde yaşayan insanın sağlıklı ve üretken olmasını sağlayan konfor koşullarını etkilemekle birlikte, ısısal deformasyonlar nedeni ile yapının yıpranmasına yol açmaktadır. Bu sebeple kullanılan malzemenin yapı fiziği kurallarına uygun olmasının

yanında enerji tasarrufu sağlaması da çok önemlidir. Yapının bileşenlerinin malzemesi, kullanım şekli, doğru detaylandırılması ve uygulanması yukarıda anlatılan yapı fiziği kuralları ve enerji korunumu açılarından çok önemlidir. Sürekli gelişen yapı teknolojisi ile prefabrik olarak üretilen yapı elemanlarının da yukarıda sayılan performans kriterlerine uygunluğunu sağlamak gereklidir.

Bu amaçla tüm dünya ile birlikte ülkemizde de uygulanmaya başlanan ısı geçirim düzeyi minimum, beton sandviç panel duvarlar özellikle incelenmesi ve ülkemiz iklim koşullarında uygulanma şekillerinin araştırılması gereken bir konudur. Isı Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Duvar Sistemi dünyanın birçok ülkesinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu sistem hızlı üretilmesi, sağlamlığı, ısı depolama yeteneği ile ideal bir ısı yalıtımı sağlaması, ısı köprüleri oluşumuna izin vermemesi, yoğuşma ve buharlaşma oluşturmaması gibi özellikleri ile tercih edilmektedir.

Çalışmada, ilk bölümde; yalıtım tanımlaması, yalıtım çeşitleri, ısı yalıtımı, ısı yalıtımı standardı olan TSE 825 ve bu standardın günümüze kadar geçirdiği revizyonlar ve kaynak taraması yapılmıştır. Çalışmanın amacı, önemi, varsayımı ve kapsamıyla, çalışmada izlenen yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde; günümüzde bina dış duvarlarında uygulanan dört ısı yalıtımı sistemi incelenmiştir. Bunlar, sırasıyla dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası ve havalandırılmalı yalıtım sistemleridir. Isı yalıtım sistemleri ayrıntılı olarak incelenip, yararları ve sakıncaları belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde; çift duvar arası yalıtım ve yapılarda ısı yalıtımında kullanılan ısı yalıtım ve bağlantı malzemelerinin teknik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çift duvar arası yalıtım uygulamasında dikkat edilmesi gerekenler ve uygulama hataları irdelenmeye çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde; yalıtımsız bir yapıda oluşan ısı kayıpları ve bu ısı kayıpları sonucunda oluşan ısı köprüleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca genellikle soğuk havalarda meydana gelen ve yapı malzemesiyle havanın temasından dolayı oluşan yoğuşma olayı incelenmiştir.

Beşinci bölümde; ısı yalıtımı ile ilgili ekonomik analizler yapılmıştır. Bu bağlamda; faiz ve enflasyon oranları, toplam ısı geçiş katsayısı, yıllık ısıtma süreleri, ortam sıcaklıkları, kullanılan enerjinin ısıl değerleri ile yalıtım malzemesi fiyatları incelenmiştir. Bunlara bağlı olarak malzeme cins ve fiyatları da dikkate alınarak ısıtma için gerekli olan yıllık toplam minimum maliyet hesaplanarak optimum yalıtım kalınlığı elde edilmiştir. En ucuz yakıt türü olarak bilinen kömür baz alınarak diğer yakıt türlerine göre enerji giderleri hesaplanmıştır.

Uygulamada en çok kullanılmakta olan dört çeşit yalıtım malzemesi (EPS, XPS, taş yünü ve cam yünü) kullanılarak analizler yapılmıştır. Bunun için üç farklı duvar modeli (dışarıdan, içeriden ve ortadan yalıtımlı) esas alınmıştır. Bunlar üzerinde her bir parametre için ayrı ayrı; optimum yalıtım kalınlığı, yalıtımlı ve yalıtımsız yıllık toplam maliyet, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan altıncı bölümde ise; çalışmada elde edilen bulgular irdelenmiştir. Bu irdellemelerle birlikte sonuçlar ve öneriler sıralanmıştır. Buna göre, ısı yalıtımı yapılarak yüksek oranda enerji tasarrufu yapılabileceği bulunmuştur. Özellikle ısı yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında bu tasarrufun maksimum geri ödeme süresinin ise minimum olduğu tespit edilmiştir.

1.1. Isı Yalıtımıyla İlgili Yapılan Literatür Araştırması

Kocaarslan'ın (1991) “Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım” adlı çalışmasında, binalarda ısı yalıtımı kullanan ve kullanmayan hacim alternatifleri gerçekleştirdikleri ısıtma süreleri açısından karşılaştırılarak ısı, yalıtım kullanımının enerji korunumuna etkileri irdelenmiştir.

Hasan (1999) “Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost” adlı çalışmasında, optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması için bir çalışma yapmıştır. Söz konusu çalışmada farklı yakıt ve yalıtım malzemeleri için hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve polistiren kullanılarak elde edilebilecek enerji tasarrufa miktarının 21 \$/m²'ye kadar çıktığı ve geri ödeme süresinin 1-1.7 yıl ve 1.3-2.3 yıl olduğu tespit edilmiştir.

Dağsöz, Işikel ve Bayraktar (1999) “Yapılarda Sıcak Etkisinin Getirdiği Problemlerin Isı Yalıtımı İle Çözümü ve Enerji Tasarrufu” adlı çalışmasında referans alınan duvara sadece 3 cm kalınlığında ekstrude polistiren esaslı ısı yalıtım malzemesi takviyesinin ısıl dirençte % 320 katlık bir artışa neden olduğu, bunun da ısı kaybında ve buna paralel olarak enerji tüketiminde yaklaşık % 76'lık bir tasarruf sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla basit bir yalıtım elemanıya, en kötü olasılıkla % 50'ler civarında bir enerji tasarrufunun sağlanabileceği açıktır.

Gustafsson (2000) “Optimisation of Insulation Measures on Existing Buildings, Energyand Buildings” adlı çalışmada eski binalarda kullanılan ısıtma amaçlı enerjiyi azaltmak amacıyla optimizasyon yapmış ve bunun için bir simülasyon programı geliştirmiştir. Bu programı kullanarak ısıtma sistemlerinde “Yaşam Maliyet Analizi” (Life-Cycle-Cost)

karşılaştırması yapmıştır. Kullanımda olan binalarda yalıtım ölçülerinin optimizasyonu ile ilgili olarak yaptığı bir diğer çalışmada ise yine (Life- Cycle-Cost) metodunu kullanmış ve bölgesel ısıtma sistemlerinde işletme maliyetlerini düşürebilmek amacı ile binalarda yeniden yalıtım yapılması ve ısı kayıplarını en aza indirecek şekilde binaların tasarlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Song (2000), ısıtma sistemlerini toplam enerji sistemi açısından inceleyerek gerçek yakıt maliyetlerini ekserjiye dayalı hesaplamıştır.

Yantovski (2000) “Exergonomics in Education” adlı çalışmasında, eksergoekonomi konusunda yapılan çalışmaları incelemiş ve eksergoekonomiyi kullanarak sistemlerin optimizasyon bağıntılarını çıkartmıştır. Bu bağıntılar yardımı ile ekserji kaybını minimuma indirebilmek için bir model geliştirmiş ve yaptığı çalışmayı birkaç örnekleme ile desteklemiştir. Geliştirdiği modeli kanıtlayabilmek için yaptığı örneklemede optimum duvar kalınlığını tespit amacı ile bir duvardaki ısı transferini ele alarak yalıtım kalınlığı optimizasyonu yapmış ve optimum yalıtım kalınlığını $0,24 \text{ metre} < d_{\text{opt}} < 0,44 \text{ metre}$ ve birim alandan geçen ısı transferi miktarını ($q_{\text{opt}} = 49.7 \text{ W/m}^2$) olarak hesaplamıştır.

Mohsen (2001) “Some Prospects of Energy Savings in Buildings”, tarafından gerçekleştirilen ve binanın ısıtma ihtiyacını belirlemeye yönelik çalışmada, izolasyon malzemesi olarak geliştirilmiş polistren kullanılmış ve bu sayede %76,8 ‘e varan enerji tasarrufu elde edilmiştir.

Pehlevan (2001) “TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının Yoğuşma ve Buharlaşma Süreleri Açısından Değerlendirilmesi” adlı çalışmasının sonucuna göre birbirinden farklı Coğrafya Bölgelerinin yer aldığı ülkemizin tümü için sürelerle ilgili olarak tek bir değeri önermek doğru değildir. Yine TS 825’ deki derece gün bölgeleri için bulunan değerlerden de yararlanarak dış duvarlar için farklı değerler önerilmiştir.

Dilmaç ve Kesen (2003) “A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS-825)”, TS 825’i değerlendirdiği çalışmasında, binaların yıllık enerji tüketiminde yapı elemanlarına (örneğin duvar, pencere, çatı gibi) ve özellikle saydam yüzeylere ait ısı geçirgenlik katsayısı U-değerinin önemini belirtmiştir.

Oral ve Yılmaz (2003), “Building Form for Cold Climatic Zones Related to Building Envelope From Heating Energy Conservation Point of View” adlı çalışmasında bina formu ve bina kabuğu U-değeri arasındaki ilişkiyi araştırmış ve bina kabuğu U-değerinin bir binadaki ısı kayıplarını belirleyen en önemli faktör olduğunu belirtmiştir.

Çomaklı ve Yüksel (2003) “Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving”, Erzurum, Kars ve Erzincan illerini baz alarak optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması için LCC (Life-Cycle Cost) “Ömür Maliyet Analizi” yöntemini de kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada söz konusu iller için optimum yalıtım kalınlıkları, elde edilebilecek enerji tasarrufu miktarı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları Erzurum için 0.1048 metre, Kars için 0.1073 metre ve Erzincan için 0.085 metre olmuştur.

Bolattürk (2003) “Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Hesabı ve Enerji Tasarrufundaki Rolü”, tarafından Isparta için yapılan çalışmada, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığı incelenmiş ve yalıtım malzemesi olarak polistiren kullanıldığında, çalışmada belirlenen optimum kalınlık değeri için % 60.2 oranında enerji tasarrufu elde edilmiştir.

Aydın (2006) “Conjugate Heat Transfer Analysis of Double Pane Windows”, pencerelerde iki cam arasındaki hava tabakası kalınlığının ısı kaybı üzerindeki etkisini inceleyerek Ankara, Kars, Trabzon ve Antalya illeri için optimum hava kalınlıklarını hesaplamıştır. Bu çalışmaya göre hava tabakası kalınlıkları Antalya için 18-21 milimetre, Ankara ve Trabzon için 15-18 milimetre ve Kars için de 12-15 milimetre olarak tespit edilmiştir. Bulunan bu değerlere uyulması halinde pencereler vasıtası ile gerçekleşen ısı kayıplarının Antalya’da % 40, Trabzon’da %34, Ankara’da % 29 ve Kars’ta da % 21 oranında azalma kaydedeceği belirlenmiştir.

Gölcü, Dombaycı ve Abalı (2006) “Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları”, Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve sonuçları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, yakıt olarak ithal kömür ve fuel-oil kullanıldığı durumda; dış duvarlardaki optimum yalıtım kalınlığı, elde edilebilecek enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmıştır. 10 yıllık ömür süresi için; ithal kömür kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı 0.048 metre, fuel-oil kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı 0.082 metre elde edilmiş ve yıllık tasarruf miktarı ise kömür için 12 TL/m² ve fuel-oil için 38.91 TL/m² olarak hesaplanmıştır. İthal kömür kullanıldığında geri ödeme süresi 2.4 yıl, fuel-oil için ise 1.6 yıl olarak hesaplanmıştır.

Arslan ve Köse (2006) “Thermoeconomic Optimization of Insulation Thickness Considering Condensed Vapor in Buildings”, tarafından Kütahya’da yapılan çalışmada duvarda yoğuşan buharın oluşturduğu film tabakası da dikkate alınarak yalıtım kalınlığının optimizasyonu yapılmıştır. Söz konusu çalışmada optimum yalıtım kalınlıkları 0.060 metre,

0.065 metre ve 0.075 metre olarak belirlenmiş ve iç sıcaklığın 18 °C, 20 °C ve 22 °C olduğu hallerde sırası ile % 74.9, % 76.3 ve % 78.8 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

Aytaç ve Aksoy (2006) “Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyet İlişkisi”, tarafından enerji tasarrufu amacıyla dış duvarlardaki optimum yalıtım kalınlığı ve ısıtma ilişkisini belirlemek amacı ile Elazığ’da beş farklı yakıt türü (kömür, doğalgaz, fuel-oil, LPG ve elektrik) ve iki farklı yalıtım malzemesi (genleştirilmiş polistiren ve taş yünü) kullanılarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar olmak üzere iki farklı duvar modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda en iyi sonuç; yakıt olarak kömür kullanıldığında ve yalıtım malzemesi olarak da genleştirilmiş polistiren kullanıldığında elde edilmiştir. Belirlenen yakıt türü ve yalıtım malzemesi için dıştan yalıtımlı bir bina için geri ödeme süresi 4.6 yıl ve yıllık tasarruf 16.359 \$/m², sandviç tür duvarda ise 4.2 yıl ve 20.188 \$/m² sonuçları elde edilmiştir.

Tuncer (2007) “Isıtılan ve Soğutulan Mahallerde Isı Yalıtımının Optimizasyonu”, tarafından yapılan çalışmada; en küçük optimum yalıtım kalınlığı Antalya ilinde yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanıldığında, maksimum yalıtım kalınlığı ise yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında Sivas ilinde elde edilmektedir. Yakıt türlerine göre sıralama yapılırsa elektrik kullanıldığında maksimum kalınlık elde edilmekte kömür kullanıldığında ise minimum yalıtım kalınlığı elde edilmektedir. Yalıtım kalınlığına bağlı olarak yalıtımlı yıllık toplam maliyet Antalya da minimum olmaktadır. Enerji tasarrufu dikkate alındığında maksimum enerji tasarrufu Sivas ilinde ortadan yalıtımlı duvarlar için elde edilmekte minimum enerji tasarrufu ise Antalya ilinde elde edilmektedir. Geri ödeme süresi ise optimum yalıtım kalınlığına bağlı olarak Sivas ilinde minimum olmakta diğer illerde artarak Antalya ilinde maksimum olmaktadır. Yakıt türleri karşılaştırıldığında ise kömürde minimum yalıtım kalınlığı, yalıtımlı yıllık toplam maliyet ve yalıtımsız yıllık toplam maliyet elde edilmekte, elektrikte ise bunlar maksimum olmaktadır.

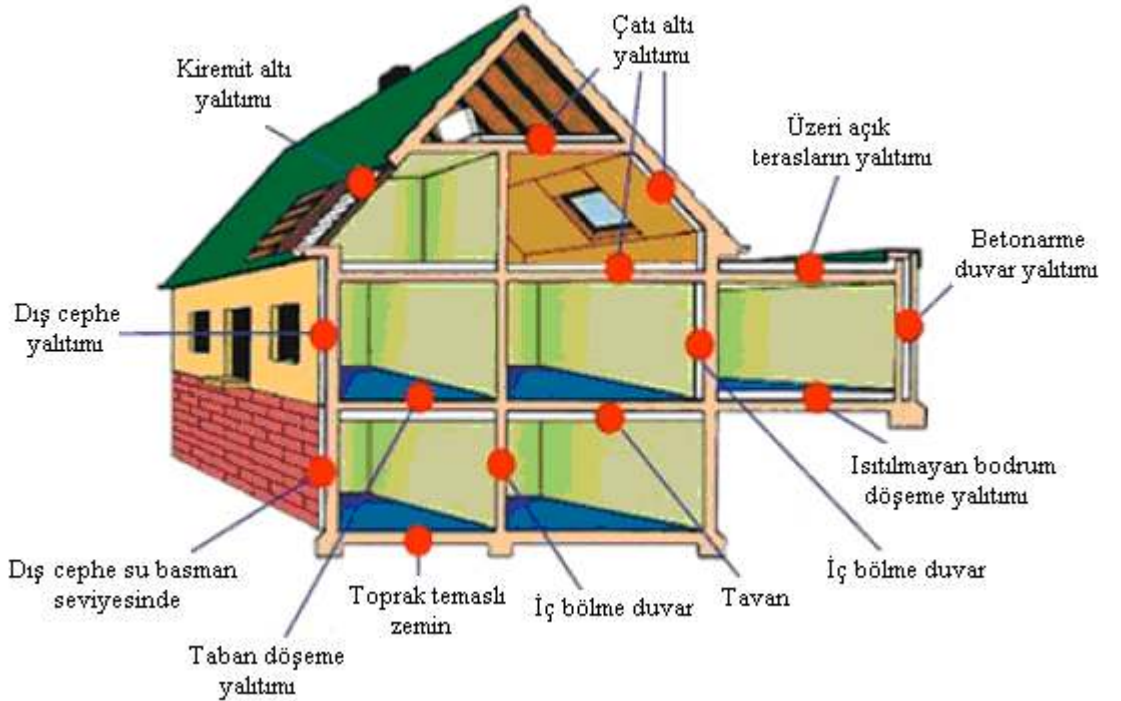
1.2. Yalıtımın Tanımlanması

Yalıtım, Arapça kökenli tecrit ve Fransızca kökenli izolasyon kelimelerinin karşılığı olarak, yakın zamanlarda Türkçeye giren, yeni sayılabilecek bir sözcüktür. Hemen herkeste, bu tanıma yakın çağrışımlar yaratan yalıtım sözcüğü, yapı sektörü söz konusu olduğunda ise teknik bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (İzoder 2008).

Yalıtım, bir yapı fiziği koludur. Bir yapı içerisindeki fiziksel hareketleri denetim altında tutmak ve düzenlemek için alınması gerekli önlemleri inceler. Isı, su, ses yangın gibi zararlı etkenler karşısında yapıda korunum, dayanım ve geçirimsizliği hedefleyen malzemeleri, çözümleri, detayları ve uygulamaları içerir.

Yalıtım; malzeme üretiminden uygulamasına kadar titizlik, hassaslık, çok yönlü detay çalışmasını gerektiren ve birçok bilim dalını ilgilendiren bir sistem bütünüdür. Bu nedenle, yalıtımda, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık v.b. gibi bilim dalları bir eşgüdüm içerisinde bulunmalıdır. Böylece yalıtım sektörü, inşaat, mimarlık, makine vb. gibi meslek gruplarının oluşturduğu yeni ve farklı bir sektör olarak görülebilir.

Standartlara uyan, çağdaş teknolojiyi izleyen firmaların ürünlerini, kullanıcıların da bilinçli takip etmeleri, yüklenici firmalardan, yapıda kullanılan malzemeler hakkında bilgi almaları beklenen bir durumdur. Yapıların mevcut yönetmeliklere uygunluğu ve denetlenmesi gerek ülke, gerekse kullanıcıların yararlarına olacağı unutulmamalıdır (Dow Kimya San. ve Tic.Ltd. 2009). Buradan hareketle yalıtım; kısaca, “Kullandığımız binaların dışsal etkilere karşı korunması” olarak tanımlanabilir. Yalıtım genelde, ısı, su, ses ve yangın yalıtımı olarak çeşitlendirilebilmektedir. (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Binalarda yalıtımın uygulandığı yapı elemanları (Stay İnşaat 2009).

1.3. Yalıtımın Amacı

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

1.4. Yalıtımın Türleri

Yalıtım türleri dörde ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla ısı yalıtımı, su yalıtımı, ses yalıtımı ve yangın yalıtımıdır.

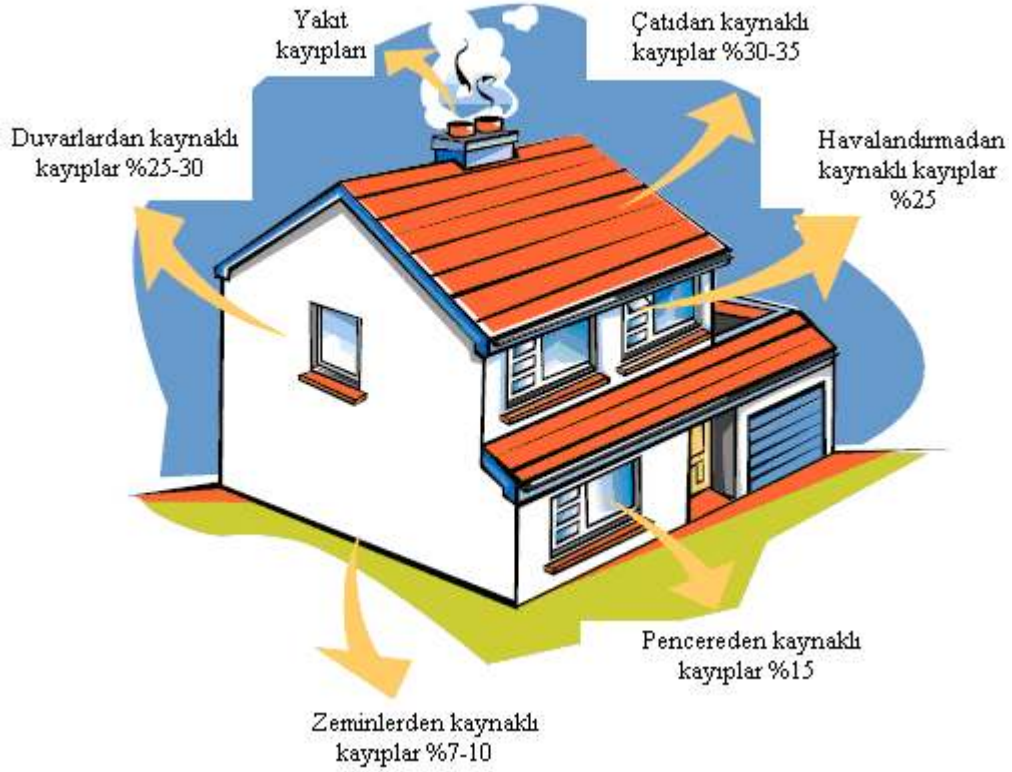
Isı yalıtımı: 1974 dünya petrol krizinden sonra enerji, dünya gündemindeki önemini daha da arttırmıştır. Enerjinin ekonomik kullanımı söz konusu olduğunda ise ısı yalıtımı ihmal edilmemesi gereken bir olgu olup her geçen gün kaynakların boşa harcanması demektir.

Su yalıtımı: Binaların, su ve nemin olumsuz etkilerine karşı korunması gerekliliği her geçen gün yeni örnekleri ile karşımıza çıkmaktadır. Su yalıtımı ile yaşamakta olduğumuz binaların yapısal özelliklerinin korunması ve ömürlerinin uzatılması amaçlanmaktadır.

Ses yalıtımı: Günümüz dünyasının çalışma temposu içinde ses kirliliğindeki artış, insanoğlunun ruh ve beden sağlığını tehdit etmektedir. Bu durumda yaşama ve çalışma ortamlarının sese karşı yalıtımı ihmal edilemeyecek önem arz etmektedir.

Yangın yalıtımı: Binaların duvar ve taşıyıcı sistemlerinin, muhtemelen bir yangın sırasında, itfaiye ekiplerinin olay yerine varmalarına kadar geçebilecek kısa zaman süreci içinde hasar görmelerini önlemek amacı ile yanmaz bir malzeme kullanarak koruma altına alınmalıdır (Stay İnşaat 2009).

Yalıtım sürecinde alınması gereken önlemler genel olarak iki başlık altında ele alınır. Bunlardan ilki, yapıyı koruyan önlemler ve diğeri de kullanıcıyı koruyan önlemlerdir. Her bina, belirli bir çevrede yer alır ve bu çevreden gelen olumsuz etkilerle karşı karşıyadır. Yalıtım önlemleri de bu dış etkenleri denetlemeye yöneliktir. Şekil 1.2’de binada dış etkenler sonucu oluşan ısı kayıpları gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Dış etkiler sonucu oluşan ısı kayıpları (Sustainable Energy Ireland 2009).

Yalıtım, binanın yapılacağı arsanın seçiminden başlayan, binanın tasarımını, yapımını ve kullanım aşamasını da içeren bir süreç içerisinde gerçekleştirilir. Binanın karşı karşıya kalacağı dış etkenler; coğrafyaya, iklim koşullarına, bina yapılacak arsanın konumuna, imar bilgileri, yapılacak binanın işlevi, kullanıcıların istek ve beklentilerine bağlı olarak değişir.

Yapıların yalıtım gereklilikleri, bu etkenlere göre belirlenir. Örneğin, otoyol yakınındaki bir arsada yapılacak binada ses yalıtımına özellikle önem vermek gerekecektir. Yağışların bol olduğu veya yoğun yer altı sularının bulunduğu bir bölgede ise, binayı hem su hem de neme karşı koruyacak yalıtım uygulamaları ön plana çıkacaktır.

1.4.1 Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı; kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek, dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma işlemlerinde kullanılan enerji de tasarruf sağlamak, çevre sorunlarını çözmek ve hava kirliliğini azaltmak için yapılarda alınan her türlü önlemler bütünüdür. Isı yalıtımı; aynı zamanda yapıyı dış etkilerden koruyarak ömrünü uzatmakta ve yapı fiziği şartları da yerine getirildiği için işletme maliyetlerini düşürmektedir (Koçu, Korkmaz 2002).

Binalarda ısı kayıplarının olması gereken düzeyleri yönetmeliklerle (TS 825, Bayındırlık Bakanlığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği) belirlenmiş ve bu düzeylere uymak yasal bir zorunluluk sayılmıştır (Rubacı 2006). Yapıların kalın boyutlu ve ağır malzemelerden, narin-ince boyutlu hafif malzemelere geçişiyle birlikte, sağladığı birçok yararların yanında yapı fiziği ve ısı yalıtımı konularında daha dikkatli davranmak gereğini ortaya çıkarmıştır. Binanın ısı yalıtımı; yapının gerek soğuk havalarda, gerekse sıcak havalarda maruz kalacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde düşünülmelidir. Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasında amaç; yapının zararlı boyutlarda ısı hareketleri ve buhar yoğunlaşması sonucu zaman içinde görülen yapı hasarlarının (don hasarı, nem hasarı, küflenme, bozulma, demir aksamının çürümesi-korozyonu vs) ortaya çıkmasını önlemektir. Bir başka deyişle ısı yalıtımının amacı; yapının bakım masraflarını sınırlı düzeyde tutmak, kışın ısıtma, yazın soğutma enerjisinden tasarruf sağlayarak aile ve ulusal ekonomiye katkıda bulunmaktır (Şengül ve ark. 2005). Bu nedenle ısı yalıtımında, ulusal ekonomi ve çevre ilişkisinin ortaya konulması ve rasyonel çözümlere varılabilmesi için ekonomi, fizik, kimya, makine, inşaat, mimarlık vb. gibi bilim dalları bir eşgüdüm tekrar edilmiş.

1.5. Kullanılan Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem; literatür araştırmalarının yanı sıra, yerinde yapılan gözlemler, kullanıcılarla gerçekleştirilen görüşmeler ve TS 825'te belirtilen hesaplama yöntemiyle birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen bilgilerin belirli bir düzen içerisinde sunulması ve bu sistemin Türkiye'de uygulanmasına yönelik çözüm önerilerinin getirilmesi şeklindedir.

1.6. Yasal Düzenlemeler ve Kanunlar

Ülkemizde uygulanan yönetmelikler ve yönetmeliklerin günümüze kadar geçirdiği revizyonlar aşağıda verilmektedir.

1.6.1 Isı Yalıtımı İle İlgili Yönetmelikler

Ülkemizde ısı yalıtımı ile ilgili 1968 yılında İmar ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanan ve yayınlanan "Yapıda Isı Tesirlerinden Korunma" adlı, "Halk Konutları Standardı" bulunmaktadır. Bu standartta uyulması zorunlu olmayan yardımcı bilgiler

bölümünde “ısı tecridi” başlığı altında, yapının ve yapıda oturan insanların ısı tesirlerinden zarar görmemesini sağlamak bakımından, uygulamacılar için bilgi ve tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu bilgiler şu şekilde sıralanmıştır.

Yapılardaki ısı kayıplarının azaltılması ile yakıt tasarrufu sağlanmasına yönelik bir çalışma olan TS 825 ”Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” TSE tarafından 1970 yılında yayınlanmıştır. Bu standart yapıların ısı etkilerinden korunması bakımından gerekli kuralları ve bu amaçla yapıyı meydana getiren elemanların özelliklerini tespit etmektedir. Standardın giriş bölümünde ısı ile ilgili tanımlamalar yapıldıktan sonra, ısı etkilerinden korunmanın önemi, koruma ile ilgili kurallar, hava tabakalarının ısı geçirgenlik dirençleri ile çeşitli yapı malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri verilmiştir. Standartta ayrıca Türkiye iklim bakımından bir harita ile 3 bölgeye ayrılmış ancak, 2008 yılında yenilenen TS 825’te Türkiye iklim bakımından bir harita ile 4 bölgeye ayrılmıştır.

Bu konudaki bir başka yönetmelik Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 1972 tarihinde 14311 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Yakıt üretiminde ekonomi sağlanması, şehirlerde ısıtma tesirlerinin sebep olduğu hava kirliliğinin azaltılması yakıt masraflarından tasarruf yapabilmesi, devletçe daha az yakıt ithal edilerek, daha az döviz harcanması ve şehirlerde hava kirliliğini azaltmak için alınması zorunlu olan tedbirler sıralanmaktadır. Bu yönetmelikteki en önemli madde, çatılarda izolasyonun şart koşulduğu aşağıda açıklanan maddedir. “Binaların dış duvarları, kapıları, pencereleri, çatı altı tavanları, çatıları, döşemeleri, ısı kayıplarına karşı en uygun tarzda projelendirilecektir. Çatı altı tavanlarının ısı geçişine karşı izolasyonu mecburidir” denilmektedir.

Uzun süren çalışmalar sonunda 1976 tarihinde “yakıt ve ısı ekonomisi için yapılarda yalıtım yapılması” ilgili alt komisyon karar almıştır. Bunun sonucunda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 3 Kasım 1977 tarihinde 16102 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Isıtma ve Buhar Tesirlerinin Yakıt tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği” çıkarılmıştır. Bu yönetmelik o yıllardaki adı ile Batı Almanya’dan uygulanan (DIN 4138) kullanılmıştır. Bu yönetmeliğin amacı yakıt tüketiminde tasarruf sağlamak ve halk sağlığını tehdit eden hava kirliliğini azaltmaktır. Yönetmelik hükümlerine göre yapı projelerinde gerekli ısı yalıtım önlemleri alınmadığı takdirde, bu projelerin ilgili Belediyelerce onaylanmayacağı ve inşaat izni verilmeyeceği kesin ifadelerle belirtilmiş olmasına rağmen, bu yönetmelik imar mevzuatına girmediği için Başbakanlıkça iki genelge yayınlanmasına rağmen sonuç alınamamıştır (Hinginar 1995).

Diğer bir yönetmelik İmar ve İskân Bakanlığı tarafından tamamlanarak 30 Ekim 1981 tarih ve 17499 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Bazı Belediyelerin İmar

Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik”tir. Yönetmeliğin; uygulamaya girebilmesini sağlamak üzere öngörülen hususlar ile ilgili hükümler belediye imar yönetmeliklerinin içine yerleştirilmiş, böylece gerek inşaat ruhsatı alınmasında, gerekse yapı kullanım izin belgelerinin düzenlenmesinde, binada ısı yalıtım şartlarının aranması prensibini getirmiştir (Hinginar 1995). Ayrıca bu yönetmelikte Türkiye’nin en soğuk günler ortalaması esas alınarak, dört iklim bölgesine ayrılmış iken daha sonra 4. iklim bölgesi kaldırılmış, 3 iklim bölgesi esas alınmıştır (Borhan 1986).

Daha önce yayınlanan 1981 yılında ki yönetmelikte yapılan bazı değişiklikler 18 Ocak 1985 tarih 18637 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin 3.43 ısı yalıtım maddesine göre, “Binalar Isı Kayıpları Bakımından Çevre Şart ve Gereklere Uygun Düzeyde Yalıtılacak ve Bu Husus Düzenlenecek Bir Isı Yalıtım Projesi” ile gösterilmiş olacaktır. Isı yalıtım projelerinde gerekli hesaplamaların alınacağı TS 825 Türk Standardı; binalarda ısı yalıtımını, “iç hacimlerde dış hava ve değişik sıcaklıktaki hacimler arasında ısı akışını azaltıcı önlemlerin tümüdür” diye tanımlamaktadır. Bu standart, iç sıcaklığı 18°C’nin üstünde olan tüm binalarda insan sağlığının ve binaların, ısı etkilerinden korunması ve yakıttan tasarruf sağlanması ile ilgili gerekli kuralları kapsamaktadır. İlk çıktığı yıllarda uygulanmasına çalışılan bu yönetmelik zorunlu olmasına rağmen yeterince denetlenebildiği söylenemez (Hinginar 1995).

1.6.2 TS 825’in Revizyonu

Bugün yürürlükte olan TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı”, Bayındırlık ve İskân Bakanlığının Haziran 1998 tarihinde ilgili sektör temsilcilerinin katılımları ile oluşturduğu bir komisyon ile 1981 (1985 Revizyon) tarihli “Bazı Belediyelerin İmar ve Yönetmeliklerinde Değişiklik Yapılması ve Bu Yönetmeliklere Yeni Maddeler Eklenmesi Hakkında Yönetmelik” olarak adlandırılan, mevcut “Isı Yalıtım Yönetmeliği”nin TS 825 doğrultusunda revizyonu ile oluşturulan bu standardın revizyonu süresince 13 tane Avrupa ülkesinin standartları incelenmiş, hesap metodunun belirlenmesi sırasında Avrupa Standardı EN 832 ve Dünya Standardı ISO 9264 Standartlarındaki hesap kabulleri esas alınmıştır. Ayrıca Alman Standardı DIN 4108’den de faydalanılmıştır. Bu çalışma ile ülkemiz iklim şartlarına göre adaptasyon sağlanmış ve 29 Nisan 1998 tarihinde kabul edilmiştir.

Revizyon çalışmaları uzun yıllar devam eden, ısı yalıtımı ile ilgili faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşların beklemekte olduğu TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları

Standardı, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 22 Mayıs 2008 tarihinde yayımlanmıştır. Standardın yayımlanmasını takiben Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Ağustos ayında bu standarda yönelik mecburi standart tebliği yayımlamıştır. Buna karşılık yayımlanan standardın yeni projelerde uygulanabilmesi için 08 Mayıs 2000 tarihinde 24043 sayılı resmi gazetede yayımlanarak ısı yalıtımı uygulamalarını zorunlu hale getiren imar mevzuat olan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin yenilenmesi gerekmektedir. Yayımlanan standart ile Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nin birbirleri ile uyumlu hale getirilmesi amacıyla, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın ilgili birimleri, Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği İzoderve konu ile ilgili diğer sivil toplum kuruluşlarının katılımı ile "Isı Yalıtım Yönetmeliği Revizyon Komisyonu" kurulmuştur. Bu komisyonun Ankara'da gerçekleştirdiği toplantılar neticesinde hazırlanan Yönetmelik Taslağı, Bakanlık tarafından ilgili kurumların görüşüne sunulmuştur. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın, gelen önerileri değerlendirerek Başbakanlığa ilettiği Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği, 09 Ekim 2008 tarih ve 27019 sayılı resmi gazetede yayımlandı. Yönetmelik 1 Kasım 2008 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir.

Tablo 1.1. DIN 4108 ile TS 825'in karşılaştırılması (Özenç 2007)

| Alman Yönetmeliği (DIN 4108)($Q_{\text{yıl}}$) | TS 825 ($Q_{\text{yıl}}$) |
|---|--------------------------------|
| 54.0 kWh/m ² | 27 - 104 kWh/m ² |
| 70.2 kWh/m ² | 41 - 129 kWh/m ² |
| 97.3 kWh/m ² | 64 - 171 kWh/m ² |
| 100.0 kWh/m ² | 66 - 175 kWh/m ² |
| $Q_{\text{yıl}}$: Bir binanın yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı | |

Tablo 1.1'deki karşılaştırmalı değerler aynı $A/V_{\text{brüt}}$ için seçilmiş değerlerdir ($A/V_{\text{brüt}} \leq 0.2; 0.5; 1.0; \geq 1.05$) (Özenç 2007).

1.6.3 TS 825'in Genel Açıklamaları

TS 825'in amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Ayrıca;

- Yeni yapılacak binalardaki tasarım seçeneklerinin ideal enerji performansını sağlayacak yönde seçilmesi,
- Mevcut binaların ısıtma enerjisi tüketimlerinin belirlenmesi,
- Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,

- Bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını ülke genelinde tahmin etmektir.

Binalarda sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunmak sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanması temel şarttır. Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı depolama yeteneklerine bağlıdır.

Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma, hacmi çevreleyen bileşenlerin yüzeylerinde su buharı yoğunlaşmasını önler. Bileşenlerde sıcaklık değişimlerin oluşturduğu hareketleri küçültürse bu nedenle yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini azaltır.

Binaların projelendirme döneminde alınacak önlemlerde (örneğin bina yerlerinin doğru seçilmesiyle) ısı ihtiyacı düzenlenebilir. Örneğin rüzgâr etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur.

Bina dış yüzeylerini büyütmenin ısı kaybını da o oranda arttıracığı, projelendirme döneminde göz önüne alınmalıdır.

Ayrık düzendeki bir binada ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır.

Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin ısıtılan hacimlerin yan yana veya üst üste yerleştirilmesi) büyük önem taşır.

Isı kaybını önlemek için bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (Dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni).

Büyük pencere yüzeyleri (çift yüzeyli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş, çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur.

Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıttan tam yararlanma baca gazlarının soğumasını, baca kurum tutmasını tesisat borularının donmasını önleme bakımlarından önemlidir.

Duvar ve döşemelerin ısı depo etme yeteneği, kışın ısıtmanın durması halinde çabuk bir soğumayı; yazında özellikle güneş etkisi altında, yapı bileşenleri bulunan hacimlerde, hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. Isı depo etme yeteneği, yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısı ile doğru orantılıdır (Alptekin 1996).

1.6.4 TS 825'e Ait Ek Kriterler

TS 825 Standardında bina bir bütün olarak ele alınmakta ve yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) sınırlandırılmaktadır. $Q_{yıl}$, binanın toplam ısı kaybından hareketle ve binanın enerji kazançları da dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Eski standart ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerini, cephenin tamamı gibi kabul ediyor bu durumda, cephedeki yalıtımsız betonarme elemanlardan kaynaklanan fazladan ısı kayıpları ihmal edilmiş oluyordu. Zaten çok yüksek olan sınır değerlere ilave olarak, ısı kaybının önemli bir bölümü de ihmal edilince; yalıtımsız binalar standarda uygun çıktığı gibi; yalıtım malzemesi ile yapı malzemesi kavramları birbirine karışmaktadır.

