ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Behzat Ergi ÖNGEL

BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM MALZEMELERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI VE MALİYET ANALİZİ-ADANA ÖRNEĞİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARDA UYGULANAN ISI YALITIM MALZEMELERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI VE MALİYET ANALİZİ- ADANA ÖRNEĞİ

Behzat Ergi ÖNGEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÇELİK
Yıl: 2021, Sayfa: 157
Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÇELİK
: Dr. Öğr. Üyesi Evren TURHAN
: Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÇELİK

Enerji gereksinimi Dünya genelinde her geçen gün artmaktadır. Isı yalıtım uygulamaları enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Çalışma kapsamında, Adana ilinde bulunan iki katlı örnek bir konut projesinin ısı yalıtım hesapları yapılmış ve yalıtım malzemelerinin yalıtım performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ısı yalıtım malzemeleri ilk yatırım maliyeti ve geri ödeme dönemi açısından da değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, uygulama maliyetleri en fazla olan ısı yalıtım sistemleri sırasıyla; taş yünü, gaz beton, XPS ve EPS yalıtımlı sistemler olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı Yalıtımı, Isı Yalıtım Hesapları, Isı Yalıtım Uygulama Maliyeti, 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları

ABSTRACT

MSc THESIS

COMPARISON OF PERFORMANCE AND COST ANALYSIS OF THE THERMAL INSULATION MATERIALS FOR BUILDINGS - ADANA SAMPLE

Behzat Ergi ÖNGEL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Gözde ÇELİK
Year: 2021, Page: 157
Jury : Asst. Prof.Dr. Gözde ÇELİK
: Asst. Prof. Dr. Evren TURHAN
: Asst. Prof. Dr. Kasım ÇELİK

Globally, the energy need has been increasing day by day. Thermal insulation has helped the energy to be used in the most efficient way. Within the scope of this study, the thermal insulation calculations of a sample two storey house project in Adana have been done and the obtained performance results have been compared to each other. Additionally, the thermal insulation materials have been evaluated with regards to the initial investment cost and the pay off time. Consequently, the thermal insulation systems with the highest installation costs are respectively; stone wool, gas concrete, XPS and EPS.

Keywords: Thermal Insulation, Thermal Insulation Calculations, Thermal Insulation Cost, TS825 Thermal Insulation Requirements For Buildings Dated 2013.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Sanayinin gelişmesi ve nüfusun etkisiyle Dünya genelinde enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Enerjiye duyulan bu gereksinim, ihtiyaç sahiplerini yeni enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Türkiye'de bu gereksinimin yaklaşık %76'sı linyit, doğalgaz, petrol, taşkömürü gibi ithal fosil enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Konutlarda ısıtma-soğutma amaçlı kullanılan enerji toplam enerji tüketiminde büyük pay sahibidir. Fosil enerji kaynaklarının ve enerji ithalatının azaltılması ülke ekonomisine ve çevreye olumlu katkılar sağlamaktadır. Enerji arzını azaltmak ve sürdürebilir bir yaşam için enerjinin verimli şekilde kullanılması gerekmektedir.

Binalarda enerji tüketimi, toplam tüketimin yaklaşık %25'ine denk gelmekte ve bu oranın yaklaşık %70'i ısıtma, soğutma ve sıcak su temini amaçlı kullanılan enerjiyi oluşturmaktadır. Binalarda ısı yalıtımı uygulanması, ısıtma-soğutma amaçlı enerji ihtiyacını azaltmak ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için etkin bir yöntemdir. Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması adına Türkiye'de TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre 1. derece gün bölgesinde yer alan Adana ili, Seyhan ilçesinde olduğu varsayılan 2 katlı müstakil ev projesi için farklı tür ve kalınlıktaki yalıtım malzemeleriyle ısı yalıtım hesapları yapılmıştır. Ayrıca, 2019 tarihli Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatları ve rayiç bedellerine göre ısı yalıtım uygulama maliyet hesapları yapılmıştır.

Çalışma kapsamında EPS, XPS, gazbeton ve taş yünü levha olmak üzere 3, 4, 5, 6, 7, ve 8 cm gibi farklı kalınlıklarda ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldığı durumların ısı yalıtım uygulama maliyeti, yıllık ısıtma ihtiyacı değerleri, yılllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tasarruf oranları, geri ödeme süreleri hesaplanarak malzemeler kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Tüm ısı yalıtımlı durumlar için dış havaya açık tavanda, dış havaya açık cephede ve geçit üzeri tabanda dıştan ısı yalıtımı uygulanmış, toprak temaslı tabanda ise içten ısı yalıtımı uygulanmıştır. Tüm ısı yalıtımlı durumlar için yapılan hesaplarda tavan, taban ve cephe için aynı çeşit ve kalınlıkta malzeme seçilmiştir.

Çalışma kapsamında hesaplamalarda, ısı yalıtım uygulamasıyla yalıtımlı durumların yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tasarrufu en düşük %71,74 tasarruf oranıyla 4 cm XPS, en yüksek %81,48 tasarruf oranıyla 8 cm XPS'li durum için hesaplanmış olup ısı yalıtım uygulamalarının geri ödeme sürelerinin 7 ile 11 yıl arasında olduğu görülmüştür.

Çalışmada yapılan hesaplara ve araştırmalara göre ısı yalıtım performansı en fazla olan malzeme XPS, yatırım maliyeti ve geri ödeme süresi açısından en avantajlı malzeme EPS olarak belirlenmiştir. Yangın sınıfı açısından ise en avantajlı malzeme taş yünü ve gaz beton levhadır.

Binalarda ısı yalıtımı yapılmasında dikkat edilmesi gereken etken faktörler; maliyet, malzeme uygulama kolaylığı, malzemenin kullanılacağı yer ve binanın kullanım amacı olup bu faktörler malzeme seçiminde oldukça önemli rol oynamaktadır. Stratejik öneme sahip olan hastane, askeri tesisler, kamu binaları gibi binalarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde malzemelerin yanma sınıfları göz önünde bulundurulmalı, hiç yanmaz malzemelerin kullanılması tercih edilmelidir.

Bu çalışma, binalarda ısı yalıtımının öneminin gösterilmesi, farklı yalıtım malzemelerinin fiyat performanslarının karşılaştırılması, 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardının daha iyi anlaşılabilmesi ve literatüre katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda; aynı plan şeması ve yönlenmeye sahip örnek bir binanın kent içi ve kent dışı farklı oturumları için yalıtım hesapları yapılarak ısı yalıtım malzemesi yalıtım performansları karşılaştırılabilir, farklı yapı elemanlarında farklı kalınlık ve türde yalıtım malzemeleri seçilerek hesaplama yapılması ya da malzemenin kullanım ömrü gibi değişkenlerin de çalışmaya dahil edilmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren, fikirleri ile çalışmama ışık tutan başta danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÇELİK olmak üzere tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bana, hayatımda her konuda büyük destek olan başta sevgili annem Seval YALAZ olmak üzere anne ve babama çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Isı-Sıcaklık İlişkisi 3
2.2. Isı Transferi 3
2.3. Isı Yalıtımı 4
2.4. Binalarda Isı Yalıtımı 5
2.5. Isı yalıtımının Önemi ve Etkileri 7
2.5.1. Isı Yalıtımının Isıl Konfora Etkisi 7
2.5.2. Isı Yalıtımının Çevreye Etkileri 9
2.5.3. Isı Yalıtımının Ekonomik Etkileri 12
2.6. Türkiye'de Isı Yalıtımın Durumu 13
2.7. Isı Yalıtımla İlgili Kanun, Yönetmelik ve İlgili Düzenlemeler 14
2.7.1. Enerji Verimliliği ve Enerji Kimlik Belgesi 16
2.7.2. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları 19
2.8. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı 20
2.9. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler 20
2.9.1. Isı İletkenliği Katsayısı 20
2.9.2. Yoğunluk 21
2.9.3. Isıl Direnç (Isıl İletkenlik Direnci) 21

2.9.4. Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı 22
2.9.5. Hacimce Su Emme 22
2.9.6. Yangın Dayanımı 22
2.9.7. Malzeme Ömrü ve Ekonomik 24
2.10. Isı Yalıtım Malzemeleri 24
2.10.1. Ekstrüde polistren köpük (XPS) 24
2.10.2. Ekspande polistren köpük (EPS) 25
2.10.3. Poliüretan Köpük 26
2.10.4. Cam Yünü 27
2.10.5. Taş Yünü 28
2.10.6. Seramik Yünü 28
2.10.7. Ahşap Yünü 29
2.10.8. Kauçuk Köpüğü 30
2.10.9. Cam Köpüğü 31
2.10.10. Melamin Köpüğü 32
2.10.11. Genleştirilmiş Perlit 32
2.10.12. Gaz Beton Levha 33
2.11. Isı Yalıtım Uygulamaları 34
2.11.1. Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları 34
2.11.1.1. Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları 34
2.11.1.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları 36
2.11.1.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar) 38
2.11.1.4. Isı Köprüsü Yalıtımı 39
2.11.1.5. Toprak Temaslı Duvarlarda Yalıtım 40
2.11.2. Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları 40
2.11.2.1. Zemine Oturan Döşemelerde Yalıtım 40
2.11.2.2. Ara Kat Döşemelerde Isı Yalıtımı 41

2.11.2.3. Açık Hava Temaslı (Açık Geçit Üzeri) Döşemelerde Yalıtım 42
2.11.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları 42
2.11.3.1 Kırma Çatılarda Isı Yalıtımı 42
2.11.3.2 Teras Çatılarda Isı Yalıtımı 44
2.12. Önceki Çalışmalar 46
3. MATERYAL VE METOD 51
3.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Yöntemleri 54
3.2. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Sınır Değerleri 55
3.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı 57
3.3.1. Binanın Özgül Isı Kayıplarının Hesabı 59
3.3.1.1. İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı 59
3.3.1.2. Doğal Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı 61
3.3.2. Aylık Ortalama İç Kazançlar ($\phi_{i,ay}$) 62
3.3.3. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\phi_{s,ay}$) 62
3.3.4. Kazanç Kullanım Faktörü (η) 65
3.4. Yıllık Isıtma Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi Hesapları 67
3.4.1. Doğal Gaz Isıtma Maliyeti Hesabı 67
3.4.2. Geri Ödeme Süresi Hesabı 68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 71
4.2. Isı Yalıtım Maliyet Hesapları 74
4.2.1. Isı Yalıtım Levhaları Uygulamak İçin Birim Alanda Yalıtımsız Duruma Göre Kullanılan Farklı Malzemelerin Poz Noları ve Birim Fiyatları 74
4.2.2. Isı Yalıtımlı Detayların Isı Yalıtımsız Detaylara Göre Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması 78

4.2.2.1. Cephede Isı Yalıtımlı Ve Isı Yalıtımsız Uygulama için Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması 78
4.2.2.2. Geleneksel Teras Çatıda Isı Yalıtımlı ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması .. 80
4.2.2.3. Açık Geçit Üzeri Tabanda Isı Yalıtımlı Ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması .. 82
4.2.2.4. Toprak Temaslı Tabanda Isı Yalıtımlı ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması .. 84
4.2.3. Isı Yalıtımlı Detayların Isı Yalıtımsız Detaylara Göre Toplam Fiyat Farkının Hesaplanması..... 87
4.3. 2013 Tarihli TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kuralları Standardına Göre Isı Yalıtım Hesapları..... 89
4.3.1. Özgül Isı Kaybı Hesapları 89
4.3.2. Aylık Ortalama İç Isı Kazançları..... 95
4.3.3. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları 95
4.3.4. 2013 Tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçlarının Hesaplanması 97
4.4. Yıllık Isıtma Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi Hesaplamaları..... 102
4.5. Tartışma 105
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 111
KAYNAKLAR 115
ÖZGEÇMİŞ 119
EKLER..... 121