Standartın yeni durumunda, duvar-kolon-kiriş-döşeme birleşimlerinde ısı yalıtım malzemesinin kesilmesinden kaynaklanan (yalıtımlı duvarlar arasındaki yalıtımsız betonarme elemanlar) ısı köprüleri de dikkate alınmaktadır.

Eski standartta hava kaçakları ve havalandırma ile gerçekleşen ısı kayıpları dikkate alınmazken yeni standart bu kayıpları dikkate almaktadır.

Isı kaybı, etkin bir yalıtımla önemli ölçüde azaltılmış binalarda ısıtma sisteminin haricinde ısı üreten elemanlardan (insanlar, elektrikli aletler vb. gibi) elde edilen iç ısı kazançları ile saydam elemanlardan iç mekâna ulaşan direkt güneş ışınlarından elde edilen dış ısı kazançları ısıtma enerjisi ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılarlar. Bu kazançları standart hesaplarda dikkate almaktadır.

Isı kaybı gece ve gündüz arasındaki büyük sıcaklık farklarının etkisinde meydana gelmektedir. Standartlardaki hesaplar ise sabit sıcaklık farkları için yapılmaktadır. Eski standart da olduğu gibi, iklim verilerinin tüm sezonu temsilen ortalama bir değer ile belirtilmesi, sonuçların gerçek değerlerden büyük sapmalar göstermesine sebep olmaktadır. Bundan kaçınmak için ısıtma sezonunun küçük dilimlere ayrılması (gün veya ay) ve iklim verilerinin bu dilimlere aylık ortalama değerler olarak girilmesi, gerçeğe daha yakın değerlerin elde edilmesini sağlayacaktır. Standartta bir binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, aylık değerlerin ayrı ayrı hesaplanarak, bunların toplanması ile bulunmaktadır.

1.6.5 Standardın Uygulanmasındaki Aksaklıklar

Standard ve yönetmeliğe göre ısıtma enerjisi ihtiyacı Q değerlerinin hesaplanıp, değerleri projeye eklenmesi gerektiği halde, çoğu kez bu işlemler yapılmamaktadır. Bunun yerine, ruhsat almasına gerek olmayan binalar için tavsiye kapsamında verilen tablodaki ısı

geçirgenlik katsayısı U değerlerine göre belirlenen tahmini yalıtım kalınlıkları ile standarda uygun proje yapıldığı iddia edilmektedir. Sadece ruhsat almasına bile gerek olmayan binalar için öngörülen tablonun, bütün binalara uygulanması standarda aykırıdır.

Standard, kullanılan çerçeve sisteminin kalite belgesi olup olmamasına göre hava değişim sayısının “1” veya “2” olarak alınmasını şart koşmaktadır. Hesaplarda çoğu kez bu şart dikkate alınmamaktadır.

Kesit içinde yoğuşma olup olmadığı hesaplarda kontrol edilmelidir. Yoğuşma olduğu kabul edilmedikçe rutubet kesici kullanılmasından kaçınılmalıdır. Eğer hesap ve grafik sonucu yoğuşma meydana geldiği tespit edilirse rutubet kesici kullanmak yerine, katmanların yeri değiştirilerek yoğuşmanın önlenmesi tercih edilmelidir. Yoğuşma olmadığı sürece, yapı elemanının buhar direnci düşük olmalıdır. Elemanın buhar direnci yükseldikçe, içerdeki bağıl nem yükselecektir. Eğer yeterli havalandırma sağlanamaz ise küf ve mantar oluşabilecek veya normalden fazla havalandırma gerekeceği için havalandırma ile ısı kaybı, dolayısıyla yakıt tüketimi artacaktır.

Binanın ısı kaybı hesaplanırken ısıtılan hacimler bir bütün olarak düşünölmeli ve bu hacimleri sınırlayan bütün elemanlar dikkate alınmalıdır. Rüzgârlık oluşturulduğu zaman, yalıtılması ve ısı kaybı hesaplarında dikkate alınması gereken duvar, rüzgârlık hacmi ile ısıtılan hacmi ayıran duvardır. Uygulanacak detaylarla ilgili Yönetmelik Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 8 Mayıs 2000 tarihinde 24043 sayılı resmi gazetede yayınlanan “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” içinde ısı yalıtımı prensip detayları başlığı altında Madde 10 da açıklanmış ve TSE 825’te verilmiştir. Burada;

a) Detaylar ısı yalıtımı projesinin hazırlanmasında yol gösterici olması amacıyla verilmiştir.

b) Yapılacak hesaplar sonucunda bulunan malzeme kalınlıklarına göre detaylar kesinleşecektir.

c) Detaylarda temel prensip, ısı köprülerinin oluşmasını önlemektir. Bunun için gereken tedbirler alınmalıdır.

d) Teknolojik gelişmelere göre standartlarda yer alacak yeni malzemelerde de detaylarda kullanılabilir.

2. KONUTLARDA UYGULANAN DIŞ DUVAR ISI YALITIM SİSTEMLERİ

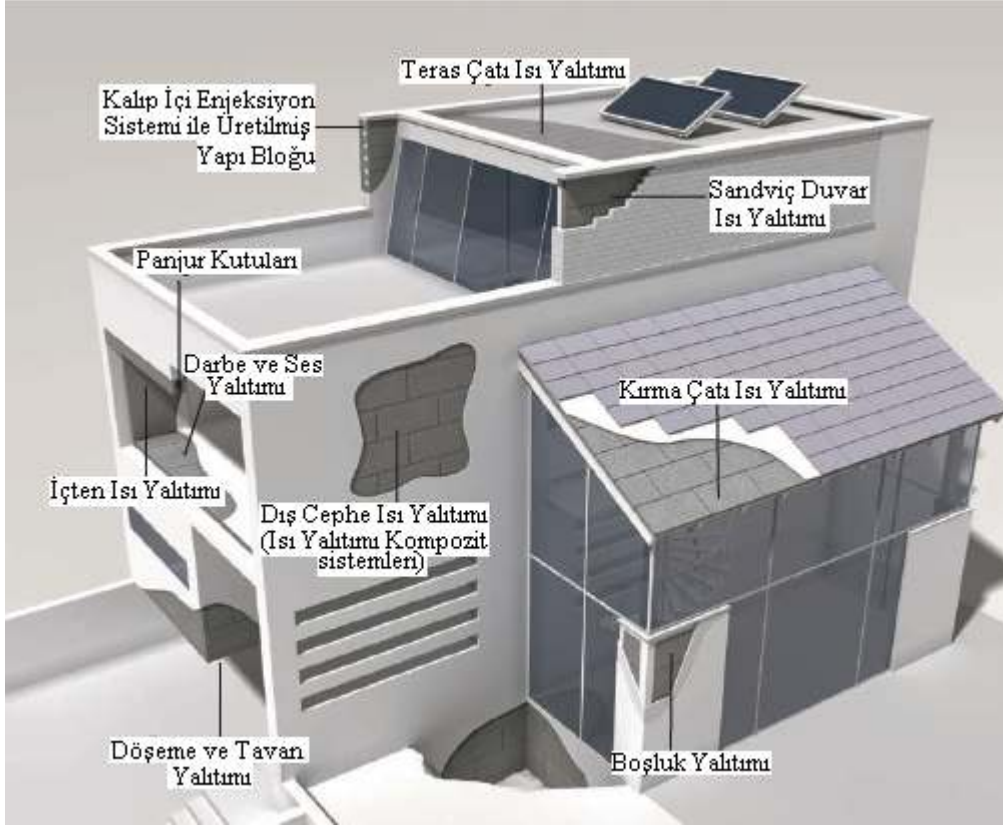
Konutlardaki en büyük ısı kayıpları; duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi yapı elemanlarından gerçekleşmektedir. Bu bölgelerden oluşan ısı kayıpları oranları yapının mimarisine, konumuna, ısı yalıtım durumuna ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.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

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde duvarlar; tek bir katmandan oluşabildiği gibi, bünyesinde yalıtım malzemesi barındıran, birden fazla katman oluşan bir yapı elemanı olarak da ele alınabilmektedirler. Yalıtım malzemeleri; su, ısı ve yangına karşı korunum sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Her yerde kullanılacak tek bir ısı yalıtım malzemesi yoktur. Kullanım yerinin özelliklerine göre seçim yapmak gerekir.

Ülkemizde sıklıkta kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin lifli malzemeler ve köpük malzemeler olduğu görülmektedir. Lifli malzemeler; taş yünü ve cam yünü gibi mineral yünler ve ahşap yünü, köpük malzemeler ise; genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve haddeden çekilmiş polistren köpük (XPS) gibi polistren köpükler ve poliüretan köpükler olmaktadır. Dış duvarlarda kullanılacak yalıtım malzemelerini; nemle ilişkiye geçtiklerinde mekânın yapısını olumsuz yönde etkilemeyen ve yalıtım özelliğinde bir değişiklik olmayan malzemelerden seçmek gerekmektedir.

Günümüzde ülkemizde, dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre dört farklı sistemde uygulanmaktadır (Şenkal Sezer 2005):

- Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları (Mantolama),
- Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamalar,
- Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar),
- Havalandırmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları (Giydirme Cephe Sistemi) (Resim 2.1).



Resim 2.1 Dış duvarlardaki ısı yalıtım uygulamaları (Neopor 2009).

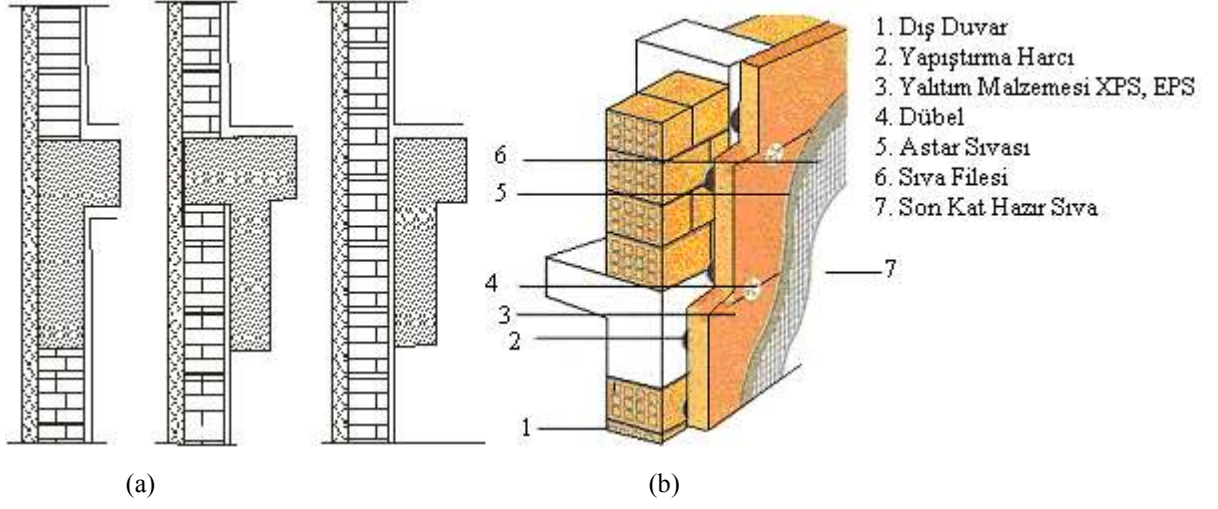
2.1. Bina Duvarlarının Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

Avrupa ve Amerika’da yaygın bir şekilde kullanılmakta olan dışarıdan yalıtım sistemi; ülkemizde son birkaç yıldır daha sık uygulanmaya başlamıştır. Dışarıdan yapılan yalıtım, yapı fiziği yönünden en uygun sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistemde yalıtım binayı bir manto gibi sarmakta, ısı köprüsü oluşturmamaktadır. Böylece sıcaklık değişimlerinden meydana gelecek gerilme ve çatlaklar önlenmekte, havalandırma sayesinde konstrüksiyonun sürekli kuru kalması sağlanmaktadır (Şekil 2.1).

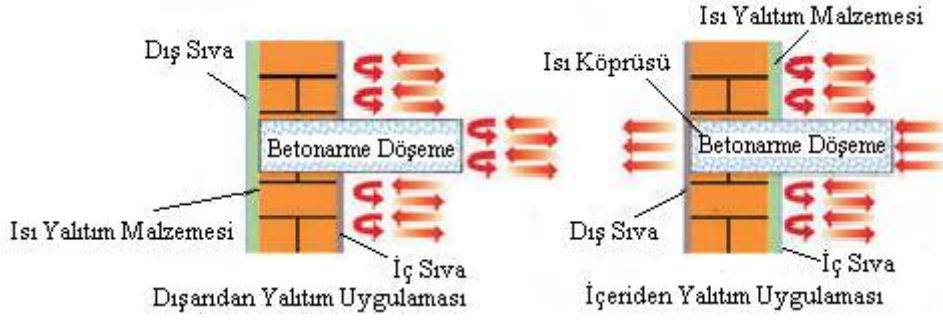
Dışarıdan yalıtım sistemi, yeni yapılara uygulanabileceği gibi, mevcut binalara da kolayca uygulanabilmektedir. Kullanılmakta olan binalarda, uygulama sırasında tüm işlemler bina dışında gerçekleşmekte; bunun için de tüm cepheye bir iskele kurulması gerekmektedir. Dışarıdan yalıtım sisteminin maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olmasına rağmen konut gibi uzun süreli kullanılan mekanlar için en uygun sistemdir (Şekil 2.2).

Duvarlara dıştan ısı yalıtım uygulanması ile binanın bakım ve onarım masrafları azalmakta, bina ömrü uzamaktadır. Bu avantajlarına karşılık sistemin diğer yalıtım sistemlerine oranla daha yüksek maliyetli olması, yağmur, rüzgâr ve dış atmosferik olaylara

karşı koruyuculuk gerektirmesi ve iskele kurulması ihtiyacı dış yüzeyden yalıtım uygulamasının dezavantajları olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 2.1 a) Dış duvarlarda dışarıdan yalıtım uygulamaları, b) Dış duvarlarda dışarıdan yalıtım detayı (Özpor 2005).



Şekil 2.2 Dışarıdan ve içeriden yalıtım uygulamaları (ODE 2008).

2.1.1. Dışarıdan Yalıtım

Yararları;

- Yalıtım kesintisizdir, manto gibi binayı korur.
- Isı köprüleri en azdır, hatta pratik olarak yok kabul edilebilir.
- Tüm yapı elemanları atmosfer etkilerinden korunur; binanın ömrünü uzatır. Taşıyıcı elemanları korozyondan korur.

- Isıtma sisteminin kısa süreli kapatılması halinde (geceleri), iç ortam sıcaklığının düşmesini önler (Konut, ofis vb. gibi sürekli veya kısa aralıklarla sürekli kullanılan binalarda önemlidir).
- Yazın aşırı ısınmayı önler.
- Su buharının kesit içinde yoğuşma riski en azdır (Isı yalıtım malzemesinin buhar direncinin düşük olması tercih sebebidir).
- Yapı fiziği hasarlarının önemli bir bölümü, dışarıdan ısı yalıtımı uygulamaları ile engellenebileceği gibi; mevcut hasarların onarımında da en etkin ve kalıcı uygulama olmaktadır.

Sakıncaları;

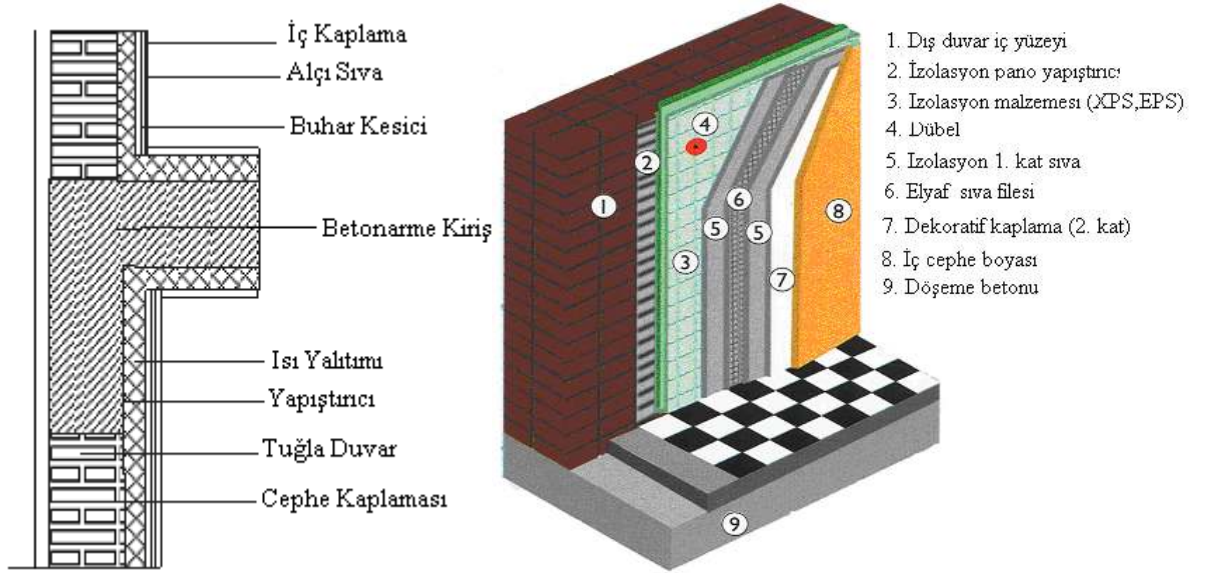
- Uygulama için tüm cepheye iskele kurulması gerekir ve kalifiye ekip ile uygulanmalıdır.
- Maliyeti diğer uygulamalara göre daha yüksektir.

2.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

Günümüzde konutlarda da sıklıkla uygulanan bu sistem; büro binaları, konser ve sinema salonları gibi kısa süreli kullanılan, sürekli bir ısıtma gerektirmeyen mekânlarda uygulandığında daha olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sistemde duvarların ısı depolama yeteneği az, ancak ön ısınma süreleri kısadır. İç yüzeyden ısı yalıtımı yapılması durumunda, buhar difüzyonu sonucunda ısı izolasyon malzemesi içerisinde yoğuşma olasılığı oldukça yüksektir. Bu sebeple, yalıtım levhalarının sıcak tarafında mutlaka bir buhar kesici malzeme kullanılmalıdır (Şekil 2.3). İçeriden yapılan yalıtım, özellikle mevcut binaların ısı yalıtımında ve dışarıdan ısı yalıtımı tercih edilmeyen durumlarda uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamalarda, döşemelerin, kolon, kiriş ve perdelerin dış duvara bağlandığı kısımlarda meydana gelen ısı köprülerini ortadan kaldıracak önlemlerin alınması gerekmektedir. Dışarıdan yalıtımlı duvarlarda görülen uygulama tekniğinin güçlüğü ve maliyet artışı gibi olumsuz özelliklere karşın, iç yüzeyden yalıtımlı duvarlarda uygulama kolaylığı ve maliyetin düşmesi olumlu özellikler arasında sayılmaktadır (Tablo 2.1).

İçeriden yapılan yalıtımın avantajları arasında, bina dış görünüşüne etki etmemesi, iskele gerektirmemesi, uygulama sırasında dış hava durumundan etkilenmemesi, uygulama

kolaylığı, istenilen mekân ya da duvar için uygulama olanağı vermesi, daha ekonomik olması sayılmaktadır. Ancak, içeriden yalıtımda sıcaklık farkları sebebiyle oluşan ısıl gerilmeler sonucu içyapıda bozulmalar ve çatlaklar oluşabilmekte, yazın iklimlendirme cihazı kullanılmaması durumunda iç ortam sıcaklığında yüksek artışlar olabilmekte ve iç hacimde alan kayıpları oluşmaktadır.



Şekil 2.3 Dış duvarlarda içeriden yalıtım detayı (Şenkal Sezer 2005, Atermite 2005).

Tablo 2.1 İçeriden ve dışarıdan yalıtım karşılaştırılması (Yılmaz 2006)

| İçeriden Yalıtım | Dışarıdan Yalıtım |
|---|---|
| Isı köprüsü oluşmakta | Isı köprüsü oluşmamakta |
| Taşıyıcı sistemde ısıl gerilmeler oluşmakta | Taşıyıcı sistemde ısıl gerilmeler oluşmamakta |
| Mekan içerisinde ısı depolanmaz | Mekan içerisinde ısı depolanır |

2.2.1. İçeriden Yalıtım

Yararları;

- Uygulama için tüm cepheye iskele kurulması gerekmez.
- Maliyeti diğer ısı yalıtım uygulamalarına göre daha düşüktür.

Sakıncaları;

- Döşeme alınları, bölme duvar alınları ısı köprüleri oluşturur. Özellikle kuzeye bakan cephelerde, iç köşelerde küflenme ve hatta terleme beklenir.
- Yalıtım kesikli, yani yama gibidir.
- Dış duvarlar, betonarme vb. gibi taşıyıcı elemanlar atmosfer şartlarına maruz bırakılmış, korunmamıştır.
- Isıtma sistemi kapatıldığında ortamın hızla soğumasına sebep olduğu için, iç ortam sıcaklığı hızla düşer.
- Yaz konforuna katkısı olmaz.
- Su buharının kesit içinde yoğuşma riski fazladır. Isı yalıtım malzemesinin buhar direnci, yoğuşmaya sebep olmayacak kadar yüksek olmalıdır (Gereğinden fazla yüksek olmamalıdır, duvarın nefes almasını önler).
- Yapı fiziği açısından, buharın durdurulması değil; kesit içinden buharın yoğuşma olmadan iletilmesi uygundur. Kesitteki yoğuşmayı önlemek için, buhar kesicilerle buharın tamamen iç mekânda bırakılması uygun değildir. Böyle durumda sistem değiştirilmelidir.
- Isıl genleşmeler, kirli atmosfer, farklı zemin oturmaları ve bunlar sonucu gevrek yapıdaki taşıyıcı ve dolgu yapı malzemelerinde meydana gelen kılcal çatlak, ve bunların etkisi ile duvara (taşıyıcı elemana) sızan zemin suyu veya yüzey (yağmur, kar) suyu, yapı elemanının ıslanmasına ve korozyonun artmasına sebep olduğu gibi; iç yüzeye kadar ulaşarak küf, mantar oluşumuna veya ıslanma sonucu boya dökülmesi ve benzeri hasarlara sebep olacaktır. Yıllar boyunca tekrarlanan ıslanma-kuruma sonucu, yapı fiziği hasarları büyürken, elemanın dayanımı düşecek ve binanın kullanım ömrü azalacaktır.

2.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları

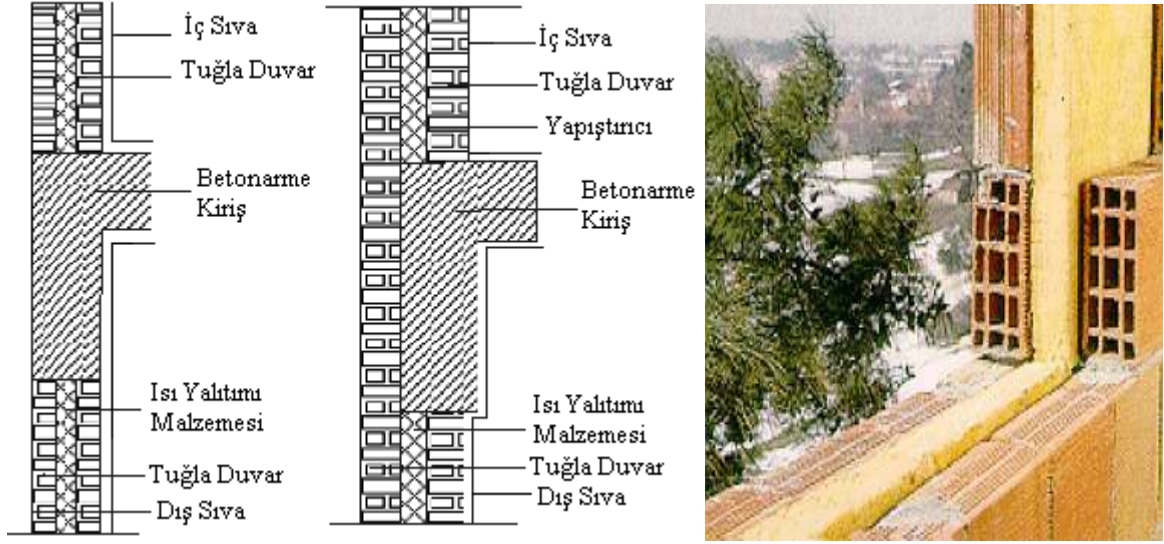
Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları sandviç duvar, sandviç yalıtım veya sandviç sistem yalıtımı gibi tanımlarla ifade edilmektedir. Aslında sandviç ifadesinin, tabakaları fabrikasyon olarak birleştirilmiş hazır elemanlar için kullanılması daha uygun ise de masif duvar yalıtım tekniği olan bu sistemi tanımlamak için de ülkemizde sandviç duvar ifadesi sıkça kullanılmaktadır (Dilmaç 1998). İki duvar arasına sert köpük levhaların

yerleştirilmesiyle oluşturulan, uygulaması en kolay yöntemdir. Duvar konstrüksiyonu farklı kalınlıkta ve taşıyıcılıkta olabilmektedir. Türkiye'deki çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında, çoğunlukla betonarme yüzeyler yalıtılmamaktadır. Betonarme yüzeylerdeki ısı köprülerinin oluşumunu engellemek, yapının dışarıdan yalıtılmasıyla (mantolama) mümkün olmaktadır. Yurtdışında yapılan uygulamalarda ısı köprülerini önlemek amacıyla betonarme yüzeyler de yalıtılmaktadır (Şekil 2.4).

Sandviç duvar olarak bilinen çift tabakalı duvarlar boşluksuz veya boşluklu olarak uygulanabilmektedir. Avrupa ülkelerindeki çift duvar arası yalıtım uygulamalarında duvar detayları şu şekildedir (TS 825 1999).

- Beton bloklar arasına ısı yalıtımı,
- İç duvar beton blok, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı,
- İç duvar orta yoğunlukta beton blok, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı,
- İç duvar gaz beton, dış duvar cephe tuğlası, aralarında ısı yalıtımı.

Sandviç duvar uygulamalarında, iki farklı duvar katmanının deprem anında açılıp birbirlerinden ayrılmaması için sık aralıklarla tel veya metal kenetlerle birbirine bağlanması gerekmektedir. Ancak ülkemizde bu önlemin pek uygulanmadığı görülmüştür. Ülkemizde yapılan uygulamalarda çoğu kez, her iki duvar arasında bu duvarların birlikte çalışmalarını sağlayacak bağlantı elemanları kullanılmamakta, bu nedenle duvar katmanları birbirinden ayrılmakta hatta yıkılmaktadır (Dilmaç 1998). Uygulamalarda bu durumu engelleyici önlemler alınması zorunludur. Duvar kesitinde, dış duvar ile ısı yalıtım tabakası arasında yoğuşma olabilmektedir. Bu durum hem ısı yalıtım malzemesinin verimini düşürmekte hem de iç yüzeyde istenmeyen görüntülere sebep olabilmektedir. Detaylandırmada duvar kesitinden içeri sızabilecek yağmur suyunun ve oluşabilecek yoğuşma suyunun dışarı atılmasına imkân veren deşarjı oluşturulmalıdır.

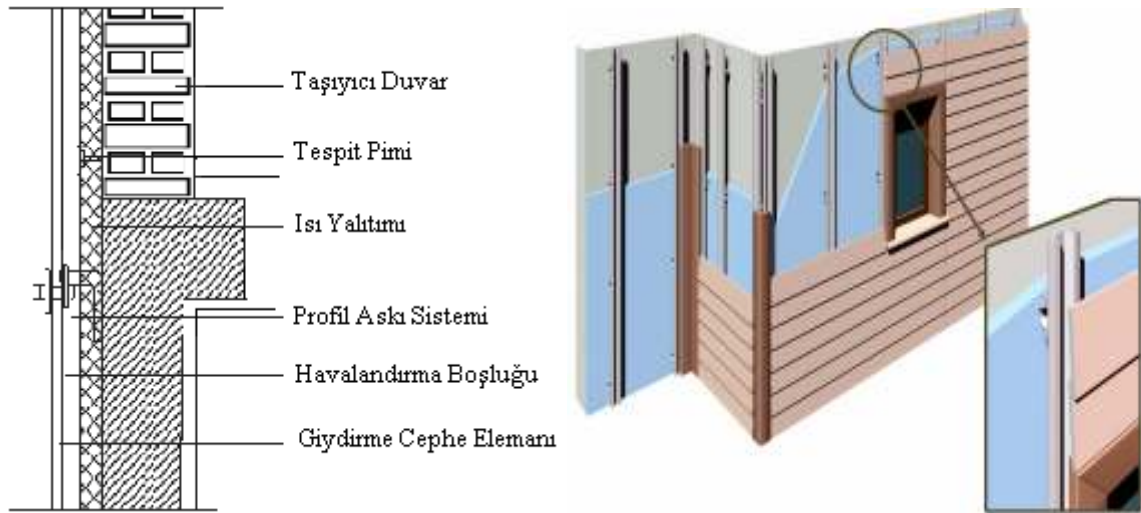


Şekil 2.4 Çift duvar arası ısı yalıtım detayları (Şenkal Sezer 2005, Zorlu Metal 2008).

2.4. Havalandırmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları

Yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzeme arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Türkiye’de, özellikle büyük şehirlerimizde sayısı giderek artan ve büro yapısı dışında günümüzde konut olarak da tercih edilen yüksek yapılarda uygulanan bu sistemde, yapı elemanlarından kaynaklanan ısı kaybı; pencereler ile parapet bölgesini oluşturan duvar elemanlarında meydana gelmektedir. Tuğla ya da betonarme parapetli sistemlerde kullanılacak yalıtım malzemesi; parapetin iç yüzünde ve parapetin dış yüzünde olmak üzere iki farklı konumda uygulanabilmektedir. Parapetin sistemde ısı yalıtımını uygulaması, parapet bölgesinde kullanılan panelin bünyesinde veya panelin iç kısmında olmaktadır. Doğru bir detaylandırmanın sağlanması halinde bu tür bir kesitte yoğuşma olmayacaktır (Şekil 2.5).

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

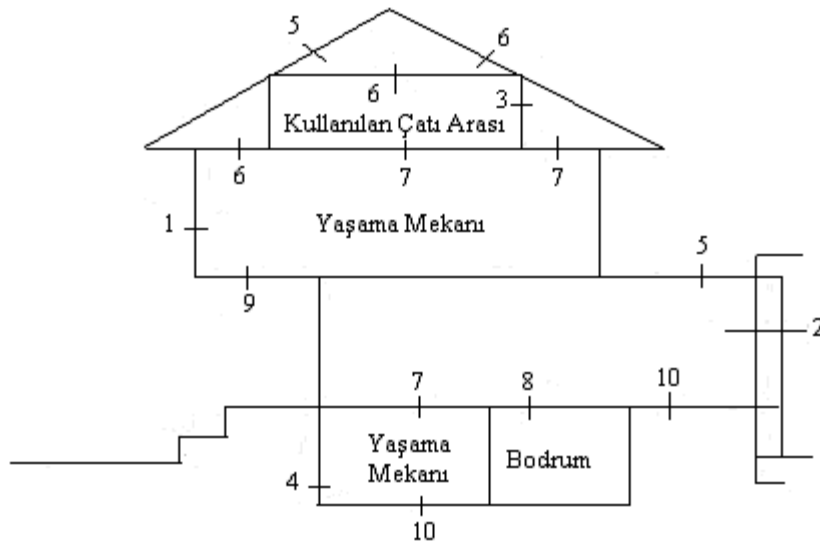


Şekil. 2.5 Giydirme cephe sistemlerinin uygulaması ve yalıtım detayı (Şenkal Sezer 2005, Apeks 2008).

2.5. Isı Yalıtımı Konusunda Yapının Projelendirilmesinde Mimarlar ve Mühendislerce Dikkat Gereken Hususlar

Yapının projelendirilmesi aşamasında; yapı 1. İklim Bölgesinde ise (sıcak) parçalı ve avlulu kütlelere, genelde havalandırmayı sağlayacak, planlamada orta hollü (sofali) ve çatılarda soğuk çatı sistemleri içinde, geniş saçaklı sistemlere gidilebilir. Ayrıca pencere yüzeylerini azaltmak ve tesisat çözümlerine özen göstermek gerekir.

Yapı 4. İklim Bölgesinde ise (soğuk), yapıların projesini masif kütleler şeklinde çözmek, soğuk yöne koridorları veya cephenin dar kesimini vermek şeklinde düşünülmelidir. Yapının mimari ve statik konstrüksiyonuna göre yapıyı meydana getiren elemanların ısı geçirgenlik dirençlerinin yeterli olmaması halinde ısı yalıtımı yapmak gerekir (Eriç 1994).

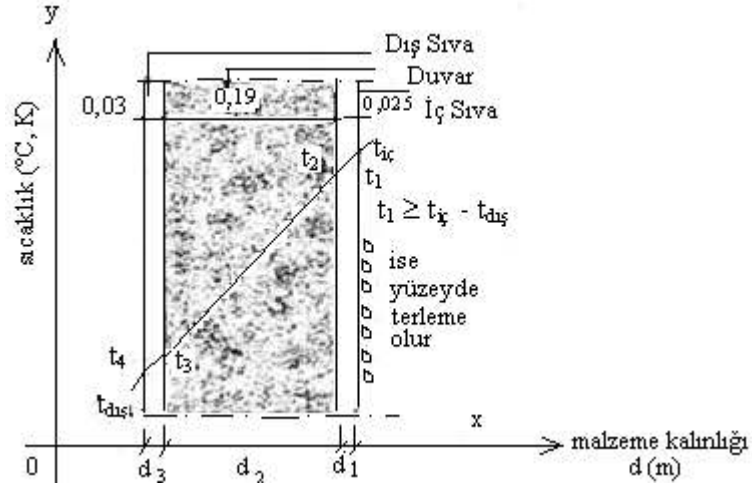


Şekil 2.6. Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi (Karagüler 1998).

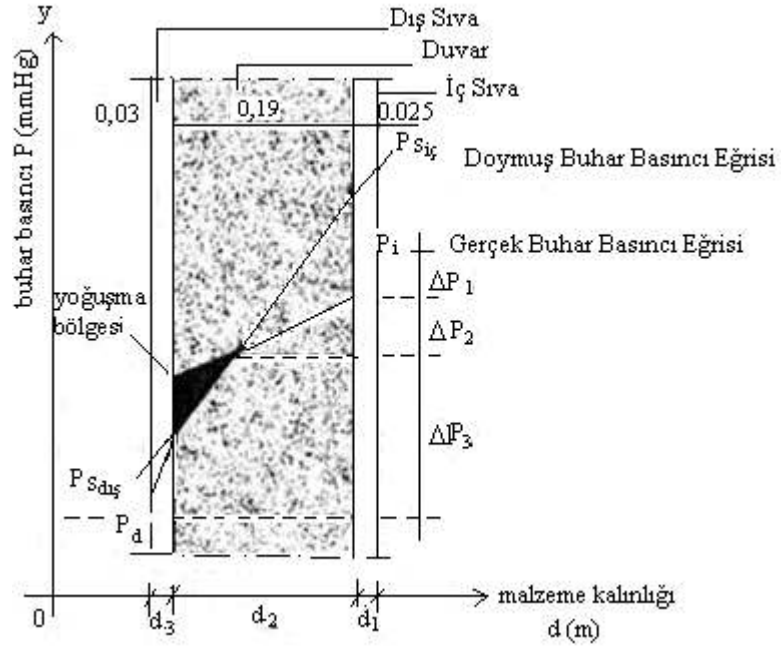
Genellikle yalıtılması gereken yapı elemanları şu şekilde sıralanabilir;

- 1) Dış duvar,
- 2) Arkadan havalandırılan giydirme cephe dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar,
- 3) Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanma amaçlı çalışma odalarını ayıran, süreli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvarlar,
- 4) Tabana bitişik duvarlar,
- 5) Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatılar,
- 6) Kullanılan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavanlar (havalandırılan çatı kabuğu),
- 7) Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran tabanlar,
- 8) Bodrum tavanları,
- 9) Bir yaşama mekânının dış hava ile ısısını oluşturan çıkma tabanları,
- 10) Altında bodrum olmayan bir yaşama mekanının zemine oturan tabanı şeklinde sınıflandırılabilir (Karagüler 1998)(Şekil 2.6).

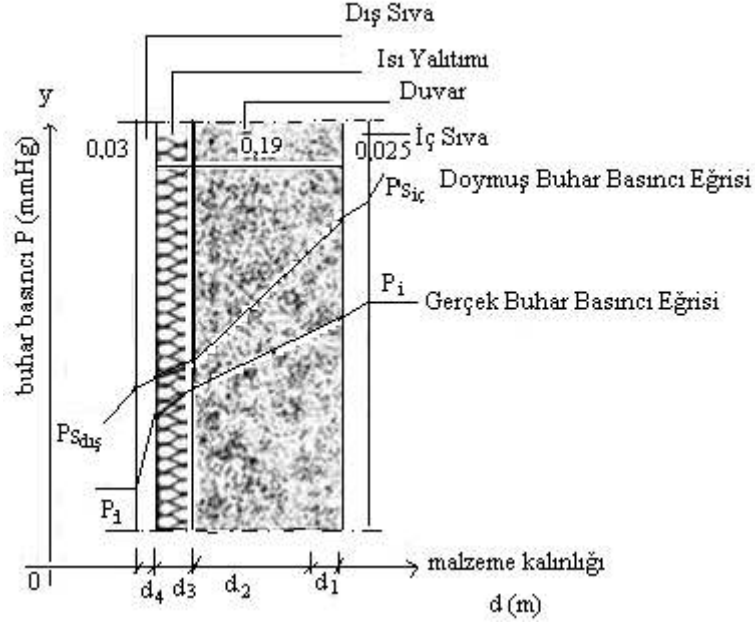
Çeşitli tabakalardan yapılmış yapı bileşenlerinde (duvarlar ve döşemeler) tabakaların hatalı tertiplenmesi, bileşenin ısı yalıtımı yeteneğini azaltır ve yoğuşma olayının meydana gelmesine yol açabilir. Isı yalıtımı kullanılmamış ince kesitli duvarlarda iç duvar yüzü sıcaklığı (t_1), iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı farkından büyük veya eşit ise iç duvar yüzeyinde terleme meydana gelir (Şekil 2.7). İç duvar yüzeyinde terlemenin oluşmaması için kullanılacak ısı yalıtımının yeri, malzeme özellikleri ve kalınlığı önemlidir. Yapı bileşenleri bünyesinde meydana gelecek yoğuşma olayı, bileşenin ısı geçirgenlik direncini azaltacağı gibi yapısal hasarlara da yol açabilir. Yapı duvar ve döşemelerinde yoğuşmaları önlemek için mekan içinde iyi bir havalandırma sağlamak gerekir. Isı yalıtımsız duvarlarda doymuş buhar basıncı ve gerçek buhar basıncı grafikleri çizilerek yoğuşma bölgeleri hesaplanabilir (Şekil 2.8). Buna uygun ısı yalıtım malzemesi seçilerek önlemler alınabilir (Şekil 2.9). Duvar ve döşemelerin sıcak tarafındaki buhar geçirim direnci, soğuk tarafındakilerden daha yüksek olan malzemelere yer vermek gereklidir.