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. İç ortam ve duvar iç yüzey sıcaklıkları farkı ve konfora etkisi 9
Çizelge 2.2. 2000 ve 2019 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye brüt elektrik üretimi 10
Çizelge 2.3. Enerji verimliliği ve ısı yalıtımı ile ilgili başlıca kanun ve düzenlemeler 15
Çizelge 2.4. Bazı malzemelerin ısı iletkenlik hesap değer aralıkları 21
Çizelge 2.5. Döşemeler hariç yapı malzemeleri yanıcılık sınıfları 23
Çizelge 3.1. 1929-2018 yıllları arası Adana ili en yüksek ve en düşük sıcaklıklar 52
Çizelge 3.2. Farklı durumlar için kullanılan ısı yalıtım ve dolgu duvar malzemeleri 53
Çizelge 3.3. En büyük ve en küçük A_{top} / $V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri 57
Çizelge 3.4. Bölgelere ve ara değer A_{top} / $V_{brüt}$ oranlarına göre sınırlandırılan Qı'nun hesaplanması 57
Çizelge 3.5. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi gereken U sınır değerleri 61
Çizelge 3.6. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($_{ri,ay}$) 63
Çizelge 3.7. Laboratuvar koşullarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü 64
Çizelge 3.8. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri ($I_{i,ay}$) (W/m^2) 65
Çizelge 3.9. Isı yalıtım hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (θ_i) 66
Çizelge 3.10. Farklı derece gün bölgeleri için aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (^oC)] 67

Çizelge 4.1. Örnek projeye ait ısı yalıtım hesabında kullanılan bilgiler 72
Çizelge 4.2. Farklı ısı yalıtım malzemeleri ısı iletkenlik hesap değerleri 72
Çizelge 4.3. Örnek proje üzerinde ısı yalıtımsız durum ve ısı yalıtımlı durumlar için kullanılan malzeme bilgileri..... 73
Çizelge 4.4. XPS ve EPS levhaları ile yapılan yalıtım uygulamalarında birim alanda yalıtımsız duruma göre kullanılan farklı malzemelerin poz noları ve birim fiyatları 75
Çizelge 4.5. Taş yünü ve gaz beton levhaları uygulamak için birim alanda yalıtımsız duruma göre kullanılan farklı malzemelerin poz noları ve birim fiyatları..... 76
Çizelge 4.6. 4 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı cephede, ısı yalıtımsız cepheye göre birim alandaki maliyet farkı 79
Çizelge 4.7. 5 cm taş yünü yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı . 81
Çizelge 4.8. 5 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı 82
Çizelge 4.9. 7 cm Gaz beton yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı açık geçit üzeri tabanda, ısı yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı 83
Çizelge 4.10. 8 cm EPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı toprak temaslı tabanda ısı yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı 85
Çizelge 4.11. XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton levhalarla ısı yalıtımının ısı yalıtımsız duruma göre birim alan maliyet farkı 86
Çizelge 4.12. Örnek projede ısı yalıtım uygulanacak yapı elemanlarının miktarları 87
Çizelge 4.13. Isı yalıtım için kullanılan yardımcı elemanların toplam maliyeti 88
Çizelge 4.14. 5 cm taş yünü ile yalıtımı yapılan örnek projenin yalıtımsız duruma göre (toplam) maliyet farkının hesaplanması..... 88

Çizelge 4.15. Örnek projede farklı kalınlıklarda ısı yalıtım malzemesi uygulanan durumların ısı yalıtımsız duruma göre (toplam) maliyet farkı 89
Çizelge 4.16. Farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız cephe, çatı ve taban ısı geçirgenlik katsayısı değerleri 90
Çizelge 4.17. Özgül ısı kaybı hesaplarında kullanılan bazı formüller 91
Çizelge 4.18. Isı yalıtımsız bina dolgu duvarı ısı kaybı hesaplama örneği 91
Çizelge 4.19. Farklı kalınlıktaki EPS ve XPS levha yalıtımlı durumlar için örnek projenin ısı kayıpları ve özgül ısı kaybı 93
Çizelge 4. 20. Farklı kalınlıktaki taş yünü ve gaz beton levha yalıtımlı durumlar için örnek projenin ısı kayıpları ve özgül ısı kaybı 94
Çizelge 4.21. Örnek Projenin Aylık Güneş Enerjisi Kazançları 96
Çizelge 4. 22. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamasında kullanılan formüller 97
Çizelge 4.23. Örnek projenin ısı yalıtımsız durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması 98
Çizelge 4.24. Örnek projenin 6 cm XPS yalıtımlı durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması 99
Çizelge 4.25. Isı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız durumların yıllık ve An başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları 101
Çizelge 4.26. Isı yalıtımsız ve yalıtımlı durumların yıllık ısıtma maliyeti hesabı 103
Çizelge 4.27. Farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı durumların yıllık ısıtma maliyeti, ısı yalıtım maliyeti ve geri ödeme süresi 104

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Yalıtımsız binanın ısı kayıp oranları 6
Şekil 2.2. İç ortam sıcaklığı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi 8
Şekil 2.3. Türkiye'de kişi başı seragazı emisyonu 1990-2015 verileri..... 11
Şekil 2.4. 1965-2035 yılları arası Dünya'da gerçekleşen ve gerçekleşmesi öngörülen CO_2 emisyon miktarları..... 11
Şekil 2.5. 2015 yılı Türkiye enerji tüketimi sektörel dağılımı..... 12
Şekil 2.6. 1990-2015 yılları Türkiye enerji talebinin dışa bağımlılık oranı 13
Şekil 2.7. Türkiye yıllık ısı yalıtım malzemesi tüketimi 14
Şekil 2.8. Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü hizmet binası enerji kimlik belgesi örneği 17
Şekil 2.9. Derece gün bögelerine göre illerimiz 19
Şekil 2.10. Ekstrüde polistren levha (XPS)..... 25
Şekil 2.11. Farklı kalınlıklarda ekspande polistiren köpük levhalar (EPS) 26
Şekil 2.12. Poliüretan köpük örneği..... 27
Şekil 2.13. Cam yünü şilte ve cam yünü levha 27
Şekil 2.14. Taş yünü şilte ve taş yünü levha 28
Şekil 2.15. Seramik yünü şilte 29
Şekil 2.16. Ahşap yünü ısı yalıtım malzemeleri 30
Şekil 2.17. Kauçuk köpüğü şilte ve boru tipi yalıtım malzemesi..... 31
Şekil 2.18. Cam köpüğü ısı yalıtım malzemesi..... 32
Şekil 2.19. Melamin köpüğü levha 32
Şekil 2.20. Perlitli betonun ısı yalıtım amacıyla uygulanması 33
Şekil 2.21. Gaz beton yalıtım levhası uygulaması 34
Şekil 2.22. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtımı (Mantolama) 36
Şekil 2.23. Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları..... 38
Şekil 2.24. Çift duvar arası ısı yalıtım (Sandviç duvar) 39
Şekil 2.25. Çatı arası kullanılmayan çatılarda ısı yalıtımı 44

Şekil 2.26. Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı 45
Şekil 2.27. Üzerinde gezilmeyen ters teras çatılarda yalıtım kesiti 46
Şekil 4.1. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı cephe detayı..... 79
Şekil 4.2. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı geleneksel teras çatı detayı..... 81
Şekil 4.3. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı açık geçit üzeri taban detayı..... 83
Şekil 4.4. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı toprak temaslı taban detayı..... 85
Şekil 4.5. Farlı kalınlıktaki ısı yalıtım levhalarının kullanıldığı örnek projenin yalıtımsız duruma göre maliyet farkı 107
Şekil 4.6. Farklı kalınlıktaki ısı yalıtım levhalarının kullanıldığı örnek projenin ısı yalıtım maliyeti geri ödeme süreleri 107
Şekil 4.7. Farklı kalınlıktaki EPS, taş yünü, XPS ve gaz beton ısı yalıtımlı durumların yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranları..... 108

SİMGELER VE KISALTMALAR

η : Verim, kazanç kullanım faktörü

λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri

$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı

$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ısı kazancı

1/U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci

A : Yapı elemanlarının toplam alanı

A_D : Dış duvar alanı

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı

A_i : i yönündeki toplam pencere alanı

A_n : Bina kullanım alanı

A_P : Pencere alanı

A_T : Tavan alanı

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı

A_{top} : Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı

ÇŞB : Çevre ve Şehircilik bakanlığı

d : Yapı bileşeninin kalınlığı

EPS : Ekspande polistiren

$g_\perp$: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

$g_{i,ay}$: i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü

H : Binanın özgül ısı kaybı

H_v : Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

H_T : İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

$I_{i,ay}$: i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti

K : Kelvin

KKO_{ay} : Kazanç / kayıp oranı

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

$r_{i,ay}$: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü

R_e : Dış yüzey ısıl iletim direnci (dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)

R_i : İç yüzey ısıl iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)

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

TS : Türk Standardı

TSE : Türk Standardları Enstitüsü

TSKB : Türkiye Sınai Kalkınma Bankası

XPS : Ekstrüde polistiren

1. GİRİŞ

Günümüzde sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle enerji gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Enerjiye duyulan bu gereksinim, ihtiyaç sahiplerini yeni enerji kaynaklarına yöneltmekte ve mevcut kaynaklardan elde edilen enerjinin verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Bir bina için ısıtma-soğutma giderlerini en aza indirerek, maksimum ısıtma-soğutma sağlamak enerjinin verimli kullanılması olarak tanımlanmaktadır.

Türkiye'nin enerji tüketimi büyük oranda ithalata dayalı olup bu enerji tüketiminde konutlarda ısıtma-soğutma amaçlı kullanılan enerji büyük pay sahibidir. Bu konuda yapılan araştırmalar, ısı yalıtım uygulamaları ile konutlarda büyük oranda enerji tasarrufu sağlandığını göstermektedir. Bu çalışmalar binalarda uygulanan ısı yalıtımının, enerji tasarrufu açısından önemini göstermektedir. Ne yazık ki Türkiye'de bu konuya tasarımcılar, yükleniciler ve kullanıcılar tarafından yeterli önem verilmemekte, bireysel bazda kazanç ve ülke ekonomisine etkileri yeterli olarak bilinmemekte ya da göz ardı edilebilmektedir.

Bu çalışmada binalarda farklı ısı yalıtım malzeme ve uygulama yöntemlerinin açıklanması, ısı yalıtım uygulanmasının enerji tasarrufuna etkisinin belirlenmesi, farklı tür ve kalınlıktaki yalıtım malzemelerinin performansının karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü oluşturan "Giriş" bölümünde çalışmanın amacı ve konusu özetlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümü "Önceki Çalışmalar" bölümüdür. Bu bölümde; ısı, binalarda ısı yalıtımı, binalarda ısı yalıtımının etkileri, ısı yalıtımı ile ilgili standart ve mevzuatlar, farklı ısı yalıtım malzemeleri ve binalarda ısı yalıtım uygulama yöntemleri özetlenmiş ve ısı yalıtımı ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümü "Materyal ve Metot" bölümüdür. Bu bölümde, çalışmada yapılan ısı yalıtım hesaplama yöntemi ve bu hesaplarda kullanılan

tanımlar, standartlar, çizelgeler, eşitlikler, bina yıllık ısıtma maliyeti ve bina ısı yalıtım maliyeti geri ödeme süresinin hesaplanması ile ilgili açıklamalar yer almaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümü "Bulgular ve Tartışma" bölümüdür. Bu bölümde Adana ili Seyhan ilçesinde olduğu varsayılan örnek proje üzerinde farklı tür ve kalınlıkta yalıtım malzemelerinin ısı yalıtım hesapları 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılmış; uygulama maliyeti, ısınma maliyeti, geri ödeme süresi hesapları ve enerji tasarrufu hesapları yapılmış, bu hesaplar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Çalışmanın beşinci bölümü “Sonuçlar ve Öneriler’’ bölümüdür. Bu bölümde çalışmanın sonuçları özetlenmiş ve ısı yalıtımsız durum ile yalıtımlı durumlar karşılaştırılarak ısı yalıtımının önemi vurgulanmıştır. Araştırmacılara, ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde ısı, ısı yalıtımı ile ilgili genel kavramlar açıklanmış ve ülkemizde uygulanan mevzuat özetlenerek, yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

2.1. Isı-Sıcaklık İlişkisi

Sıcaklık, maddeyi oluşturan atom ya da moleküllerin titreşimlerinin artması sonucu oluşan skaler büyüklüktür ve birimi derecedir. Isı ise bir enerjidir ve yüksek sıcaklıktaki maddeden düşük sıcaklıktaki maddeye transfer edilen enerji ısı olarak tanımlanır. Bir enerji çeşidi olan ısının birimi kalori(cal) ve joule'dür (Toydemir ve Ark. 2000).