Şekil 2.7 Isı yalıtımsız duvarlarda sıcaklık grafiği (Koçu, Korkmaz 2002).



Şekil 2.8 Isı yalıtımsız duvarlarda yoğuşma (Koçu, Korkmaz 2002).



Şekil 2.9 Isı yalıtımlı duvar detayı (Koçu, Korkmaz 2002).

Üzeri sıvalı duvar ve döşeme yüzeylerinde hava akımı dolayısıyla ısı kaybı olmayacağı genellikle kabul edilmekle beraber, kapı ve pencerelerin aralıklarından büyük ısı kayıpları meydana gelmektedir. Bu açıdan bütün derzlerin hava geçirgenliği en iyi şekilde önlenmelidir.

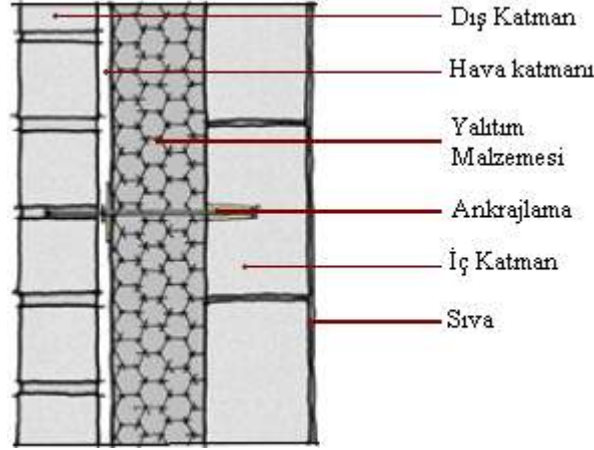
Teras çatılarda (sıcak çatılar) ise özellikle su ve ısı çözümlerinin beraberce dikkate alınması gerekir. Isı genleşme katsayıları farklı olan malzemeler yan yana getirilmemeli, döşeme ile kaplama malzemelerinin farklı ısıl genleşmelere uğrayacağı düşünülerek derzli çözümlere gidilmelidir.

İlke olarak, malzeme seçiminde boşluklu veya aralarında hava boşluğu bulunduracak malzemeleri yan yana getirmek ve ısı yalıtım malzemesini genelde soğuk yüzeye yakın olarak yerleştirmek gerekir. Yalıtım malzemesinin ortak olması halinde ise yoğuşma kontrollerinin yapılarak kalınlığın saptanması gerekir. Ayrıca, ısı yalıtım malzemesi, yalıtım değerini kaybetmemesi için özellikle sudan korunmalıdır (Eriç 1994).

Yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve yapı malzemelerinin ısıl işlemler karşısındaki davranışları araştırmalı bu konuda hafif betonlar geliştirilerek özelliklerinden yararlanılmalıdır (Karagüler 1998).

3. YAPILARDA ÇİFT DUVAR ARASI ISI YALITIMI SİSTEMLERİ

Çift duvar arası yalıtım ülkemizde en yaygın kullanılan ısı yalıtım türüdür. Ancak yapılan uygulamaların çoğu hatalı ve yeterli ısı yalıtımı sağlamamaktadır. Yapılan çalışmada uygun olan yalıtımın uygulama aşamaları verilmeye çalışılmaktadır. Şekil 3.1’de çift duvar arası ısı yalıtıma ait uygulama detayı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çift duvar arası ısı yalıtım detayı (Neopor 2009).

3.1. Isı Yalıtım Malzemelerinin Genel Özellikleri

Isı yalıtımı uygulamalarında kullanılan malzemelerin teknik özellikleri alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

3.1.1 Yapılarda Kullanılan Yalıtım ve Bağlantı Malzemeleri

Yapı fiziği bağlamında yalıtım, arzu edilmeyen fiziksel etkilerin ya da olayların bir taraftan diğer tarafa geçmesini engelleyen işlem ve sistemler olarak bilinmektedir. Suyun binaya girmesinin engellenmesi, ısı enerjisinin içeri veya dışarı kaçmasının engellenmesi, gürültü kapsamındaki seslerin engellenmesi, elektrik akımından korunmak üzere elektrik akımının yalıtılması gibi işlemler bu kapsamda ele alınabilir. Ancak bu yalıtımın gerçekleştirilmesi için özel yalıtkan malzemelere ihtiyaç vardır. Bu özel malzemeler arasında su yalıtımında, genelde bitüm emdirilmiş veya plastik kökenli malzemeler olabileceği gibi, ısı yalıtımını sağlamak için de gözenekli hafif malzemeler olmalıdır. Bazı hallerde ise, örneğin yapı malzemesi hava ile temas ettiğinde çok iyi bir yalıtkan olmakla birlikte, sıcak hava hareket halinde olduğu takdirde taşıma yoluyla ısı enerjisinin kolayca iletileceğinden, ısı

taşınımına engel olmak üzere, yani sistem düzeneğinde alınacak önlemlerle (örneğin, ısıcam) yeterli düzeyde yalıtım sağlanabilir (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).

3.1.2. Isı Tutucu Malzemeler

Isı tutucu malzemelerin yapıda kullanılmaya başlanması 1950'li yıllardan sonra, birkaç nedene bağlı olarak gündeme gelmiştir. Bu nedenlerin belki de en önemlisi, yaşadığımız dünyada yeniden elde edilemeyen ve bilinen enerji kaynaklarının giderek azalması ve hatta 21. yüzyılın ortalarına doğru tükeneceğinin ortaya çıkmasıdır. Diğer bir neden ise, şehirleşmenin artmasına bağlı olarak arsaların azalması arsa maliyetlerinin artması ve binalarda faydalı alanların büyütülme gereğidir.

Yapı duvarlarının teknolojik ve yapısal gelişmeler sonucunda incilmesiyle, eski yapıların kalın duvarlarının kendi bünyesiyle karşıladığı fiziksel sorunlar, ısı yalıtımı gündeme gelmiştir. Bu nedenlerle ülkemizde de binalarda ısı yalıtımını zorunlu hale getirilmiştir. Yapıda kullanılan her malzeme, belli bir düzeyde ısı yalıtımı yapsa da, özellikle ısı yalıtımı amacıyla kullanılacak olan malzemelerde, kalınlığın azaltılabilmesi için ısı iletkenlik katsayısının belli bir değerden daha aşağı olması zorunludur. Yapı fiziği açısından, ısı iletkenlik katsayısının 0,1 W/m°C'den küçük olması yaygın kabul olarak görmüş bir ilkedir.

Yapılarda malzemelerin maruz kaldıkları sıcaklıkların alt ve üst sınırları yaygın bir alanda -20°C ile +60°C arasındadır. Soğuk bölgelerde alt sınır -50°C'ye kadar, sıcak bölgelerde üst sınır +50-60°C'ye kadar çıkabilmektedir (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).

3.1.3. Isı Tutucu Malzemelerde Aranan Özellikler

Isı tutucu malzemeler, genellikle heterojen yapıli malzemelerin bir karışımı olarak ele alınabilir. Bu malzemeler havayla dolu hücreleri saran katı bir çeperden oluşan bir iskelet şekildedir. Bu bünye yapısının doğal bir sonucu olarak ısı tutucu malzemeler hafiftir.

Isı tutucu malzemeler, gerek üretim sürecinin gerekse bu malzemeyi oluşturan ana maddelerin kimyasal bileşiminin ve yapısının bir sonucu olarak, kapalı ya da açık boşluklu hava/gaz içeren maddelerdir. Bu özellik, buhar akımı yönünden malzemenin kullanımını etkileyen çok önemli yapısal bir özelliktir. Bilindiği gibi, kapalı gözenekli yalıtkanlar

bünyeleri bir süreklilik gösterdiği için hiçbir tür gazı ve buharı geçirmez. Buna karşılık açık gözenekliler, bir süreklilik söz konusu olmadığından her türlü gaz ve buharın geçişine açıktır.

Isı tutucu yalıtkan malzemelerde, katı elemanlar arasındaki hava hücrelerinin çokluğu, yalıtkanlık değerini arttırsa dahi, diğer özelliklerini farklı yönlerde etkileyebilir. Örneğin gözeneklerin çok artması ile ısı tutuculuk değerini arttırmakta, ancak basınç dayanımını azaltmaktadır. Bu nedenle, ısı yalıtkanlarından beklenen en önemli özellik, ısı iletkenlik değerinin küçük olmasının yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli ve aşağıda açıklanacak olan niteliklere de sahip olmasıdır. Bu özellikler, kullanım yerinin koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Ancak ısı tutucu bir malzemenin seçiminde ve malzemede aranacak özelliklerin belirlenmesinde, kullanma yerindeki geçerli koşulların ana rolü oynadığı söylenebilir. Zaman zaman bu istekler birbiriyle çelişse de optimum bir çözüm her zaman bulunabilir.

Isı tutucu malzemede aranan genel özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Düşük ısı iletkenlik değeri,
- Yeterli basınç dayanımı,
- Yeterli çekme dayanımı,
- Buhar difüzyon direnci,
- Düşük birim ağırlık,
- Yüksek ısı tutuculuk,
- Boyutsal kararlılık,
- İşlenebilirlik,
- Kimyasal etmenlere dayanıklılık,
- Yanmazlık ve alev geçirmezlik,
- Parazitleri barındırmama ve parazitlere dayanıklılık,
- Havadan ve malzemelerden nem alma yeteneği ve eğilimi,
- Su ve nemden etkilenmezlik,
- Kohezyona karşı dayanıklılık,
- Hava şartlarına dayanıklılık,
- Çürümezlik,
- Kokusuzluk,
- Ucuzluktur (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).

3.1.4. Isı Tutucu Malzemeler ve Çeşitleri

Isı tutucu malzemeler çok değişik türlerden oluşmaktadır. Bunların sınıflandırılmaları değişik şekillerde yapılmakla birlikte, bu konuyla uğraşanlardan genel kabul görmüş bir sınıflandırma kuralı vardır. Ancak, bu sınıflandırmalarda alt açılımlara geçildiğinde bazı karmaşıklıklar ortaya çıkmaktadır. Araştırmaların gelişmesi ve gereksinimlerin de artmasıyla ortaya çıkan kompozit ısı tutucu malzemelerin sınıflandırmalara pek sokulmadığı ya da ayrı bir sınıf olarak ele alındığı görülmektedir (Yılmaz 2006). Bu bakımdan, aşağıda verilen sınıflandırmada, yukarıda sözü edilen sınıflandırmaya uyulmakla birlikte, yeni bazı alt grupların oluşturulması yoluna gidilmiştir. Isı tutucu malzemeler doğada varoluşlarına ve kökenlerine (ana maddelerine) göre ve bünye yapılarına (nature) göre sınıflandırılabilir.

Doğada varoluşuna ve kökenine göre ısı tutucu malzemeler;

a) Doğada var olan malzemelerden üretilen ısı tutucu malzemeler:

- Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı tutucu malzemeler,
- Mineral kökenli ısı tutucu malzemeler.

b) Doğada var olmayan ve sentetik olarak üretilen ısı tutucu malzemeler:

- Bünye yapısına göre ısı tutucu malzemeler,
- Lifsel yapıda olan ısı tutucu malzemeler,
- Daneli yapıda olan ısı tutucu malzemeler,
- Köpük ya da sünger yapıda olan ısı tutucu malzemeler,
- Kompozit yapıda olan ısı tutucu malzemelerdir (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).

3.1.5. Isı Tutucu Malzemelerin Uygulanması

Isı tutucu malzemelerin genelde her türlü özelliği ve davranışıyla birlikte, bu malzemelerin çeşitli yapı elemanlarıyla birlikte kullanılmasına ilişkin uygulama şekilleri üzerinde yeterince durulmamaktadır. Bu nedenle, ısı tutucu malzemelerin bu yönleri incelenmiş ve ısı tutucuların malzeme ve sistem olarak uygulamaları şu şekilde gruplandırılmıştır;

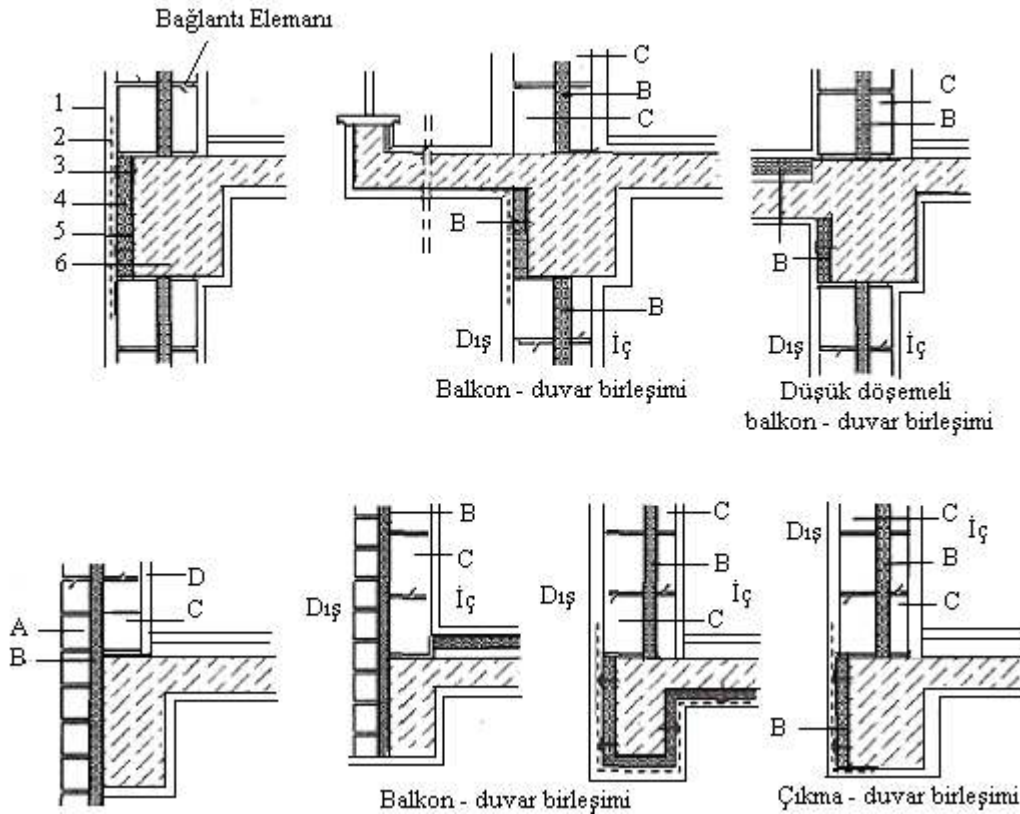
- Levha malzemelerin uygulanması,
- Şiltelerin uygulanması,
- Yerinde köpük oluşturanların uygulanması,

- Harca katılarak kullanılanların uygulanması,
- Dolgu (dökme) olarak kullanılanların uygulanması,
- Blok halinde örülerek kullanılanların uygulanması,
- Gazların ısı taşınımına engel olacak şekilde hapsedilmesiyle oluşturulan ısı tutucuların uygulanmasıdır (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).

3.2. Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı

Çift duvar arası yalıtım uygulamasında, ülkemizdeki durum ile Avrupa ülkelerindeki durum arasında farklılıklar vardır. Ülkemizdeki uygulamalarda çoğu kez yapı fiziki kurallarına aykırılıklar görülebilmekte ve içerden yalıtım uygulamalarında daha fazla sakıncalar saptanabilmektedir. Avrupa'daki uygulamalar ise, dışarıdan yalıtımın değişik bir görünümü şeklinde olup dışarıdan yalıtımın avantajlarının önemli bir bölümüne ait özellikler sağlanabilmektedir.

Ülkemizdeki uygulamalarda; çoğu kez kolon, kiriş ve döşemelerin arasına örülen iki tuğla arasına kontrolsüz ve rasgele şekilde yalıtım levhaları yerleştirilmektedir. Şekil 3.2'de yalıtım uygulanan yerler görülmektedir.



Şekil 3.2 Sandviç duvarların yalıtım detayları (Anonim 2002).

Şekil 3.2’de gösterilen 1. Dış cephe kaplaması, 2. Rabitz telli sıva, 3. Dübel (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 4. Isı yalıtımı, 5. Yapıştırıcı (ısı yalıtımı kalıp içerisine konursa gerek yoktur), 6. Betonarme kiriş veya döşeme alanı, A. Pres tuğla, B. Isı yalıtımı, C. Duvar malzemesi (gazbeton, tuğla, bims vb. gibi), D. İç sıvadır.

Avrupa’daki uygulamalara bakıldığında, betonarme elemanlar ile iç duvar aynı hizadadır. Yalıtım kesintisiz olarak tüm cepheye uygulanır. İki duvar arasında birlikte çalışmasını sağlayacak bağ elemanları bulunur. İki duvar arasında oluşabilecek veya sızabilecek suyun, sisteme zarar vermeden dışarı atılabilmesi için gerekli detaylar geliştirilmiştir. Dış duvar aynı zamanda cephe kaplaması görevini görür.

Avrupa’da az katlı yapılar için geliştirilmiş bu sistemin, ülkemizdeki çok katlı yapılara uygulanabilmesi için mekanik açıdan geliştirilmesi gereklidir (Dilmaç 1998).

3.2.1 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım

Yararları;

- Betonarme elemanlar ile iç duvar aynı hizadadır. Yalıtım kesintisiz olarak tüm cepheye uygulanır.
- İki duvar arasında birlikte çalışmasını sağlayacak bağ elemanları bulunur.
- İki duvar arasında oluşabilecek veya sızabilecek suyun, sisteme zarar vermeden dışarı atılabilmesi için gerekli detaylar geliştirilmiştir.
- Dış duvar aynı zamanda cephe kaplaması görevini görür.
- Maliyet açısından dışarıdan yalıtım uygulamalarından daha ucuz, içeriden yalıtım uygulamalarından daha pahalıdır.

Sakıncaları;

- Tüm betonarme elemanlar ve yalıtım levhaları arasındaki boşluklar ısı köprüleri oluşturur. Cephenin büyük bir bölümü yalıtımsız betonarme elemanlardan meydana geldiğinde ısı köprüleri oluşur.
- Tüm taşıyıcı elemanlar atmosfer şartlarına maruz bırakılmıştır, korunmamıştır.
- Kesit içinde yoğuşma ihtimali fazladır.

- Az katlı yapılar için geliştirilmiş bu sistemin, ülkemizdeki apartman bloklarında uygulanabilmesi için geliştirilmesi gereklidir.

3.2.1.1 Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamasında Dikkat Edilecek Hususlar

Isı yalıtımı, iki duvar arasına yerleştirilir. Isı yalıtımı iç duvarın dış yüz ile temas etmelidir. Dış duvar ile ısı yalıtımı arasında hava boşluğu olabilir. Bu boşluk olmadığında dış duvar buhar geçişini engellemeyecek malzeme yapısına sahip olmalıdır.

Kullanılan ısı yalıtımı malzemesinin su buharı difüzyon direnci ve kalınlığına göre yoğuşma tahkiki yapılarak, buhar kesicinin sıcak tarafta kullanılıp kullanılmaması kararlaştırılmalıdır.

İç duvar bünyesinde kalan kolon, kiriş, hatıl döşeme vb. gibi ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı elemanlarının tamamı ısı yalıtım tabakası ile dışarıdan kaplanmalıdır. Isı yalıtım tabakasının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir.

Tuğla veya sıva dış yüzeyinde buhar direnci yüksek bir kaplama veya boya kullanılmamalıdır. Geçirimsiz tabaka başlangıçta duvarın kurummasını önler yoğuşma ve tuzlanma riskini arttırarak duvarın nefes almasını engeller.

Isı yalıtım malzemesi ile iç duvar dış yüzeyi arasında boşluk bırakılmamalıdır.

3.2.2 Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı Elemanları Nasıl Olmalı ve Nasıl Uygulanmalı

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi “çift duvar arası ısı yalıtımlı duvar” olarak tanımlanabilir. Bu sistemde duvarların her ikisi de ince olabildiği gibi, biri kalın diğeri ince olabilir.

Çift duvar arası ısı yalıtımlı dış duvarlar boşluklu ve boşluksuz olarak iki şekilde uygulanabilir. Boşluklu sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları, iç tarafta bulunan duvar yüzeyine tespit edilir. Boşluk dış duvar ile levha arasında bırakılmalıdır. Boşluksuz sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları dış duvarın içe bakan yüzeyine yapıştırıldıktan sonra, iç duvar boşluk bırakılmayacak şekilde örülür.

Çift duvar arası ısı yalıtımlı dış duvarlarda, iç ve dış kabuk arasında yapısal bir bağlantı yoktur. Bununla beraber hep iki kabuğun mekanik dayanım açısından birlikte çalışması gerekir. Bunun için, iç ve dış masif katman yeterli sıklıkta metal bağlarla bağlanır. Bağlanma, duvar örülürken, bağların bir ucu dış, diğer ucu iç katmana ve karşılıklı aynı

düzlemdeki derzlere veya iç ve dış kabukta boşluklara sokularak bağlanır. Bağlar için en uygun metal, bakır, bronz galvanizli demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok değişik boyut ve biçimlerde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir.

İç duvar bünyesinde kalan kolon, kiriş gibi ısı köprüsü oluşturabilecek tüm yapı elemanları ısı yalıtım tabakası ile dışarıdan kaplanmalıdır. Isı yalıtım tabakasının tüm cephe boyunca sürekli olması sağlanmalıdır. Aksi halde ısı köprüleri oluşarak ciddi ısı kayıpları ile yoğuşma ve küflenme gerçekleşir (Ekinci 2003, İzocam 2002, İzoder 2008).

3.2.3 Çift Duvar Arası Isı Yalıtımında Kullanılan Malzemeler

Yapılarda ısı etkenine karşı kullanılan yapay kökenli ısı yalıtım ürünleri, doğada var olmayan ancak, üretim tesislerinde çeşitli polimer ya da kopolimerlerden oluşturulan ısı tutucu ürünleri içermektedir. Bu ürünler; ekspande (genleştirilmiş) polistren köpük (EPS), ekstrude (haddelenmiş) polistren köpük (XPS), poliüretan köpük (PUR) ve fenolik köpük (PF) olarak örneklenebilmektedir (Dağsöz 1995, Toydemir ve ark. 2000, İzoder 2008).

3.2.3.1 EPS Isı Yalıtım Levhaları

Ülkemizde ekspande polistren köpük ısı yalıtım ürünleri, “TS 7316 EN 13163 (17.04.2002): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen-Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS)-Özellikler” standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre ekspande polistren köpük; “genleştirilebilen polistrenin ya da diğer kopolimerlerin birinden oluşturulmuş taneciklerin (boncukların), kalıplarda şişirilmesi ile üretilen, içi hava dolu kapalı hücreli yapıdaki rijit hücresel plastik ürün” olarak tanımlanmaktadır (TS 7316 EN 13163 2002).

Ekspande polistren üründe, polistren tanecikleri pentan gazı ile şişirilmektedir. Pentan gazı, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağlamaktadır. Üretim sırasında ve sonrasında pentan gazı hava ile yer değiştirmekte ve böylece durgun hava, kapalı gözenekli hücreler içinde hapsolmektedir. Bu yolla, % 98 hareketsiz ve kuru havadan, % 2 polistrol adı verilen polimerden oluşan EPS ürününün ısı iletkenliği, su emme oranı ve buhar geçirimsizliği azaltılmaktadır (Polistren Üreticileri Derneği 2009).

Ekspande polistren köpüğün teknik özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır;

- Isı iletkenlik değeri: ortalama 0,035 W/mK (TSE 825 2008),
- Kullanım sıcaklığı : -180 / +75,

- Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan,
- Yoğunluğu: 15 – 30 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 20 – 100 (TSE 825 2008),
- Hacimce su emme oranı (S_h) ≤ 1–5 (%),
- Mekanik dayanım: 5–15 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir (Özpor 2005).

Bu özelliklerle ilişkili olarak ekspande polistren köpük yapılar da;

- Dış duvarlarda (dışarıdan, içeriden ya da çift duvar arasında) (Resim 3.2),
- Bodrum duvarlarında (Resim 3.1),
- Çatılarda (teras çatılar ve eğimli çatılar),
- Döşemelerde (çatı arası ve ara kat döşemesi, zemine oturan, yerden ısıtılmalı ve konsol döşemelerde),
- Tavanlarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır (Resim 3.3) (Polistren Üreticileri Derneği 2009).

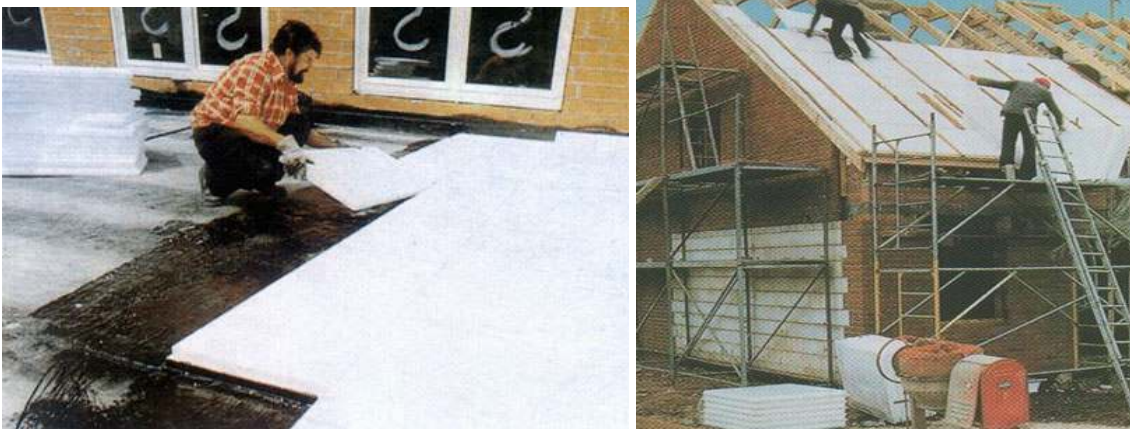
Burada dikkat edilmesi gereken konu, EPS ürünlerin kullanım alanlarının, ürünün yoğunluğuyla ilişkili olarak seçilmesi gerektiğidir (Polistren Üreticileri Derneği 2009). Bu durum, 18 kg/m³ yoğunluklu bir ürün kullanılması gereken detayda, 16 kg/m³ yoğunluklu bir başka ürünün kullanılmaması gibi örneklenebilmektedir.



Resim 3.1 Bodrum kat ısı yalıtımında EPS uygulaması (Güzelçoban 2007).



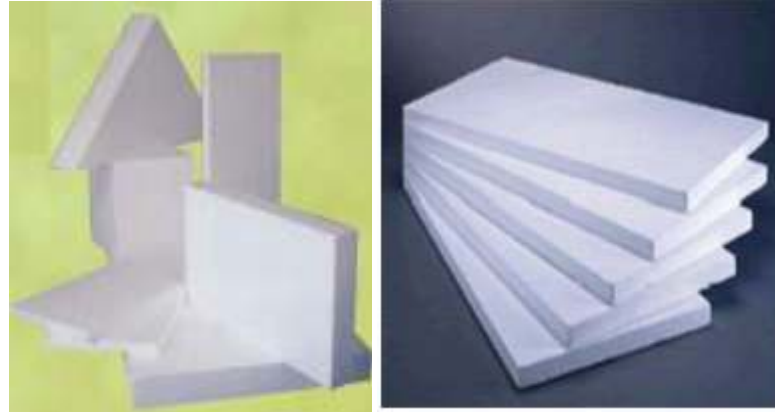
Resim 3.2 Dış duvar ısı yalıtımında EPS uygulaması (Sartema 2009).



Resim 3.3 Teras çatı ısı yalıtımında EPS uygulaması (Ersan Ambalaj ve Grupo A.Ş. 2008).

Beyaz renkte üretilen ekspande polistren köpük ürünler, levha şeklinde kullanılmaktadır.

TS 7316 EN 13163 standardına göre TSE belgeli ve TS 825'e uygun kalınlıkta, minimum yoğunluğu 15 kg/m^3 , kapalı ortamda boyutsal kararlılığı oluşuncaya kadar blok halinde dinlendirilmiş, yangına karşı dayanımı B1 olan genişletilmiş (ekspande) polistren köpük levhalardır (Resim 3.4). Aşağıdaki Tablo 3,1'de EPS'nin karakteristik özellikleri gösterilmiştir (Polistren Üreticileri Derneği 2009).



Resim 3.4 EPS yalıtım levhası (Sartema 2009).

EPS levhalarının yoğunluğu arttıkça ısı iletkenlik katsayısı düşmektedir. Isı iletkenlik değeri küçüldükçe yalıtım kalınlığı azalmakta böylelikle yalıtım maliyeti azalmaktadır (Tablo 3.2).

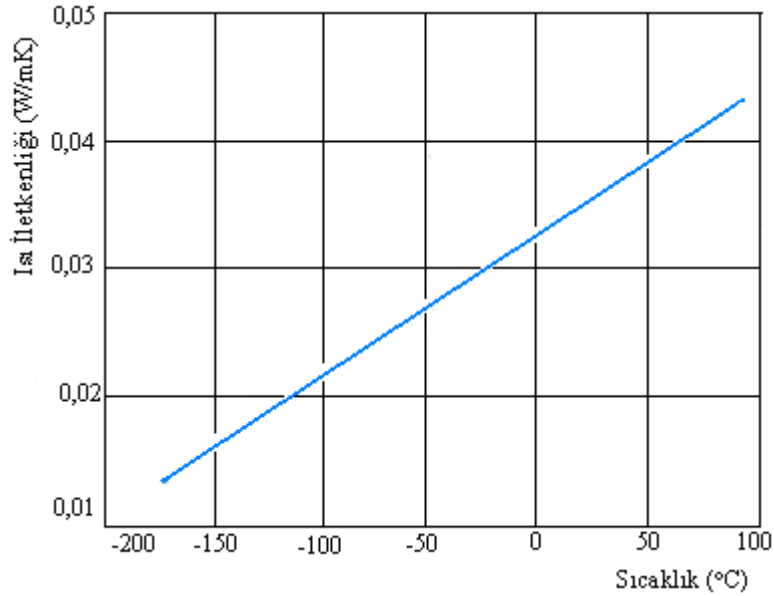
Tablo 3.1 EPS'nin teknik özellikleri (CPK 2009)

| Teknik Özellikler | | İlgili Standart | Birim | EPS Ekspande Polistren | | |
|--|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------|-------------|-------------|
| Yoğunluk | | DIN 53420 | kg/m ³ | 15 | 20 | 30 |
| Yapı Malzemesi Klasmanı | | DIN 4102 | | B1 | B1 | B1 |
| Isı İletkenlik | Lab. Değeri | DIN 52612 | W/mK | 0,036-0,038 | 0,034-0,036 | 0,031-0,033 |
| | Hes. Değeri | DIN 4108 | W/mK | 0,040 | 0,040 | 0,035-0,040 |
| %10 Deformasyonda Basınç Dayanımı | | DIN 53421 | N/mm ² | 0,07-0,12 | 0,12-0,16 | 0,18-0,26 |
| %2'den Küçük Deformasyonda Basınç Dayanımı | | - | N/mm ² | 0,012-0,025 | 0,020-0,035 | 0,036-0,062 |
| Makaslama Dayanımı | | DIN 53427 | N/mm ² | 0,09-0,12 | 0,12-0,15 | 0,19-0,22 |
| Bükülme Dayanımı | | DIN 53423 | N/mm ² | 0,16-0,21 | 0,25-0,30 | 0,42-0,50 |
| Çekme Dayanımı | | DIN 53430 | N/mm ² | 0,15-0,23 | 0,25-0,32 | 0,37-0,52 |
| E-Modülü | | - | N/mm ² | 0,6-1,25 | 1,0-1,75 | 1,8-3,1 |
| Sıcaklığa Göre Form Dayanımı | Kısa Süreli | DIN 53424 | °C | 100 | 100 | 100 |
| | Uzun Süreli 5.000N/m ² | DIN 53424 | °C | 80-85 | 80-85 | 80-85 |
| | Uzun Süreli 20.000N/m ² | DIN 18164 | °C | 75-80 | 80-85 | 80-85 |
| Isısal Uzama Katsayısı | | - | 1/K | 5-7.10-5 | 5-7.10-5 | 5-7.10-5 |
| Özgül Isı Kapasitesi | | DIN 4108 | J/(kg.k) | 1500 | 1500 | 1500 |
| Tamamen Suya Batmış Durumda Su Alma Durumu | 7 Gün | DIN 53428 | Hacmen% | 3,0 | 2,3 | 2,0 |
| | 1 Yıl | | Hacmen% | 5,0 | 4,0 | 3,5 |
| Su Buhar Geçirgenliği | | DIN 53429 | g/m ² .d | 40 | 35 | 20 |
| Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı (μ) | | DIN 4108 | 1 | 20/50 | 30/70 | 40/100 |
| Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı | | DIN 52615 | 1 | 30/70 | 40/100 | - |
| Yanıcılık | | DIN 4102 | B1:kendiliğinden söner B2:normal | B2 -B1 | B2-B1 | - |

Tablo 3.2. Isı yalıtım amaçlı EPS levhalar için EN 13163'te belirtilen sınıflama ve μ değerleri ile Norm'da önerilen denklemler kullanılarak hesaplanmış yaklaşık eşdeğer yoğunluklar ve ısı iletkenlikleri (Polistren Üreticileri Derneği 2009)

| EPS Tipi | %10 deformasyondaki basınç gerilmesi (σ_{10} .kPa) | Eğilme Dayanımı (σ_{10} .kPa) | μ Değeri - | ρ , (kg/m ³) | λ (W/mK) |
|----------|--|---------------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| EPS 50 | 50 | 75 | 20-40 | 16 | 0,039 |
| EPS 60 | 60 | 100 | 20-40 | 17 | 0,038 |
| EPS 70 | 70 | 115 | 20-40 | 18 | 0,038 |
| EPS 80 | 80 | 125 | 20-40 | 19 | 0,037 |
| EPS 90 | 90 | 135 | 30-70 | 20 | 0,037 |
| EPS 100 | 100 | 150 | 30-70 | 21 | 0,037 |
| EPS120 | 120 | 170 | 30-70 | 23 | 0,036 |
| EPS 150 | 150 | 200 | 30-70 | 26 | 0,035 |
| EPS 200 | 200 | 250 | 40-100 | 31 | 0,034 |
| EPS 250 | 250 | 350 | 40-100 | 36 | 0,034 |
| EPS 300 | 300 | 450 | 40-100 | 41 | 0,033 |
| EPS 350 | 350 | 525 | 40-100 | 46 | 0,033 |
| EPS 400 | 400 | 600 | 40-100 | 51 | 0,033 |
| EPS 500 | 500 | 750 | 40-100 | 61 | 0,033 |

Şekil 3.3'e bakıldığında EPS'nin ısı iletkenlik değeri sıcaklıkla doğru orantı göstermektedir. Sıcaklık arttıkça ısı iletkenlik değeri büyümekte ve istenen yalıtımı yapamamaktadır.



Şekil 3.3. EPS ısı yalıtım levhalarında ısı iletkenliğinin sıcaklıkla değişimi ($\rho = 20 \text{ kg/m}^3$) (Polistren Üreticileri Derneği 2009).

3.2.3.2. XPS Isı Yalıtım Levhaları

Ülkemizde ekstrüde polistren köpük ısı yalıtım ürünleri, "TS 11989 EN 13164 (2003): Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak Ekstrüzyonla İmal Edilen Polistren

Köpük (XPS)-Özellikler”, standardına göre değerlendirilmektedir. Buna göre ekstrüde polistren köpük; polistren ya da polistrenin kopolimerlerinden birinden, genişletilerek ve ekstrüde edilerek üretilen, zırlı ya da zırsız, kapalı hücre yapısında olan sert gözenekli plastik yalıtım ürünü olarak tanımlanmaktadır (TS 11989 EN 13164 2003).

Ekstrüde polistren EPS ürünlerle benzerlik göstermektedir. Ancak, bu ürünün üretiminde ekstrüzyon adı verilen, haddeden çekme yöntemi kullanılmaktadır. Ayrıca, polistren taneciklerinin genişletilmesinde HCFC (Hidrokloroflorokarbon), HFC (Hidroflorokarbon) ve son zamanlarda CO₂ (Karbondioksit) gazı kullanılmaktadır. Genleştirmede kullanılan gaz hava ile yer değiştirmekte ve böylece durgun hava, kapalı gözenekli hücreler içinde hapsolmaktadır. Belirtilen gazların hava ile yer değişimi daha yavaş olmaktadır (Polistren Üreticileri Derneği 2009).

Ekstrüde polistren köpüğün teknik özellikleri;

- Isı iletkenlik değeri: Yüzeyi pürüzsüz iken 0.028, yüzeyi pürüzlü iken 0.031 W/mK (TSE 825 1999),
- Kullanım sıcaklığı : -50 ile +75/+80 °C,
- Yanma sınıfı: B1 sınıfı zor alev alan,
- Yoğunluğu : ~ 25 – 45 kg/m³,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 80 – 250 (TSE 825 2008),
- Su emme: hacimce % 0 – 0.5,
- Mekanik dayanım: 10 – 50 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir (XPS Isı Yalıtımı Sanayicileri Derneği 2009).

Bu özelliklerle ilişkili olarak ekstrüde polistren köpük yapılarında;

- Dış duvarlarda (dışarıdan, içeriden ya da çift duvar arasında),
- Toprakla ilişkili temel duvarlarında,
- Çatılarda (teras çatılar ve eğimli çatılar),
- Döşemelerde (çatı arası ve ara kat döşemesi, zemine oturan, konsol döşemelerde) ısı yalıtımı amacıyla kullanılmaktadır (Resim 3.5, Resim 3.6) (İzoder 2008).

Ekstrüde polistren köpük ürünler, levha şeklinde kullanılmaktadır (TS 11989 EN 13164 2003). Mavi, pembe, yeşil, mor vb. gibi çeşitli renklerde üretilmektedir. Yüzeyi pürüzlü ve pürüzsüz olan ekstrüde polistren ürünler bulunmaktadır. Ayrıca, geçmeli olan türleri de vardır (Resim 3.7).



Resim 3.5 Dış duvar ısı yalıtımında ve teras çatıda XPS uygulaması (Dow Building Solutions ve Sivas Demir Çekme Sanayi Ltd. Şti. 2009).



Resim 3.6 İç duvar ısı yalıtımında ve teras çatıda XPS uygulaması (Bulak Ticaret 2009).



Resim 3.7 XPS ürünleri (İzocam 2008).

TS 11989 EN 13164 standardına göre TSE belgeli ve TS 825'e uygun kalınlıkta, yanmazlık sınıfı B1 olan, pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı yüzeye sahip ekstrüde polistren köpük levhalardır. Tablo 3.3'te XPS'nin karakteristik özellikleri sunulmuştur.

Tablo 3.3 XPS'nin teknik özellikleri (Anonim 2005)

| | |
|---|---------------------------------|
| Isı İletkenlik değeri (10°C, 90. gün, azami) | $\lambda = 0,031$ W/mK |
| Isı İletkenlik değeri (10°C, azami) Ek C: 25 Yıllık yaşlandırılmış değerlerin ortalamasına göre | $\lambda = 0,033$ W/mK |
| Basma dayanımı (min.) %10 deformasyonda | ≤ 150 kPa CS(10/Y)100 |
| Yüzeyle dik çekme dayanımı | ≤ 100 kPa TR 100 |
| Difüzyonla uzun sürede su emme | WD (V) 5 |
| Belirtilen Basma yükü ve sıcaklık şartlarında deformasyon | DLT (1) 5 ve DLT (2) 5 (<%5) |
| Donma-Çözülme dayanımı | FT1 (\leq %2) |
| Su buharı difüzyon direnci, (en az) | $\mu = 80-250$ |
| Yangın mukavemeti sınıfı | B1 |
| Karesellik (Gönyeden sapma) | ± 5 mm/m |
| Düzlemsellik | ± 7 mm |
| Boy Toleransı | ± 2 mm |
| En Toleransı | ± 2 mm |
| Kalınlık Toleransı | T2/T3 |

Tablo 3.4'te EPS ve XPS'nin karşılaştırılması verilmiştir. XPS'nin ısı iletkenlik değeri ve sıkışma gücü EPS'ye göre daha küçüktür, fakat ısı yalıtım kararlılığı sabit olmaması, tehlikeli gaz çıkarması ve yoğunluğundan ve üretim maliyeti göz önüne alındığında EPS, XPS'ye göre daha güvenli ve ekonomik bir yalıtım malzemesidir.

Tablo 3.4 EPS ve XPS karşılaştırılması (Gürdal 2004)

| Özellikler | EPS | XPS |
|--|---------------------------|-------------------------------|
| Hammadde | Polistren | Polistren |
| Üretim şekli | Kalıba dökülerek genleşme | Kalıptan çıkarılarak genleşme |
| Kullanılan gazlar | Su buharı, pentan | HFCKW, HFCW-152 |
| Isı İletkenlik değeri | 0,031-0,040 W/mK | HFCW-134, CO2 0,030-0,040 |
| Isı yalıtım kararlılığı | Sabit | 5 yıl sonra sabit |
| Yanma durumu | Yanmaz | Yanmaz |
| Su buharı difüzyon direnci | 40 ve üzeri | 100 ve üzeri |
| Tehlikeli gaz çıkarma | Yok | HFCKW |
| Sıkışma gücü | Fazla | Az |
| Su emme | % 1,1 – 2,5 | % 1- 2 |
| Üretim Yoğunlukları (kg/m ³) | 11,2 - 48 | 25,6 -30,4 |

3.2.3.3. Taş yünü Isı Yalıtım Levhaları

TS 825'e uygun kalınlıkta ve TS 901 EN 13162 standardına göre TSE belgeli, yoğunluğu 150 kg/m³ ve üzerinde olan, üretici tarafından sıva altı uygulamaları için özel olarak üretilen taş yünü levhalar veya minimum 90 kg/m³ yoğunluklu ve üretici tarafından özel üretilen lamel taş yünüdür.

Taş yünü, kalker, dolomit, kil gibi kaya taşlarının çok yüksek sıcaklıklarda ergitilerek lif haline getirilmesi ile elde edilmektedir (Dağsöz 1995). Cam yünü ısı yalıtım ürünleriyle

benzer özellikler taşıyan taş yünü ısı yalıtım ürünleri, cam yününe göre ısıya daha dayanıklıdır.

Taş yününün teknik özellikleri;

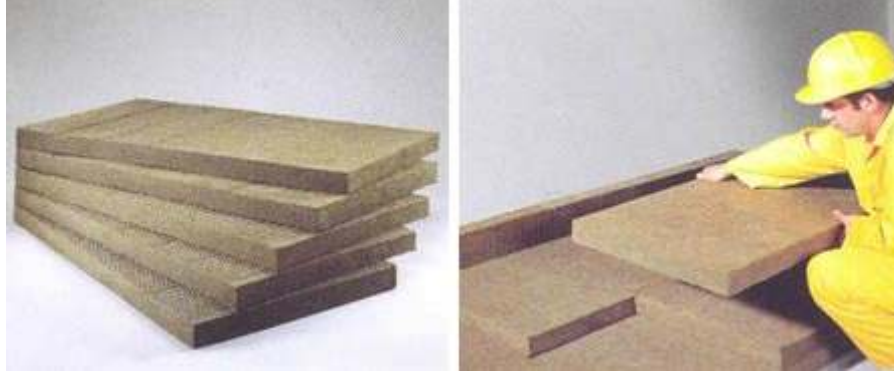
- Isı iletkenlik değeri 0,04 W/mK (TSE 825 2008),
- Kullanım sıcaklığı: en fazla 750 °C,
- Yoğunluğu: 30 – 200 kg/m³,
- Yanma sınıfı: DIN4102 'e göre A sınıfı yanmaz,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1 (TSE 825 2008),
- Su emme: hacimce % 2,5–10,
- Mekanik dayanım: 1,5–6,5 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir (İzocam 2008).

Bu özelliklerle ilişkili olarak taş yünü ısı yalıtım ürünleri yapılarda;

- Ahşap oturtma, kırma ve teras çatılarda,
- Dış ve ara bölme duvarlarda (Resim 3.8),
- Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde, toprakaltı ve su basman seviyelerinde,
- Döşemelerde,
- Soğuk hava depolarında,
- 250 °C'den yüksek sıcaklıktaki tesisatlarda enerji tasarrufu ve yangına karşı korunum sağlanmasında,
- Sanayi tesislerinde kanal ve boruların yalıtımında şilte, levha ya da boru kılıfı şeklinde kullanılabilir (Resim 3.9, Resim 3.10) (MC İzolasyon 2009).



Resim 3.8 Levha şeklindeki taş yünü ısı yalıtım ürününün dış duvarlarda uygulanması (Ünar 2009).



Resim 3.9 Levha şeklindeki taş yünü ısı yalıtım ürününün döşemede uygulanması (MC İzolasyon 2009).



Resim 3.10 Taş yünü sanayi şiltesinin tesisat yalıtımında kullanılması (MC İzolasyon 2009).

Taş yünü ısı yalıtım ürünleri, kullanıldığı yere göre kaplamasız ya da kaplamalı olabilmektedir. Kaplama gereci olarak alüminyum folyo ya da alçı plaka kullanılabilir (Resim 3.11). Alçı plaka kaplı taş yünü levhalar kalibel olarak adlandırılmaktadır (Sivas Demir Çekme Sanayi Ltd. Şti. 2009).



Resim 3.11 Kalibel ısı yalıtım ürününün duvarda uygulanması (MC İzolasyon 2009).

Bununla birlikte, cam yünü ısı yalıtım ürünlerinde olduğu gibi taş yünü ısı yalıtım ürünleri de, düzgün şekli olmayan yüzeylerde dökme olarak uygulanmaktadır (Resim 3.12).



Resim 3.12 Dökme taş yünü (Kılıçoğlu İnşaat Tic. Ltd. Şti. 2009).

Taş yünü ürünler, gri ya da kahverengi renktedir. Kullanılış şekline göre kalınlıkları; şilte olarak 3-12 cm arasında, levha olarak 2,5-10 cm arasında değişmektedir. Boru kılıfı olarak kullanıldığında çapı; 21 mm'den 356 mm'ye kadar değişiklik göstermektedir (MC İzolasyon 2009). Tablo 3.5'te taş yünün karakteristik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.5 Taş Yünü'nün karakteristik özellikleri (Yılmaz 2006)

| Karakteristik Özellikler | Değer | Sınıf / Seviye Sınır Değer |
|--|-------------------|----------------------------|
| Beyan Edilen Isıl Direnç | $R_D \geq m^2K/W$ | Sınır Değer |
| Yüze Dik Çekme Mukavemeti | | |
| Sadece Yapıştırıcı İle Tespit | $\geq 80kPa$ | TR 80 |
| Raylar ile Tespit | $\geq 15kPa$ | TR 15 |
| Dübellerle Tespit | $\geq 7,5kPa$ | TR 7,5 |
| Taşıyıcı Üzerine Dübellerle Tespit | $\geq 5kPa$ | TR 5 |
| Boyutsal Kararlılık | $\leq 1\%$ | Sınır Değer |
| Gönyeden Sapma Toleransı | $\leq 5 mm/m$ | Sınır Değer |
| Düzlük Toleransı | $< 6 mm$ | Sınır Değer |
| Uzunluk Toleransı | $\pm 2\%$ | Sınır Değer |
| Genişlik Toleransı | $\pm 1,5\%$ | Sınır Değer |
| Kalınlık Toleransı | $+ 3/-1 mm$ | T 5 |
| Uzun Süreli Kısmi Daldırma ile Su Emme | $< 3 kg/m^2$ | Sınır Değer |
| Basma Dayanımı | $\geq 10 kPa$ | CS (10/Y) 10 |

3.2.3.4. Cam yünü

Cam yünü, silis kumunun çok yüksek sıcaklıklarda ergitilerek lif haline getirilmesi ile elde edilmektedir (İzotoprak 2009). Cam yününün teknik özellikleri;

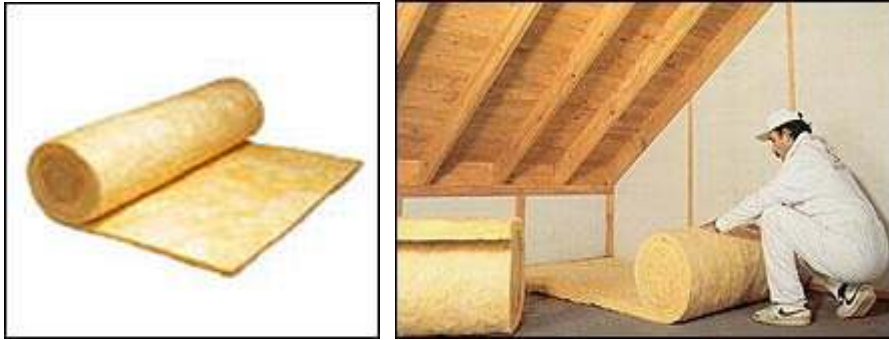
- Isı iletkenlik değeri: 0,04 W/mK (TSE 825 2008),
- Kullanım sıcaklığı: en fazla 250 °C,
- Yoğunluğu: 14–100 kg/m³,
- Yanma sınıfı: DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz,
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1 (TSE 825 2008),

- Su emme: hacimce % 3–10,
- Mekanik dayanım: 1,5–6,5 ton/m² basınç dayanımı olarak belirtilmektedir (ETK Yapı 2009).

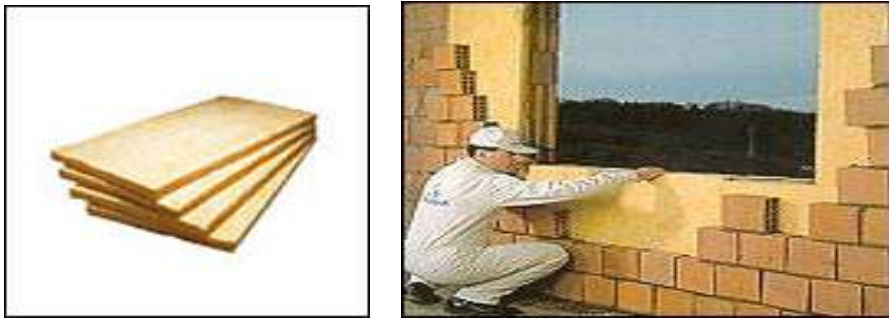
Bu özelliklerle ilişkili olarak cam yünü ısı yalıtım ürünleri yapılarda;

- Ahşap oturtma, metal ve sandviç panelden oluşan çatılarda,
- Dış ve ara bölme duvarlarda,
- Sandviç panel cephelerde,
- Yüzer döşemelerde,
- Radyatör arkasında,
- Klima ve borularda,
- Güneş toplama düzeneklerinde şilte, levha ya da boru kılıfı şeklinde kullanılabilir (Resim 3.13-3.14) (İzotoprak 2009).

Cam yünü kullanıldığı yere göre kaplamasız ya da kaplamalı olabilmektedir. Kaplama olarak alüminyum folyo ya da cam tülü kullanılabilir.



Resim 3.13 İstilmeyen bir çatı arasında cam yünü ısı yalıtım ürününün döşemeye serilmesi (İzotoprak 2009).



Resim 3.14 Cam yünü ısı yalıtım ürününün katmanlı dış duvarda uygulanması (İzotoprak 2009).

Bununla birlikte, cam yünü ısı yalıtım ürünleri dökme cam yünü olarak da kullanılmaktadır. Dökme cam yünü; cam yününün şilte ya da levha şeklinde olmayan dağınık durumudur (Resim 3.15). Düzgün şekli olmayan yüzeylerde kullanılmaktadır.



Resim 3.15 Dökme cam yünü (Mag Hard İnsulators 2009).

Cam yünü ürünler sarı ya da pembe renkte üretilmektedir. Kullanılış şekline göre kalınlıkları; şilte olarak 8-14 cm arasında, levha olarak 2-5 cm arasında değişmektedir. Boru kılıfı olarak kullanıldığında çapı; 15 mm'den 356 mm'ye kadar değişiklik göstermektedir (İzotoprak 2009).

3.2.4. Kullanılan Malzemelerin Karşılaştırılması

Söz konusu EPS, XPS, taş yünü, cam yünü ve uçucu küller ısı yalıtım malzemesi olmasına rağmen sahip oldukları yoğunluk, ısı iletim katsayısı, yanıcılık sınıfı, boyut stabilitesi, buhar difüzyonu, ses yalıtım değerleri gibi temel teknik özellikleri ile farklılık göstermektedirler. Bu farklılıkları sırasıyla incelendiğinde:

a) Yoğunluk: Mantolamada kullanılan EPS malzemelerinin yoğunluğunun minimum 15 kg/m^3 olması gerekmektedir. Zaten, TS 825 standardına göre de mantolama uygulamasında kullanılsa bile, yapılarda ısı yalıtımı amaçlı kullanılan tüm EPS malzemelerinin en az bu yoğunluğa sahip olmaları ya da daha yoğun olmaları zorunludur.

Yüzeyi sıva tutucu hale getirmek amacı ile sıva altı uygulamalarında kullanılan XPS malzemeler pürüzlü veya pürüzlü-kanallı yüzey şekillerinde imal edilmektedir. Yine TS 825 standardına göre pürüzlü veya pürüzlü-kanallı XPS ürünlerinin yoğunluğu 20 kg/m^3 ve üzeri olacak şekilde belirlenmiştir.

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

b) Isı İletim Katsayısı: Isı yalıtım malzemesi olarak kullanılan ve üç malzeme için yoğunluk ve ısı iletim katsayıları Tablo 3.6'da görülmektedir.

Tablo 3.6 Yalıtım malzemelerinin yoğunluk ve ısı iletim katsayıları

| Malzeme | Yoğunluk (kg/m ³) | Isı İletim Katsayısı |
|----------|-------------------------------|----------------------|
| Taş Yünü | 30-200 | 0,040 |
| Cam Yünü | 14-100 | 0,040 |
| XPS | > 20 | 0,031 |
| EPS | ≥ 15 | 0,035 |

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

c) Yanıcılık Sınıfı: EPS ve XPS, petrol türevi polistren hammaddesi kullanılarak imal edilen yalıtım malzemeleri olup maksimum kullanım sıcaklıkları 75°C'dir. Bu dezavantajları nedeni ile, yurtdışında yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam veya çok katlı binalarda bu ürünler belirli sınırlar dahilinde kullanılmaktadır.

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

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

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

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

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

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

3.2.5. Malzemenin Nakliyesi ve Depolanması

Isı yalıtımında kullanılacak olan malzemeler, hasarlardan ve kirlere kaçınılacak şekilde taşınmalı ve depolanmalıdır.

Sıva veya macunsu malzemeler donmadan kuru çalışma harçlarının ve mineral yün yalıtım malzemelerinin nemden korunacak şekilde ve polistrol sert köpük yalıtım malzemelerinin UV (ultraviyole ışınlardan)'dan korunacak şekilde taşınması ve depolanması gerekmektedir.

3.3. Isı Yalıtım Sisteminde Tanımlanan Malzeme ve Elemanlar

Dış cephe ısı yalıtım sistemleri;

- Yapıştırıcılar,
- Mekanik tespit elemanları,

- Isı yalıtım malzemesi,
- En az bir katmanı donatı filesi içeren, bir veya daha fazla katmandan oluşan, yalıtım sıvası,
- Donatı filesi,
- Son kat dekoratif sıva bileşenlerinden oluşmaktadır.

3.3.1. Yapıştırıcı Malzemelerin Uygulaması

Isı yalıtım levhalarının düşey veya yatay yüzeylere yapıştırılması amacı ile kullanılan organik polimer katkılı, mala ile uygulanan çimento (mineral) esaslı ısı yalıtım levhası yapıştırma harcıdır. Mineral esaslı yapıştırıcının uygun olmadığı durumlarda uygulama yüzeyleri üzerine sistem üreticisinin tavsiyesine bağlı olarak akrilik esaslı veya çimento-akrilik esaslı yapıştırıcı kullanılmalıdır. Yapıştırıcı olarak geleneksel harç veya fayans yapıştırıcısı kullanılmamalıdır. Yapıştırıcının ısı yalıtım levhalarına ve uygulama yüzeyine yapışma dayanımı minimum 80 kPa olmalıdır (Resim 3.16).



Resim 3.16 Yapıştırma harcı (Efes Isı Yalıtım Hiz. San. Tic. A.Ş. 2009).

3.3.2. Dübel Uygulaması

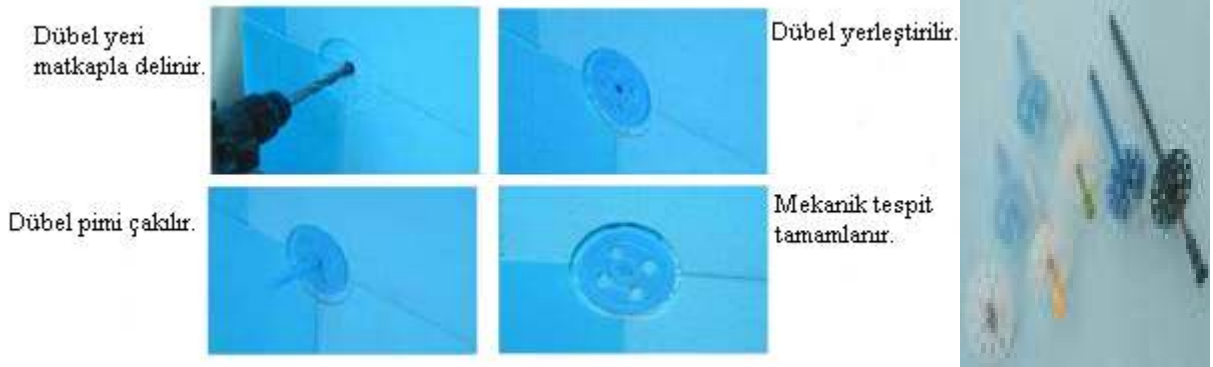
Isı yalıtım plakalarının gaz beton, beton ve tuğla gibi yüzeylere montajında kullanılır. Kaliteli dübel seçimi sistem açısından çok önemlidir. Yalıtım levhalarını uygulama yüzeyine mekanik olarak tespit etmek için kullanılan geri dönüşüme uğramamış plastikten mamül veya tercihen polyamit esaslı, geniş başlıklı, minimum 0,20 kN/cm² çekme

dayanımına sahip mekanik tespit elemanıdır. Dübellerin tutunacağı arka yüzeyin beton, gaz beton, tuğla ve bims gibi malzemelere göre gerekli tutunmayı sağlamak için mutlaka sistem üreticisi firmaların görüşüne başvurulmalı, yüzeye göre plastik veya çelik çivili dübeller tercih edilmeli ve çelik çivilerin başlıkları ısı köprüsü oluşumunu önleyecek biçimde yalıtılmış olmalıdır (Resim 3.17).

Tablo 3.7'de ısı yalıtımı uygulamalarında kullanılan dübel şemaları verilmiştir.

Tablo 3.7 Isı yalıtımında uygulanan dübel şemaları (Klimatherm 2009)

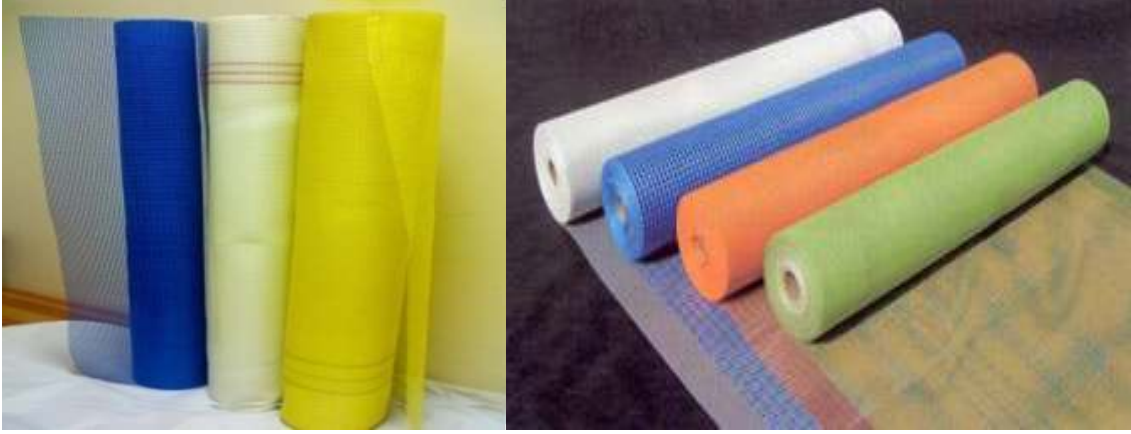
| | Uygulama Yüksekliği H (m) | | | | | |
|------------------------|---------------------------|-------|------------|-------|--------------------------|-------|
| | 0 < H ≤ 8 | | 8 < H ≤ 20 | | 20 < H ≤ Kullanım sınırı | |
| | Kenar | Yüzey | Kenar | Yüzey | Kenar | Yüzey |
| Dübel / m ² | 6 | 6 | 8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



Resim 3.17 Döbel uygulaması ve çeşitleri (Mavi Kale 2008).

3.3.3. Sıva Donatı Filesi Uygulaması

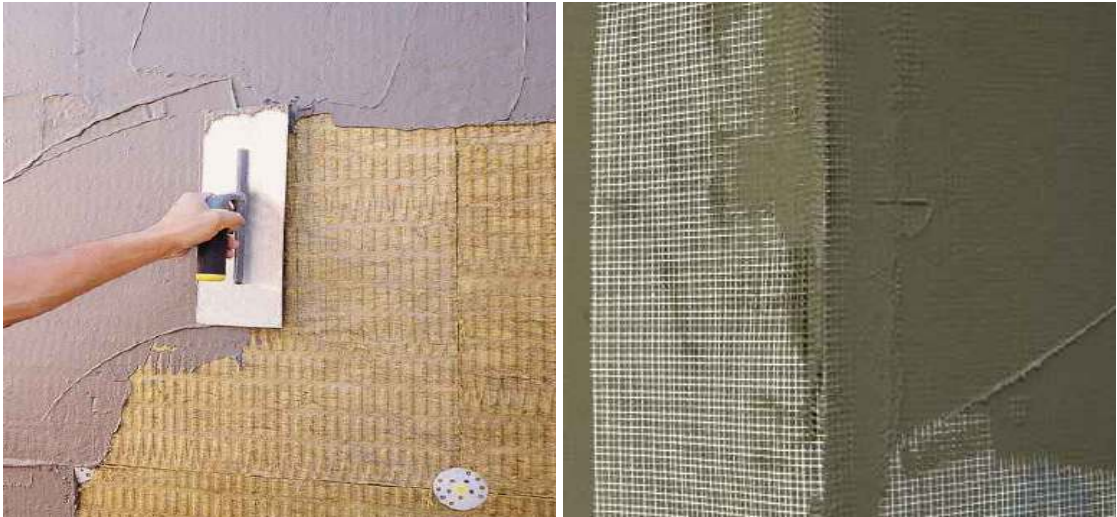
Sıva filesi, ısı yalıtım levhalarının üzerine kaplanan sıvada oluşacak çekme gerilmelerini karşılamak ve çatlamasını önlemek amacı ile kullanılır. Örgü gözü, yani diğer adıyla mesh aralığı boyutları 3,5 x 3,5 mm., 4 x 4 mm. veya 5 x 5 mm. olan, alkali ortama dayanıklı, 145-160 gr/m² ağırlıkta cam elyafli tekstil malzemedir. Sıva donatı filesinin çekme mukavemeti en az 1500 N/cm² olmalı, yaşlandırma prosesinde nemli ortamdaki çekme gerilmesi, ilk çekme gerilmesi değerinin % 50'sinden büyük olmalıdır. Yüksek darbe dayanımı gereken yüzeylerde en az 340 gr/m² ağırlığındaki donatı fileleri kullanımı tavsiye edilir (Resim 3.18).



Resim 3.18 Sıva filesi (Modern Kale Yapı malzemeleri Ltd. Şti. ve Alfor 2009)

3.3.4. Yalıtım Levhası Sıvası Uygulaması

Isı yalıtım levhaları üzerine uygulanan ve ilk kat uygulamadan sonra içine sıva donatı filesi yerleştirilerek tekrar bir kat sıva ile sıvanarak tamamlanan organik polimer katkılı sıva malzemesidir. Yapıştırma harcı eğer üretici tarafından önerilmişse bu amaçla kullanılabilir. Sıva, sentetik katkılarla kalitesi arttırılmış, ıslak halde uzun işlenebilme süresi olan, priz aldıktan sonra yağmur darbelerine, donma çözünme döngülerine dayanıklı, su ile karıştırılarak hazırlanan çimento bazlı olmalıdır. Çatlama riskinin yüksek olduğu yüzeylerde, üreticinin tavsiyesine göre, akrilik esaslı veya çimento-akrilik yapıştırıcı kullanılmalıdır. Yalıtım levhası sıvasının yapışma dayanımı en az 80 kPa olmalıdır (Resim 3.19).

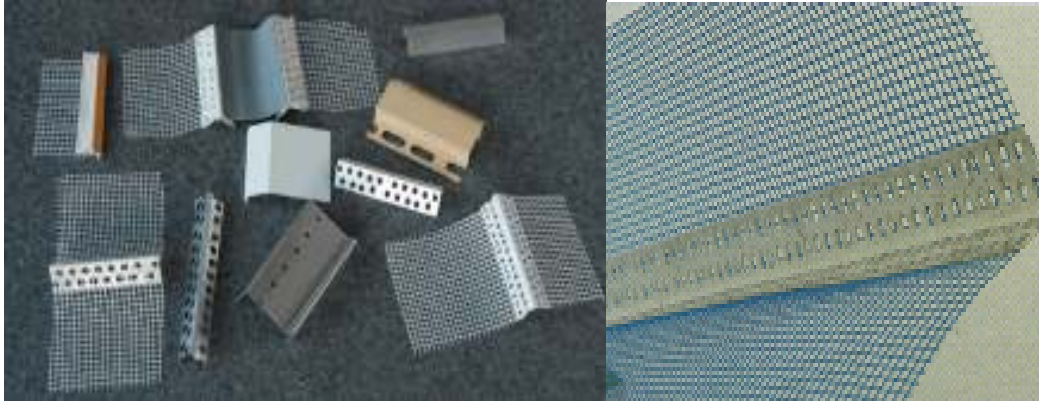


Resim 3.19 Levha sıvası (Vitra Therm Norm 2009).

3.3.5. Köşe Profili Uygulaması

Bina köşeleri ve pencere kenarlarındaki dış köşeleri mekanik etkilerden korumak ve düzgün köşeler elde etmek için plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafli donatı filesi takviyeli veya takviyesiz, alkali ortama dayanıklı köşe profilleridir.

Balkon, çıkma gibi bölümlerde yağmur ve benzer su akıntılarının yapı yüzeyine zarar vermeden uzaklaştırılmasında, plastik veya alüminyumdan imal edilmiş, cam elyafli donatı filesi takviyeli veya takviyesiz damlalıklı köşe profilleri kullanılır (Resim 3.20).



Resim 3.20 Köşe profili (Klimatherm ve Alfor 2009).

3.3.6. Su Basman Profili Uygulaması

Isı yalıtım levhaların başladığı seviyede sistemi yağmur ve rüzgâr gibi mekanik ve dış etkilerden korumak, sıva uygulamasında master görevi görmek amacıyla kullanılan ve başlangıç seviyesinde mekanik olarak tespit edilen alüminyum veya galvanize saçtan yapılmış referans profilidir.

Su basman profili kullanılarak ısı yalıtım malzemesinin profil içine düzgün olarak oturtulması ve düzgün hat oluşturulması sağlanır (Resim 3.21).



Resim 3.21 Su basman profili (Klimatherm 2009).

3.3.7. Son Kat Dekoratif Kaplama Uygulaması

Yalıtım levhası sıvanın üzerine dekoratif ve dış etkenlere karşı sistemi koruma amaçlı uygulanan TSE veya TSEK belgeli; çimento, akrilik veya silikon esaslı cephe kaplama malzemeleridir. Solvent bazlı cephe kaplama malzemeleri kullanılmamalıdır. Dekoratif kaplamaların renklendirme veya yenileme amacı ile boyanması durumunda TS 5808'e uygun, solvent içermeyen dış cephe boyası kullanılmalıdır (Resim 3.22).



Resim 3.22 Son kat dekoratif kaplama (silikonlu, hazır renkli sıva) (Vitra Therm Norm 2009).

3.4. Uygulama detayları

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinden beklenen sürekli, kararlı ve yüksek performans kalitesini ve sistem üreticisi firmaların ürün garantisini elde etmek için paket olarak piyasaya sunulan dış cephe ısı yalıtım sistemleri tercih edilmelidir.

3.4.1. Uygulamada dikkat edilecek hususlar

Dışarıdan yapılacak ısı yalıtım uygulamalarında, ısı yalıtım levhalarının yapıştırılacağı yüzeyler kir, toz, yağ, kabarmış boya, kalkmış sıva gibi tutunmada ve yapışmada uygunsuzluk yaratacak zararlı etkenlerden arındırılmış ve yapıştırıcı ile yapışmayı sağlayacak pürüzlülüğe sahip olmalıdır. Eski akrilik esaslı malzeme ile kaplı yüzeylerde çimento esaslı yapıştırıcı ile iyi bir yapışma sağlamak için eski yüzey kazınmalı veya akrilik yüzeylere tutunma sağlayabilecek akrilik esaslı ısı yalıtım plakası yapıştırıcısı kullanılmalıdır.

Binalarda enerji tasarrufu elde etmek ve binanın özellikle duvar, çatı, zemin ve taşıyıcı sisteminde yoğuşmanın kontrol altına alınması için A1, A2 veya B1 yanıcılık sınıfına uygun ısı yalıtım levhalarının bir sistem bileşenleri olarak sisteme tariflenmiş uygun malzemeler ile yani ısı yalıtım levhası, alkali dayanımlı donatı filesi, çeşitli profiller, gerekli ise uygun mekanik sabitleştiriciler ve boya, kaplama malzemeleri ile birlikte binaların dış cephelerinde gerçekleştirilen yalıtım uygulamalarıdır.

Yüksek yapılarda; sistem üreticisinin tavsiyeleri doğrultusunda genişleme derzleri oluşturulabilir. Polimer katkılı elastik özellikli veya fiber katkılı sıva kullanılmalıdır. Dış cephede tek tür oluşturacak ve solvent içermeyen dekoratif son kat kaplama ile bitirilir.

Yalıtım levhaları binili veya düz kenarlı olabilir. Her iki durumda da uygulama esnasında ısı yalıtım levhalarının arasında boşluk kalmamasına, oluşacak boşlukların yalıtım levhasına uygun dolgu köpükleri veya aynı yalıtım levhasından kesilerek elde edilecek uygun kalınlıktaki kamalarla doldurulması gereklidir. Bu şekilde olası kılcal çatlakların ve ısı köprüsü oluşumunun önlenmesi mümkündür.

İklim şartları göz önüne alınarak, gerekirse dış cephe muhafaza edilerek uygulama yapılmalıdır. Isı yalıtımı yapılması sonrasında sağlıklı sonuçlar alınması için, yapı kabuğunun tamamen kurumuş olmasına dikkat edilmesi gerekir.

Sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde son kat kaplamanın rengi, duvar kesitindeki sıcaklık dağılımını etkiler. Son kat dekoratif kaplamanın rengi, ısı yalıtım malzemesinin bozulmasına müsaade etmeyecek şekilde, üreticilere danışarak tespit edilmeli, açık renkler tercih edilmelidir.

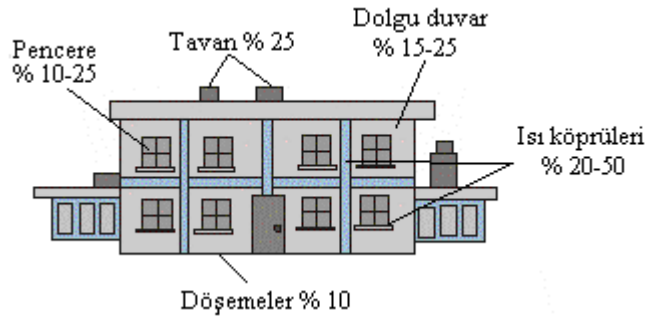
Mineral esaslı malzemeler kuru ve rutubetsiz bir ortamda 0 °C'nin üzerinde, kapalı alanda depolanmalı, uygulamalar +5 C° altında ve +30 °C'nin üzerinde yapılmamalıdır. Özellikle sıcak havalarda, doğrudan güneş ve rüzgâr alan cephelerde uygulama yapılmamalıdır.

4. ISI YALITIM UYGULAMALARINDA ISI KÖPRÜLERİNİN OLUŞUMU

Ülkemizde ısı yalıtımına yeteri kadar önem verilmediği için büyük oranlarda enerji kaybı meydana gelmektedir. Ülkemizde her yıl artan enerji ihtiyacını karşılamak için mevcut enerji kapasitesinin artırılmasına çalışmak ne kadar önemli ise, diğer taraftan mevcut enerjiyi verimli ve tasarruflu kullanmak da en az o kadar önemlidir. Isı yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu konusunda ülkemiz birçok Avrupa ülkesinin çok gerisindedir. Örneğin İsveç gibi soğuk bir ülkede yaşayan biri, Antalya'da yaşayan bir kişi kadar az yakıt harcayarak ısınma ihtiyacını mükemmel şekilde karşılamaktadır. Başka bir deyişle fazladan 2-3 misli enerji sarfiyatı olmaktadır.

Ülkemizde enerji tasarrufuna gereken önemin verilmemesi her yıl önemli ölçüde (2.5-3 milyar dolar kadar) döviz kaybına neden olduğu gibi, ayrıca odun, kömür gibi yerli kaynakların hızla tüketilmesine yol açmakta, petrol doğalgaz gibi ithal edilen maddelere ödenen dövizin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca gereğinden fazla tüketilen (kömür gibi) enerji maddeleri havanın kirlenmesini de arttırmaktadır (Karakoç ve ark. 1999). Ülkemizde; üretilen enerjinin %41'i konutlarda, %33'ü endüstride, %20'si ulaşımda, %5'i tarımda, %1'i diğer işlerde kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi, konut ve endüstri sektöründe etkin bir ısı yalıtımı uygulaması ile büyük bir tasarruf sağlanabilecektir (Karakoç ve ark. ve Dağsöz ve ark. 1999).

Yapılarda ki ısı kayıpları; %10'u döşemeler (temeller), %10-25'i pencereler, %25'i tavanlar, %15-25'i dolgu duvarlar, %20-50'si ısı köprüleri oluşturmaktadır. Isı yalıtımı yapılan yapılarda en fazla ısı kayıpları ısı köprülerinin oluşmasıyla meydana gelebilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Isı kayıpları (Dow Building Solutions 2009).

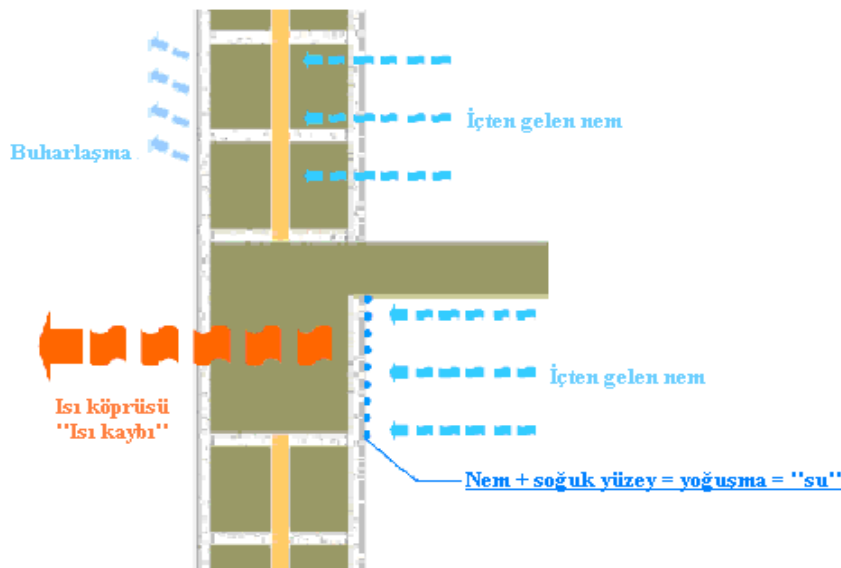
4.1. Isı Köprüsü

Yapılarda iç yüzey sıcaklığı ile dış yüzey sıcaklığının farklı olmasından dolayı, ısı az yoğun ortamdan çok yoğun ortama hareket eder. Bu ısı transferi olayı, ısı köprüsü olarak tanımlanır.