Bu tanım doğrultusunda; kışın evlerimizde kullandığımız ısıtıcının veya ısıtma sisteminin sıcaklığı ortama göre daha yüksektir. Isı geçişi yüksek sıcaklıktaki maddeden düşük sıcaklıktaki maddeye doğru olmaktadır, böylelikle ısıtıcı ya da ısıtma sisteminden ortama doğru bir ısı transferi gerçekleşmekte ve ortam sıcaklığı artmaktadır.

2.2. Isı Transferi

Isı transferi ısı iletimi (kondüksiyon), ısı taşınımı (konveksiyon) ve ısı ışınımı (radyasyon) olarak üç şekilde gerçekleşir.

-Isı İletimi(Kondüksiyon): Aynı ortamda veya birbirine temas eden farklı ortamlarda yüksek ısı enerjisine sahip olan moleküllerin daha düşük ısı enerjisine sahip olan moleküllere enerjilerini aktarmasıyla oluşan zamana bağımlı ısı enerjisi akışı "iletimle ısı transferi" olarak açıklanır. Isı iletimi bir katı veya durgun bir akışkan içerisinde sıcaklık farkının olmasıyla gerçekleşebilir. Binalarda duvar ve betonarme çerçeve arasındaki ısı transferi sıcaklığın yüksek olduğu kısımdan düşük olduğu bölgeye doğru ısı iletimi yoluyla gerçekleşir (Kamışlı, 2012).

-Isı Taşınımı (Konveksiyon): Hava veya sıvı gibi hareket halindeki bir akışkanla bu akışkanın üstünden aktığı katı yüzey arasında maddelerin farklı sıcaklıkları sonucu gerçekleşen ısı transferi "taşınımla ısı transferi" olarak nitelendirilir (Kamışlı, 2012).

-Isı Işınımı (Radyasyon): Işınımla ısı transferinde, iletim ve taşınımla ısı transferinde olduğu gibi bir ortama gerek yoktur. Maddelerin katı, sıvı ve gaz olarak her üç halde de elektromanyetik dalgalar ile ısı transferi gerçekleştirmesi "ışınımla ısı transferi" olarak nitelendirilir. Isı ışınımına verilecek en güzel örnek Güneş'in yaklaşık 150 milyon km mesafeden Dünya'yı ısıtmasıdır (Kamışlı, 2012).

2.3. Isı Yalıtımı

Sıcaklıkları birbirinden farklı iki madde arasındaki birim zamanda gerçekleşen ısı transferini minimum seviyeye indirgemek için yapılan uygulamaya ısı yalıtımı denir. Bir başka deyişle ısı yalıtımı maddenin mevcut sıcaklığını koruyup, ısı kaybını en aza indirmek için kullanılan bir uygulamadır (Özutku, 2012).

İnsanların vakitlerinin büyük bir kısmını geçirdikleri konut, iş yeri, eğitim binaları, alışveriş ve eğlence merkezleri gibi kapalı yaşam alanlarının sıcaklık, nem, hava akımı gibi iklim koşulları açısından belirli bir ısıl konfor içinde olması gerekir. Bu ortamı sağlayabilmek için kış aylarında iç mekânları ısıtma işlemine, yaz aylarında ise soğutma işlemine gerek duyulur. Isıtma ya da soğutma işlemi için bir enerji kaynağına ve dolayısıyla enerjiye ihtiyaç vardır. Günümüzde her geçen gün azalan enerji kaynakları ve giderek artan enerji ihtiyacı neticesinde enerjiyi daha verimli kullanmak ve enerji talebinin artışını kısıtlayıcı tedbirler almak büyük önem arz etmektedir.

2.4. Binalarda Isı Yalıtımı

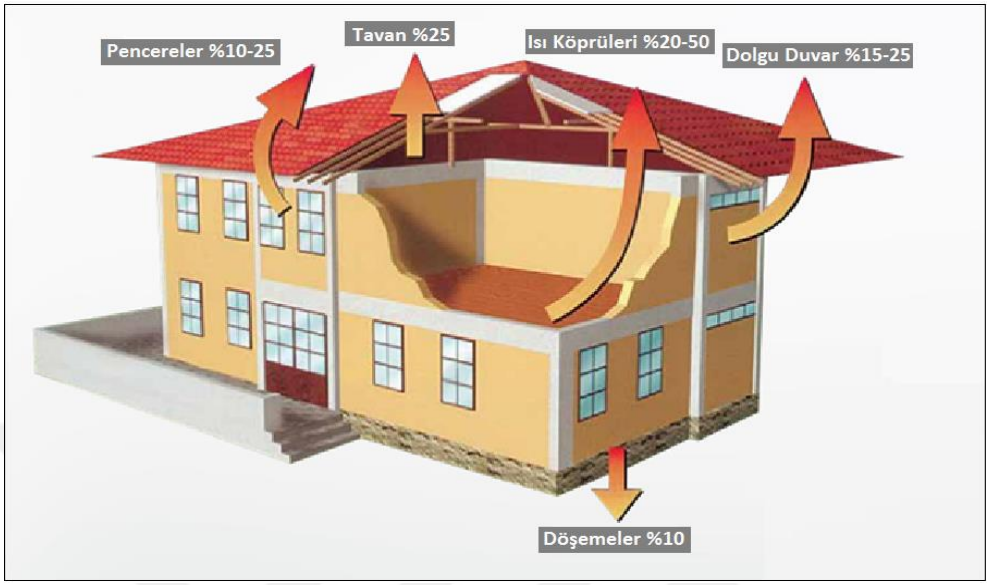
Binalarda enerjinin daha verimli kullanılması için ısı yalıtımı uygulanabilecek en etkin tedbirlerdendir. Binalarda ısı yalıtımı uygulamasıyla iç ve dış mekânlar arasında ısı geçişi azalacağından ısıtma ve soğutma giderleri en aza inerek hem hane ekonomisine katkı sağlanacak, hem de ekonomik açıdan büyük oranda dışa bağımlı olduğumuz fosil enerji kaynaklarına olan talebin artması önlenecektir.

Isı yalıtım uygulaması olmayan binalarda; dış duvarlar, ısıtılmayan hacme açık iç duvarlar, tavanlar, pencereler, ısıtılmayan hacim üzerinde bulunan döşemeler, temel üzerinde bulunan döşemeler ve açık galerilerin üzerindeki döşemeler ısı kaybederler. Tüm bu ısı kayıpları, binanın ısıtma ve soğutma işlemi için tüketilen enerji ihtiyacının artmasına sebep olur.

Yapıda muhtemel ısı kayıplarının oranları Şekil 2.1'de görülmekte olup, yaklaşık ısı kayıp oranları aşağıda verilmiştir.

Yalıtımsız binalarda ortalama ısı kayıpları;

- % 10 döşeme veya temeller,
- % 10-25 pencereler,
- % 25 tavanlar,
- % 15-25 dolgu duvarlar,
- % 20-50 ısı köprüleri kaynaklı yaşanmaktadır.



Şekil 2.1. Yalıtımsız binanın ısı kayıp oranları (Stroton, 2017)

Isı kayıp oranları Şekil 2.1.'de yaklaşık olarak belirtilmiş olup, bu oranlar bina oturum alanı ve bina cephe alanlar toplamına göre farklılık gösterebilir (Stroton, 2017).

Isı geçişlerinde yapı elemanlarının çevrelerine göre daha az ısı yalıtımı olan ve daha çok ısı geçişine maruz kalan bölgeler ısı köprüsü olarak adlandırılır. Bir başka deyişle ısı köprüsü, yapılarda ısı transferinin yoğun olduğu bölgeleri ifade eder. Binalarda yalıtım sırasında ısı köprüleri oluşmaması için ve ısı kaybını en aza indirgemek için ısı yalıtımının kesintisiz olarak yapılması gereklidir. Isı köprülerinin bina ısı kaybındaki etkisi Şekil 2.1'de görülmektedir. Bu oranlar sonucu, yapılarda ısı köprüsü oluşturan betonarme yüzeylerin ısı kayıpları açısından dikkat edilmesi gereken en kritik yapı elemanlarından olduğu görülmektedir (Stroton, 2017).

2.5. Isı yalıtımının Önemi ve Etkileri

Isı yalıtım uygulamaları ısı kayıplarını azaltır böylece ısı kaybı sebebiyle oluşabilecek ısıtma-soğutma sistemi işletim ve yatırım giderlerini düşürür. Isı yalıtımı uygulaması ile yapıdaki ısı kayıpları azalacağı için iç mekânlardaki ısı homojen bir şekilde yaşama alanlarına dağılacak ve insanlar için ısıl konforun mevcut olduğu yaşam alanları oluşacaktır. Isıtma ve soğutma sistemlerinin gün içi kullanım sürelerinin azalması sonucu enerji kaynağı tüketimi azalacak ve fosil kaynak tüketiminden kaynaklı ozon salınımı da aynı oranda azalacaktır.

Yalıtımsız binalarda yapı elemanları aşırı ısıl gerilmelere maruz kalabilmektedir. Isı yalıtımı ile yapı elemanlarında aşırı ısı geçişi olmayacağı için taşıma ve destek görevi gören elemanların iç ve dış yüzeylerinde meydana gelebilecek ısı farklılıklarına bağlı olan termal gerilmelerin önüne geçilir (Karaca, 2007).

Isı yalıtımsız binalarda rutubet ve korozyona karşı sıva ve boyalarda dökülmeler görülebilir, ısı yalıtımı bu tür deformasyonları önler, binanın ömrüne pozitif yönde etki ederek bina ömrünü uzatır.

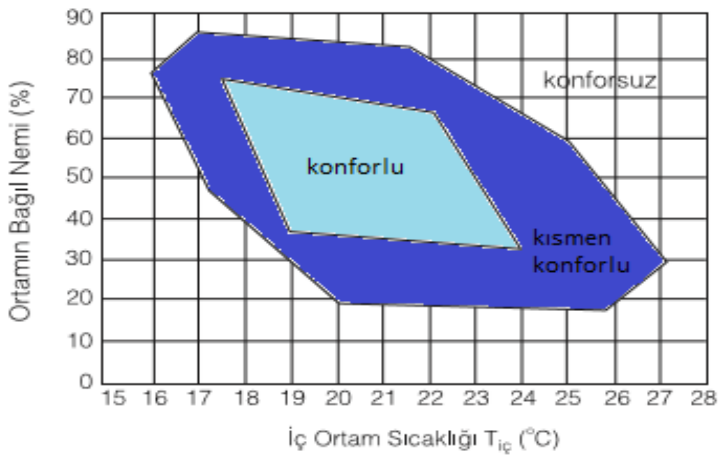
2.5.1. Isı Yalıtımının Isıl Konfora Etkisi

Isıl konfor, vücudumuzun ısıl çevre ile etkileşiminden duyduğu ve zihnimizde algılanan rahatlık ya da rahatsızlık ölçüsüdür. Isıl konforun algılanması hava sıcaklığı, nem, radyant ısı (ışınım/ ışık ısısı), hava akım hızı, metabolik hız gibi çevresel ve kişisel faktörlere göre farklılık gösterebilir. Ortamda bulunan bütün bireylerin ısıl etkileşim içerisinde olacağı ısıl çevre farklıdır, fakat ortamda bulunan bireylerin geneli için oluşturulması gereken ısıl çevreden bahsedilebilir (İmancı, 2014).