Isı köprüleri diğer bir deyişle “ısı yalıtım zırhındaki delikler” farklı ısı iletkenliği olan yapı malzemelerinin birbirine bağlandığı, kesiştiği veya iç içe geçtiği yerlerde, genel yapıya göre ısı transferinin daha fazla olduğu yerlerde oluşmaktadır. Özellikle yapıların betonarme bölümlerinin, kolon, kiriş, hatıl, lento, döşeme alnı gibi, elemanlarının dışarıdan yalıtılmaması durumunda ısı köprüsü oluşabilmektedir (Şekil 4.2) (Dow Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009).

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı’nda verilen enerji limitleri ve yoğunlaşma sınırlarına göre boyutlandırılmış sandviç duvar ve içeriden yapılan ısı yalıtımı uygulamalarında, gerek enerji kayıpları yönünden gerekse de yoğunlaşmanın önlenmesi ve yapı güvenliği için ısı köprüsü oluşturan, kolon, kiriş ve perde duvarlar yalıtılması zorunludur.

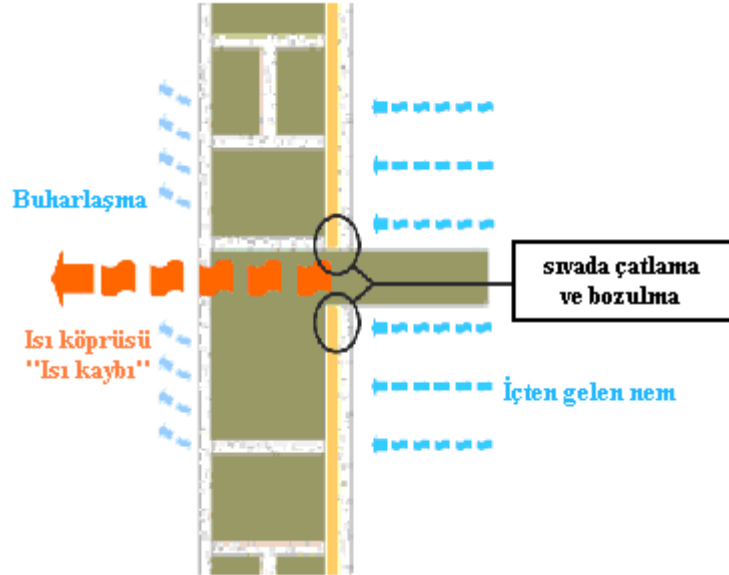
Yapılarda ısı köprüsü oluşturan kolon, kiriş, perde beton ve döşemelerin dış yüzeylerde %20 ~ 50’e varan ısı kayıpları olabilmektedir. Isı kayıplarının bu derece yüksek bir yüzdeye sahip olmasının başlıca nedeni; donatılı betonun ısı iletkenlik değerinin 2,04 W/mK gibi yüksek bir değere sahip olmasıdır. Binalarda dış duvarlar, dış yüzeylerde %20 ~ 25 oranında ısı kayıplarına sebep olmaktadır. Dış duvar olarak kullanılan tuğla; gaz beton, bims blok, ankastre prefabrik elemanların ısı iletkenlik değeri ise 0,45 ~ 0,25 W/mK arasında değişmekte ve gereksinim duyulan ısı geçirgenlik kat sayısı (U) değeri sağlanamamaktadır (Dow Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009).



Şekil 4.2 Isı köprüsü ve yoğunlaşma (Apeks 2009).

Yapılarda ısı yalıtımı enerjiden tasarruf sağlamasının yanında gaz, kurum ve toz emisyonunu da azaltıp çevre kirliliğini önler. Isı köprüleri; duvar, zemin ve tavan yüzey sıcaklıklarına olumsuz etkisi iç yani konfora olduğu kadar, yapı kabuğu üzerinde de önemli etkileri vardır. Yeterli yalıtım yaşam kalitesine katkıda bulunmakta ve bina dokusunun korunmasına yardımcı olmaktadır. İnsanlar için sağlıklı ve rahat yaşam, sadece uygun ısı ve nem şartlarına sahip olan mekânlarda olacağı şüphesizdir.

Isı köprülerinde yoğuşma sonucu oluşan, rutubetli alanlar, küf oluşması ve çatlama, uygun yalıtım çözüm yöntemlerinin uygulanması ile etkili bir şekilde önlenir (Şekil 4.3). Bina yalıtımı yapılırken ısı kaybına müsait geniş yüzeylerine de (duvarlar, çatı, zemin) yanı sıra muhtemel ısı köprülerine de (su basman, kirişler, lanto, radyatör muhafazaları, parapetler, donatılı beton sütunlar, pencere denizlikleri, pencereler arasındaki taşıyıcılar, duvar dış köşeleri, duvar birleşim yerleri) gereken önem verilmelidir.



Şekil 4.3 Cephede meydana gelen sıva üzeri çatlama ve bozulma (Apeks 2009).

Eğer bir fayda-maliyet karşılaştırması yapılırsa, ısı yalıtımı hem yapı konforu hem de ekonomik açıdan yararlı ve çok kısa sürede geri kazanılan bir yatırım olduğu açıktır. Bununla birlikte bina inşaatının fiziksel ve teknik prensiplerinin incelenmesi ve yüksek kalitede uygun yalıtım malzemesinin kullanımı önemlidir (Dow Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009).

Sonuç olarak ısı köprülerinin doğru olarak projelendirilmesi ve uygun bir şekilde yalıtımı önemli yararlar sağlar. Bunlar sırasıyla:

- Yüzeyde yoğuşma, estetik problemler, çatlama oluşması gibi yapısal problemleri önlenmesi,
- Kolon ve kirişlerdeki donatıda oluşabilecek muhtemel korozyonun önlenmesi,

- c) Küflenmenin önlenmesi,
- d) Isı kaybının azaltılması - enerji tasarrufu (Isı köprülerinin, ısı kaybeden yüzey alanına oranı kadar azaltılabilir),
- e) Konfor artışıdır (Dow Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. 2009).

4.2. Yoğuşma

Binalarda ısı yalıtımı, daha çok enerji korunumu için düşünülmektedir. Yalıtım yapılırken su buharı hareketlerinin de göz önüne alınması gerekir. Bilindiği gibi hava; azot, oksijen ve küçük miktarlarda başka gazlardan oluşan bir karışımdır (Derbentli 1996). Atmosferik hava, klima teknolojisinde iki kademeli ideal gaz karışımı olarak ele alınmaktadır. Bu bileşenlerden birincisi kuru hava (oksijen, azot ve diğer gazlar), ikincisi ise su buharıdır. Yapı malzemelerinde soğuk havalarda ortaya çıkan yoğuşma; hava ile temas eden yapı malzemesi yüzey sıcaklığının, havanın çığ noktası (suyun buhar halinden tekrar sıvı haline dönüştüğü sıcaklık) sıcaklığının altında olması durumunda gerçekleşir (Bilge ve ark. 2000). Çoğu zaman yapı malzemelerinin yüzeyinde görülen yoğuşma, yapı malzemesinin içine de nüfuz edebilmektedir.

Yoğuşma olayında etkili olan ana parametreler;

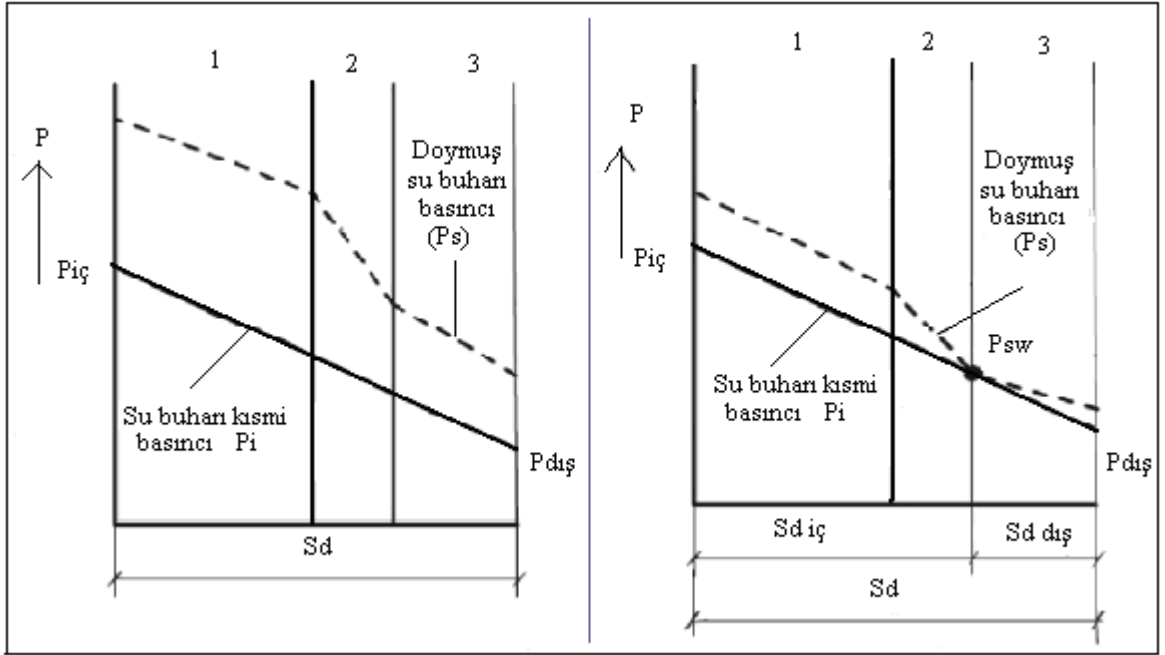
- İç ve dış hava sıcaklıkları ve nem oranları,
- Duvarın ısı geçişine karşı direnci,
- Isı yalıtımının uygulandığı yer,
- Duvar bileşenlerinin diferansiyel dirençleridir (MMO 2005).

Yapı elemanının iki yüzeyi arasında farklı sıcaklık ve bağıl nem olması durumunda, yüzeylerde farklı buhar basınçları oluşur. Kış mevsiminde iç ortamda bulunan su buharı, ısı geçişi ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması durumunda yapı elemanı açısından bir problem yoktur. Ancak su buharı yapı elemanı içinden geçerken sıvı hale dönüşebilir. Bu durumda yoğuşan su; duvarlarda küf, mantar üremesi, koku veya boya bozulmalarına neden olabilir. Yoğuşma olayının önlenmesi için yapı bileşeninin su buharı hareketine karşı direnci artırılmalıdır. Yapı bileşeninin yalıtımla su buharına ve ısı geçişine karşı direnci artırılabilir. Fakat ısı yalıtımı yaparken yalıtımın iç yüzeye ya da dış yüzeye yerleştirilmesi su buharının yoğuşacağı yer açısından önemlidir.

Tabaka içinde kısmi su buharı basınçları doymuş su buharı basınçları ile karşılaştırılır.

Yapı bileşenlerinde su buharı hareketlerini izlemek için çizilen grafikte yatay eksen (x-ekseni) eş değer hava tabakası kalınlığını (S_d), dikey eksen (y-ekseni) su buharı basınçlarını gösterir. Grafikte doyma basıncı eğrisi ile kısmi su buharı basıncı eğrilerinin kesişip kesişmediğine bakılır. Kesişme yoksa yoğuşma yoktur. Eğer kesişme varsa yoğuşan suyun miktarı belirlenir (Şekil 4.4).

Şekil 4.4' de doymuş su buharı ve su buharı kısmi basıncı eğrilerinin kesişmemesinden dolayı yoğuşma gözlenmemektedir. Aynı zamanda Şekil 4.4'de 2. ve 3. katmanlar arası yoğuşma gözlenmektedir (P_{sw} noktası).



Şekil 4.4 Duvar bileşenlerinde doymuş su buharı ve su buharı kısmi basınçlarının kesişmemesi ve kesişmesi durumu (Atmaca, Kargıcı 2006).

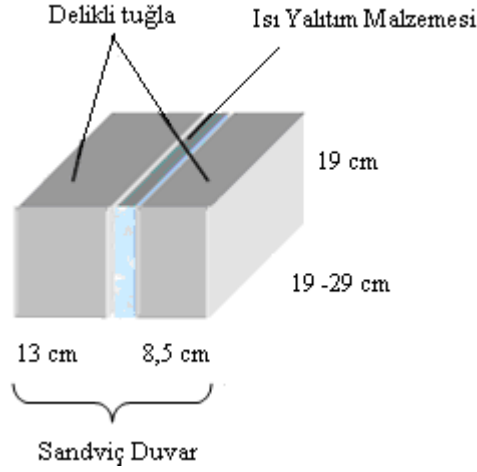
5. DUVAR ISI YALITIM UYGULAMALARINDA MALİYET ANALİZİ

Ülkemizde TSE 825 il merkezleri bazında iklim bölgelerini 4 ayrı kategoride esas alınmasını önermektedir. Bunlardan; 1. iklim bölgesi en az ısıtma enerjisi ihtiyacı olan bölgeyi, 4. iklim bölgesi ise en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı olan bölgeyi temsil etmektedir. Bu çalışmada, en olumsuz koşullara sahip 4. Bölge illeri için en uygun ısı yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığı ile birim maliyeti hesaplanması amaçlanmıştır. Hesaplamalarda ısı köprüleri sorununun giderildiği ve yoğuşmanın oluşmadığı kabul edilmiştir.

Yapılarda; farklı yalıtım türleri ile farklı ısı yalıtım malzemelerini kullanarak ülkemiz koşullarında en uygun ve en ekonomik yalıtım malzemesinin saptanması önemli olduğu kadar mutlaka dikkate alınmasının gerekli olduğu da bilinmektedir. Bu amaçla ilk aşamada duvarların yalıtımında kullanılan her bir yalıtım malzemesinin ısı akış yoğunluğu, m² cinsinden birim fiyatlar kullanarak ortalama maliyetleri hesaplanmıştır. Yakıt türü olarak kömür seçilmiştir. Ayrıca diğer yakıt türleri eşdeğer kömür değeri baz alınarak hesaplanmıştır.

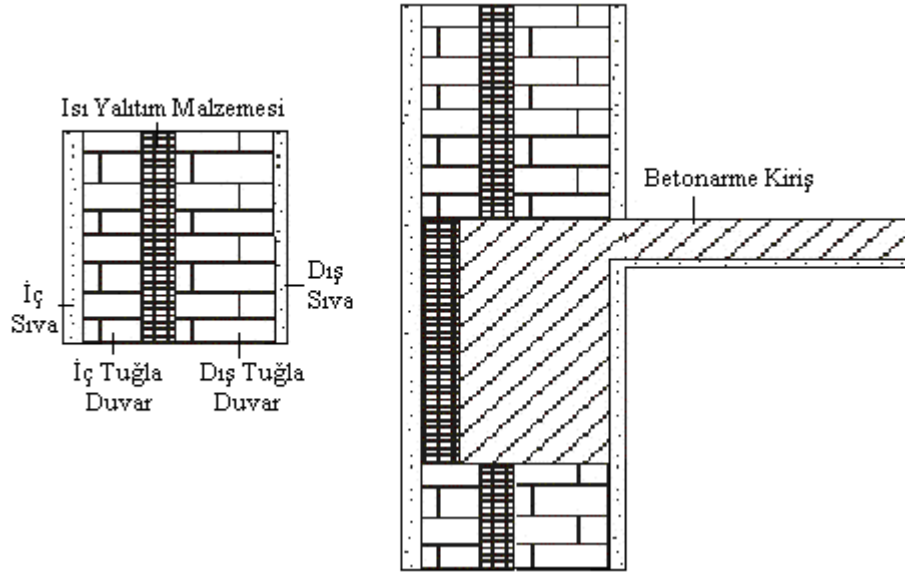
Yapılan hesaplamalarda mevcut çalışmada duvar yalıtımlarında uygulanan içeriden ve dışarıdan yalıtım alternatifleri de hem yalıtım özelliği ve hem de ekonomik yönden analizleri yapılmıştır. Ek 1’de yapılan hesaplamalarda kullanılan değerler verilmektedir.

Yapılarda çift duvar arası yalıtım uygulaması, iki duvar arasına yalıtım malzemesi konularak oluşturulan, uygulaması en kolay yalıtım sistemidir. Şekil 5.1’de çalışmada çift duvar arası ısı yalıtım uygulamasının hesaplarında kullanılan tipik duvar kesiti verilmiştir.



Şekil 5.1 Sandviç duvar uygulaması (Aksoy 2008).

Yalıtım amaçlı duvar elemanlarının imalat detaylarına ait duvar kesitleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Duvar elemanlarının kesiti.

5.1 Duvar Isı Yalıtımı Uygulamalarında Maliyet Analizinde Kullanılan Değerler

Duvar ısı yalıtımı uygulamalarında maliyet analizi hesabında kullanılan değerler aşağıda açıklanmıştır.

5.1.1 Isıl Geçirgenlik Direnci Hesabı

Isı geçirgenliği, d (m) kalınlığında bir malzemenin birbirlerine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda, birim zamanda (1 saat) birim alanından (1m^2) yüzeylere dik yönde kararlı hal şartlarında, geçen ısı miktarıdır. Isı geçirgenlik direnci, ısı geçirgenliğinin aritmetik inversidir (TSE 825 1989).

Isıl geçirgenlik direnci (R), yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin, ısıl iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanmaktadır (TSE 825 2008).

$$R = \frac{d}{\lambda_h} \quad (5.1)$$

Burada;

R : Isıl geçirgenlik direnci ($\text{m}^2\text{K/W}$),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/mK) dir (TSE 825 2008).

“ λ_h ” değerleri Ek 1’de liste hâlinde verilmiştir.

5.1.2 Toplam Isıl Geçirgenlik Direncinin ($1/U$) Hesaplanması

Toplam ısıl geçirgenlik değeri yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençlerinin, iç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direncinin ve dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direncinin toplamıdır.

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci ($1/U$), yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençlerine (R), yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri eklenerek aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır (TSE 825 2008).

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \quad (5.2)$$

Burada;

$1/U$: Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci ($\text{m}^2\text{K/W}$),

R : Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik direnci,

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ($\text{m}^2\text{K/W}$),

R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci ($\text{m}^2\text{K/W}$) dir (TSE 2008).

5.1.2.1 Duvar Yüzeylerinin Yalıtımlı Isı Geçirgenlik Katsayısı

Isı geçirgenlik katsayısı, herhangi d (m) kalınlığındaki yapı bileşeninin (duvar, döşeme vb. gibi) her iki tarafından bulunan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C olduğunda, bileşenin birim alanından (1m²) birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır (TSE 825 1989).

Ayrıca ısı geçirgenlik direnci 1/U için,

$$\frac{1}{U} = R_i + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_h}{\lambda_h} + R_e \quad (5.3)$$

bağıntısından da yararlanılır.

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), yukarıdaki bağıntının denklemin aritmetik inversi alınarak şu bağıntıya göre hesaplanmaktadır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (5.4)$$

Burada;

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K)'dir (TSE 825 2008).

Bağıntılarda yer alan dış duvardaki yapı malzemelerinin kalınlıkları (d), ile ısı iletkenlik hesap değerleri (λ_h) Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Yalıtım amaçlı duvar elemanlarında kullanılan malzemelerin kalınlık ve iletkenlik katsayı değerleri

| Yapı Malzemeleri | λ_h , Isı İletim Katsayısı (W/mK) | d, Kalınlık (m) |
|-------------------------------------|---|-----------------|
| Kireç esaslı çimento sıva (iç sıva) | 0,87 | 0,020 |
| Delikli tuğla duvar (iç) | 0,45 | 0,085 |
| Delikli tuğla duvar (dış) | 0,45 | 0,130 |
| Çimento esaslı sıva (dış sıva) | 1,40 | 0,030 |
| Yapı ısı yalıtımı malzemeleri | | |
| EPS | 0,035 | 0,073 |
| XPS | 0,031 | 0,040 |
| Taş Yünü | 0,040 | 0,052 |
| Cam Yünü | 0,040 | 0,062 |

Bilindiği gibi ısı iletim Katsayısı; Bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C iken, yüzeyin, birim alanından (1m²) ve bu alana dik yöndeki

birim kalınlıktan (1m), 1 saatte geçen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu zellik malzemenin ısı yalıtım özelliğini belirler. Isı iletim katsayısı yükseldikçe malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır.

ISO ve CEN Standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden kk olan malzemeler, ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanmaktadır. Diğer malzemeler ise yapı malzemesi olarak kabul edilir (İzoder 2003). Bu çalışmada kullanılan EPS, XPS, taş yn ve cam yünü ısı yalıtım malzemeleridir.

5.1.3 Yapı Bileşeninin Isı Kaybı Hesabı

Isı yalıtımında en olumsuz hava koşullarının dikkate alınması önemli bir konudur. Bundan dolayı çalışmada en olumsuz hava koşulları için yalıtım analizleri amaçlanmıştır. TS 825 en olumsuz koşulları (yaz ve kış için) 4. Bölge için tanımlamakta ve TS 825 4. Bölge için ısı geçirgenlik katsayısı (U_D) değerini 0,40 W/m²K olarak önermektedir. Bundan dolayı hesaplamalar buna göre yapılmıştır ve 0,40 değeri aşılmayarak en uygun yalıtım malzemesi kalınlıkları hesaplanmaya çalışılmış (EK 1).

Betonarme duvarlarda ısı yalıtımı uygulamalarında da ısı kayıpları az veya çok miktarda olmaktadır. Çift duvar arası, dışarıdan ve içeriden yalıtım uygulamalarında yalıtımsız ve yalıtım amaçlı duvarlarda kullanılan farklı yalıtım malzemelerine ait ısı kaybı değerleri Tablo 5.2, 5.3, 5.4'de gösterilmiştir. Yalıtım eşitlerinin ayrıntılı ısı kaybı değerleri Ek 1'te verilmiştir.

Hesap ve analizlerde ısı yalıtımı uygulaması 1m²lik duvar yüzeyi birim alınarak yapılması esas alınmıştır. Tablo 5.2, 5.3, 5.4'de ısı yalıtım malzemelerinin ısı akış yoğunlukları verilmiştir. Binanın dışındaki hava sıcaklığının yapılan hesaplamalarda daha sağlıklı olması için TS 825'de verilen 4. Bölge'nin yaz ve kış mevsimlerindeki en dşk ve en yüksek ısı değerleri baz alınarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu standardın esas aldığı $R_e=0,04$ m²K/W , $R_i=0,13$ m²K/W değerler analizlerde kullanılmıştır.

Yapı bileşeni birim alanının birim zaman içinde, sebep olduğu ısı kaybına ısı akış yoğunluğu denir (TSE 825 1989).

Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), şu bağıntıya göre hesaplanır.

$$q = U \cdot (T_i - T_d) \quad (5.5)$$

Burada;

q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2),

T_i : İçerideki havanın sıcaklığı ($+19^\circ C$),

T_{dk} :Kış mevsiminde dışarıdaki havanın sıcaklık değeri ($-5,4^\circ C$),

T_{dy} :Yaz mevsiminde dışarıdaki havanın sıcaklık değeri ($+21,4^\circ C$) olarak verilmiştir (TSE 825 2008).

Tablo 5.2 Çift duvar arası yalıtım uygulamalarında ısı akış yoğunluğu

| Yalıtım Malzemesi | Yalıtım Malzemesi Kalınlığı d(m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Akış Yoğunluğu q (W) | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------------|-----|
| | | | | Kış | Yaz |
| Yalıtımsız | - | - | 1,45 | 35,40 | 0 |
| EPS | 0,073 | 0,035 | 0,36 | 8,78 | 0 |
| XPS | 0,04 | 0,03 | 0,51 | 12,44 | 0 |
| Taş Yünü | 0,052 | 0,04 | 0,50 | 12,20 | 0 |
| Cam yünü | 0,062 | 0,04 | 0,44 | 10,74 | 0 |

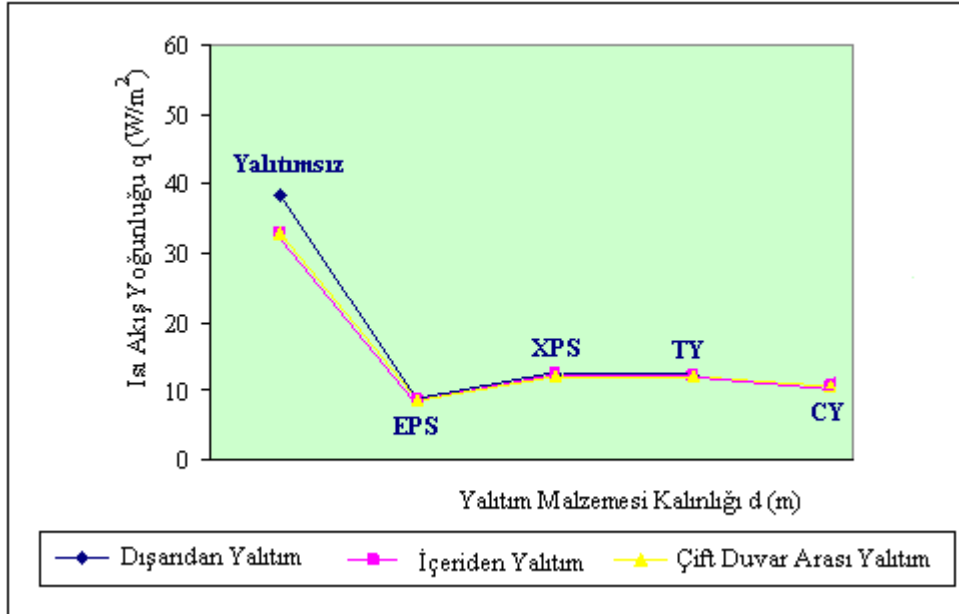
Tablo 5.3 Dışarıdan yalıtım uygulamalarında ısı akış yoğunluğu

| Yalıtım Malzemesi | Yalıtım Malzemesi Kalınlığı d(m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Akış Yoğunluğu q (W) | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------------|-----|
| | | | | Kış | Yaz |
| Yalıtımsız | - | - | 1,57 | 38,31 | 0 |
| EPS | 0,076 | 0,035 | 0,36 | 8,78 | 0 |
| XPS | 0,041 | 0,031 | 0,51 | 12,44 | 0 |
| Taş Yünü | 0,054 | 0,04 | 0,50 | 12,20 | 0 |

Tablo 5.4 İçeriden yalıtım uygulamalarında ısı akış yoğunluğu

| Yalıtım Malzemesi | Yalıtım Malzemesi Kalınlığı d(m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_n (W/mK) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Akış Yoğunluğu q (W) | |
|-------------------|----------------------------------|---|--|--------------------------|-----|
| | | | | Kış | Yaz |
| Yalıtımsız | - | - | 1,345 | 32,818 | 0 |
| EPS | 0,06 | 0,035 | 0,36 | 8,78 | 0 |
| XPS | 0,055 | 0,03 | 0,51 | 12,44 | 0 |
| Taş Yünü | 0,07 | 0,04 | 0,50 | 12,20 | 0 |
| Cam yünü | 0,07 | 0,04 | 0,44 | 10,74 | 0 |

Yukarıda yapılan analizlerden de görüldüğü gibi kullanılan malzemenin kalınlığı arttıkça ısı akış yoğunluğu, yani ısının duvarın bir tarafından diğer tarafına geçme oranı azalmaktadır. Sonuçta ısı yalıtımının, yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça arttığı görülmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Duvarlardaki farklı yalıtım çeşitlerinin ve yalıtım malzemelerinin kış şartlarındaki ısı akış yoğunluğu

5.1.4 Isıtma İçin Gerekli Yıllık Enerji Miktarı

Binalarda ısı kayıpları, dış duvarlardan, pencerelerden, tavan ve döşemelerden ve ayrıca hava hareketlerinden dolayı meydana gelir. Binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen

faktörler arasında bina özellikleri (iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları), iklim koşulları, dış hava sıcaklığı ve ışınım şiddeti yer alır.

Dış duvarlarda oluşan kayıplar göz önüne alındığında optimum yalıtım kalınlığı ve buna bağlı maliyet analizlerinin yapılması önem arz etmektedir.

Dış duvarın birim yüzeyinde meydana gelen ısı kaybı,

$$q = U \cdot \Delta T \quad (5.6)$$

ifadesi ile hesaplanır.

Burada;

U: Toplam ısı geçirgenlik katsayısını,

ΔT : Sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Sıcaklık farkı şu ifade ile tanımlanır.

$$\Delta T = T_i - T_d \quad (5.7)$$

Burada;

T_i : İçerideki havanın sıcaklık değeri,

T_d : Dışarıdaki havanın sıcaklık değerini ifade etmektedir.

Birim yüzeyde yılda H saat süre ile meydana gelen ısı kaybı ise U ve ΔT kullanılarak hesaplanabilir.

Isıtma için gerekli enerji ihtiyacı,

$$q_1 = U \cdot (T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot 3600 \quad (5.8)$$

Burada;

H_1 : Isıtma süresi olup, alınan değer saniyedir.

Yıllık enerji ihtiyacı ise, toplam yıllık ısı kaybının enerji türlerinin verimine bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$E_1 = U_D \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot 3600}{\eta} \right) \quad (5.9)$$

Burada,

H_1 : Isıtma süresini,

η : Isıtma sisteminin verimini, ifade etmektedir.

Yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), toplam ısıl geçirgenlik direncinin aritmetik inversi alınarak hesaplanır. Buna göre yıllık ısıtma enerjisi,

$$E_1 = \frac{1}{R_{duvt} + R_{yıt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_i \cdot 3600}{\eta} \right) \quad (5.10)$$

olarak hesaplanır.

Burada;

R_{duvt} : Yapı elemanlarının toplam ısı geçirgenlik direnci,

$R_{yıt}$: Yalıtım malzemesinin ısı geçirgenlik direncini, ifade etmektedir.

5.1.5 Yıllık Enerji Maliyeti ve Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması

Yapının yıllık toplam enerji maliyeti, yalıtım sonrasında elde edilen tasarrufu ve yalıtım malzemesinin kendini amorti edeceği süreyi bulmak için hesaplanmaktadır.

Birim alanı ısıtmak için gerekli yıllık enerji maliyeti, $M_{yıl}$;

$$M_{yıl} = \frac{1}{R_{duvt} + R_{yıt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_i \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \right) \quad (5.11)$$

Burada,

M_{ykt} : Isıtma için gerekli olan yakıtın birim fiyatını (TL/kg, TL/m³, TL/kWh),

H_i : Isıtma süresini,

H_u : Yakıtın alt ısıl değerini, (J/kg, J/m³, J/kWh),

η : Isıtma sisteminin verimini, ifade etmektedir.

Binanın toplam ısıtma maliyeti ve yalıtım maliyeti, şimdiki değer faktörü olarak nitelendirilen bir parametre ve belirlenen bir zaman periyoduna göre hesap edilir.

Amortisman; bir tesisin kuruluşunda yapılan toplam yatırım masraflarının kredi alınmışsa kredinin faizi de dahil olmak üzere, belirli sürede geri ödenmesi amacıyla, toplam yatırım değerinin önceden belirlenmiş bir kısmının, sermaye maliyeti olarak her yıl işletme

gelirlerinden ayrılması ve vergi dışı bırakılması işlemi olarak ifade edilmektedir (Aybers, Şahin 1995).

Şimdiki değer faktörünün belirlenmesinde birçok yöntem vardır. Ancak enerji maliyeti hesabında aşağıdaki yöntem kullanılmıştır.

Gerçek faiz oranı r , enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak değişir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır (Aytaç, Aksoy 2006).

$$r = \frac{i - g}{1 + g} \quad (5.12)$$

Burada;

g : Enflasyon oranı,

i : Faiz oranı,

r : Gerçek faiz oranıdır.

Buna göre şimdiki değer faktörü,

$$\text{ŞDF} = \frac{(1 + r)^N - 1}{r \cdot (1 + r)^N} \quad (5.13)$$

ifadesi ile hesap edilir.

Burada;

N ise zamandır.

Yalıtım maliyeti, M_{ytl} ;

$$M_{\text{ytl}} = M_{\text{mlz}} \cdot d \quad (5.14)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Burada;

M_{mlz} : İşçilik dahil yalıtım malzemesinin birim fiyatını (TL/m³),

d : Yalıtım malzemesinin kalınlığını (m) cinsinden verir.

Sonuç olarak yalıtımı yapılan bir binada yalıtım ömrünün N yıl olması durumunda birim alan için gerekli yıllık toplam ısıtma maliyeti, ilk yatırım maliyeti olan yalıtım maliyeti toplamı;

$$M_{T,y} = M_{yil} \cdot \text{\$DF} + M_{yit} \quad (5.15)$$

$$M_{T,y} = \frac{1}{R_{duvt} + R_{yit}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right) + M_{mlz} \cdot d \quad (5.16)$$

Yukarıda verilen iki ifade ise düzenlendiğinde ısıtma enerji maliyeti,

$$E_1 = U_D \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \right) \quad (5.17)$$

$$E_1 = \frac{1}{R_{duvt} + R_{yit}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \right) \quad (5.18)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Optimum yalıtım kalınlığı, toplam ısıtma maliyetini minimum veya yıllık kazancı maksimum yapmakla hesaplanır. Yani bunların arasındaki farkın en fazla olduğu noktada, minimum değerdeki ısıtma maliyeti ile maksimum değerdeki yıllık kazancın fonksiyonlarının eğimleri eşit olacağından yalıtım kalınlığına göre türevleri alınıp sıfıra eşitlenirse ve bağıntılar düzenlenirse maksimum kazanç ve optimum yalıtım kalınlığı elde edilir.

$$d_{op} = \left(\frac{\lambda_h}{M_{mlz}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right) \right)^{1/2} - \lambda_h \cdot R_{duvt} \quad (5.19)$$

Bu bağıntıdan da anlaşılacağı gibi, optimum yalıtım kalınlığı; yakıt maliyeti ve yalıtım malzemesi birim fiyatı, duvarın ve yalıtım malzemesinin fiziksel özellikleri gibi parametrelere bağlı olarak değişim göstermektedir.

5.1.6 Enerji Tasarrufu ve Geri Ödeme Süresi

Yapılarda enerji tasarrufu, yalıtımsız bir binanın ısıtma maliyetinin yalıtımlı bir binanın yıllık ısıtma maliyetinin farkına eşittir. Geri ödeme süresi de yalıtımsız yıllık ısıtma maliyetinin yıllık enerji tasarrufuna bölünmesiyle elde edilir.

Yalıtımsız bir binada birim alan için gerekli yıllık toplam ısıtma ve ilk yatırım maliyeti olan ısıtma sistemi maliyeti;

$$M_T = U_D \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right) \quad (5.20)$$

$$M_T = \frac{1}{R_{duvt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right) \quad (5.21)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Burada;

M_T = Yalıtımsız yıllık toplam maliyetini vermektedir.

Yalıtımlı yıllık toplam maliyet;

$$M_{T,y} = \frac{1}{R_{duvt} + R_{ykt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right) + M_{mlz} \cdot d \quad (5.22)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır.

Yalıtım ömrünün N yıl olması ve sağlanan tasarrufun başka işlere yatırılması durumunda yıllık toplam maliyet farkı diğer bir ifadeyle yıllık toplam enerji tasarrufu,

$$M_F = M_T - M_{T,y} \quad (5.23)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada, M_F 'in birimi (TL/m²)'dir.

Geri ödeme süresi, GÖS ise yalıtımlı binanın yıllık toplam maliyetinin yani gerçekleştirme maliyetinin hesaplanan yıllık enerji tasarrufu miktarına bölünmesi ile bulunur.

$$G\ddot{O}S = \frac{M_{T,y}}{M_F} \quad (5.24)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada, GÖS'in birimi (yıl) olarak ifade edilmektedir.

5.2 Isı Yalıtımı Uygulamaları

Dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası yalıtım çeşitlerini kullanarak 4. Bölge için en uygun yalıtım kalınlığı ve maliyetinin hesaplanması bu çalışmada amaçlanmıştır. Optimizasyon işlemleri ile maliyetlerin minimuma indirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Bütün yalıtım çeşitleri için ayrı ayrı ısıtma süreleri, iç ve dış ortam sıcaklıkları ve kullanılan yakıtın birim fiyatı ve alt ısı değeri ve diğer parametreler hesaba katılmış ve ısıtma süresi, 7 ay (Ekim-Nisan) ve günlük 14 saat ısıtma yapıldığı varsayılmıştır. Hesaplarda kullanılan parametreler tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Hesaplarda kullanılan parametreler

| Açıklama | Parametre | Değer |
|--|----------------------------|-------|
| İç Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci | R_i (m ² K/W) | 0,13 |
| Dış Yüzeyin Yüzeysel Isıl İletim Direnci | R_e (m ² K/W) | 0,04 |
| Kış Dönemi İç Ortam Sıcaklığı | T_i (°C) | +19 |
| Kış Dönemi Dış Ortam Sıcaklığı | T_d (°C) | -5,4 |
| Yıllık Isıtma Süresi | H_i (saat) | 3262 |

5.2.1 Yalıtımsız Duvarların Toplam Isı Direncinin Hesaplanması

Hesaplamalarda dışarıdan ve içeriden yalıtımlı duvarlarda duvar boyutlarına ait standartların öngördüğü kalınlıklar:19 cm'lik, çift duvar arası yalıtımlı duvarlarda ise 8,5 cm'lik ve 13,5 cm'lik yatay delikli tuğlalar kullanılmıştır.

Tablo 5.6 Dış duvar malzemelerinin fiziksel özellikleri

| Duvar Tabakası | Dışarıdan Yalıtımlı Duvar | | | İçeriden Yalıtımlı Duvar | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı Duvar | | |
|---------------------|---------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|----------------------|
| | Kalınlık d (m) | λ_h W/mK | R m ² K/W | Kalınlık d (m) | λ_h W/mK | R m ² K/W | Kalınlık d (m) | λ_h W/mK | R m ² K/W |
| İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | 0,02 | 0,87 | 0,022 | 0,02 | 0,87 | 0,022 |
| Yatay Delikli Tuğla | 0,19 | 0,45 | 0,422 | 0,19 | 0,36 | 0,528 | 0,085 | 0,45 | 0,188 |
| | | | | | | | 0,13 | 0,45 | 0,288 |
| Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | 0,008 | 0,35 | 0,023 | 0,03 | 1,40 | 0,021 |

Tablo 5.6'dan gerekli değerler alınarak çift duvar arası yalıtımlı duvarlar için yalıtımsız ısı iletim direnci,

$$R_{duv} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,085}{0,45} + \frac{0,13}{0,45} + \frac{0,03}{1,40}$$

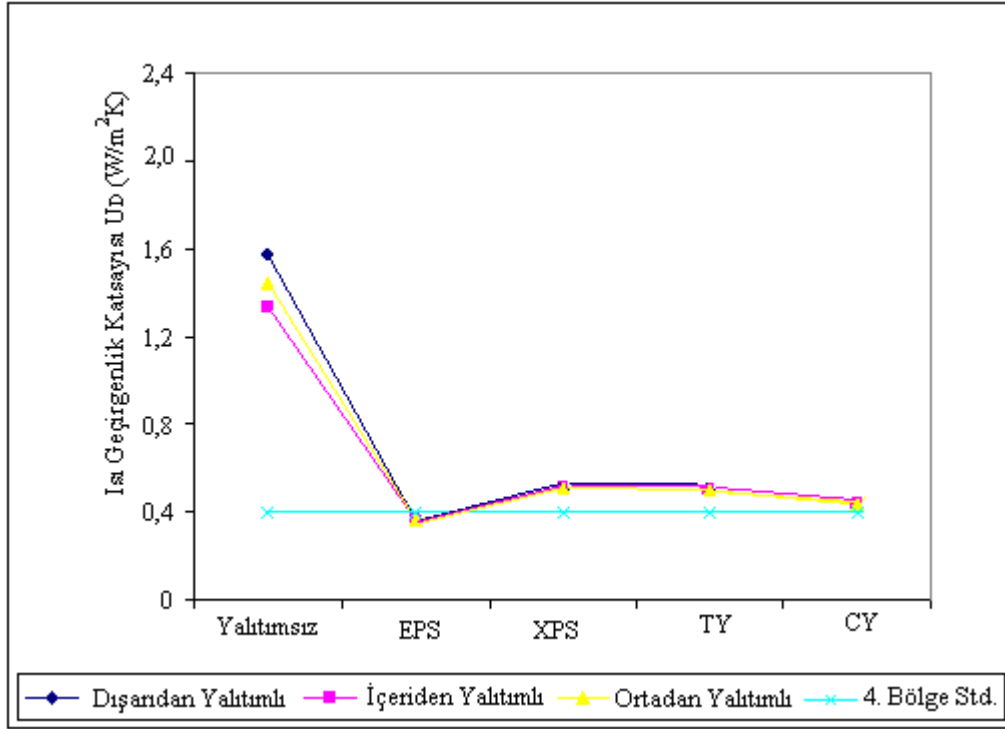
$R_{duv} = 0,52 \text{ m}^2\text{K/W}$ olarak bulunur.

Yalıtımsız duvarın toplam ısıl direnci ise;

$$R_{duvt} = R_{duv} + R_i + R_e = 0,52 + 0,13 + 0,04 = 0,689 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ olarak bulunur.}$$

Dışarıdan yalıtımlı duvarlarda sırasıyla $R_{duv} = 0,46 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve $R_{duvt} = 0,637 \text{ m}^2\text{K/W}$, içeriden yalıtımlı duvarlarda ise $R_{duv} = 0,57 \text{ m}^2\text{K/W}$ ve $R_{duvt} = 0,743 \text{ m}^2\text{K/W}$ olarak bulunmuştur.

Birim duvar yüzeyi için ısı geçirme katsayısı (U_D), ısı iletim direncinin aritmetik inversidir. Bu yüzden farklı yalıtım malzemeleri ile bunlara ait yalıtım malzemesi kalınlıklarının yalıtım modellerinde karşılaştırılması Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Yalıtım kalınlığı açısından değerlendirildiğinde üç yalıtım çeşidi arasında XPS'nin en uygun malzeme olduğu görülmüştür. Ancak XPS'nin insan sağlığı açısından uygun olmadığı literatürdeki kaynaklardan ifade edilmektedir (Dilmaç 2002). Ayrıca XPS ekonomik açıdan da uygun olmadığı için en uygun yalıtım malzemesi EPS ve cam yünü olduğu saptanmıştır. Uygulamada 4. Bölge standartlarını sadece EPS ve cam yünü sağladığı saptanmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Farklı yalıtım çeşitlerinin birim duvar yüzeylerinin ısı geçirgenlik katsayılarının karşılaştırılması

5.2.2 Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması

Isı, sıcaklık farkından kaynaklanan bir enerji geçiştir. Isınma döneminde, sıcaklığın yüksek olduğu iç ortamdan dış ortama doğru bir ısı kaybı meydana gelir. Yalıtım, yapı elemanlarından gerçekleşen ısı kaybını azaltır. Kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığı ısı konfor ve enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Çünkü düşük yalıtım kalınlığı ısının içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye daha fazla geçmesine neden olur ve sonuçta ısı konfor ve enerji tasarrufu üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Yalıtım kalınlığının artması; kış aylarında iletimle ısı kaybını, yaz aylarında ise iletimle ısı kazancını azaltır. Ancak yalıtım kalınlığının artmasının bir maliyeti var olup, yalıtım kalınlığı arttıkça ısı iletimindeki azalma belli bir değerden sonra küçük kaldığı görülmektedir. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı için optimum bir değer söz konusudur.

Optimum maliyet analizi hesabı için önce kullanılan yalıtım malzemelerinin optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması gerekmektedir.

5.2.3 Şimdiki Değer Faktörünün Bulunması

Yatırımı, bugünkü değer yöntemi ile değerlendirirken, hesaplamalarda 2008 yılının ortalama faiz oranı % 18,48 ve enflasyon oranı % 10.06 (TÜFE) değerleri kullanılmıştır. Yatırımın ekonomik ömrü ise 10 yıl alınmıştır (TÜİK 2008).

Bugünkü değer faktörü hesaplanırken, enflasyon etkisi giderilmiş yıllık faiz oranı (reel faiz oranı), r kullanılır. Buna göre ŞDF şu şekilde hesaplanır.

$$r = \frac{i - g}{1 + g}$$

$$r = \frac{0,1848 - 0,1006}{1 + 0,1006} = 0,0765 = \% 7,65 \text{ olup,}$$

$$\text{ŞDF} = \frac{(1 + r)^N - 1}{r \cdot (1 + r)^N} = \frac{(1 + 0,0765)^{10} - 1}{0,0765 \cdot (1 + 0,0765)^{10}} = 6.81 \text{ olarak bulunur.}$$

Ülkemizde kullanılan yakıt türlerinin, ısı değeri ve verimi baz alınarak enerji birim fiyatlarının hesabı Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 Türkiye'deki enerji türlerinin karşılaştırılması (İGDAŞ 2008)

| Yakıt Cinsi | Isıl Değer (H_u) | Birim Fiyatı (M_{ykt}) | Verim (η) |
|---------------|------------------------------|----------------------------|------------------|
| Linyit (Soma) | 23027400 (J/kg) | 0,203 (TL/kg) | 0,60 |
| Doğalgaz | 34541100 (J/m ³) | 0,917 (TL/m ³) | 0,90 |
| Fuel-Oil | 40611960 (J/kg) | 1,385 (TL/kg) | 0,80 |
| Elektrik | 3600648 (J/KWh) | 0,195 (TL/KWh) | 0,99 |

Isı yalıtımı hesaplarında kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları ve birim fiyatları Tablo 5.8'de verilmiştir. Ek 2'de yalıtım malzemelerinin birim fiyatları ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 5.8 Hesaplamalarda kullanılan yalıtım malzemelerinin özellikleri

| Yalıtım Malzemesi Cinsi | Isı İletim Katsayısı (λ_h) (W/mK) | Birim Fiyatı (TL/m ³) |
|--------------------------|---|-----------------------------------|
| Ekspande Polistren (EPS) | 0,035 | 104,40 |
| Ekstrüde Polistren (XPS) | 0,031 | 237,60 |
| Taş Yünü | 0,040 | 180,00 |
| Cam Yünü | 0,040 | 143,00 |

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırma, inceleme ve hesaplarda ısıtma enerjisi olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak uygulamada da kullanılan EPS, XPS, taş yünü ve cam yünüün esas alınması uygun görülmüştür. Bu hususlar esas alınarak Tablo 5.7 ve 5.8'den verilen parametrelere göre optimum yalıtım kalınlığı;

$$d_{op} = \left(\frac{\lambda_h}{M_{mlz}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{ŞDF} \right) \right)^{1/2} - \lambda_h \cdot R_{duvt}$$

$$\text{EPS için } d_{op} = \left(\frac{0,035}{104,4} \cdot \left(\frac{19 - (-5,4) \cdot 3262 \cdot 0,203 \cdot 3600}{0,6 \cdot 23027400} \cdot 6,81 \right) \right)^{1/2} - 0,035 \cdot 0,689$$

$d_{op} = 0,073$ m olarak hesaplanmıştır.

Buna göre yalıtım malzemesinin direnci,

$$R_{ytl} = \frac{d}{\lambda_h} = \frac{0,073}{0,035} = 2,08 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ bulunmuştur.}$$

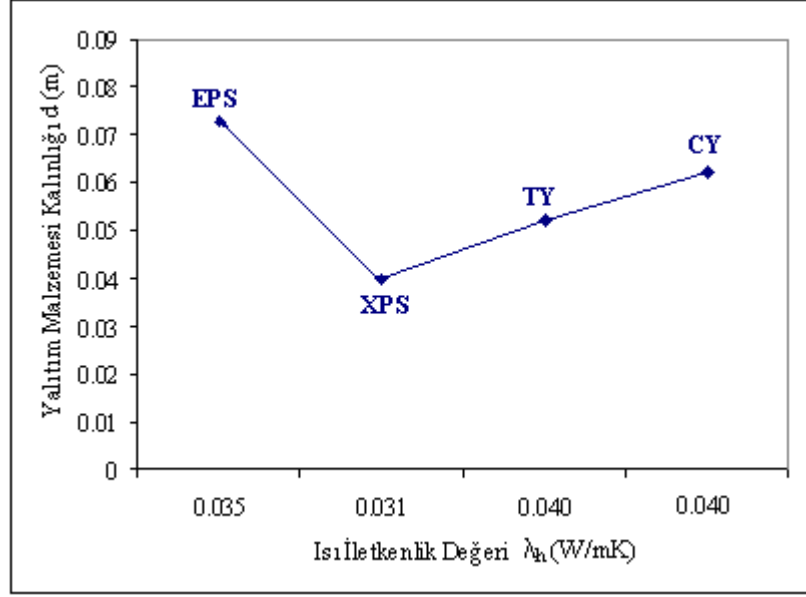
Hesaplarda elde edilen bu değerlere bağlı olarak Tablo 5.9'da farklı yalıtım çeşitlerinde kullanılan yalıtım malzemelerinin optimum yalıtım kalınlıkları ve dirençleri verilmiştir.

Tablo 5.9 Farklı yalıtım çeşitlerinin optimum yalıtım kalınlıkları ve dirençleri

| Yalıtım Malzemesi | Dışarıdan Yalıtımlı Duvar | | | İçeriden Yalıtımlı Duvar | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı Duvar | | |
|-------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------|
| | d_{op} (m) | λ_h W/mK | R_{ytl} m ² K/W | d_{op} (m) | λ_h W/mK | R_{ytl} m ² K/W | d_{op} (m) | λ_h W/mK | R_{ytl} m ² K/W |
| EPS | 0,076 | 0,035 | 2,17 | 0,071 | 0,035 | 2,02 | 0,073 | 0,035 | 2,08 |
| XPS | 0,041 | 0,031 | 1,32 | 0,038 | 0,031 | 1,22 | 0,040 | 0,031 | 1,29 |
| Taş Yünü | 0,054 | 0,040 | 1,35 | 0,050 | 0,040 | 1,25 | 0,052 | 0,040 | 1,30 |
| Cam Yünü | - | - | - | 0,060 | 0,040 | 1,5 | 0,062 | 0,040 | 1,55 |

Şekil 5.5'de çift duvar arası yalıtım uygulamasında kullanılan yalıtım malzemelerinin duvarlarda ısı iletkenlik değeri ve yalıtım kalınlıkları verilmiştir. XPS'nin ısı iletim değeri

en küçüktür. Bu yüzden ısı yalıtım özelliği diğer malzemelere göre daha iyi olup yalıtım kalınlığı bakımından da diğerlerine nazaran daha uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5 Çift duvar arası yalıtım uygulamalarında duvar yüzeylerinin ısı iletkenlik değeri ve yalıtım kalınlığı

5.2.4. Yıllık Toplam Maliyetlerin Hesaplanması

Yapının yıllık toplam enerji maliyeti, yalıtım sonrasında elde edilen tasarrufu ve yalıtım malzemesinin kendini amorti edeceği süreyi bulmak için hesaplanmaktadır.

Binaya yalıtım yapılmadan önce meydana gelen toplam maliyet aşağıdaki bağıntıdan;

$$M_T = \frac{1}{R_{duvt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_1 \cdot M_{ykt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{\$DF} \right)$$

Bağıntısı kullanılarak;

a) Çift duvar arası yalıtımlı duvarlarda yalıtım yapılmadan önce meydana gelen toplam maliyet,

$$M_T = \frac{1}{0,689} \cdot \left(\frac{19 - (-5,4) \cdot 3262 \cdot 0,203 \cdot 3600}{0,6 \cdot 23027400} \cdot 6,81 \right) = 41,60 \text{ TL / m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

b) Dışarıdan yalıtılmış duvarlarda yalıtım yapılmadan önce meydana gelen toplam maliyet,

$$M_T = \frac{1}{0,637} \cdot \left(\frac{19 - (-5,4) \cdot 3262 \cdot 0,203 \cdot 3600}{0,6 \cdot 23027400} \cdot 6,81 \right) = 45,00 \text{ TL/m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

c) İçeriden yalıtılmış duvarlarda yalıtım yapılmadan önce meydana gelen toplam maliyet,

$$M_T = \frac{1}{0,743} \cdot \left(\frac{19 - (-5,4) \cdot 3262 \cdot 0,203 \cdot 3600}{0,6 \cdot 23027400} \cdot 6,81 \right) = 38,58 \text{ TL/m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Binaya yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen toplam maliyet,

$$M_{T,y} = \frac{1}{R_{duvt} + R_{yıt}} \cdot \left(\frac{(T_i - T_d) \cdot H_i \cdot M_{yıt} \cdot 3600}{\eta \cdot H_u} \cdot \text{ŞDF} \right) + M_{mlz} \cdot d$$

Bağıntısı kullanılarak; çift duvar arası yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen toplam maliyet,

$$\text{EPS için } M_{T,y} = \frac{1}{0,689 + 2,08} \cdot \left(\frac{19 - (-5,4) \cdot 3262 \cdot 0,203 \cdot 3600}{0,6 \cdot 23027400} \cdot 6,81 \right) + 104,4 \cdot 0,073$$

$M_{T,y} = 17,97 \text{ TL/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Yıllık enerji tasarrufu ise;

$$M_F = M_T - M_{T,y} = 41,60 - 17,97 = 23,63 \text{ TL/m}^2 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Geri ödeme süresi ise,

$$\text{GÖS} = \frac{M_T}{M_F} = \frac{41,60}{23,83} = 1,76 \text{ yıl olarak bulunmuştur.}$$

Hesaplamalardan da görüldüğü gibi, yapılan optimum yalıtımlarla 1,76 yılda bina kendi masraflarını amorti edebileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 5.10'da dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası yalıtım uygulamalarında kullanılan yalıtım malzemelerinin toplam yalıtım maliyetleri, yalıtım sonucunda elde edilen tasarruf ve geri ödeme süreleri verilmiştir. EPS, üç yalıtım uygulamasında da maliyet açısından en uygun yalıtım malzemesi olduğu saptanmıştır.

Tablo 5.10 Farklı yalıtım malzemelerinin toplam maliyetleri ve geri ödeme süreleri

| Yalıtım Malzemesi | Dışarıdan Yalıtımlı Duvar | | | İçeriden Yalıtımlı Duvar | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı Duvar | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------------|------|--------------------------------|----------------------------|------|----------------------------------|----------------------------|------|
| | $M_{T,y}$ TL/m ² | M_F TL/m ² | GÖS | $M_{T,y}$ TL/m ² | M_F TL/m ² | GÖS | $M_{T,y}$ TL/m ² | M_F TL/m ² | GÖS |
| EPS | 18,15 | 26,85 | 1,6 | 17,78 | 20,80 | 1,85 | 17,97 | 23,63 | 1,76 |
| XPS | 24,39 | 20,61 | 2,2 | 23,63 | 14,95 | 2,6 | 23,99 | 17,61 | 2,36 |
| Taş Yünü | 24,14 | 20,86 | 2,15 | 23,38 | 15,2 | 2,5 | 23,77 | 17,83 | 2,33 |
| Cam Yünü | - | - | - | 21,36 | 17,22 | 2,2 | 21,67 | 19,93 | 2,08 |

Burada yapılan optimizasyon hesaplamaları ile, değişik yakıt türleri ve yalıtım malzemeleri gibi parametrelerle en ekonomik duvar ısı yalıtımının yapılmasına imkan sağlanabilir. Binaların dış duvarlarına uygulanan yalıtım kalınlığı artınca, binanın ısı kaybı, ısı kazancı ve buna bağlı olarak da ısıtma yükü azalır. Bu da yakıt ve elektrik maliyetinin azalacağı anlamına gelir. Bununla birlikte, yalıtım kalınlığının artması yalıtım maliyetini de arttıracığından toplam maliyette artış görülür. Bu artış, optimum yalıtım kalınlığına kadar orantılı bir şekilde devam eder. Bu değerden sonra, gereksiz yere artan yalıtım kalınlığına bağlı olarak, yalıtım maliyeti ve dolayısıyla toplam maliyette bir artış görülür. Tablo 5.11’de farklı enerji türleri, farklı yalıtım malzemeleri ve farklı tip duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda optimum yalıtım kalınlığının en düşük değeri; yalıtım malzemesi olarak XPS ve yakıt türü olarak kömür kullanıldığında içeriden ve ortadan yalıtılan binalarda elde edilmektedir (Tablo 5.9).

Bu çalışmada karşılaştırma kriterinde baz alınmak üzere enerji kaynağı olarak kömür kullanılması uygun görülmüştür. Çünkü mevcut yakıtların içerisinde en ucuz yakıt türü kömürdür. Yani enerji türlerinin yalıtımsız yıllık ısıtma maliyeti göz önüne alındığında en ekonomik enerji maliyetinin kömürde olduğu tespit edilmiştir. Kömür kullanıldığında elde edilen tasarruf miktarına göre diğer yakıt türlerinden elde edilen tasarruf miktarı eşdeğer kömür fiyatı (F_{ek}) değerine endekslenmiştir (Tablo 5.11).

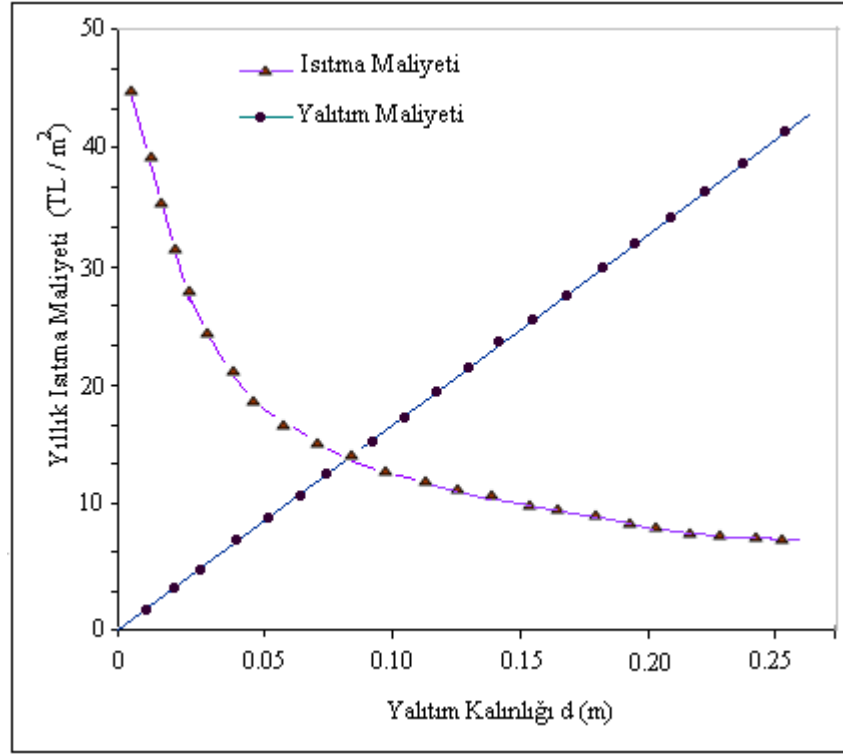
Yapılan hesaplarda a) enerji türü fuel-oil olduğunda; dışarıdan yalıtılacak binanın birim alanının yıllık ısıtma maliyeti 130,58 TL/m², içeriden yalıtılacak binanın 111,95 TL/m², çift duvar arasından yalıtılacak binanın yıllık ısıtma maliyeti 120,72 TL/m² dir. b) Enerji türü doğalgaz olduğunda; dışarıdan yalıtılacak binanın birim alanının yıllık ısıtma maliyeti 90,36 TL/m², içeriden yalıtılacak binada 77,47 TL/m², çift duvar arası yalıtılmadan binanın birim

alanın yıllık ısıtma maliyeti 83,54 TL/m² dir. c) Enerji türü elektrik olduğunda; dışarıdan yalıtılacak binanın yıllık ısıtma maliyeti 167,57 TL/m², içeriden yalıtılacak binanın 143,66 TL/m², çift duvar arası yalıtılacak binanın ise 154,92 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

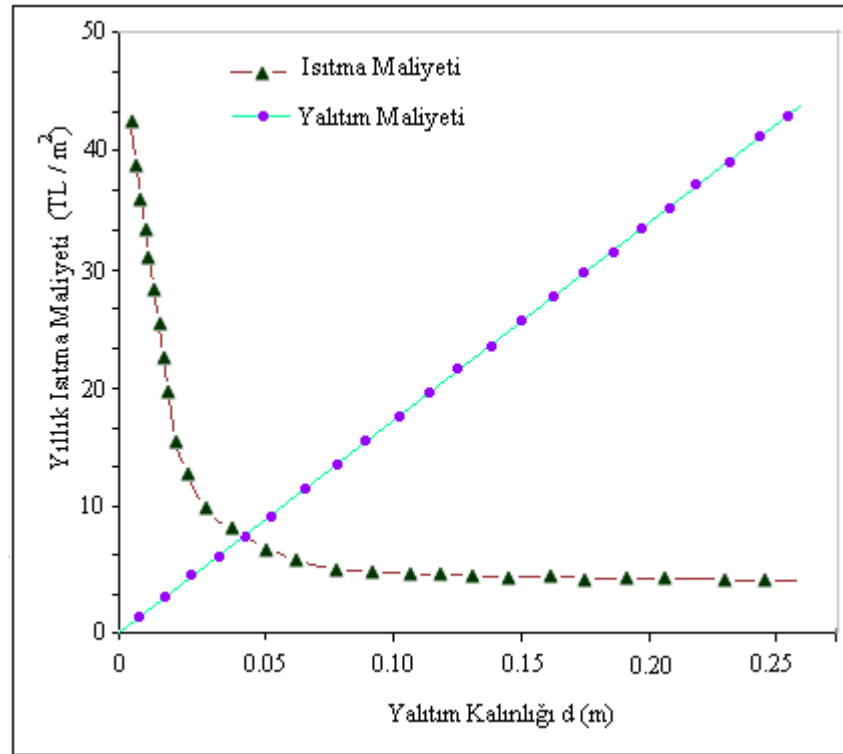
Tablo 5.11 Farklı yalıtım uygulamalarında yakıt çeşitlerinin eşdeğer kömür fiyatına (F_{ek}) oranları

| Yalıtım Çeşitleri | | Doğalgaz | | | Elektrik | | | Fuel Oil | | |
|----------------------------------|-----|----------|----------------|----------------------|----------|----------------|----------------------|----------|----------------|----------------------|
| | | d | M _F | F _{ek} | d | M _F | F _{ek} | d | M _F | F _{ek} |
| Dışarıdan Yalıtımlı Duvar | EPS | 11,0 | 75,1 | 0,36 F _{ek} | 16,0 | 147,0 | 0,18 F _{ek} | 14,0 | 112,6 | 0,24 F _{ek} |
| | XPS | 6,70 | 69,7 | 0,29 F _{ek} | 9,80 | 139,4 | 0,15 F _{ek} | 8,40 | 105,7 | 0,19 F _{ek} |
| | TY | 8,70 | 69,8 | 0,29 F _{ek} | 13,0 | 140,0 | 0,15 F _{ek} | 10,0 | 104,1 | 0,20 F _{ek} |
| İçeriden Yalıtımlı Duvar | EPS | 11,0 | 62,6 | 0,33 F _{ek} | 16,0 | 123,6 | 0,17 F _{ek} | 14,0 | 94,42 | 0,22 F _{ek} |
| | XPS | 6,30 | 56,7 | 0,26 F _{ek} | 9,50 | 115,6 | 0,13 F _{ek} | 7,60 | 85,88 | 0,17 F _{ek} |
| | TY | 8,30 | 57,0 | 0,26 F _{ek} | 12,0 | 115,1 | 0,13 F _{ek} | 10,0 | 86,28 | 0,17 F _{ek} |
| | CY | 9,70 | 59,3 | 0,29 F _{ek} | 14,0 | 118,5 | 0,14 F _{ek} | 12,0 | 89,73 | 0,19 F _{ek} |
| Çift Duvar Arası Yalıtımlı Duvar | EPS | 11,0 | 68,5 | 0,34 F _{ek} | 16,0 | 134,6 | 0,17 F _{ek} | 14,0 | 102,9 | 0,23 F _{ek} |
| | XPS | 6,50 | 62,8 | 0,28 F _{ek} | 9,60 | 126,7 | 0,14 F _{ek} | 7,80 | 94,65 | 0,18 F _{ek} |
| | TY | 8,50 | 63,0 | 0,28 F _{ek} | 12,0 | 126,0 | 0,14 F _{ek} | 10,0 | 94,65 | 0,19 F _{ek} |
| | CY | 9,90 | 65,3 | 0,30 F _{ek} | 14,0 | 129,4 | 0,15 F _{ek} | 12,0 | 98,17 | 0,20 F _{ek} |

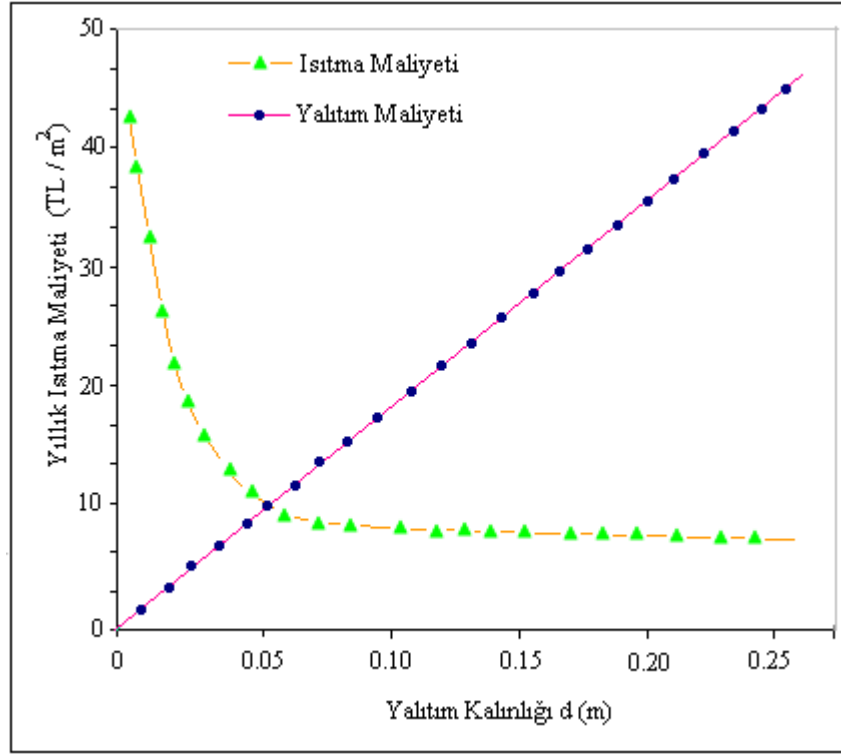
Yalıtım kalınlıkları hesaplanan birim yüzey için, yalıtım kalınlığının ısıtma maliyeti ve yalıtım maliyeti üzerindeki etkisi ile dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası yalıtımlı duvar modellerine ve kullanılan yalıtım malzemelerine göre elde edilen değerler Şekil 5.6, 5.7, 5.8 ve 5.9'da gösterilmiştir.



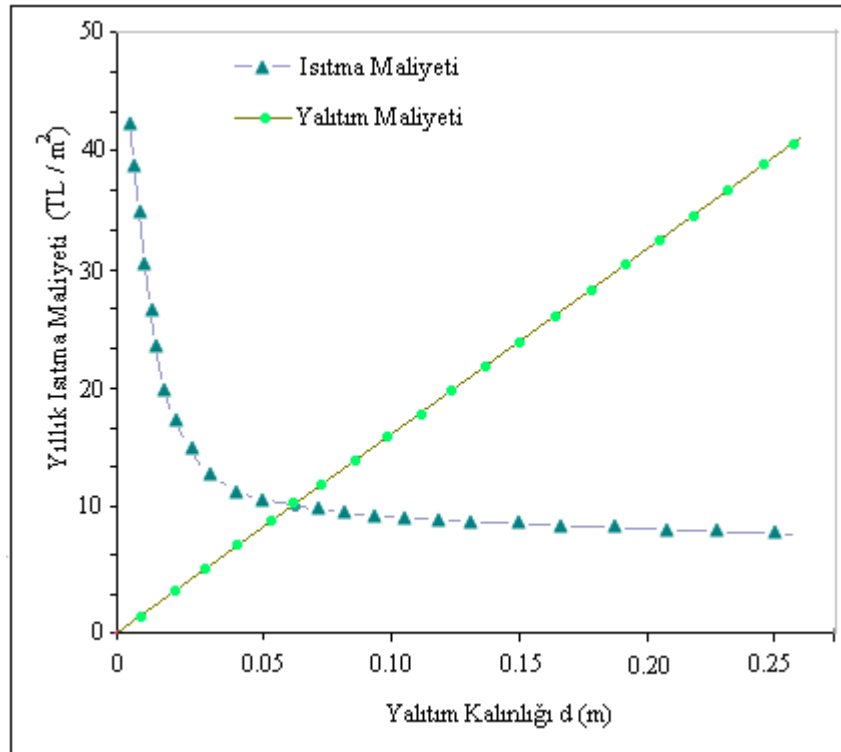
Şekil 5.6 EPS'nin yalıtım kalınlıklarının farklı yalıtım uygulamalarında ısıtma maliyetine etkisi



Şekil 5.7 XPS'nin yalıtım kalınlıklarının farklı yalıtım uygulamalarında ısıtma maliyetine etkisi



Şekil 5.8 Taş Yünü'nün yalıtım kalınlıklarının farklı yalıtım uygulamalarında ısıtma maliyetine etkisi



Şekil 5.9 Cam Yünü'nün yalıtım kalınlıklarının farklı yalıtım uygulamalarında ısıtma maliyetine etkisi

Maliyet analizi sonucunda hesaplanan, yalıtımsız ve yalıtımlı yıllık toplam maliyet değerleri, yıllık enerji tasarrufları Tablo 5.12, 5.13, 5.14'te verilmektedir. Yalıtımsız yıllık toplam maliyet değeri yakıt türü elektrik olduğunda maksimum, kömür olduğunda ise minimum olduğu saptanmıştır. Yalıtımlı yıllık toplam ısıtma maliyetleri değerlerine bakıldığında yakıt türü elektrik olduğunda maksimum, doğalgaz olduğunda minimum olduğu saptanmıştır. Yalıtım sonrasında elde edilen tasarruf değerlerine bakıldığında yakıt türü elektrik olduğunda maksimum, kömür olduğunda minimum değerler elde edilmiştir.

Tablo 5.12 Birim yüzey için farklı yalıtım çeşitlerinde yalıtımsız yıllık toplam maliyet ($M_T, TL/m^2$)

| Yakıt Türü | Dışarıdan Yalıtım | İçeriden Yalıtım | Çift Duvar Arası Yalıtım |
|------------|-------------------|------------------|--------------------------|
| Kömür | 45,00 | 38,58 | 41,60 |
| Doğalgaz | 90,36 | 77,47 | 83,54 |
| Fuel-Oil | 130,58 | 111,95 | 120,72 |
| Elektrik | 167,57 | 143,66 | 154,92 |

Tablo 5.13 Birim yüzey için farklı yalıtım çeşitlerinde yalıtımlı yıllık toplam maliyet ($M_{T,y}, TL/m^2$)

| Yakıt Türü | Dışarıdan Yalıtımlı | | | İçeriden Yalıtımlı | | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı | | | |
|------------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|------|----------------------------|------|-------|------|
| | EPS | XPS | TY | EPS | XPS | TY | CY | EPS | XPS | TY | CY |
| Kömür | 18,1 | 24,4 | 24,1 | 17,8 | 23,6 | 23,4 | 21,4 | 17,9 | 23,9 | 23,7 | 21,6 |
| Doğalgaz | 15,3 | 20,6 | 20,5 | 14,8 | 20,8 | 20,5 | 18,2 | 15,0 | 20,7 | 20,5 | 18,2 |
| Fuel-Oil | 17,9 | 24,9 | 26,5 | 17,5 | 26,1 | 25,7 | 22,2 | 17,7 | 26,1 | 26,01 | 22,5 |
| Elektrik | 20,5 | 28,2 | 27,5 | 20,1 | 28,1 | 28,5 | 25,2 | 20,3 | 28,2 | 28,9 | 25,5 |

Tablo 5.14 Birim yüzey için farklı yalıtım çeşitlerinde yıllık enerji tasarrufu ($M_F, TL/m^2$)

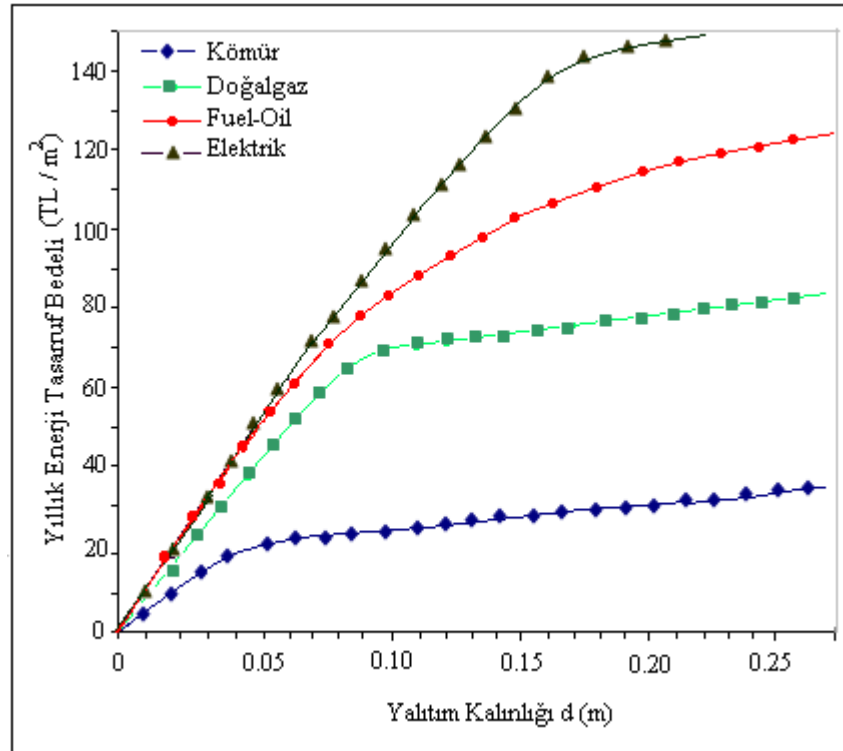
| Yakıt Türü | Dışarıdan Yalıtımlı | | | İçeriden Yalıtımlı | | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı | | | |
|------------|---------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|
| | EPS | XPS | TY | EPS | XPS | TY | CY | EPS | XPS | TY | CY |
| Kömür | 26,8 | 20,6 | 20,8 | 20,8 | 14,9 | 15,2 | 17,2 | 23,6 | 17,6 | 17,8 | 19,9 |
| Doğalgaz | 75,1 | 69,7 | 69,8 | 62,6 | 56,7 | 57,0 | 59,3 | 68,5 | 62,8 | 63,00 | 65,3 |
| Fuel-Oil | 112,7 | 105,7 | 104,1 | 94,4 | 85,9 | 86,3 | 89,7 | 103,0 | 94,7 | 94,7 | 98,2 |
| Elektrik | 147,0 | 139,4 | 140,1 | 123,6 | 115,6 | 115,1 | 118,5 | 134,6 | 126,7 | 126,0 | 129,4 |

Tablo 5.15 Birim yüzey için farklı yalıtım çeşitlerinde geri ödeme süresi (GÖS,yıl)

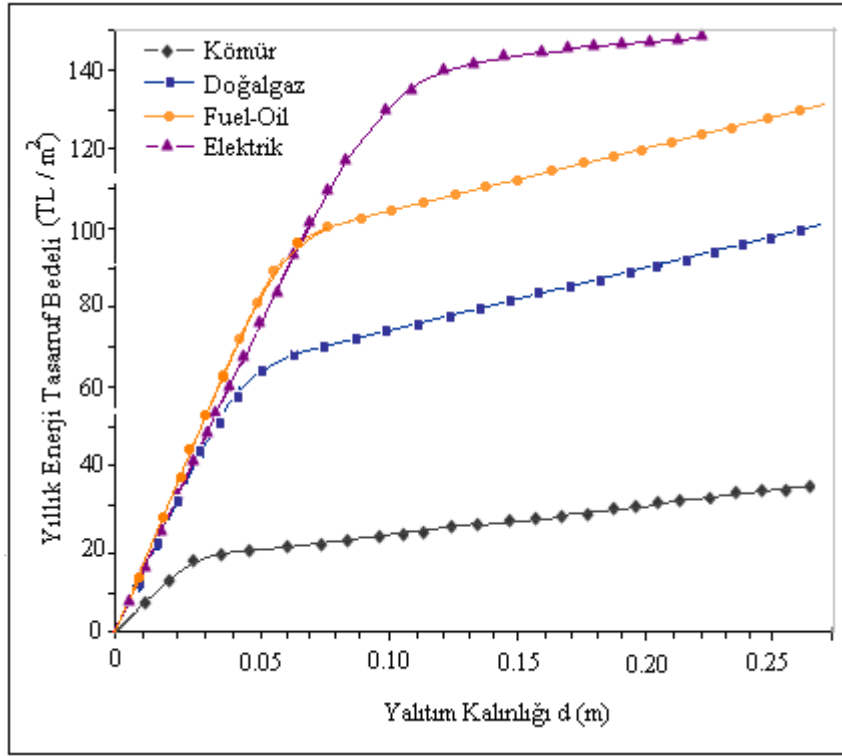
| Yakıt Türü | Dışarıdan Yalıtımlı | | | İçeriden Yalıtımlı | | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı | | | |
|------------|---------------------|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|-----|
| | EPS | XPS | TY | EPS | XPS | TY | CY | EPS | XPS | TY | CY |
| Kömür | 1,6 | 2,2 | 2,1 | 1,8 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 1,7 | 2,4 | 2,3 | 2,1 |
| Doğalgaz | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| Fuel-Oil | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,2 |
| Elektrik | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |

Yalıtımlı binanın yıllık toplam maliyetinin, yıllık enerji tasarrufuna oranı olarak ifade edilen geri dönüşüm süreleri ve birim yüzeyde sağladığı tasarruf maliyetleri değişik yakıt türlerine ve yalıtım çeşitlerine göre hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo 5.15’de verilmiştir. Geri ödeme süresinden sonraki bu tür tasarruflar, yalıtım maliyeti ve ŞDF’ ye bağlı olarak değişir. Geri ödeme süresinden sonraki yıllarda, yalıtımla elde edilen tasarruf, kullanıcılara ve dolayısıyla da ülke ekonomisine artı bir kazanç olarak döneceği açıkça görülmektedir.