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standartlarına göre ideal ısıl ortam koşulları için ortam sıcaklık değerinin 20 – 25.5 °C ve ortam neminin % 30 - 60 arasında olması sağlanmalıdır. Vücut yüzey alanı, günlük kullandığımız giysiler ve günlük

aktivitelerimiz de termal konforun sağlanmasında belirleyici faktördür. Dinlenme durumunda ve hareket halindeyken vücut sıcaklığı farklılık gösterir. Örnekleyecek olursak; vücut sıcaklığı ayağa kalkma durumunda 0.85 °C, ortamda dolaşma durumunda ise 3.5 °C artış göstermektedir (İmancı, 2014).

Şekil 2.2'de kış koşullarında iç ortam sıcaklığı ile ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi görülmektedir. Kış mevsiminde %30 ile %70'lik bir bağıl nem normal bir iç ortam sıcaklığı için konfor hissi verebilmektedir. (Karakoç ve ark, 2011)



Şekil 2.2. İç ortam sıcaklığı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi (Karakoç Ve Ark, 2011)

Hava sıcaklığındaki düşey farklılık fazlalığı, radyan sıcaklık asimetrisi (ışınımla oluşan sıcaklık asimetrisi), vücudun bir bölgesinin sıcaklığının lokal hava akımı ile düzensiz değişimi, zeminin ortama göre çok sıcak ya da çok soğuk olması, sıcaklığın zamana bağlı olarak aşırı değişim göstermesi, ortam sıcaklığının dönemsel olarak fazlaca yükselip alçalması gibi etkilerden dolayı ortamdaki ısıl konfor olumsuz yönde etkilenmektedir (İmancı, 2014).

Isı yalıtımı, binanın yapı elemanları arasındaki ısı transferini yalıtımsız duruma göre azaltacaktır. Isı yalıtımlı binada ısı transferi azalacağı için

iklimlendirilen iç ortam hava sıcaklığı daha az değişkenlik gösterecek, zemin ve iç duvar yüzey sıcaklığı ile iklimlendirilen ortam sıcaklık farkı yalıtımsız duruma göre azalacaktır, ayrıca ısı yalıtım uygulamasıyla ısı iklimlendirilen ortama eşit şekilde yayılacaktır. Isıl konfor gerekliliklerinden olan hava sıcaklık farklarının en aza indirgenmesi için ısı yalıtım uygulaması ön plana çıkmaktadır. Çizelge 2.1'de duvar iç yüzey sıcaklık ve ortam sıcaklığı farkının konfor durumuna etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. İç ortam ve duvar iç yüzey sıcaklıkları farkı ve konfora etkisi (Özutku, 2012)

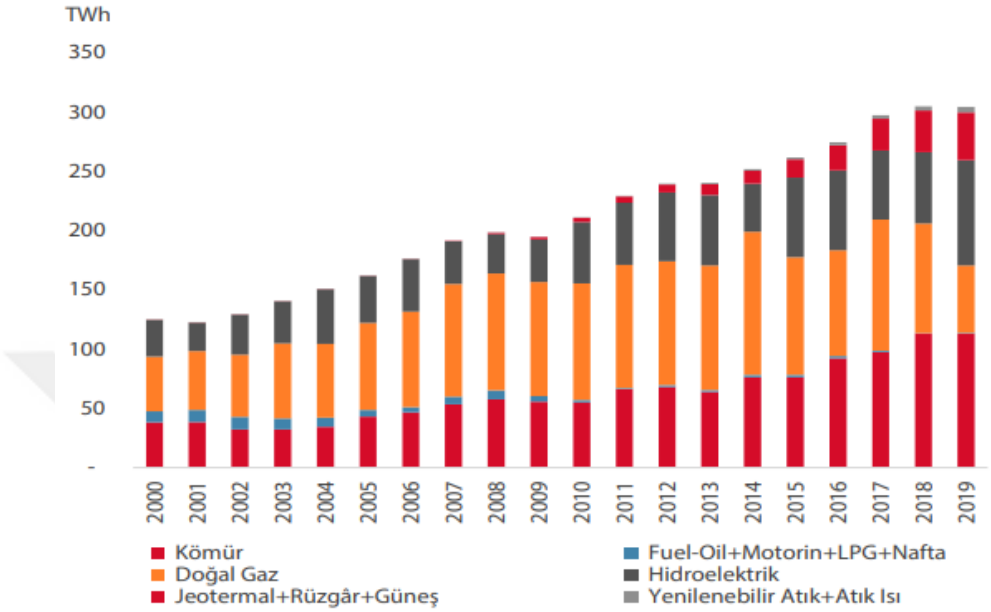
Duvar ile iç ortam arasındaki sıcaklık farklı (^{0}C)	Konfor durumu
2	Çok Konforlu
3	Konforlu
4	Az konforlu
6	Konforsuz
8,5	Soğuk
>8,5	Çok Soğuk

2.5.2. Isı Yalıtımının Çevreye Etkileri

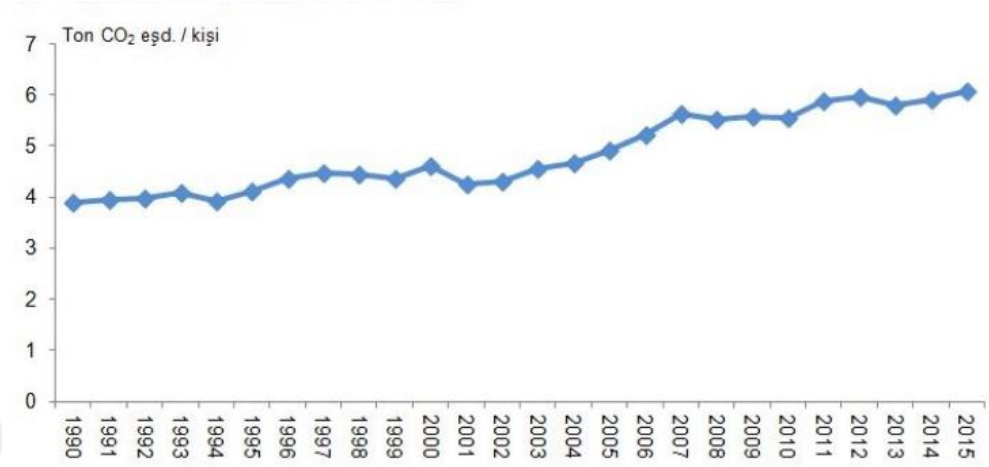
Fosil enerji kaynaklarının tüketimindeki artış çevremizi tehdit etmektedir. Fosil yakıt tüketimi atmosferdeki karbondioksit seviyesinin artmasına ve oksijen oranının azalmasına neden olur. Zararlı gazlar olan karbondioksit, metan gibi sera gazlarının atmosferdeki seviyesinin artması, küresel ısınmanın artması, topraktaki asit oranının artması, ozon tabakasının incelmesi, iklim dengesinin bozulması gibi sorunlar oluşturur (Pieprzyk ve ark., 2009).

Çizelge 2.2'de Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre brüt elektrik üretim değerleri verilmiştir. Kömür, sıvı yakıtlar, doğal gaz, çok yakıtlı enerji kaynakları fosil kaynaklar olarak sınıflandırılmakta olup bu kaynaklardan üretilen elektrik 2000 yılından 2019 yılına kadar artış göstermiştir.

Çizelge 2.2. 2000 ve 2019 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye brüt elektrik üretimi (TSKB, 2020)

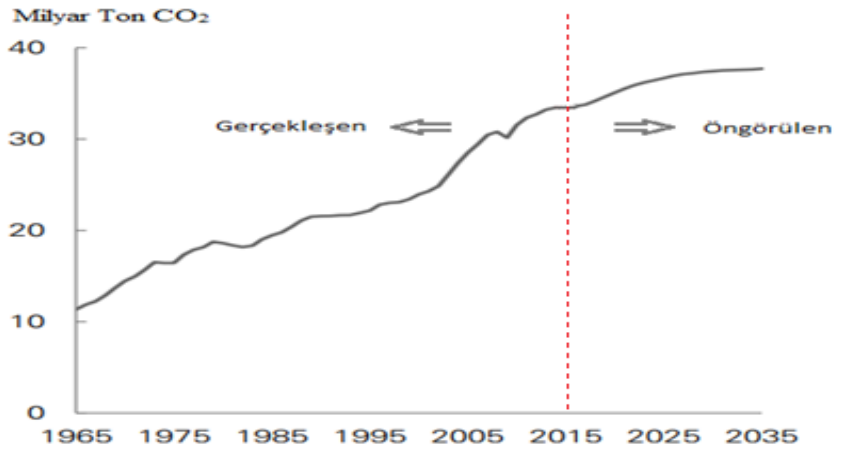


Türkiye seragazı emisyon istatistiklerine göre, 2015 yılında toplam seragazı emisyonu CO_2 eşdeğeri olarak 475,1 milyon ton olarak hesaplanmıştır. 2015 yılı emisyon ölçümlerinde CO_2 eşdeğeri olarak en büyük payı %71,6 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %12,8 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,1 ile tarımsal faaliyetler ve %3,5 ile atıklar takip etmektedir. CO_2 eşdeğeri olarak 2015 yılı toplam seragazı emisyonu, 1990 yılına göre %122 artış göstermiştir. Şekil 2.3'teki grafikte verilen emisyon oranlarına göre 1990 yılında 3,88 ton/kişi olarak hesaplanan kişi başı CO_2 eşdeğer emisyonu, 2015 yılında 6,07 ton/kişi olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2.3. Türkiye'de kişi başı seragazı emisyonu 1990-2015 verileri (TÜİK, 2017)

Şekil 2.4.'te dünyamızda 1965 yılından 2015 yılına kadar gerçekleşen CO_2 emisyon değerleri ve 2015 yılı sonrası gerçekleşmesi öngörülen CO_2 emisyon değerleri verilmiştir.

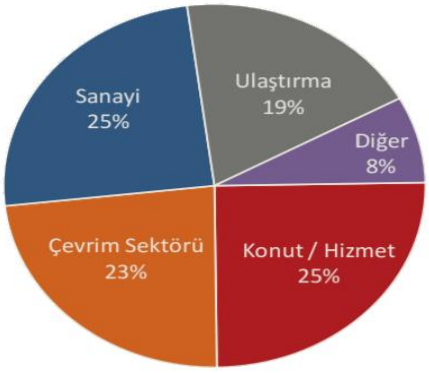


Şekil 2.4. 1965-2035 yılları arası Dünya'da gerçekleşen ve gerçekleşmesi öngörülen CO_2 emisyon miktarları (BP, 2017)

Konutlarda ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan enerjiye olan talebi ve fosil kaynak kullanımının çevreye verdiği zararı azaltmak için ısı yalıtım uygulaması akla gelen etkin yöntemlerdendir. Binalarda ısı yalıtım uygulamaları sayesinde ısıtma ve soğutma araçlarının gün içi kullanım sürelerinin azalması ve dolayısıyla enerji tüketiminin verimli hale getirilmesi mümkündür.

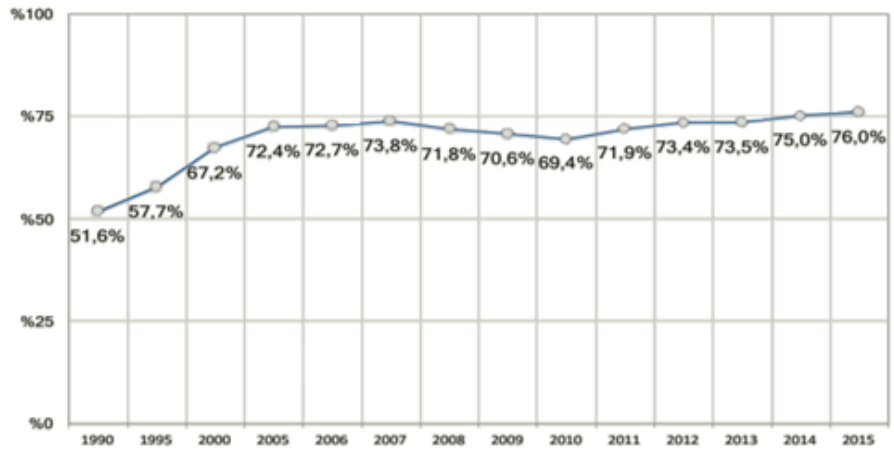
2.5.3. Isı Yalıtımının Ekonomik Etkileri

Türkiye 2015 yılı enerji tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde; %23'ü enerji çevrim sektöründe, %25'i konut ve hizmet sektöründe, %25'i sanayide ve %19'u ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır (Türkiye Petrolleri, 2017).



Şekil 2.5. 2015 yılı Türkiye enerji tüketimi sektörel dağılımı (Türkiye Petrolleri, 2017)

Ülkemizin birincil enerji talebinin yerli üretim ile karşılanma oranı 2015 yılında %24'tür. Diğer bir ifadeyle, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı, son on yılın en yüksek seviyesi olan %76 seviyesindedir. Şekil 2.6.'da Türkiye'nin enerji talebinin dışa bağımlılık oranının 1990-2015 yılları arasında artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Türkiye Petrolleri, 2017).

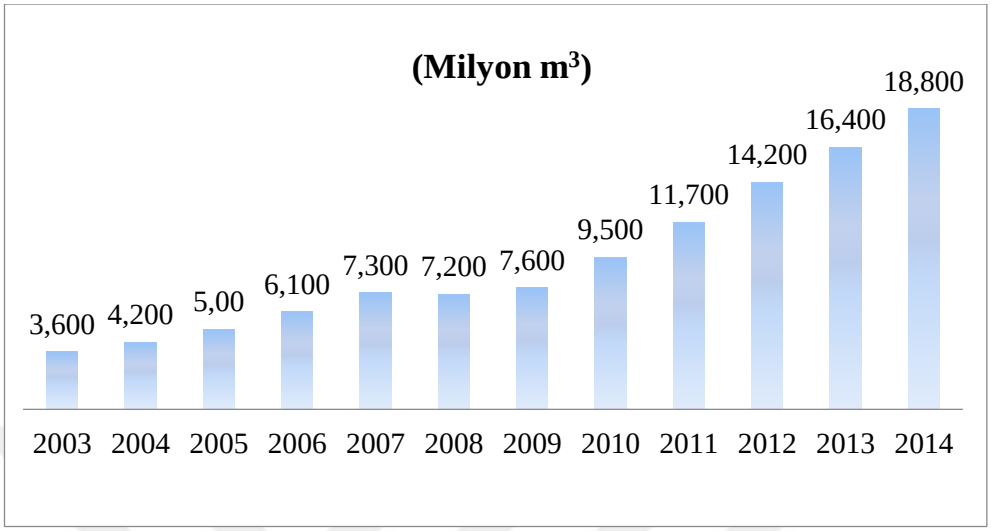


Şekil 2.6. 1990-2015 yılları Türkiye enerji talebinin dışa bağımlılık oranı (Türkiye Petrolleri, 2017)

Türkiye'de mevcut enerji piyasası düşünüldüğünde tasarruf potansiyeli oldukça yüksektir. Konut enerji tüketiminin yaklaşık %70'i ısıtma, soğutma ve sıcak su temini amacıyla kullanılmaktadır. Binaların enerji verimli olarak inşa edilmesi ve mevcut binaların da enerji verimli hale getirilmesi ile ithal edilen enerjinin %10'u kadar tasarruf yapılabilir. Bu tasarruflarla hane bütçesine yaklaşık %5 oranında bir kazanç sağlanabilmektedir. Bu tasarruf ile ülke ekonomisine yıllık milyarlarca TL'lik tasarruf yapılarak enerjide dışa bağımlılık azalabilir ve ülke ekonomisinde rahatlama sağlanabilir (Türkiye Petrolleri, 2017).

2.6. Türkiye'de Isı Yalıtımın Durumu

Ülkemizde ısı yalıtım uygulamaları ve ısı yalıtım malzeme talepleri son yıllarda gittikçe artmaktadır. Yasal zorunluluklar, ısı yalıtım uygulamasının hane sakinlerinin enerji giderlerini azaltması, çevreye olan hassasiyetin artması gibi sebepler ısı yalıtım malzemesi kullanımının artmasında etkili olmuştur. Şekil 2.7.'de verilen Türkiye'nin 12 yıllık ısı yalıtım malzemesi kullanım miktarlarında görüldüğü gibi ısı yalıtım pazarı her geçen yıl gittikçe büyümekte ve ısı yalıtım talebi her geçen yıl artmaktadır.



Şekil 2.7. Türkiye yıllık ısı yalıtım malzemesi tüketimi (Durmuş, 2014)

2.7. Isı Yalıtımla İlgili Kanun, Yönetmelik ve İlgili Düzenlemeler

Ülkemiz enerji sektöründe dışa bağımlı bir ülkedir, 2015 yılında Türkiye enerji talebinin dışa bağımlılık oranı %76 olarak gerçekleşmiştir, yani ürettiği enerjiden fazlasını yurtdışından temin etmektedir (Şekil 2.6). Son 10 yılda yenilenebilir enerjinin kullanımı ve yatırımının teşviki konusunda ilerlemeler yaşanmış olmasına rağmen, Türkiye'nin hızlı nüfus artışı ve endüstriyelleşmesi sebebiyle yurtdışından temin edilen enerji miktarlarındaki artış sürmektedir. Bu sebeple enerji verimliliği konusu son dönemde ciddi gündeme sahip olmuştur ve Türkiye'nin bu konuda atabileceği birçok adım bulunmaktadır. Enerji maliyetinin düşürülmesiyle elde edilen kazanç, enerji talebinin azalmasıyla ekonomide dışa bağımlığının asgari seviyeye indirilmesi, iklim değişikliğiyle mücadele, çevresel sürdürebilirlik ve verimli enerji kullanımının kazanımlarından sadece birkaçıdır.

Ülkemizde enerji kullanımına yönelik en önemli yasal uygulama 2007 yılında yürürlüğe giren 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu olmuştur. 5627 Sayılı Kanunu takiben bu kanunu destekleyen pek çok yasal düzenleme yürürlüğe girerek uygulanmaya başlanmıştır (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3. Enerji verimliliği ve ısı yalıtımı ile ilgili başlıca kanun ve düzenlemeler (Dünya Bankası, 2015)

YIL	KANUN, YÖNETMELİK VE DÜZENLEMELER
2007	Enerji Verimliliği Kanunu
2008	Elektrik Piyasa Kanununun Değiştirilmesi
	Enerji Kaynaklarında ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik
	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
2010	Enerji ile İlgili Ürünlerin Çerçeve Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik
	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
	KOSGEB Destekleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
	Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ
2011	Enerji Kaynaklarında ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik
	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
2012	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023
2013	10. Kalkınma Planı
2013	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
2017	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
2018	11. Kalkınma Planı

Konut alanında enerji verimliliğinin sağlanmasında ısı yalıtımı önemli role sahiptir. Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi Türkiye'de enerji verimliliği ve ısı yalıtımla

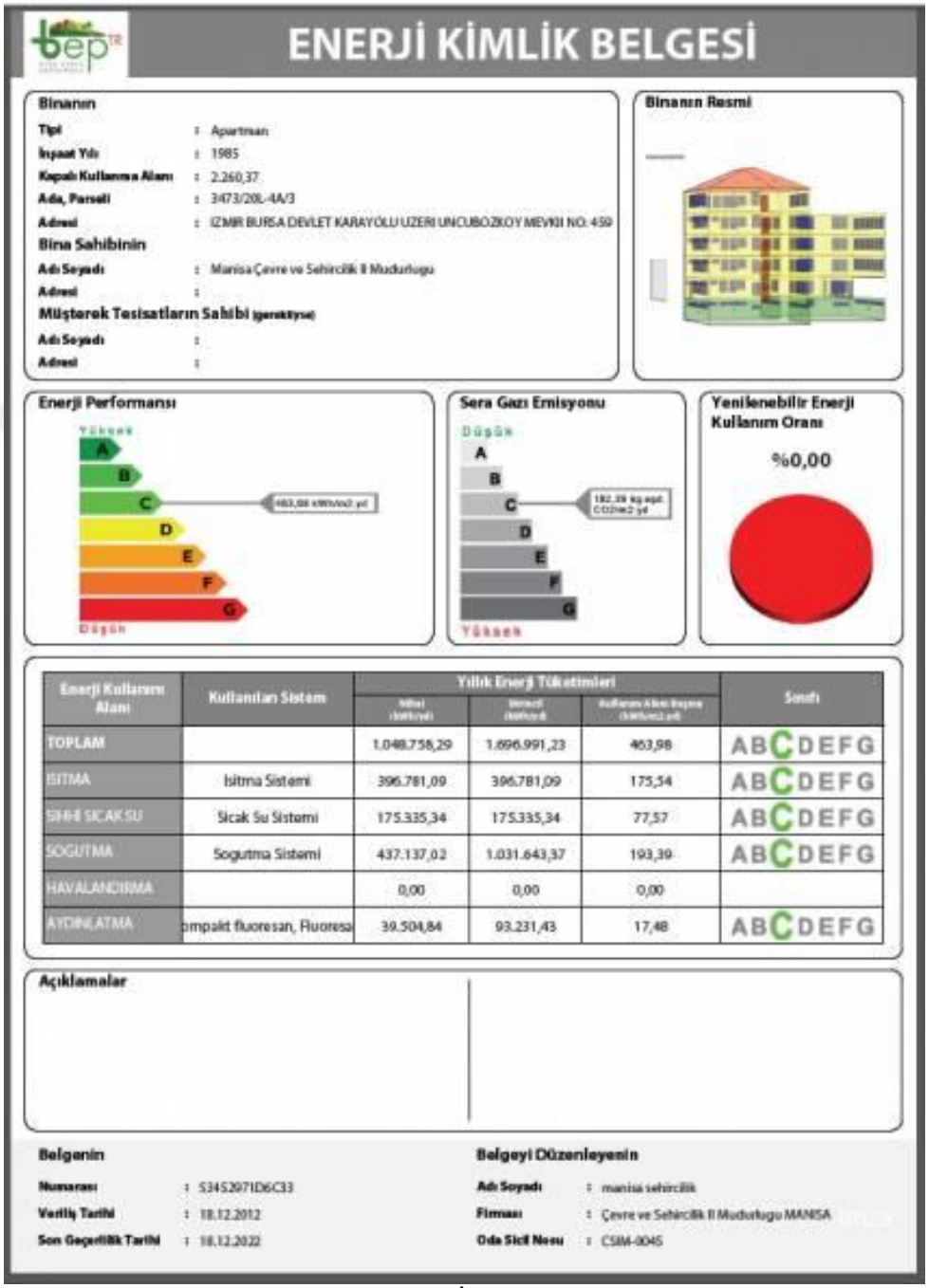
ilgili yayımlanan mevzuat ve düzenlemelerle ısı yalıtımın önemi her geçen yıl artmaktadır.

2.7.1. Enerji Verimliliği ve Enerji Kimlik Belgesi

Enerji verimliliği önlemleri ve ilgili mevzuatın temelleri Mayıs 2007 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na dayanmaktadır. Enerji verimliliği kanununda 2008 yılında yapılan küçük bir değişiklik haricinde bugüne kadar bir değişiklik yapılmamıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016).

Kanunda konunun içerik olarak açıklanması ikincil mevzuatlara bırakılmıştır. Kanunun yürürlüğe girmesini takiben kanunda belirtilen konulara açıklık getirmek ve uygulamayı düzenlemek maksadıyla birçok yönetmelik, tebliğ ve genelge yayımlanmıştır.