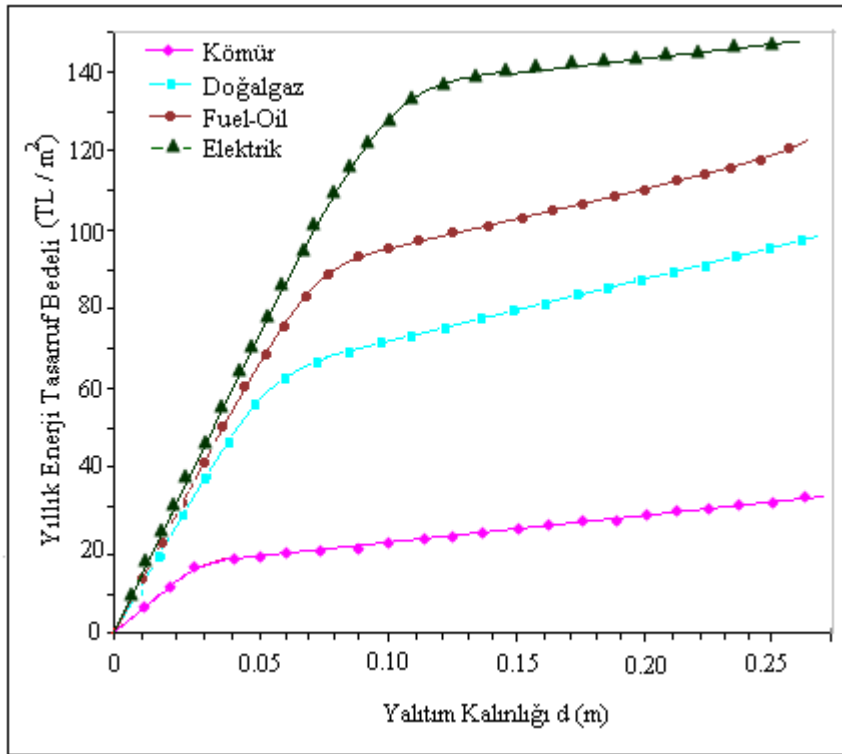
Birim yüzey için yalıtım malzemesi olarak EPS, XPS, taş yünü ve cam yünü kullanıldığında farklı yalıtım uygulamaları ve enerji türlerinin, yalıtım kalınlığına bağlı olarak yıllık enerji tasarrufu üzerindeki etkisi Şekil 5.10, 5.11, 5.12 ve 5.13’de gösterilmiştir.



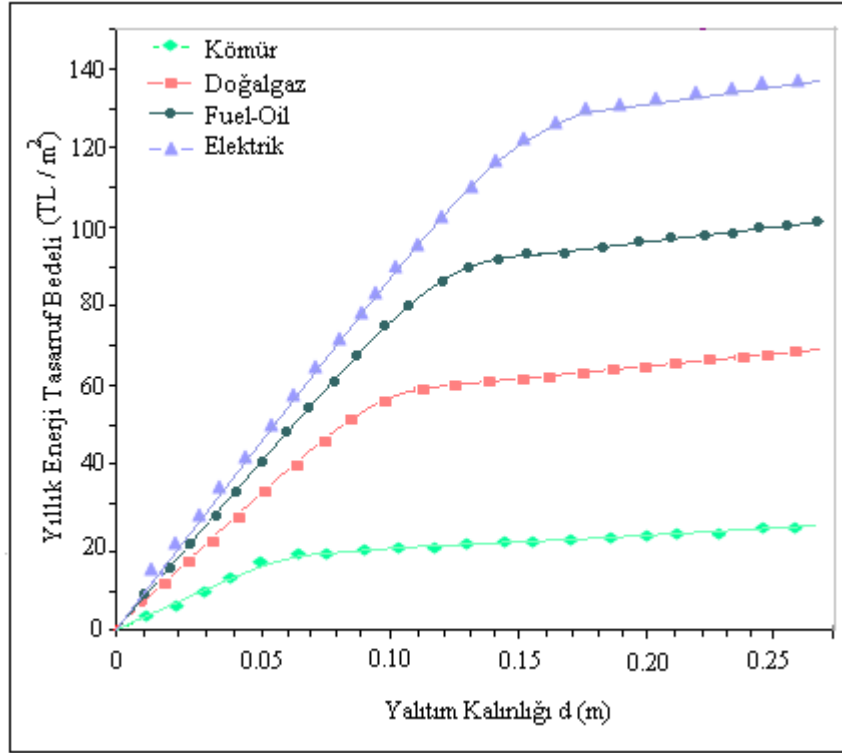
Şekil 5.10 EPS için yalıtımlı duvarlarda yalıtım kalınlığının farklı enerji türlerine bağlı olarak yıllık enerji tasarrufu üzerine etkisi



Şekil 5.11 XPS için yalıtımlı duvarlarda yalıtım kalınlığının farklı enerji türlerine bağlı olarak yıllık enerji tasarrufu üzerine etkisi

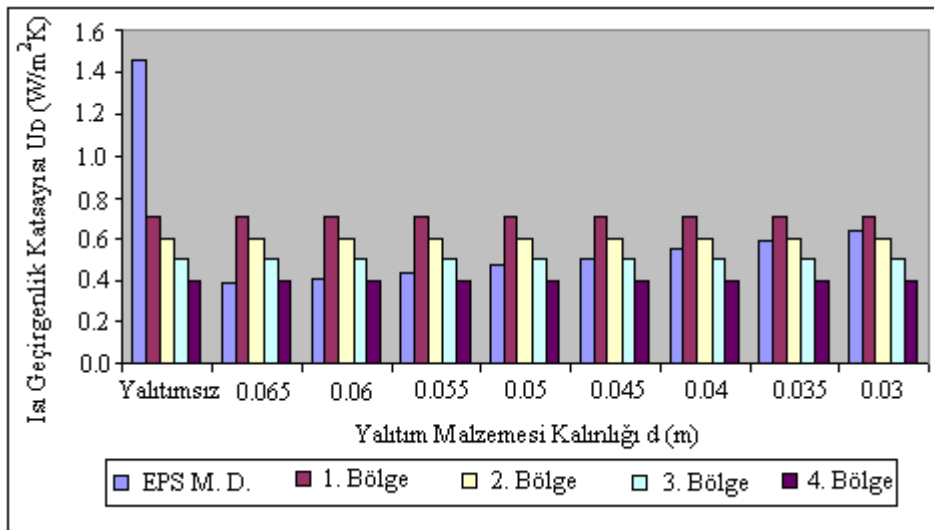


Şekil 5.12 Taş Yünü için yalıtımlı duvarlarda yalıtım kalınlığının farklı enerji türlerine bağlı olarak yıllık enerji tasarrufu üzerine etkisi

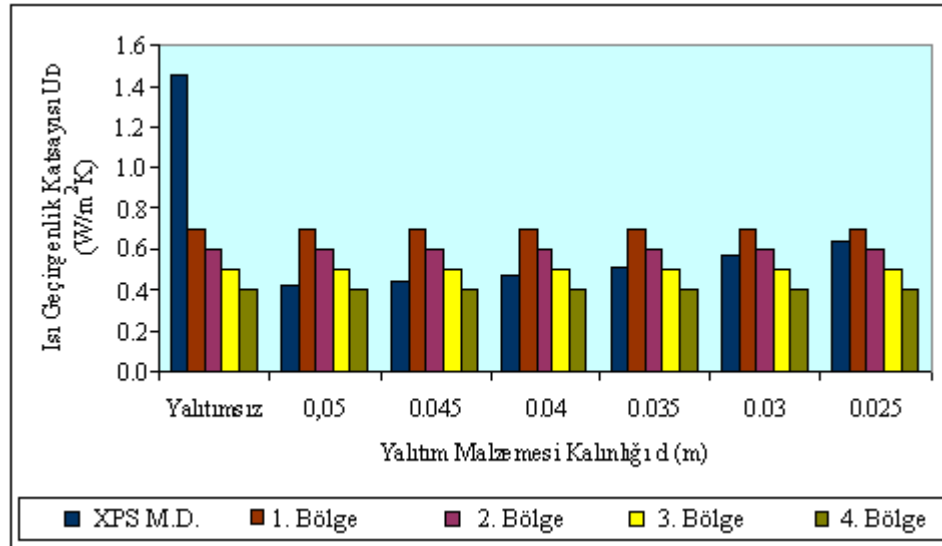


Şekil 5.13 Cam Yünü için yalıtımlı duvarlarda yalıtım kalınlığının farklı enerji türlerine bağlı olarak yıllık enerji tasarrufu üzerine etkisi

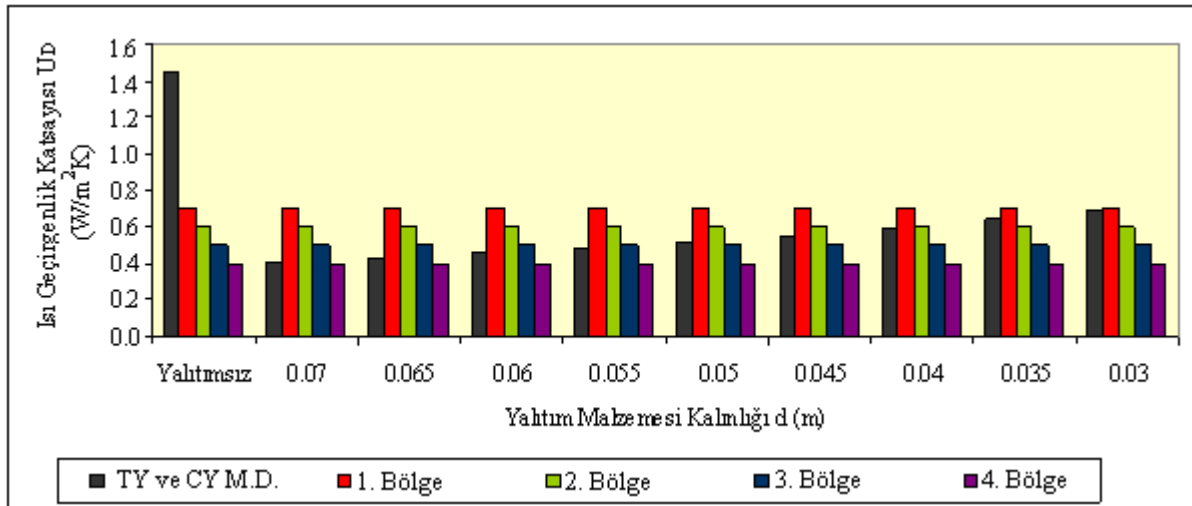
Yalıtım kalınlıkları, derece gün sayıları arttıkça artmaktadır. Bu çalışmada TSE 825'in öngördüğü 4. Bölge derece gün sayısı, en yüksek bölge olduğundan dolayı yalıtım kalınlıklarının da fazla olması doğaldır. Aynı ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak diğer derece gün bölgeleri için yalıtım kalınlığı hesapları yapıldığında bu fark ayrıntılı bir şekilde görülmektedir (Şekil 5.14, 5.15, 5.16 ve 5.17).



Şekil 5.14 Duvar yüzeylerinde EPS'nin farklı kalınlıklarda yalıtımsız ve yalıtımlı, bölge standartlarına uyumu



Şekil 5.15 Duvar yüzeylerinde XPS'nin farklı kalınlıklarda yalıtımsız ve yalıtımlı, bölge standartlarına uyumu

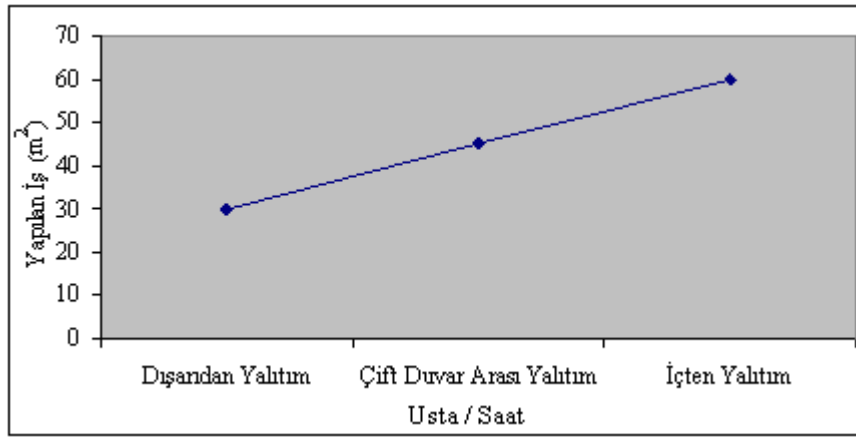


Şekil 5.16 Duvar yüzeylerinde taş yünü ve cam yünü farklı kalınlıklarda yalıtımsız ve yalıtımlı, bölge standartlarına uyumu

Yalıtım modelleri uygulama açısından değerlendirildiğinde, içeriden yalıtım sisteminin daha hızlı uygulanabildiği görülmektedir (Şekil 5.17). Bu da maliyeti düşürmektedir. Ancak bu uygulamada oluşan ısı köprüleri ve yoğuşma göz önüne alındığında ilk başta maliyeti düşük olsa da uygun yalıtımı sağlamamaktadır. Dışarıdan yalıtım uygulamasına bakıldığında en uzun sürede biten ya da baştaki maliyeti en yüksek uygulama çeşididir. Binayı bir manto gibi kuşatarak sardığı için ısı köprüleri ve yoğuşma riski çok azdır. Ancak çift duvar arası uygulamaya bakıldığında, baştaki maliyeti dışarıdan yalıtımdan daha düşük maliyet olduğu görülür. Böylece ısı köprüsü oluşturabilecek; kolon, kiriş gibi yerler dışarıdan yalıtılarak ısı köprülerinin oluşumu engellenebilmektedir. Yoğuşmayı engellemek

için de buhar tutucu örtülerden yararlanılabilmektedir. Tüm bu faktörler dikkate alındığında çift duvar arası yalıtım hem maliyet açısından hem de yalıtım kalitesi açısından en uygun yöntem olduğu açıkça görülmektedir.

Yalıtım çeşitlerinin uygulama süresi ve yalıtım yapılan alan açısından karşılaştırılmasına ait durum Şekil 5.17’de gösterilmiştir. Binalarda yapılacak ısı yalıtımı uygulamaları için gereken süre; yapının ihtiyaçları, büyüklüğü ve yalıtım uygulamasında çalışacak kişi sayısı ile ilişkili olarak belirlenir. Genel olarak ısı yalıtımı uygulamaları, orta büyüklükteki bir bina için 1-4 haftalık zaman zarfında tamamlanır. Dışarıdan yapılan yalıtım uygulamalarının aşırı soğuk ve yağışlı günlerde yapılamadığı unutulmamalıdır (İzoder 2008).



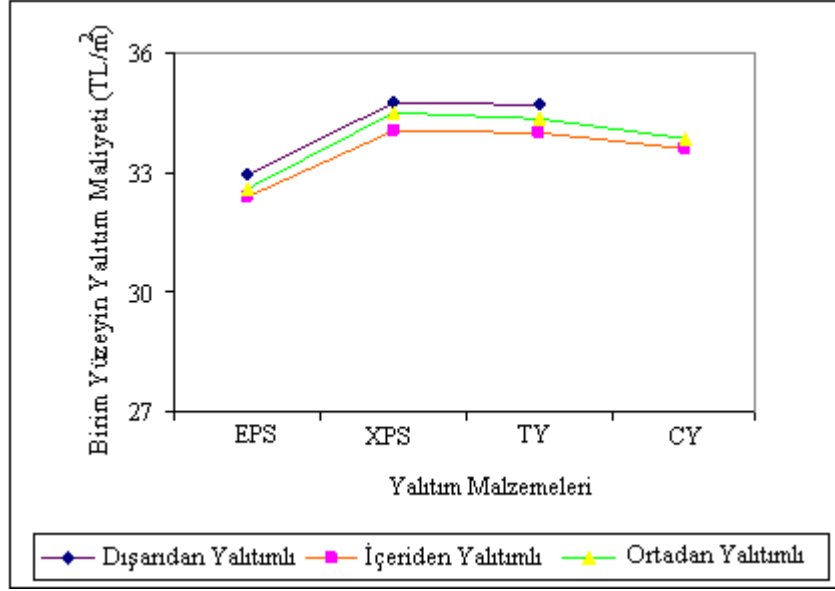
Şekil 5.17 Yalıtım çeşitlerinin uygulama açısından karşılaştırılması

Dışarıdan yalıtım uygulamalarında kullanılan malzemelerin maliyet açısından karşılaştırılmasına bakıldığında, EPS'nin hem maliyet hem de yalıtım kalınlığı açısından en uygun malzeme olduğu yapılan hesaplarla tespit edilmiştir.

İçeriden yalıtım uygulamasının maliyet analizinde duvar yüzeylerinin ve betonarmenin yalıtım kalınlıkları aynı olduğundan dolayı maliyetleri de aynıdır. EPS içeriden yalıtım uygulamalarında da hem maliyet hem de yalıtım kalınlığı açısından en uygun yalıtım malzemesi olduğu tespit edilmiştir. Maliyet açısından en yüksek maliyet XPS ve taş yününün maliyetleridir. Ayrıca yoğuşma riskinin yüksek olmasından dolayı taş yünü içten yalıtım uygulamaları için uygun bir malzeme değildir. XPS’de zamanla yalıtım özelliğini kaybettiği ve bileşimindeki zehirli gazları ortaya çıkarmasından dolayı insan sağlığı için zararlıdır (Dilmaç 2002).

Çift duvar arası yalıtım uygulaması için yalıtım malzemelerinin maliyet açısından karşılaştırılmasına bakıldığında, EPS'nin hem yalıtım kalınlığı hem de maliyet açısından en uygun malzeme olduğu görülmektedir.

Uygulanan yalıtım çeşitlerini maliyet açısından karşılaştırdığımızda içeriden yalıtılan duvarların maliyet açısından daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Dışarıdan yalıtılan duvarlarda ısı yalıtım malzemesi olarak EPS, XPS ve taş yünü kullanıldığından dolayı Şekil 5.18’de kesik bir eğriye sahiptir.



Şekil 5.18 Duvar yüzeylerinde yalıtım türlerinin maliyet karşılaştırması

Tablo 5.16’da üç yalıtım modeli için yalıtım yapıldıktan sonra oluşan duvar kalınlığı verilmiştir. Çift duvar arası yalıtım modelinde duvar kalınlığının diğer modellere göre fazla olması çift duvar örülmesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.16 Birim yüzey için farklı yalıtım çeşitlerinde yalıtım sonrası duvar kalınlığı (m)

| Yakıt Türü | Dışarıdan Yalıtımlı | | | İçeriden Yalıtımlı | | | | Çift Duvar Arası Yalıtımlı | | | |
|------------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|
| | EPS | XPS | TY | EPS | XPS | TY | CY | EPS | XPS | TY | CY |
| Kömür | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,34 | 0,30 | 0,32 | 0,33 |
| Doğalgaz | 0,33 | 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,28 | 0,30 | 0,31 | 0,37 | 0,33 | 0,35 | 0,36 |
| Fuel-Oil | 0,36 | 0,30 | 0,32 | 0,36 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,40 | 0,34 | 0,36 | 0,38 |
| Elektrik | 0,38 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,31 | 0,34 | 0,36 | 0,42 | 0,36 | 0,38 | 0,40 |

Farklı enerji türleri için yapılan optimum yalıtım hesaplamalarına göre, öncelikli olarak kömür sonra doğalgaz en çok tercih edilen enerji türleridir. Ancak yakıt artıklarının neden olduğu çevre kirliliği de göz önüne alındığında, doğalgazın kullanımı daha uygun ve ekonomiktir. Enerji türü olarak elektrik kullanıldığında enerji tasarrufu maksimum ve geri ödeme süresi en kısa olmaktadır. Fakat enerji türü olarak kömür kullanıldığında da ilk yatırım

masrafları en az olmaktadır. Dolayısıyla en iyi sonuçlar, enerji türü olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak da, EPS (ekspande polistren), kullanıldığında elde edilmiştir. Bu sonuç hem dışarıdan yalıtımlı, hem içeriden yalıtımlı ve hem de ortadan (sandviç duvar) yalıtımlı duvar modelleri için geçerlidir. Ancak yalıtım malzemesi olarak XPS (ekstrüde polistren) kullanıldığında yalıtımlı duvarlar modelleri için yapılan hesaplamalarda elde edilen optimum yalıtım kalınlıkları daha düşüktür. Ancak EPS hem yalıtım maliyeti, hem yıllık tasarruf bedeli, hem de geri ödeme süresi açısından XPS'den daha uygun olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR

Ülkemizde, enerji ihtiyacının çoğunu ithal eden ülkemizde enerjinin çok daha verimli olarak kullanılması ve maksimum enerji tasarrufunun sağlanması gerekir. Zira ülkemizde enerji kaynaklarının büyük miktarı ısıtma için harcanmaktadır. Bu nedenle binaların ısıtılmasında gerekli olan enerjiyi en aza indirmek için en uygun ısı yalıtım sistemlerinin yapılarda uygulanarak ekonomik çözümlerin sağlanması gerekir.

Bu çalışmada, TS 825'in öngördüğü en olumsuz koşullara sahip ülkemizdeki 4. Bölge illeri için en uygun ısı yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığı ile birim maliyeti hesaplanması amaçlanmıştır. Yalıtım çeşidi olarak çift duvar arası yalıtım şekli incelenmiştir

Ayrıca karşılaştırma yapabilmek adına üç yalıtım modeli (dışarıdan, içeriden ve çift duvar arası yalıtım) için hesaplamalar yapılmıştır. Yalıtım malzemeleri olarak günümüzde de kullanılan EPS (ekspande polistren), XPS (ekstrüde polistren), taş yünü, cam yünü kullanılmıştır. Yakıt türü olarak en ucuz yakıt türü olarak bilenen kömür baz alınarak diğer yakıt türlerine (doğalgaz, fuel-oil, elektrik) göre enerji giderleri hesaplanmıştır.

Bir yapının birim yüzeyinin toplam ısıtma maliyeti, yalıtım maliyeti ve optimum yalıtım kalınlığı, şimdiki değer faktörü olarak nitelendirilen bir parametreye ve çalışmada 10 sene olarak belirlenen bir zaman periyoduna göre hesaplanması uygun görülmüştür. Buna göre;

- Optimum yalıtım kalınlığı hesaplarında, yakıt türüne göre yalıtım kalınlığı sıralaması yapıldığında;
 - a) Elektrik için maksimum yalıtım kalınlığı olarak üç ısı yalıtım modelinde de EPS için 16cm,
 - b) Kömür için minimum yalıtım kalınlığı olarak içeriden yalıtılan duvarlarda XPS için 3.8cm elde edilmiştir.
- Yalıtım modeline göre sıralama yapıldığında bütün yakıt türleri için; dışarıdan yalıtım kalınlığı maksimum, içeriden yalıtım kalınlığı minimum olmaktadır.
- Yalıtım malzemesine göre en yüksek yalıtım kalınlığı, EPS malzemesi ile elde edildiği, en düşük yalıtım kalınlığı ise XPS elde edildiği belirlenmiştir.

Bir binada çift duvar arası, dışarıdan ve içeriden yalıtım sistemlerinde yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında: ortalama olarak % 75, XPS ve taş yünü kullanıldığında: ortalama % 65, cam yünü kullanıldığında: ortalama % 74 oranında ısı kaybını önlediği belirlenmiştir. Yalıtım kalınlığının artmasıyla birlikte ısı kaybının azaldığı tespit

edilmiştir. Mineral yünlerinin ısı yalıtımı yanında ses yalıtımı ve yangına karşı güvenlik sağlaması da bir tercih nedeni olarak görülmektedir.

Çalışmada esas alınan üç değişik yalıtım sistemi ve yakıt türü olarak da kömür kullanıldığında yıllık ısıtma yatırım maliyeti ve yalıtım yapıldıktan sonraki maliyeti;

- a) Duvarın dışarıdan yalıtım yapılması durumunda;
 - Yalıtımsız: 45,00 TL/m²,
 - EPS ile yalıtım: 18,10 TL/m²,
 - XPS ile yalıtım: 24,40 TL/m²,
 - Taş yünü ile yalıtım: 24,10 TL/m².
- b) Duvarın içeriden yalıtım yapılması durumunda;
 - Yalıtımsız: 38,58 TL/m²,
 - EPS ile yalıtım: 17,80 TL/m²,
 - XPS ile yalıtım: 23,60 TL/m²,
 - Taş yünü ile yalıtım: 23,40 TL/m²,
 - Cam yünü ile yalıtım: 21,40 TL/m².
- c) Duvarın sandviç olarak yalıtım yapılması durumunda;
 - Yalıtımsız: 41,60 TL/m²,
 - EPS ile yalıtım: 17,90 TL/m²,
 - XPS ile yalıtım: 23,90 TL/m²,
 - Taş yünü ile yalıtım: 23,70 TL/m²,
 - Cam yünü ile yalıtım: 21,60 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

Yakıt türü olarak kömür yerine elektrik enerjisi kullanılması durumunda yukarıda elde edilen maliyet değerlerinin ortalama 3.7 katı oranında artış olduğu görülmüştür.

Duvarın dışından yapılan yalıtımlarda birim duvar yüzey alanı için yalıtımlı yıllık toplam ısınma maliyeti hesaplamalarında; bütün yakıt türleri ve farklı yalıtım sistemleri için yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında minimum değerler elde edilmiştir. Yıllık ısıtma maliyeti yakıt türleri arasındaki karşılaştırılmasına ait değerlere bakıldığında ise kömür en uygun maliyetli, elektriğin ise en yüksek maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

Her üç yalıtım sisteminde ve incelemeye konu olan yakıt türlerinde yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında ortalama olarak % 55, XPS kullanıldığında ortalama % 43, taş yünü kullanıldığında ortalama % 43 ve cam yünü kullanıldığında ortalama % 46 oranında enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir.

Dışarıdan yalıtım sisteminin de diğer sistemlere göre daha fazla enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir.

Yakıt türlerinin enerji tasarrufu ise, minimum enerji tasarrufu sağlayan kömürün eşdeğer kömür fiyatına (F_{ek}) endekslenmiştir. Yalıtımsız birim yüzeye göre ısı yalıtımı yapılan birim yüzeyde elektrik kullanıldığında % 80 oranında, fuel-oil kullanıldığında % 77 oranında, doğalgaz kullanıldığında % 73 oranında ve kömür kullanıldığında ise % 50 oranında ortalama değerlerde tasarruf sağladığı tespit edilmiştir.

Geri ödeme süreleri açısından yakıt türlerini karşılaştırdığımızda ise kömürün geri ödeme süresinin diğer yakıt türlerine göre en uzun olduğu, elektriğin ise en kısa zaman aralığında olduğu tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi yakıt maliyeti yüksek olan elektriğin hem enerji tasarrufu açısından hem de geri ödeme süresi açısından değerlendirdiğimizde kömüre göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak EPS gene diğer yalıtım malzemelerine göre geri ödeme süresi için en uygun yalıtım malzemesidir.

Çalışmada kullanılan yalıtım modellerinin karşılaştırılması yapıldığında dışarıdan yalıtım yapıldığında daha uzun, içeriden yalıtım yapıldığında ise daha kısa sürede yalıtım imalatının uygulamasının tamamlandığı tespit edilmiştir. Yalıtım yapıldıktan sonra duvar kalınlığı göz önüne alındığında sandviç duvar yalıtım uygulaması çift duvar örülmesi nedeniyle diğer yalıtım modellerine oranla duvar kalınlığının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yalıtım uygulamaları sonucunda, enerji giderleri yüksek olan ülkemizde optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesiyle yapılabilecek yakıt tasarrufundan dolayı enerjiyi verimli kullanmak daha da önem kazanmıştır. Ülkemizde binalarda enerjinin etkin kullanılması ile yerel kaynakların korunması, ithal enerji talebinin düşürülmesi ve buna bağlı olarak daha az yakıt tüketilmesi ile zararlı emisyonların çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması mümkündür.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, farklı yalıtım çeşitleri, yalıtım malzemeleri ve yakıt türleri kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı ve yıllık toplam ısıtma maliyeti, yıllık enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi ile ilgili optimum maliyet çözümler önerilmeye çalışılmıştır. Diğer bir deyişle araştırılan modellerin optimal çözümünü sağlayan bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma benzer problemler için yapılacak yeni dizayn ve hesaplamalarda; sistem seçimi, yalıtım malzemesi, yakıt türü ve ısıtma için gerekli enerji maliyeti ilişkisi için optimum çözümlere katkı sağlayacağı söylenebilir.

7. KAYNAKLAR

- Alfor Plastik San. ve Tic. A.Ş. (2009). Sıva Fileleri ve Köşe Profilleri, www.alfor.com.tr/urunlisteyalitim.aspx?ak=1&gk=34 (erişim tarihi, 20.04.2009).
- Alptekin O (1996). Yalıtım Suretiyle Enerji Kullanımı Lüks Değildir, İnşaat Dünyası, Yıl: 13, Sayı: 143/5.
- Anonim (2002). Binalarda ısı yalıtım yönetmeliği, Resmi gazete, sayı 24043.
- Anonim (2005). İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. İstanbul.
- Apeks Yapı Sistemleri (2008). Yoğuşma Şekilleri, www.apekscopyı.com (erişim tarihi, 12.11.2008).
- Araç M (1970). Malzeme Bülteni, DSİ Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Rapor No: MLZ-514, Ankara.
- Arslan O, Köse R (2006). Thermoeconomic Optimization of Insulation Thickness Considering Condensed Vapor in Buildings, Energy and Buildings, 38,1400–1408.
- ATERMİT Yalıtım Malzemeleri Tanıtım Broşürü (2005).
- Atmaca Ş U, Kargıcı S (2006). Konya’da Kış Aylarında Yapı Malzemelerinde Oluşan Buhar Geçişinin Örnekle İncelenmesi, MMO Yay. No. 61, Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Aybers N ve Şahin B (1995). Enerji Maliyeti, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, No: 299, İstanbul.
- Aydın O (2006). Conjugate Heat Transfer Analysis of Double Pane Windows, Building and Environment Volume 41, Issue 2, Pages 109-116.
- Aytaç A ve Aksoy U T (2006). Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyet İlişkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Derneği, 21 (4): 753-758.
- BASF The Chemical Company (2009). www.basf.com.tr/turkey/Neopor_Wall_Insulation.pdf (erişim tarihi, 02.03.2009).
- Bilge D, Bilge M, Heperkan H (2000). Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu Prosesinin İrdelenmesi, IV. Uluslar arası Yapıda Tesisat Bilim ve Teknoloji Sempozyumu, İstanbul.s.149.
- Bolattürk A (2003). Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Hesabı ve Enerji Tasarrufundaki Rolü, 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Isparta, 41-47, 3-5.
- Borhan B (1986). Ytong El Kitabı, İstanbul.
- Bulak Ticaret Yapı İzolasyon Malzemeleri (2009).Çatılarda XPS uygulaması, www.bulak.net/dow_roofmate_sl.asp (erişim tarihi, 15.05.2009).

CPK Yalıtım ve Ambalaj San. ve Tic. Ltd. Şti. (2009). EPS'nin Teknik Özellikleri. www.cpk.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=63 (erişim tarihi, 02.03.2009).

Çomaklı K, Yüksel B (2003). Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving, *Applied Thermal Engineering*, 23:473-479.

Dağsöz, A K (1995). Derece-Gün Sayıları, Ulusal Enerji Tasarruf Politikası, Yapılarda Isı Yalıtımı İzocam Yayınları.

Dağsöz, A K, Işık K ve Bayraktar K G (1999). Yapılarda Sıcak Etkisinin Getirdiği Problemlerin Isı Yalıtımı İle Çözümü ve Enerji Tasarrufu, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 329-339.

Derbentli T (1996). Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Mc-Graw-Hill, Literatür Yay. (Çev.).

Dilmaç Ş (1998). Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı Uygulamalarında Türkiye'deki Mevcut Durumun Değerlendirilmesi ve Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ile Karşılaştırılması, Trakya Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü, Çorlu, Tekirdağ.

Dilmaç Ş (2002). Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması, *Dizayn Konstrüksiyon*, Yıl 18, Sayı: 198, s: 72-76.

Dilmaç Ş, Kesen N (2003). A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS-825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation, *Energy and Buildings*, 35: 161- 174.

Dow Türkiye Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. (2009). Duvarlarda ve Isı Köprülerinde Isı Yalıtımı, Isı Köprüleri Yalıtımı-WALLMATE TB, www.building.dow.com/europe/tr/uygulamalar/isiyalitimi/index.htm (erişim tarihi, 03.03.2009).

DYO Boya Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş. (2009). Klimatherm Isı Yalıtım Sistemlerinin Dübellenmesi ve Uygulama Teknikleri, www.klimatherm.info/Uygulama/Teknikler.aspx (erişim tarihi, 27.06.2009).

Efes Isı Yalıtım Hiz. San. Tic. A.Ş. 2009. Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemleri Uygulamaları, www.efesyapi.com.tr/n/index.php?p=4 (erişim tarihi, 12.03.2009).

Ekinci C E (2003). Yalıtım Teknikleri, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.

Eriç M (1994). Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, no.2, Birinci Baskı, Nisan, İstanbul, s.367.

Ersan Ambalaj ve Yalıtım Sanayi Ticaret A.Ş. (2008). Teras çatı ısı yalıtımında EPS uygulamaları, www.ersanambalaj.com/uygulama.aspx (erişim tarihi, 28.11.2008).

ETK Yapı Şirketi (2009). Isı Yalıtımı, www.etkyapi.com/htm/isi_yalitimi.htm (05.03.2009).

Gölcü M, Dombaycı Ö A, Abalı S (2006). Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt 21, No 4, 639-644.

Grupo Şirketi (2008). EPS uygulamaları, www.grupo.com.tr/imagess/2bb67bd9-2383-472a-9 (erişim tarihi, 28.11.2008).

Gustafsson, S I (2000). Optimisation of Insulation Measures on Existing Buildings, Energy and Buildings, 33: 49-55.

Gürdal E (1988). Isı İletkenlik Katsayısının Malzeme Özellikleri ile İlişkileri, Yapı 80,s: 44-46.

Güzelçoban S (2007). Yapılarda Su ve Isı Etkenleri, Oluşturduğu Sorunlar, Nedenleri ve Çözüm Önerleri. Yıldız Teknik üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Hasan A (1999). Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost, Applied Energy (63).

Hinginar F (1995). Türkiye'deki Isı Yalıtım Yönetmelikleri, Standartlar ve Denetim, Dünya İnşaat Yıl: 12, Sayı: 131-4.

İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş. (2008). Yakıt Fiyatlarının Karşılaştırılması, www.igdas.com.tr/Dynamic/Fuel_Price_Comparison.aspx?MI=2 (erişim tarihi, 15.12.2008).

İzocam Ticaret ve Sanayi A.S. (2002). Isı-Teknik-Ses-Yangın Yalıtımı, İzocam Ticaret ve Sanayi A.S. Yayınları, İstanbul.

İzocam (2008). Terratherm Manto Sıvalı Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemi, www.izocam.com.tr/izocam//Urunler/Terratherm-Manto-Sıvalı-Dış-Cephe-Isı-Yalıtım-Sist.aspx (erişim tarihi, 28.12.2008).

İzoder- Isı, Ses ve Su İzolasyoncuları Derneği (2003). T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı Denetim Kuruluşları Yalıtım Seminerleri, Ankara.

İzoder- Isı, Ses ve Su İzolasyoncuları Derneği (2008). Duvarlarda Isı Yalıtımı, www.izoder.org.tr/docs/isi_duvarlar.pdf (erişim tarihi, 24.11.2008).

Karagüler M (1998). Isıl İşlem Parametrelerinin Hafif Beton Özelliklerine Etkisi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi- Yayınlanmamış), İstanbul, s.163.

Karakoç H, Binyıldız E ve Turan O (1999). Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı, ODE Teknik Yayınları No: G 20, İstanbul, 7-210s.

Kılıçoğlu İnşaat Tic. Ltd. Şti. (2009). Dökme taş yünü. www.kilicoglutd.com.tr/index.php?link=marka&no=15&kat=56&akat=0&tur=0 (erişim tarihi, 20.04.2009).

Kocaarslan G (1991). Hacimlerin Pasif Isıtma Sistemleri olarak Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Koçu N, Korkmaz S Z (2002). Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: 2002/204.

Koramic yapı Kimyasalları A.Ş.(2009). Vitra Fix, Vitra Therm Uygulama Broşuru, www.vitrafix.com.tr/images/pdf/vitra_therm_uygulama_brosuru.pdf.

Mag Hard İnsulators (2009). Dökme Cam Yünü, www.maghardinsulators.com/images/loose_glasswool (erişim tarihi, 20.04.2009).

Makine Mühendisleri Odası (2000). Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, MMO Yay. No. 84, 14. Baskı, İstanbul.

Mavi Kale Firması (2008). Dübel Uygulaması, http://www.mavikale.com/urunler_uygulama3.asp (erişim tarihi, 20.04.2009).