5627 Sayılı ''Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'' esas alınarak binalarda enerji tasarrufunu sağlamak için binanın minimum enerji ihtiyacını belirleme, enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri, sera gazı emisyon seviyesi ve ısıtma-soğutma cihazlarının verimi ile ilgili tespitlerin yapılmasını öngören yönetmeliğe göre binalar için Enerji Kimlik Belgesi düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Şekil 2.8'de Enerji Kimlik Belgesi örneği verilmiştir.



ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Binanın

Tipi : Apartman
İnşaat Yılı : 1985
Kapalı Kullanma Alanı : 2.260,37
Ada, Parseli : 3473/208,-4A/3
Adresi : İZMİR BURSA DEVLET KARAYOLU UZERI UNCUBOZKOY MEVKII NO: 459

Bina Sahibinin

Adı Soyadı : Manisa Çevre ve Sehircilik İl Mudurlugu
Adresi :

Müşterek Tesisatların Sahibi (gerektiyse)

Adı Soyadı :
Adresi :

Binanın Resmi

Enerji Performansı

Yüksek
A
B
C
D
E
F
G
Düşük

Sera Gazı Emisyonu

Düşük
A
B
C
D
E
F
G
Yüksek

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

%0,00

Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı
TOPLAM		1.048.758,29	1.696.991,23	463,98	A B C D E F G
ISITMA	Isıtma Sistemi	396.781,09	396.781,09	175,54	A B C D E F G
SIHHİ SICAK SU	Sıcak Su Sistemi	175.335,34	175.335,34	77,57	A B C D E F G
SOGUTMA	Soğutma Sistemi	437.137,02	1.031.643,37	193,39	A B C D E F G
HAVALANDIRMA		0,00	0,00	0,00	
AYDINLATMA	ompakt fluoresan, Fluoresa	39.504,84	93.231,43	17,48	A B C D E F G

Açıklamalar

Belgenin

Numarası : 5345297ID6C33
Veriliş Tarihi : 18.12.2012
Son Geçerlilik Tarihi : 18.12.2022

Belgeyi Düzenleyenin

Adı Soyadı : manisa sehircilik
Firması : Çevre ve Sehircilik İl Mudurlugu MANİSA
Oda Sicil No : CSİM-8045

Şekil 2.8. Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü hizmet binası enerji kimlik belgesi örneği (Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Avrupa Birliği (AB) uyum süreci kapsamında yürürlüğe koyduğu Enerji Kimlik Belgesi uygulaması, mevcut ve yeni binalar içinde de zorunlu hale getirilmiştir. 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren yeni binalar için yürürlüğe giren Enerji Kimlik Belgesi zorunluluğu 1 Ocak 2020 tarihine kadar mevcut binalar için de zorunlu hale gelmiştir.

Enerji Kimlik Belgesi uygulaması için "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'' kapsamında; "1 Ocak 2011 tarihi öncesi yapı ruhsatı alan, yapımı devam eden veya yapımı tamamlanmış binalar mevcut bina, bu tarihten sonra yapı ruhsatı alan binalar ise yeni bina olarak değerlendirilmektedir''.

Enerji Kimlik Belgesi uygulaması sanayi tesisleri, kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, kullanım alanı 50 m^2'den az olan binalar, atölyeler, ısıtma veya soğutmanın gerek olmadığı depo, ahır gibi binalar ve mücavir alan dışında kalan toplam inşaat alanı 1.000 m^2'den az olan binalar haricindeki bütün binalarda zorunludur.

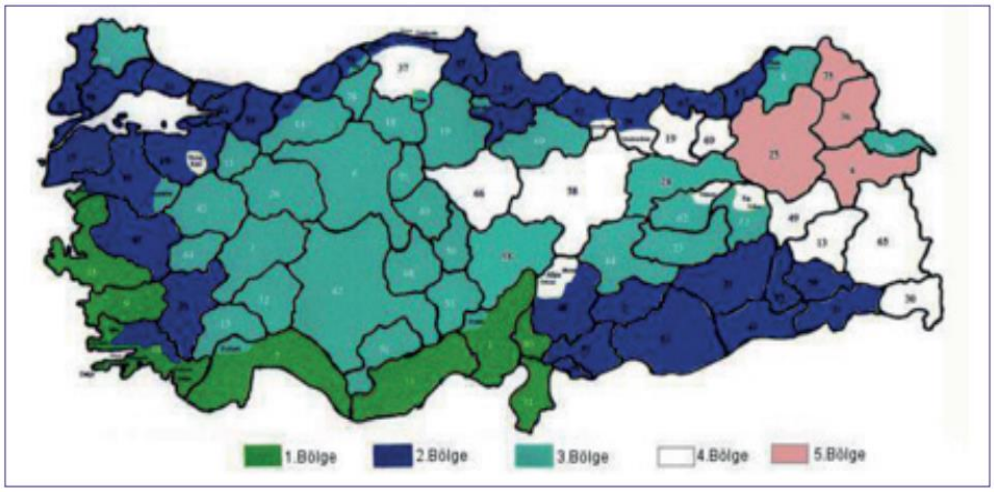
01.01.2011 tarihinden önce yapı ruhsatı almış olan ve yönetmelikte mevcut bina olarak geçen binalara Enerji Kimlik Belgesi almak için, binaya mantolama yapılması zorunlu değildir. Binanın enerji sınıfı; A - B - C - D - E – F – G sınıfından herhangi biri olabilir. Yönetmelikte yeni bina olarak geçen binaların Enerji Kimlik Belgesi alabilmesi için A, B ya da C sınıfı yapı olması gerekmektedir.

Kanuna göre zorunlu olan husus mantolama yaptırmak değil, 01.01.2020 tarihi itibariyle mevcut tüm binaların enerji kimlik belgelerinin alınmış olmasıdır. Enerji Kimlik Belgesi düzenlendikten sonra 10 yıl süre ile geçerlidir ve bu süre sonunda belgenin yenilenmesi zorunludur. Enerji Kimlik Belgesi'nin binanın tamamı için düzenlenmesi şarttır ve isteğe bağlı olarak, kat mülkiyeti içindeki her bir daire için ayrı olarak Enerji Kimlik Belgesi alınabilir.

2.7.2. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları

Türkiye'deki binaların ısı yalıtımıyla ilgili standart, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardıdır. TS 825'in, Avrupa Birliği standartlarına uyarlanan ilk hali 1998 yılında yürürlüğe girmiştir. TS 825 standardı, 08 Mayıs 2000 tarih 24043 sayılı Resmi Gazete'de yer almasıyla 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren uygulaması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. 24 Mayıs 2008 tarihinde yayınlanan standart 1998 tarihli standardın yerine geçmiş, 26 Ağustos 2008 tarihinde 23725 sayılı Resmi Gazete'de yer almasıyla uygulanması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmiştir. 18.12.2013 tarihinde 2008 tarihli standart yerini 18.12.2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına bırakmıştır fakat uygulaması zorunlu standart olarak yürürlüğe girmemiştir.

TS 825 standardı, bir binada enerjinin verimli kullanılması için gereken ısı yalıtımlarının yapılmasında proje aşamasından başlayarak uygulama standartlarını, malzeme yalıtım değerlerini, binaların aylık ve yıllık enerji ihtiyacının belirlenmesi için gereken hesaplamaları, yoğuşma hesaplarını ve formülleri kapsamaktadır. TS 825/ Aralık 2013'e göre ayrıca Türkiye 1., 2., 3., 4. ve 5. derece gün bölgesi olmak üzere farklı iklim bölgelerine ayrılmıştır (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Derece gün bölgelerine göre illerimiz (TSE, 2013)

2.8. Isı Yalıtım Malzemelerinin Tanımı

Bütün maddeler ısıyı farklı oranlarda iletmektedir. Maddelerin ısıyı az ya da çok iletmesi maddenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlıdır. Malzemelerin ısıyı yalıtma özelliği de ısı iletim özelliği gibi malzemenin cinsine göre farklılık gösterir. İki veya daha fazla malzeme arasında sıcaklık farkından dolayı birim zamanda oluşan ısı transferini en aza indirmek ya da engellemek için kullanılan malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir. Türk Standardı TS 825 ve Alman Standardı DIN 4108'e göre bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak nitelendirilebilmesi için ısı iletkenlik değerinin, (λ) 0,060W/m.K değerinin altında olması gerekir (Ekinci, 2010).

2.9. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıda verilmiştir.

- Isı İletkenliği Katsayısı
- Yoğunluk
- Isıl Direnç
- Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı
- Yangın Dayanımı
- Hacimce su emme
- Malzeme Ömrü ve Ekonomiklik

2.9.1. Isı İletkenliği Katsayısı

Isı iletkenliği, bir maddenin birim zamanda ısı transfer edebilme kapasitesidir. Isı iletim katsayısı ise birbirine paralel iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1 ^{o}C ya da 1 K olan homojen bir malzemenin, 1 m^2'sinden 1 saat sürede ve 1 m kalınlıkta dik olarak geçen ısı miktarıdır. Isı iletim katsayısı λ sembolüyle ifade

edilir ve birimi W/mK'dir (Karakoç ve Ark., 2011). Çizelge 2.4'te farklı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları verilmiştir.

Düşük ısı iletim katsayısına sahip malzemeler, yüksek ısı yalıtım özelliğine sahiptirler. Isı yalıtım malzemesi seçiminde ısı iletkenlik katsayısının düşük olması, ısı yalıtım verimi açısından yapıya olumlu kazanımlar sağlayacaktır.

Çizelge 2.4. Bazı malzemelerin ısı iletkenlik hesap değer aralıkları (Türkmen, 2016)

Malzeme	Isı İletkenlik Hesap Değer Aralıkları W/(m.K)
Metaller	35,0 - 384,0
Donatılı Beton	2,20 - 2,50
Donatısız Beton	1,65 - 2,10
Tuğla	0,19 - 1,40
Gaz Beton	0,11 - 0,29
EPS, XPS, PUR Türü Isı Yalıtım Malzemeleri	0,020 - 0,045

2.9.2. Yoğunluk

Yoğunluk, maddenin kütlesinin kapladığı hacme oranıdır, kg/m^3 birimi ile ifade edilir. Yoğunluk ısıl iletkenlik değeri bakımından belirleyicidir. Düşük yoğunluklu madde yapısında yüksek miktarda boşluklar içerir. Yalıtım malzemesinin yapısında boşlukların artması yani yoğunluğunun az olması ısı iletiminin azalmasına dolayısıyla malzemenin ısı yalıtım özelliğinin artmasına sebep olmaktadır (Türkmen, 2016).

2.9.3. Isıl Direnç (Isıl İletkenlik Direnci)

Isıl direnç, malzeme kalınlığının ısıl iletkenliğine bölünmesi sonucu hesaplanan katsayıdır. Bir malzemenin ısıl direnç değerinin fazla olması o malzemenin ısı yalıtım özelliğinin fazla olması anlamına gelir (Türkmen, 2016).

2.9.4. Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı

Isının yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru hareket etmesi gibi su buharı da sıcaklık değeri ve nem oranına bağlı olarak, kısmi buhar basıncının yüksek olduğu taraftan basıncın düşük tarafa doğru ilerler. Bu ilerleme sırasında su buharı bir dirençle karşılaşır. Malzemelerin su buharı geçişine karşı gösterdikleri direncin, havanın su buharı difüzyon direncine bölünmesiyle elde edilen katsayı, su buharı difüzyon direnç katsayısı olarak adlandırılır ve μ ile gösterilir. μ değerinin büyük olması malzemede su buharı geçişinin azalması anlamına gelir. Su buharının tamamen geçişi halinde μ=1 ve su buharının hiç geçmemesi halinde μ=∞ olarak tanımlanır. μ değeri 10.000-100.000 arasında ise bu tür malzemeler buhar kesici malzemeler olarak adlandırılır. Isı yalıtım malzemesi seçiminde su buharı difüzyon direncinin yüksek olmasına dikkat edilmelidir (Karakoç ve Ark., 2011).

2.9.5. Hacimce Su Emme

Su ve nem ısı yalıtım malzemeleri için istenmeyen etmenlerdir. Yalıtım malzemesinin su alması durumunda, su ısı yalıtım malzemesindeki hava boşluklarını dolduracaktır ve ısı iletim özelliği havadan çok daha fazla olan su yüzünden ısı yalıtım sisteminin ısı iletimi artacaktır (Türkmen, 2016).

2.9.6. Yangın Dayanımı

Isı yalıtım malzemesinin yangın güvenliği açısından seçilmesinde, binanın kullanım amacı, seçilen malzemenin yangın dayanımının yüksek olması, yangın sırasında alevi yayma hızı, bu sırada çıkan zararlı gaz özellikleri ve yönetmeliklerde belirtilen standartların malzeme kullanımına uygunluğu önem arz etmektedir.

‘‘Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik’’ kapsamında yüksekliği 28,50 metreden fazla olan binaların dış cephelerinin ısı yalıtım uygulamalarının zor yanıcı sınıf malzemeden yapılmasına ve döşeme üzeri ısı yalıtımda kolay alevlenen malzeme kullanımının

ancak ısı yalıtım malzemesi üzeri 2 cm kalınlıkta şap imalatı yapılması koşuluyla uygulanmasına müsaade edilmektedir (Resmi Gazete, 2015). Çizelge 2.5.'te döşemeler hariç yapı malzemeleri yanıcılık sınıfları verilmiştir.

Çizelge 2.5. Döşemeler hariç yapı malzemeleri yanıcılık sınıfları (TS EN 13501-1)

Döşemeler Hariç Yapı Malzemeleri Yanıcılık Sınıfları		
Malzemenin Yanıcılık Özelliği	TS EN 13501-1	
Hiç Yanmaz	A1	
Zor Yanıcı	A2- s1,d0	
Zor Alevlenici	B-S1,d0	A2-S1,d1
	B1 C-S1,d0	A2-S1,d2
	A2-S2,d0	B-S1,d1
	A2-S3,d0	C-S1,d1
	B- S2,d0	C-S1,d2
	B-S3,d0	A2-S3,d2
	C-S2,d0	B-S3,d2
	C-S3,d0	C-S3,d2
	B-S1,d2	
Normal Alevlenici	D-S1,d0	D-S3,d1
	D-S2,d0	D-S1,d2
	D-S3,d0	D-S2,d2
	E	D-S3,d2
	D-S1,d1	E-d2
	D-S2,d1	
Kolay Alevlenici	F	
Yanma davranışı	Duman oluşumu	Yanma damlaları oluşumu
A, B, C, D, E, F	s1, s2, s3	d0, d1, d2

NOT: Bir sınıflandırmanın s3 ve/veya d2 sınıflarını içermesi, yangın sırasında duman oluşumunun ve/veya yanma damlacıkları/tanecikleri oluşumunun fazla olduğu durumu ifade eder.

2.9.7. Malzeme Ömrü ve Ekonomik

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde öncelikle belirtilen özelliklere sahip olması yanında malzemenin ekonomik olmasına bakılmalıdır. Yapıda kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin yatırım maliyetinin düşük olmasına, yalıtımsız duruma göre ısıtma ve soğutma giderlerini en aza indirmesine, yalıtım sistemi sayesinde yapılan tasarrufun yatırım maliyetini ne kadar sürede karşılayacağına dikkat edilmelidir. Bunların yanı sıra projemizde kullanılacak ısı yalıtım malzeme ve sisteminin kullanım ömrünün fazla olması, yalıtım malzemesi ömrünün bina kullanım ömründen az olmaması da dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

2.10. Isı Yalıtım Malzemeleri

Türkiye'de sık kullanılan ısı yalıtım malzemeleri aşağıda özetlenmiştir.

2.10.1. Ekstrüde polistren köpük (XPS)

XPS, polistren hammaddesinin işlenmesi sonucu levha haline getirilen ve ısı yalıtım amaçlı kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir (Şekil 2.10.).

XPS levhaların hammadesi olan polistren, ısıtılınca şekil alabilir ve tekrar soğutulunca katılaşabilir. Polistrenin bu özelliği sayesinde XPS üretimi sırasında hammadde zaiyat oranı çok düşüktür ve XPS kullanım amacı doğrultusunda farklı ebat ve kalınlıkta levhalar şeklinde üretilebilir. XPS'in üretim süreci sonunda, homojen ve kalitesinin hep aynı seviyede tutulabilmesi bu malzemenin en önemli avantajlarındandır. Üretim sürecinin sonucunda kapalı gözenekli hücre yapısına sahip XPS levha elde edilmiş olur. Kapalı gözenekli hücre ve homojen yapısı XPS'i suya ve zamana karşı dayanıklı yapar. XPS aynı zamanda uygulaması kolay ve yüklere karşı dayanımı yüksek bir malzemedir (Bayer, 2006).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre XPS levhaların ısı iletkenlik katsayısı (λ) sınır değerleri 0,030-0,040 W/mK aralığında ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) sınır değerleri 20-100 aralığındadır. TS 825'e göre,

XPS levha yoğunluğu 25 kg/m^3 değerinde veya bu değerin üzerinde olmalıdır. Ekstrüde polistren DIN 4102'ye göre B1 yanma sınıfı ve TS EN 13501-1'e göre E sınıfı bir malzemedir. Çizelge 2.9'da belirtildiği gibi normal alevlenici malzeme olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 2.10. Ekstrüde polistren (XPS) levha

2.10.2. Ekspande polistren köpük (EPS)

EPS, polistren hammaddesinin partiküllerinin pentan gazı ile şişirilmesi ve birbirine kaynaşması sonucu elde edilen, levha ya da blok halinde kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir (Şekil 2.11.).

EPS, termoplastik (ısıtılınca şekil alabilen ve tekrar soğutulunca katılaşabilen) özelliğe sahip ve kapalı gözenekli bir ısı yalıtım malzemesidir. EPS kullanım amacı doğrultusunda farklı boyut ve kalınlıkta levhalar şeklinde veya bloklar halinde üretilebilir. Şekil verme sürecinin sonucunda kapalı gözenekli hücre yapısına sahip EPS levha elde edilmiş olur. İstenilen boyutlarda üretilebilmesi ve hafif bir malzeme olması sayesinde uygulaması kolay bir malzemedir (Bayer, 2006).

EPS levhaların ısı iletkenlik katsayısı (λ) değerleri 0,035-0,040 W/mK aralığında, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) değerleri 20-250 ve yoğunluğu

15-30 kg/m^3 aralığındadır. Ekspande polistren DIN 4102'ye göre B1 ya da B2 yanma sınıfına göre üretilebilen ve TS EN 13501-1'e göre ise E sınıfı malzeme olup normal alevlenici malzeme olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 2.11. Farklı kalınlıklarda ekspande polistiren (EPS) köpük levhalar

2.10.3. Poliüretan Köpük

Poliüretan köpük iki farklı kimyasal bileşimin bir araya gelmesi sonucu üretilir. Levha, sandviç panel olarak üretilebilen ya da püskürtme yöntemiyle kullanılabilen bir ısı yalıtım malzemesidir (Şekil 2.12.).

Poliüretan köpük ısı iletkenlik katsayısı (λ) 0,035 W/mK değerinden küçük, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) değerleri 30-100 aralığında ve yoğunluğu 30-40 kg/m^3 aralığındadır. Ekspande polistren DIN 4102'ye göre B1,B2 ya da B3 yanma sınıfına göre üretilebilen bir yalıtım malzemesidir (Tuncer, 2012).

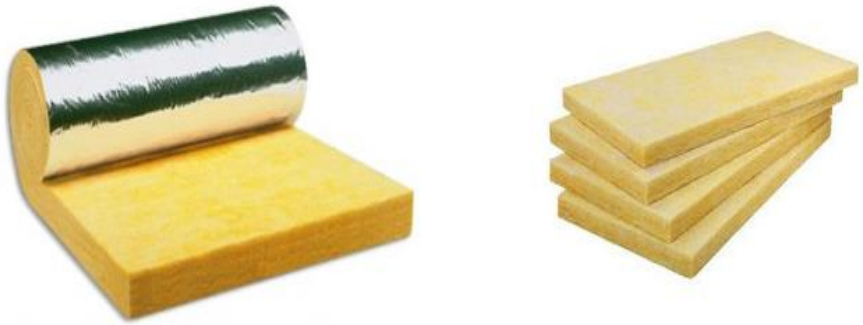


Şekil 2.12. Poliüretan köpük örneği

2.10.4. Cam Yünü

Cam yünü, silis kumunun 1200ºC - 1250ºC'de ergitilerek elyaf haline getirilmesiyle elde edilen ısı, ses ve akustik yalıtım özelliklerine sahip bir malzemedir (Şekil 2.13.). Cam yünü şilteler özellikle kullanılmayan çatı aralarında uygulamanın kolay olması nedeniyle tercih edilir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde üretilebilir (Karayiğit, 2015).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre cam yününün ısı iletkenlik katsayısı (λ) sınır değerleri 0,035-0,050 W/mK aralığında, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) sınır değeri 1 ve yoğunluğu 8-500 kg/m^3 aralığındadır. Cam yünü DIN 4102 ve TS EN 13501-1'e göre A1 sınıfı yanmaz malzemedir.



Şekil 2.13. Cam yünü şilte ve cam yünü levha

2.10.5. Taş Yünü

Taş yünü, bazalt ve diabez taşının 1350 ºC-1400 ºC'de ergitilerek elyaf haline getirilmesiyle elde edilen ısı ve ses yalıtımı, akustik düzenleme, yangın yalıtımında kullanılan bir malzemedir (Şekil 2.14.). Taş yünleri yüksek ısı dayanımları sayesinde özellikle yangına karşı yüksek performans göstermektedir. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve farklı teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleriyle, şilte, levha, dökme ve boru şeklinde üretilebilirler (Karayiğit, 2015).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre taş yününün ısı iletkenlik katsayısı (λ) sınır değerleri 0,035-0,050 W/mK aralığında, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) sınır değeri 1 ve yoğunluğu 8-500 kg/m^3 aralığındadır. Taş yünü DIN 4102 ve TS EN 13501-1'e göre A1 sınıfı yanmaz malzemedir.



Şekil 2.14. Taş yünü şilte ve taş yünü levha

2.10.6. Seramik Yünü

Seramik yünü, alüminyum, silis, zirkonyum ham maddelerinin homojen bir şekilde karıştırılıp yüksek sıcaklıkta eritildikten sonra işlenmesi sonucu üretilen lifli bir malzemedir (Şekil 2.15.). Rulo, levha, dökme şekillerinde üretilebilmektedir. Seramik yünü yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir ısı yalıtım malzemesi olup TS EN 13501-1 standardına göre A1 yanma sınıfında bir malzemedir ve 1200 ºC-1400 ºC sıcaklıklara kadar deforme olmaz. Beyaz renkte

ve yumuşak bir malzeme olup seramik yünü malzemelerin levha formundaki basınç dayanımları düşüktür. 400 ºC'deki ısı iletkenlik değeri 0,07 W/mK'dir. Sıcaklık arttıkça ısı iletkenlik değeri artar, yani ısı yalıtım özelliği azalır (Tuncer, 2012).



Şekil 2.15. Seramik yünü şilte

2.10.7. Ahşap Yünü

Ahşap talaşının belirli bir bağlayıcı malzemeyle sıkıştırılarak levha halinde ve değişik yoğunluklarda üretilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir (Şekil 2.16.). Genellikle EPS veya taş yünü ısı yalıtım levhalarının tek veya iki yüzeyine ahşap yünü levhaların lamine edilmesi ile elde edilen kompozit paneller halinde kullanılırlar. TS EN 13501'a göre yangına tepki sınıfı B-s1 d0'dır (Zor alevlenici). TS 825'e göre ısıl iletkenlik hesap değeri 0,15-0,090 W/mK arasında, su buharı difüzyon direnç faktörü μ=5 ve malzeme yoğunluk sınırları 360-650 kg/m^3 arasındadır. Ahşap yünü levhalar ısı yalıtım özelliğinin yanı sıra ses yalıtım özelliğine de sahiptirler.