MC İzolasyon Şirketi (2009). Isı Yalıtımında Kullanılan Kompozit Malzemeler, www.mcizolasyon.com/izolasyon-ve-kaplama-malzemeleri/tas-yunu.html (erişim tarihi, 10.07.2009).

Modern Kale Yapı malzemeleri Ltd. Şti. (2009). Sıva Fileleri, www.modernkale.com.tr/?use=18 (erişim tarihi, 20.04.2009).

Mohsen M S, Akash B A (2001). Some Prospects of Energy Savings in Buildings, Energy Conversion and Management, 42:1307-1315.

ODE Yalıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Firma ürün ve tanıtım katalogları(2008).

Oral K G, Yılmaz Z (2003). Building Form for Cold Climatic Zones Related to Building Envelope From Heating Energy Conservation Point of View, Energy and Building, 35, 383.

Ölmez H (1988). Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Samsun.

Özenç A (2007). Edirne'deki Isı yalıtım Uygulamaları. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

Özpor (2005). Isı, Ses ve Yangın Yalıtımı Tanıtım Broşuru.

Pehlevan A (2001). TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının Yoğuşma ve Buharlaştırma Süreleri Açısından Değerlendirilmesi, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Polistren Üreticileri Derneği Kitapçığı (2009). www.pud.org.tr/DC/Dokumanlar/19ddb16913064f7083653a5807c78519.pdf (erişim tarihi, 30.04.2009).

Rilem Commitee 73-SCB (1988). Final Report on Siliceous by Products for Use in Concrete, Materials and Structures, C.21, 121: 69-80.

Rubacı E (2006). Yaşanan Konutlarda Enerji Tasarrufu, Martav Yalıtım A.Ş., s. 25-36.

Sartema İzolasyon San. ve Tic. Ltd. Şti. (2009). EPS Yalıtım Levhaları ve Uygulamaları, www.sartema.com.tr/default.asp?git=9&urun=271354 (erişim tarihi, 05.08.2009).

Sivas Demir Çekme Sanayi Ltd. Şti. (2009). Dış Duvarlarda XPS Uygulaması, www.sivasedircekme.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&product_id=41&category_id=11&manufacturer_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=27 (erişim tarihi, 09.09.2009).

Sustainable Energy Ireland (2009). A Detailed Guide to Insulating Your Home, www.sei.ie/uploadedfiles/InfoCentre/Insulatingyourhome.pdf (erişim tarihi, 15.01.2009).

Stay İnşaat Firması (2009). Binalarda Yalıtımın Uygulandığı Yapı Elemanları, www.stay-insaat.net/sek2.jpg (erişim tarihi, 24.03.2009).

Şengül D, Sayın B, Kaplan A S (2005). Isı Yalıtımının Yapılarda Uygulanmasının Gerekliliği ve Yalıtımdaki Uygulamaların Emniyet ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği, s. 8-28.

Şenkal Sezer F (2005). Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri. Uludağ Üniversitesi Müh.- Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2.

Toprak Seramik ve İnş. Malz. Paz.ve Tic. A.Ş. (2009). www.toprakseramik.com.tr/izotoprak (erişim tarihi, 01.03.2009).

Toydemir N, Gürdal E, Tanaçan L (2000). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. Literatür Yayıncılık, İstanbul.

TSE 825 (1989). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebliği, Ankara.

TSE 825 (1999). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebliği, Ankara.

TSE 825 (2008). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebliği, Ankara.

TS 7316 EN 13163 (2002). Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon Olarak İmal Edilen-Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS)-Özellikler, Ankara.

TS 11989 EN 13164 (2003). Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin Fabrikasyon Olarak Ekstrüzyonla İmal Edilen Polistiren Köpük (XPS)-Özellikler, Ankara.

TS EN 197–1 (2002). Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tuncer M (2007). Isıtılan ve Soğutulan Mahallerde Isı Yalıtımının Optimizasyonu. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ünar Firması (2009). Her alan taş yünü, www.unar.com (erişim tarihi, 01.03.2009).

XPS Isı Yalıtım Sanayicileri Derneği (2009). www.xpsturkiye.org/xpsnedir.html (erişim tarihi, 04.03.2009).

Yalıtım Dergisi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası (2005). MMO Yayın No:399, s.7-15,19-37,81-104.

Yantovski E (2000). Exergonomics in Education. Energy 25,pg. 1021-1031.

Yılmaz R (2006). Betonarme Karkas Yapılarda Kolon ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

Yücedağ G (2006). Konutlarda Uygulanan Beton Sandviç Panel Duvar Sisteminin Isısal Konfor Açısından İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

Zorlu Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. (2008). www.zorlumetal.com/duvar_arasi_levhasi_1.jpg (erişim tarihi, 07.03.2009).

8. EKLER

EK 1: Maliyet Analizlerinde Kullanılan Değerler

TSE 825, 'Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları' standardında verilen ısı geçirgenlik katsayısı (U), aylık ortalama iç ve dış sıcaklık (T_i ve T_d) ve ısı iletkenlik hesap değerleri (λ_h) sırasıyla Tablo 8.1, 8.2, 8.3 ve 8.4'te verilmektedir.

Tablo 8.1 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri



| | U_D (W/m ² K) | U_T (W/m ² K) | U_t (W/m ² K) | U_p^* (W/m ² K) |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1. Bölge | 0,70 | 0,45 | 0,70 | 2,4 |
| 2. Bölge | 0,60 | 0,40 | 0,60 | 2,4 |
| 3. Bölge | 0,50 | 0,30 | 0,45 | 2,4 |
| 4. Bölge | 0,40 | 0,25 | 0,40 | 2,4 |

- : Pencere iletkenlik katsayıları (U_p) Madde A.3'te ve A.4'te verilmiş olup pencerelerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından U_p değerinin kaplamalı camlar kullanılarak 1.8 W/m²K'e kadar düşürülecek şekilde tasarlanması tavsiye edilir.

Tablo 8.2. Farklı amaçlarda kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [T_i (°C)]

| | Isıtılacak Binanın Adı | Sıcaklık (°C) |
|----|-----------------------------|---------------|
| 1 | Konutlar | 19 |
| 2 | Yönetim binaları | |
| 3 | İş ve hizmet binaları | |
| 4 | Otel, motel ve lokantalar | 20 |
| 5 | Öğretim binaları | |
| 6 | Tiyatro ve konser salonları | |
| 7 | Kışlalar | |
| 8 | Ceza ve tutuk evleri | |
| 9 | Müze ve galeriler | |
| 10 | Hava limanları | |
| 11 | Hastaneler | 22 |
| 12 | Yüzme havuzu | 26 |
| 13 | İmalat ve atölye mahalleri | 16 |

Tablo 8.3 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [T_d (°C)]

| | 1. Bölge | 2. Bölge | 3. Bölge | 4. Bölge |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| Ocak | 8,4 | 2,9 | -0,3 | -5,4 |
| Şubat | 9,0 | 4,4 | 0,1 | -4,7 |
| Mart | 11,6 | 7,3 | 4,1 | 0,3 |
| Nisan | 15,8 | 12,8 | 10,1 | 7,9 |
| Mayıs | 21,2 | 18,0 | 14,4 | 12,8 |
| Haziran | 26,3 | 22,5 | 18,5 | 17,3 |
| Temmuz | 28,7 | 24,9 | 21,7 | 21,4 |
| Ağustos | 27,6 | 24,3 | 21,2 | 21,1 |
| Eylül | 23,5 | 19,9 | 17,2 | 16,5 |
| Ekim | 18,5 | 14,1 | 11,6 | 10,3 |
| Kasım | 13,0 | 8,5 | 5,6 | 3,1 |
| Aralık | 9,3 | 3,8 | 1,3 | -2,8 |

Tablo 8.4 Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)*

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---------------------------------------|---|---|
| 1 | Doğal Taşlar | | | |
| 1.1 | Kristal yapı ılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.) | > 2800 2600 | 3,5 2,3 | 10000 200 / 250 |
| 1.2 | Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.) | 2600 | 2,3 | 200 /250 |
| 1.3 | Gözenekli püskürük taşlar | < 1600 | 0,55 | 15 /20 |
| 1.4 | Granit | 2500 - 2700 | 2,8 | 10000 |
| 1.5 | Bazalt | 2700 - 3000 | 3,5 | 10000 |
| 1.6 | Mermer | 2800 | 3,5 | 10000 |
| 1.7 | Alçı Taşı | < 2600 | 2,3 | 200 / 250 |
| 1.8 | Yapay taşlar | 1750 | 1,3 | 40 / 50 |
| 1.9 | Arduvaz | 2000 - 2800 | 2,2 | 800 / 1000 |
| 2 | Doğal Zeminler (doğal nemlilikte) | | | |
| 2.1 | Kum, kum – çakıl | 1700 – 2200 | 2,0 | 50 |
| 2.2 | Kil, alüvyon | 1200 - 1800 | 1,5 | 50 |
| 3 | Dökme Malzemeler (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda) | | | |
| 3.1 | Kum, çakıl, kırma taş (mıcır) | 1800 | 0,70 | 3 |
| 3.2 | Bims çakılı (TS 3234) | ≤ 1000 | 0,19 | 3 |
| 3.3 | Yüksek fırın cürufu | ≤ 600 | 0,13 | 3 |
| 3.4 | Kömür cürufu | < 1000 | 0,23 | 3 |
| 3.5 | Gözenekli doğal taş mıcırları | ≤1200 <1500 | 0,22 0,27 | 3 3 |
| 3.6 | Genleştirilmiş perlit agregası (TS EN 14316-1) | ≤ 100 100 < 400 | 0,060 0,16 | 3 3 |
| 3.7 | Genleştirilmiş mantar parçacıkları | ≤ 200 | 0,055 | 3 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|--|--|--|
| 3.8 | Polistren, sert köpük paçacıkları | 15 | 0,050 | 3 |
| 3.9 | Testere ve planya talaşı | 200 | 0,070 | 2 |
| 3.10 | Saman | 150 | 0,058 | 3 |
| 4 | Sıvalar, Şaplar ve Diğer Harç Tabakaları | | | |
| 4.1 | Kireç harcı, kireç-çimento harcı | 1800 | 1,0 | 15 / 35 |
| 4.2 | Çimento harcı | 2000 | 1,60 | 15 / 35 |
| 4.3 | Alçı harcı, kireçli alçı harcı | 1400 | 0,70 | 10 |
| 4.4 | Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva | 1200 | 0,51 | 10 |
| 4.5 | Alçı harçlı şap | 2100 | 1,20 | 15 / 35 |
| 4.6 | Çimento harçlı şap | 2000 | 1,40 | 15 / 35 |
| 4.7 | Dökme asfalt kaplama | 2100 | 0,70 | 50000 |
| 4.8 | Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları | 800 900 | 0,30 0,35 | |
| 4.9 | Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları | 1000 400 500 600 700 800 | 0,38 0,14 0,16 0,20 0,24 0,29 | |
| 5 | Beton Yapı Elemanları (Bu Bölümlerde yer alan elemanlar tek başına bir yapı elemanını ifade etmektedir. Yapı elemanının bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda λ_h değerleri Sıra no: 7'den alınmalıdır). | | | |
| 5.1 | Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar | | | |
| | Donatılı | 2400 | 2,50 | 80-130 |
| | Donatısız | 2200 | 1,65 | 70 / 120 |
| 5.2 | Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) | | | |
| | Donatılı veya donatısız | | | |
| 5.2.1 | Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla) | 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000 | 0,39 0,44 0,49 0,55 0,62 0,70 0,79 0,89 1,00 1,30 1,60 | 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|--|--|--|
| 5.2.2 | Sadece genişletilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) | 300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 | 0,10 0,13 0,15 0,19 0,21 0,24 0,27 0,30 0,35 0,42 0,49 | 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 70 / 150 |
| 5.3 | Tuvenan halindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu) | | | |
| 5.3.1 | Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar | 1600 1800 2000 | 0,81 1,10 1,40 | 3-10 3-10 5-10 |
| 5.3.2 | Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar | 600 700 800 900 1200 1400 1600 1800 2000 | 0,22 0,26 0,28 0,36 0,46 0,57 0,75 0,92 1,20 | 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 |
| 5.3.3 | Yalnız doğal bims kullanılan ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar | 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000 1100 1200 1300 | 0,12 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,20 0,22 0,24 0,27 0,32 0,37 0,41 0,47 | 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 |
| 5.4 | Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar | | | |
| 5.4.1 | Ahşap testere veya planya talaşı betonu | 400 600 800 1000 1200 | 0,14 0,19 0,25 0,35 0,44 | 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---------------------------------------|---|---|
| 5.4.2 | Çeltik kapçığı betonu | 600 | 0,14 | 5 / 10 |
| | | 700 | 0,17 | 5 / 10 |
| 5.5 | Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dahil) | 350 | 0,11 | 5 / 10 |
| | | 400 | 0,13 | 5 / 10 |
| | | 450 | 0,15 | 5 / 10 |
| | | 500 | 0,15 | 5 / 10 |
| | | 550 | 0,18 | 5 / 10 |
| | | 600 | 0,19 | 5 / 10 |
| | | 650 | 0,21 | 5 / 10 |
| | | 700 | 0,22 | 5 / 10 |
| | | 750 | 0,24 | 5 / 10 |
| | | 800 | 0,25 | 5 / 10 |
| | | 900 | 0,29 | 5 / 10 |
| | | 1000 | 0,31 | 5 / 10 |
| 6 | Yapı plakaları ve levhalar | | | |
| 6.1 | Gaz beton yapı levhaları (TS EN 771-4'e uygun plakalar) | 400 | 0,20 | 5 / 10 |
| | | 500 | 0,22 | 5 / 10 |
| | | 600 | 0,24 | 5 / 10 |
| | | 700 | 0,27 | 5 / 10 |
| | | 800 | 0,29 | 5 / 10 |
| 6.1.2 | İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar | 350 | 0,11 | 5 / 10 |
| | | 400 | 0,13 | 5 / 10 |
| | | 450 | 0,15 | 5 / 10 |
| | | 500 | 0,16 | 5 / 10 |
| | | 550 | 0,18 | 5 / 10 |
| | | 600 | 0,19 | 5 / 10 |
| | | 650 | 0,21 | 5 / 10 |
| | | 700 | 0,22 | 5 / 10 |
| | | 750 | 0,24 | 5 / 10 |
| | | 800 | 0,25 | 5 / 10 |
| 6.2 | Hafif betondan duvar plakaları | 800 | 0,29 | 5 / 10 |
| | | 900 | 0,32 | 5 / 10 |
| | | 1000 | 0,37 | 5 / 10 |
| | | 1200 | 0,47 | 5 / 10 |
| | | 1400 | 0,58 | 5 / 10 |
| 6.3 | Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil)(TS 451 EN 12859, TS EN 520, TS 1474'a uygun) | 750 | 0,35 | 5 / 10 |
| | | 900 | 0,41 | 5 / 10 |
| | | 1000 | 0,47 | 5 / 10 |
| | | 1200 | 0,58 | 5 / 10 |
| 6.4 | Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS EN 13169'a uygun) | 600 | 0,29 | 5 / 10 |
| | | 750 | 0,35 | 5 / 10 |
| | | 900 | 0,41 | 5 / 10 |
| 6.5 | Alçı karton plakalar (TS EN 520'ye uygun) | 800 | 0,25 | 8 / 25 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---|--|--|
| 7 | Kargir Duvarlar (harç fugaları-derzleri dahil) | | | |
| 7.1 | Tuğla duvarlar | | | |
| | TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kargir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik klinker (TS 2902) | 1800 2000 2200 2400 | 0,81 0,96 1,20 1,40 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.2 | TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar | 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 | 0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,20 1,40 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.3 | Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli) | | | |
| 7.1.3.1 | Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar | 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 | 0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.3.2 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar | 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 | 0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.4 | Düşey delikli hafif tuğlarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli) | | | |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_f W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|--|---|--|--|
| 7.1.4.1 | Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar | 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 | 0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26 0,26 0,27 0,28 0,29 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.4.2 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar | 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 | 0,19 0,20 0,20 0,21 0,22 0,23 0,23 0,24 0,25 0,26 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.1.5 | Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1) | 600 700 800 900 1000 | 0,33 0,36 0,39 0,42 0,45 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.2 | Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun) | 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 | 0,35 0,40 0,44 0,50 0,56 0,70 0,79 0,99 1,10 1,30 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 25 5 / 25 5 / 25 5 / 25 |
| 7.3 | Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun) | | | |
| 7.3.1 | Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar | 400 450 500 550 600 650 700 800 | 0,20 0,21 0,22 0,23 0,24 0,25 0,27 0,29 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|--|--|--|
| 7.3.2 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar | 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 | 0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 |
| 7.4 | Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar | | | |
| 7.4.1 | Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) | 450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 | 0,31 0,32 0,33 0,34 0,35 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 15 5 / 15 5 / 15 |
| 7.4.2 | Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış) | 450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 | 0,28 0,29 0,30 0,31 0,32 0,33 0,36 0,39 0,42 0,49 0,57 0,62 0,68 0,74 | 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 15 5 / 15 5 / 15 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_f W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---------------------------------------|---|---|
| 7.4.3 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış) | 450 | 0,23 | 5 /10 |
| | | 500 | 0,24 | 5 /10 |
| | | 550 | 0,25 | 5 /10 |
| | | 600 | 0,26 | 5 /10 |
| | | 650 | 0,27 | 5 /10 |
| | | 700 | 0,28 | 5 /10 |
| | | 800 | 0,30 | 5 /10 |
| | | 900 | 0,32 | 5 /10 |
| 7.4.4 | Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla) | 450 | 0,18 | 5 /10 |
| | | 500 | 0,20 | 5 /10 |
| | | 550 | 0,21 | 5 /10 |
| | | 600 | 0,22 | 5 /10 |
| | | 650 | 0,23 | 5 /10 |
| | | 700 | 0,25 | 5 /10 |
| | | 800 | 0,27 | 5 /10 |
| | | 900 | 0,30 | 5 /10 |
| 7.4.5 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla) | 450 | 0,16 | 5 /10 |
| | | 500 | 0,17 | 5 /10 |
| | | 550 | 0,18 | 5 /10 |
| | | 600 | 0,19 | 5 /10 |
| | | 650 | 0,20 | 5 /10 |
| | | 700 | 0,21 | 5 /10 |
| | | 800 | 0,23 | 5 /10 |
| | | 900 | 0,26 | 5 /10 |
| 7.4.6 | Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS EN 14316-1'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla) | 500 | 0,26 | 5 /10 |
| | | 600 | 0,29 | 5 /10 |
| | | 700 | 0,32 | 5 /10 |
| | | 800 | 0,35 | 5 /10 |
| 7.5 | Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar | | | |
| 7.5.1 | Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla) | | | |
| 7.5.1.1 | Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla) 1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm, 1 sıra boşluklu; genişlik 150 mm, 1 sıra boşluklu; genişlik 175 mm, ≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm, ≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, ≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, ≤ 5 sıra boşluklu; genişlik < 425 mm, 6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda | 450 | 0,28 | 5 /10 |
| | | 500 | 0,29 | 5 /10 |
| | | 550 | 0,31 | 5 /10 |
| | | 600 | 0,32 | 5 /10 |
| | | 650 | 0,34 | 5 /10 |
| | | 700 | 0,36 | 5 /10 |
| | | 800 | 0,41 | 5 /10 |
| | | 900 | 0,46 | 5 /10 |
| | | 1000 | 0,52 | 5 /10 |
| | | 1200 | 0,60 | 5 /10 |
| 1400 | 0,72 | 5 /10 | | |
| 1600 | 0,76 | 5 /10 | | |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|--|--|--|
| 7.5.1.2 | TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ 'ün altında olan harç kullanılarak hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla) | 450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 | 0,23 0,25 0,27 0,28 0,30 0,32 0,36 0,40 0,52 0,60 0,72 0,75 | 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 5 /10 |
| 7.5.2 | Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun) | | | |
| 7.5.2.1 | 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda | < 1800 | 0,92 | 20-30 |
| 7.5.2.2 | 2 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm olan bloklarda | < 1800 | 1,3 | 20-30 |
| 7.6 | Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi; < 1600 kg/m ³ > 1600, < 2000 kg/m ³ > 2000, < 2600 kg/m ³ > 2600 kg/m ³ | | 0,81 1,16 1,74 2,56 | |
| 8 | Ahşap ve Ahşap Mamulleri | | | |
| 8.1 | Ahşap | | | |
| 8.1.1 | İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar | 600 | 0,13 | 40 |
| 8.1.2 | Kayın, meşe, dişbudak | 800 | 0,20 | 40 |
| 8.2 | Ahşap mamulleri | | | |
| 8.2.1 | Kontrplak (TS 4645 EN 636), kontrtabla (TS 1047) | 800 | 0,13 | 50-400 |
| 8.2.2 | Ahşap yonga levhalar | 700 | 0,13 | 50 / 100 |
| 8.2.2.1 | Yatık yongalı levhalar (TS EN 309, TS EN 12369-1) | | | |
| 8.2.2.2 | Dik yongalı levhalar (TS 3482) | | | |
| 8.2.3 | Odun lifi levhalar | | | |
| 8.2.3.1 | Sert ve orta sert odun lifi levhalar (TS 64) | 600 800 1000 | 0,13 0,15 0,17 | 70 70 70 |
| 8.2.3.2 | Hafif odun lifi levhalar | < 200 < 300 | 0,046 0,058 | 5 5 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---------------------------------------|---|---|
| 9 | Kaplamalar | | | |
| 9.1 | Döşeme kaplamaları | | | |
| 9.1.1 | Linolyum | 1200 | 0,17 | 800-1000 |
| 9.1.2 | Mantarlı linolyum | 700 | 0,08 | |
| 9.1.3 | Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC) | 1500 | 0,23 | |
| 9.1.4 | Halı vb. kaplamalar | 200 | 0,06 | |
| 9.2 | Suya karşı yalıtım kaplamaları | | | |
| 9.2.1 | Mastik asfalt kaplama > 7 mm | 2000 | 0,70 | |
| 9.2.2 | Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar | | | |
| 9.2.2.1 | Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar) | | | |
| | Bitümlü karton | 1100 | 0,19 | 2000 |
| | Cam tülü armatürlü bitümlü pestil | 1200 | 0,19 | 14000 |
| | 0.01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil | 900 | 0,19 | 100000 |
| | Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran | 2000 | 0,19 | 14000 |
| | Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri | 2000-5000 | 0,19 | 20000 |
| 9.2.3 | Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve folyolar | | | |
| | Poliyeten folyo | 1000 | 0,19 | 80000 |
| | PVC örtü | 1200 | 0,19 | 42000 |
| | PIB polyisobütülen örtü | 1600 | 0,26 | 300000 |
| | ECB etilen kopolimer örtü | 1000 | 0,19 | 80000 |
| | EPDM etilen propilen kauçuk örtü | 1200 | 0,30 | 100000 |
| 10 | Isı yalıtım malzemeleri | | | |
| 10.1 | Ahşap yünü levhalar TS EN 1317 16) | | | |
| | Kalınlık d < 25 mm | 460-650 | 0,150 | 2-5 |
| | Kalınlık d ≥ 25 mm | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | | | |
| | 065 | | 0,065 | |
| | 070 | | 0,070 | |
| | 075 | 360-460 | 0,075 | 2-5 |
| | 080 | | 0,080 | |
| | 085 | | 0,085 | |
| | 090 | | 0,090 | |
| 10.2 | Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler | | | |
| 10.2.1 | Poliüretan (PUR)- (DIN 18159-1'e uygun) | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | | | |
| | 035 | | 0,035 | |
| | 040 | (> 45) | 0,040 | 30-100 |
| 10.2.2 | Reçine-formaldehit köpüğü (UF)-(DIN 18159-2'ye uygun) | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | | | |
| | 035 | | 0,035 | |
| | 040 | (≥ 10) | 0,040 | 1-3 |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|----------|--|---------------------------------------|---|---|
| 10.3 | Sentetik köpük malzemeler | | | |
| 10.3.1 | Ekspande polistiren köpük (PS) levhalar | | | |
| 10.3.1.1 | Polistiren-Parçacıklı köpük – TS 7316 EN 131632e uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | ≥ 15 | | 20-50 |
| | 035 | ≥ 20 | 0,035 | 30-70 |
| | 040 | ≥ 30 | 0,040 | 40-100 |
| 10.3.2 | Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar | | | |
| 10.3.2.1 | Ekstrüde polistiren köpüğü – TS 11989 EN 13164'e uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | | | |
| | 030 | (≥ 25) | 0,030 | 80-250 |
| | 035 | | 0,035 | |
| | 040 | | 0,040 | |
| 10.3.2.2 | Ekstrüde polistiren köpüğü – TS 11989 EN 13164'e uygun(Bina su yalıtımının dış tarafında örneğin çatı örtüsünün) | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (≥ 30) | 0,030 | 80-250 |
| | 030 | | 0,035 | |
| | 035 | | 0,040 | |
| | 040 | | | |
| 10.3.3 | Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar | | | |
| 10.3.3.1 | Poliüretan sert köpük TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (≥ 30) | 0,025 | 30-100 |
| | 025 | | 0,030 | |
| | 030 | | 0,035 | |
| | 035 | | 0,040 | |
| | 040 | | | |
| 10.4 | Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar | | | |
| 10.4.1 | Fenolik sert köpük – TS EN 13166'ya uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (≥ 30) | | 10-50 |
| | 030 | | 0,030 | |
| | 035 | | 0,035 | |
| | 040 | | 0,040 | |
| | 045 | | 0,045 | |
| 10.5 | Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901 EN 13162 10)'ye uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (8-500) | | 1 |
| | 035 | | 0,035 | |
| | 040 | | 0,040 | |
| | 045 | | 0,045 | |
| | 050 | | 0,050 | |
| 10.6 | Cam köpüğü | | | |
| 10.6.1 | Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (100-150) | | |
| | 045 | | 0,045 | |
| | 050 | | 0,050 | |
| | 055 | | 0,055 | |
| | 060 | | 0,060 | |
| 10.6.2 | Cam köpüğü – bina su yalıtımının dış tarafında | | | |
| | Isıl iletkenlik grupları | (110-150) | | |
| | 045 | | 0,045 | |
| | 050 | | 0,050 | |
| | 055 | | 0,055 | |

Tablo 8.4'ün devamı

| Sıra No | Malzeme veya bileşenin çeşidi | Birim hacim kütlesi kg/m ³ | Isıl iletkenlik hesap değeri λ_n W/mK | Su buharı difüzyon direnç faktörü μ |
|---------|---|---------------------------------------|--|---|
| 10.7 | Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları – TS EN 13168'e uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050 055 060 065 070 | (110-450) | 0,035 0,040 0,045 0,050 0,055 0,060 0,065 0,070 | 5 |
| 10.8 | Mantar yalıtım malzemeleri Mantar levhalar – TS 304 EN 13170'e uygun Isıl iletkenlik grupları 045 050 055 | (80-500) | 0,045 0,050 0,055 | 5-10 |

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri, bir yapı malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütesinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenlik hesap değeri, esas malzemenin (meselâ, tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütesine (varsa içindeki boşluk ve delikler dâhil birim hacim kütesi) en yakın, ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütesi için verilen değerdir. Bir malzeme veya bileşen için sadece bir birim hacim kütesine bağlı olarak daha düşük veya aynı ısı iletkenlik hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütesi farklı da olsa bu ek'teki daha düşük olmayan değer geçerlidir. Gerekliğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ek'teki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) 10 sıra numaralı "ısı yalıtım malzemeleri" bölümünde parantez içinde verilen yoğunluk değerleri sadece birim alana tekabül eden kütlelerin belirlenmesi amacıyla verilmiştir (meselâ, yaz şartlarında yapılan ısı korumanın doğrulanması durumunda).

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

4) Mü (μ) değerlerinin kullanımı ile ilgili olarak malzeme imalatçısının TSE belgeli tek değer olarak beyanı yok ise, yapı bileşenleri için her durumda verilen aralık değerlerinden küçük olanı alınır ve hesaba katılır. İlâve olarak, bina kabuğunun dış tarafında yer alan malzemeler için " μ "nün değeri olarak verilen büyük değer alınabilir. Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.

Tablo 8.4'ün devamı

- 5) TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m^3 'ün altında olan hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek'te; TS 406 kapsamında yer alan briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri $0,06 \text{ W/mK}$ kadar azaltılabilir.
- 6) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 artırılarak uygulanır.
- 7) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenlik hesap değerine sahip malzemeden meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanın ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alan/uzunlukları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır. Böylece yüzey yüzde (%) veya uzunluk yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değerleri bulunur. Bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.
- 8) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, toprak temaslı perde duvar yalıtımında, WD12) veya WS13) tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
- Isı yalıtım plakalarının her iki yüzüde zırlı olmalıdır.
 - Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda $> 0,30 \text{ N/mm}^2$ (300 kPa) olmalıdır.
 - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
- 9) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, ters teras çatı yalıtımında, WD12) veya WS13) tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
- Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda $> 0,30 \text{ N/mm}^2$ (300 kPa) olmalıdır.
 - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
 - Isı yalıtım levhalarının kenar profili binili (lâmbalı) olmalıdır.
- 10) Ses yalıtım malzemelerinin ambalajlarının üzerinde ısı iletkenlik grup değerleri verilmelidir.
- 11) Pratik buhar geçirmezliği değeri $S_d 1500 \text{ m}^2$ 'dir (TS EN 12086 veya TS EN ISO 12572).
- 12) **WD:** Darbe ses yalıtımının aranmadığı yüke maruz kalan döşemelerde veya sıcak çatılarda nefes alan su yalıtım membranı altında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.
- 13) **WS:** Özel uygulamalar için yüke maruz kaldığında daha büyük dayanım değerlerine sahip olan ısı yalıtım malzemeleri (örneğin otopark katlarında).
- 14) Bu Ek'in 10'uncu maddesinde verilen ısı iletkenlik grubu tayini ile belirlenecek olan malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerinin ara değerlerde olması halinde, kendisinden büyük olan ilk grupta olduğu varsayılır ve hesaba katılır.
- 15) Sadece iki tabaka arasına püskürtme yoluyla yapılan uygulamalar için kullanılır.
- 16) Kalınlığı 15 mm 'den küçük olan ahşap yünü levhalar, ısı iletkenlik hesaplamalarında dikkate alınmaz.

Tablo 8.5 Hesaplanmış yüzeyel ısı iletim (taşınım) direnç değerleri

| Sıra No | Yapı bileşeni tipi ³⁾ | Yüzeyel ısı iletim direnci ¹⁾²⁾ | |
|---------|---|--|--------------------------------------|
| | | R _i (m ² K /W) | R _e (m ² K /W) |
| 1 | Dış duvar (Sıra no 2 'de verilen dışındaki dış duvarlar) | 0,13 | 0,04 |
| 2 | Arkadan havalandırılan giydirme cephe ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar | | 0,08 |
| 3 | Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar | | ⁵⁾ |
| 4 | Toprak temaslı dış duvar | | 0 |
| 5 | Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı | 0,13 | 0,04 |
| 6 | Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu) | | 0,08 |
| 7 | Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban | | |
| 7.1 | Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde | 0,13 | ⁵⁾ |
| 7.2 | Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde | 0,17 | |
| 8 | Bodrum tavanı | 0,17 | ⁵⁾ |
| 9 | Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları | | 0,04 |
| 10 | Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı | | 0 |

1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda R_i =0,13 m²K/W ve 4 ve 10'uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere R_e = 0,04 m²K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.
2) Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması ile ilgili hesaplamalarda kullanılacak olan iç ve dış yüzeyel ısı iletim direnci için Madde 2.4.6'ya bakınız.
3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 1 'e bakınız. 4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.
4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 'de verilen değerler kullanılır.
5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısı iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.

Maliyet analizi yapılırken çift duvar arası yalıtım için birim yüzeyde farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak elde edilen ısı iletkenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı değerleri Tablo 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10'da verilmektedir.

Tablo 8.6 Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Yalıtımsız duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,03 | 1,40 | 0,021 | | |
| | Delikli tuğla duvar (dış) | 0,13 | 0,45 | 0,288 | | |
| | Delikli tuğla duvar (iç) | 0,085 | 0,45 | 0,188 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 0,689 | 1,451 | 1,451 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.7 Çift Duvar Uygulamalarında Kullanılan EPS için Birim Duvar Yüzeylerinin Isı Kaybı Değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,03 | 1,40 | 0,021 | | |
| | Delikli tuğla duvar (dış) | 0,13 | 0,45 | 0,288 | | |
| | EPS | 0,065 | 0,035 | 1,857 | | |
| | Delikli tuğla duvar (iç) | 0,085 | 0,45 | 0,188 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| R_i | | | 0,130 | | | |
| TOPLAM | | | | 2,546 | 0,392 | 0,392 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.8 Çift Duvar Uygulamalarında Kullanılan XPS için Birim Duvar Yüzeylerinin Isı Kaybı Değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,03 | 1,40 | 0,021 | | |
| | Delikli tuğla duvar (dış) | 0,13 | 0,45 | 0,288 | | |
| | XPS | 0,055 | 0,03 | 1,833 | | |
| | Delikli tuğla duvar (iç) | 0,085 | 0,45 | 0,188 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| R_i | | | 0,130 | | | |
| TOPLAM | | | | 2,522 | 0,396 | 0,396 |

Tablo 8.9 Çift Duvar Uygulamalarında Kullanılan Taş Yünü için Birim Duvar Yüzeylerinin Isı Kaybı Değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,03 | 1,40 | 0,021 | | |
| | Delikli tuğla duvar (dış) | 0,13 | 0,45 | 0,288 | | |
| | Taş Yünü | 0,07 | 0,04 | 1,750 | | |
| | Delikli tuğla duvar (iç) | 0,085 | 0,45 | 0,188 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,440 | 0,409 | 0,409 |

Tablo 8.10 Çift Duvar Uygulamalarında Kullanılan Cam Yünü için Birim Duvar Yüzeylerinin Isı Kaybı Değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|--------------------|---------------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,03 | 1,40 | 0,021 | | |
| | Delikli tuğla duvar (dış) | 0,13 | 0,45 | 0,288 | | |
| | Cam Yünü | 0,07 | 0,04 | 1,750 | | |
| | Delikli tuğla duvar (iç) | 0,085 | 0,45 | 0,188 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,440 | 0,409 | 0,409 |

Dışarıdan yalıtım için birim yüzeyde farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak elde edilen ısı iletkenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı değerleri Tablo 8.11, 8.12, 8.13, 8.14'de verilmektedir.

Tablo 8.11 Dıştan Yalıtım Uygulamalarının Yalıtımsız duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,45 | 0,422 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 0,637 | 1,57 | 1,57 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.12 Dıştan Yalıtım Uygulamalarında EPS kullanılan birim duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | EPS | 0,065 | 0,035 | 1,857 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,45 | 0,422 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,494 | 0,40 | 0,40 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.13 Dıştan Yalıtım Uygulamalarında XPS kullanılan birim duvar yüzeylerindeki ısı kaybı

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | XPS | 0,06 | 0,031 | 1,935 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,45 | 0,422 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,572 | 0,388 | 0,388 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.14 Dıştan Yalıtım Uygulamalarında Taş Yünü kullanılan birim duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Taş Yünü | 0,075 | 0,04 | 1,875 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,45 | 0,422 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,53 | 0,395 | 0,395 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

İçeriden yalıtım için birim yüzeyde farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak elde edilen ısı iletkenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı değerleri Tablo 8.15, 8.16, 8.17, 8.18, 8.19'da verilmektedir.

Tablo 8.15 İçten Yalıtım Uygulamalarının Yalıtımsız duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,36 | 0,528 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 0,743 | 1,345 | 1,345 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.16 İçten Yalıtım Uygulamalarında EPS kullanılan duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,36 | 0,528 | | |
| | EPS | 0,06 | 0,035 | 1,714 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,46 | 0,40 | 0,40 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.17 İçten Yalıtım Uygulamalarında XPS kullanılan duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m^2K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m^2K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,36 | 0,528 | | |
| | XPS | 0,055 | 0,03 | 1,833 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,576 | 0,388 | 0,388 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |
| R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.18 İçten Yalıtım Uygulamalarında Taş Yünü kullanılan duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,36 | 0,528 | | |
| | Taş Yünü | 0,07 | 0,04 | 1,75 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,493 | 0,40 | 0,40 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

Tablo 8.19 İçten Yalıtım Uygulamalarında Cam Yünü kullanılan duvar yüzeylerindeki ısı kaybı değerleri

| Isı Kaybeden Yüzey | Bina Yapı Elemanları | Yapı Elemanı Kalınlığı d (m) | Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ_h (W/mK) | Isıl İletkenlik Direnci R (m ² K/W) | Isı Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² K) | Isı Kaybı AxU (W/K) |
|---|----------------------|------------------------------|---|--|--|-----------------------|
| Duvar Yüzeyleri | R_e | | | 0,040 | | |
| | Dış Sıva | 0,008 | 0,35 | 0,023 | | |
| | Delikli tuğla duvar | 0,19 | 0,36 | 0,528 | | |
| | Cam Yünü | 0,07 | 0,04 | 1,75 | | |
| | İç Sıva | 0,02 | 0,87 | 0,022 | | |
| | R_i | | | 0,130 | | |
| TOPLAM | | | | 2,493 | 0,40 | 0,40 |
| R_e = Dış yüzey ısı iletim direnci (dış yüzeylerdeki ısı taşınım katsayısı) R_i = iç yüzey ısı iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı) | | | | | | |

EK 2: Yalıtım Malzemelerinin Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2008 Yılı Birim Fiyatları

| Yalıtım Malzemesi | Poz No. | Tanım | Birimi | Birim Fiyat (TL/m ³) |
|-------------------------|-------------|---|----------------|----------------------------------|
| Ekspande Polistren, EPS | 04.612/2F | Polistiren köpüğü, 20 kg/m ³ , > 100kPa | m ³ | 104.40 |
| Ekstrüde Polistren, XPS | 04.612/4C1B | XPS (yüzeyipürüzlü) 200 kPa basınç dayanımı, 12 kg/m ³ | m ³ | 237.60 |
| Taş Yünü | 04.734/B16C | Yüzeylere dik çekme dayanımı >7,5 kPa, 150 kg/m ³ yoğunluğunda | m ³ | 180.00 |
| Cam Yünü | 04.734/A16 | 100 kg/m ³ yoğunluğunda | m ³ | 143.00 |

ÖZGEÇMİŞ

24.07.1982 tarihinde Bulgaristan'ın Yeni Pazar kasabasında doğdu. 1995 yılında İlköğretimini Atatürk İlköğretim Okul'unda, orta ve lise öğretimini Çorlu Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi'nde 2001 yılında tamamladı. 2006 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Lisans diplomasını aldı. 2007-2009 yılında Armasan Sondaj Sanayisi'nde Kontrol Mühendisi olarak görev yapmaktadır.