Şekil 2.16. Ahşap yünü ısı yalıtım malzemeleri

2.10.8. Kauçuk Köpüğü

Kauçuk köpüğü, içerisine katkı maddeleri eklenen sentetik kauçuk esaslı bir malzemedir (Şekil 2.17.). Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde boru ve şilte olarak üretilebilmektedir. Isı yalıtımı ve yoğuşma kontrolu maksadıyla genellikle sıhhi tesisat yalıtımında kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0{,}038$ W/mK olup, su buharı difüzyon direnç faktörü μ>3000-7000'dir. Kullanım sıcaklığı 65 ^{o}C ve +105 ^{o}C aralığındadır. Esnek ve kapalı gözenekli bir malzemedir. Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı hassastır. TS EN 13501-1'e göre levha ürünler B-$s_{3,}d_0$, boru ürünler B-$s_{2,}d_0$ yanmazlık sınıfındadır (Kocagül, 2013).



Şekil 2.17. Kauçuk köpüğü şilte ve boru tipi yalıtım malzemesi

2.10.9. Cam Köpüğü

Cam köpüğü malzeme üretiminde genelde atık cam kullanılmaktadır (Şekil 2.18.). Atık cam yüksek sıcaklıkta eritilir ve sonra soğumaya bırakılır. Elde edilen malzeme ince toz haline getirilir ve yaklaşık 900°C/1000°C sıcaklıkta özel fırınlardan karbon ilave edilerek geçirilir. Fırınlardan elde edilen ürün, en son tavlama fırınlarında şekillendirilir. Levhalar küçük boyutlarda üretilebildiği gibi büyük boyutlarda ve istenilen geometride üretilebilmektedir. Cam köpüğü levha yüzeyleri farklı malzemelerle kaplanarak (alüminyum folyo, cam, alçı - karton levha vs.) kullanılabilir.

Cam köpüğü levhalar sert, basınca karşı dayanıklı, kolay kırılabilen, sürtünme dayanımı az, kolay aşınabilir, buharı hiç geçirmeyen bir yalıtım malzemesidir. Kapalı gözenekli olan cam köpüğü su almaz, sadece yüzeyindeki girintilere su dolabilir ve devamlı olarak suya maruz kalması halinde az miktarda korozyona uğrar. Çürümez, küflenmez ve haşarat barındırmaz (Tuncer, 2012).

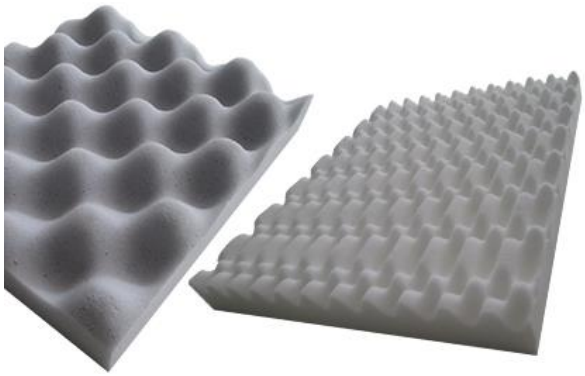
TS 825'e göre ısıl iletkenlik hesap değeri 0,45/0,060 W/mK arasında ve yoğunluk değerleri 110/115 kg/m^3 arasındadır ve TS EN 13501-1 standardına göre A1 yanma sınıfında bir malzemedir.



Şekil 2.18. Cam köpüğü ısı yalıtım malzemesi

2.10.10. Melamin Köpüğü

Melamin köpüğü ses ve ısı yalıtım özelliğine sahip bir malzemedir (Şekil 2.19.). Piyasada çeşitli tip, boyut ve desenleri bulunmaktadır, hafif ve kolay uygulanabilir bir malzemedir. Dekoratif amaçlı olarak yapılarda kullanılan bir malzemedir. Melamin köpüğü ısı iletkenlik katsayısı 0,034 W/mK, yoğunluğu 11 kg/m^3 ve kullanım sıcaklığı -60°C ile +150°C arasındadır. Melamin köpüğü DIN4102'ye göre B1 yanma sınıfı, yangına karşı dayanıklı bir malzemedir.



Şekil 2.19. Melamin köpüğü levha

2.10.11. Genleştirilmiş Perlit

Perlitin hammaddesi camsı bir volkanik kaya olup gri tonlarında bulunmaktadır. Doğadan kaya olarak alınan hammadde, kırma işlemi sonrası

boyutlandırılarak sınıflandırılır. Sınıflandırılmış perlit 850ºC-1150ºC'de fırınlanıp bünyesindeki suyu kaybederek patlama sonucu hacminin 35 katına kadar şişer. Bu işlemler sonucu elde edilen malzeme genleştirilmiş perlit olarak adlandırılır.

Genleştirilmiş perlit, beton karışımına agrega olarak ilave edilerek, sıva malzemesi bileşeni olarak (Şekil 2.20.) veya hazır levhalar şeklinde yalıtım amacıyla uygulanabilir.

Genleştirilmiş perlit beyaz renklidir ve ergime noktası 1300ºC'dır. Yoğunluğu 32-200 kg/m^3 arasındadır. Perlit betonunun yoğunluğu yaklaşık 230 kg/m^3 dolayındadır ve perlit sıvasının yoğunluğu ise 360-560 kg/m^3 değerleri arasındadır. Isı iletim katsayısı yoğunluğa bağlı olarak 0,040-0,052 W/mK arasında değişmektedir.

Kullanım sıcaklığı -250ºC/1000ºC arasındadır ve TS EN 13501-1'e göre yanma özelliği, A1 hiç yanmaz sınıfıdır.



Şekil 2.20. Perlitli betonun ısı yalıtım amacıyla uygulanması (Karakoç ve ark., 2011)

2.10.12. Gaz Beton Levha

Gaz beton levha farklı doğal taş malzeme ve kimyasalların bileşip bir araya gelmesi sonucu üretilir. Gaz beton levha farklı boyutlarda üretilebilmektedir.

Gaz beton levha ısı iletim katsayısı, yoğunluğa bağlı olarak 0,040-0,052 W/mK arasında değişmektedir, su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) değerleri 3-10 aralığında ve yoğunluğu 100-115 kg/m^3 aralığındadır. Ekspande polistren DIN 4102'ye göre A1 sınıfı, hiç yanmaz bir yalıtım malzemesidir (Ytong, 2019).



Şekil 2.21. Gaz beton yalıtım levhası uygulaması (Albinagrup, 2021)

2.11. Isı Yalıtım Uygulamaları

2.11.1. Duvarlarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Dış duvarlarda ısı yalıtımı, ısı yalıtım malzemesinin kullanım yerine göre dört farklı sistemde uygulanmaktadır. Bu sistemler;

- Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları
- Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları
- Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları (sandviç duvar)
- Isı köprüsü yalıtımı

2.11.1.1. Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

Dıştan ısı yalıtımı, binayı çevreleyen duvarların dış yüzeyine, yani dış cepheye ısı yalıtım sistemi uygulanmasıdır. Bu uygulama bina dış kabuğunu ısıl gerilmelerden kaynaklı deformasyonlardan koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısı yalıtımı sağlar (Ekinci, 2010).

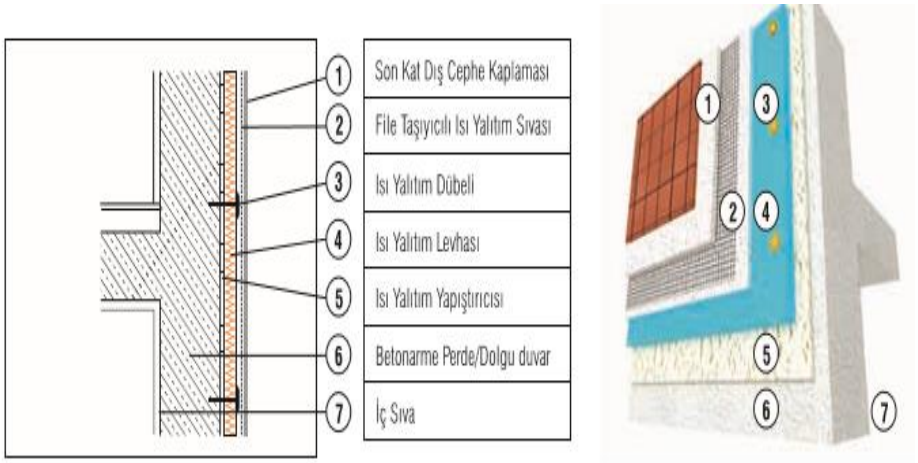
Isı yalıtım malzemesi üzerinin dış etkilerden (yağmur, kar, yangın, mekanik darbeler vs.) korunmasına göre mantolama ve giydirme cephe sistemi olarak ayrılmaktadır.

Mantolamada ısı yalıtım malzemesi dış etkenlerden sıvanarak, giydirme cephe sisteminde ise mekanik olarak tutturulan cam, alüminyum, PVC gibi giydirme malzemelerle korunur (Ünal,2002).

Mantolama uygulamasında, ısı yalıtım malzemesi olarak XPS, EPS ve taş yünü ısı yalıtım levhaları kullanılabilmektedir. Mantolama uygulaması öncesinde bina duvar ve döşemelerinin terazisinde, şakülünde olmasına ve yalıtım levhası yapıştırılacak yüzeyin toz, yağ artığı, kabarmış boya gibi etkenlerden arındırılmasına, yapışmaya uygun pürüzlü yüzeye sahip olmasına dikkat edilmeli, hatalar mevcut ise yalıtım uygulamasına başlanmadan düzeltilmelidir (Tuncer, 2012).

Mantolama öncesi kontroller yapıldıktan sonra ısı yalıtım levhalarının başladığı seviyede mastar görevi görmesi için subasman profili yerleştirilir. Başlangıç profilinin ölçüsü yalıtım malzemesi kalınlığına göre seçilir ve 50 cm aralıklarla dış duvara tespit edilir. Isı yalıtım levhaları, ortasına noktasal ve çevresine yekpare şekilde yapıştırıcı harç sürülerek başlangıç profilinden başlanarak duvar yüzeyine yapıştırılır, yapıştırıcı harç prizini aldıktan sonra yalıtım levhasının m^2'sine 6 adet plastik çivili yalıtım dübeli tespit edilir (Tuncer, 2012).

Yalıtım levhaları yapıştırma ve dübelle tespit işlemi sırasında cephe yüzeyinde dalgalanma olmayacak, terazisinde ve şakülünde olacak şekilde uygulanmalıdır. Tespit işlemi sonrası ısı yalıtım filesi, yalıtım sıva harcı ile yalıtım levhalarının üzerine, file bindirme boyu 10 cm olacak şekilde uygulanmalıdır. Ek olarak ısı yalıtım filesi kapı ve pencere köşelerinde çatlak oluşumunu engellemek için, 30x40 cm ebatında yatayla 45^0'lik açı yapacak şekilde yerleştirilir. Fileleme uygulaması sırasında fileler sıvanın altında kalacak şekilde, terazisinde ve şakülündeki küçük hatalar giderilerek sıvanır. Sıva kuruduktan bina dış cephesi boyanarak sonlandırılır (Tuncer, 2012).



Şekil 2.22. Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtımı (Mantolama) (ÇŞB, 2015)

Cephe giydirme sistemlerinde taşıyıcı profiller bağlantı elemanlarıyla yapıya şakülünde tespit edilir. Kat döşeme alınlarında yangın, duman ve ses kesici malzemelerle birlikte kalan beton bölümlere ve cam kullanılmayacak bölümlere ısı yalıtım malzemeleri sabitlenerek yerleştirilir. Projesine uygun hazırlanmış cam ve kompozit paneller taşıyıcı profillere sabitlenir. Sistemin sızdırmazlığını ve ısıl deformasyonlara karşı hareketini sağlayan silikon ve fitiller yapıştırılır (Ünal, 2002).

2.11.1.2. Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları

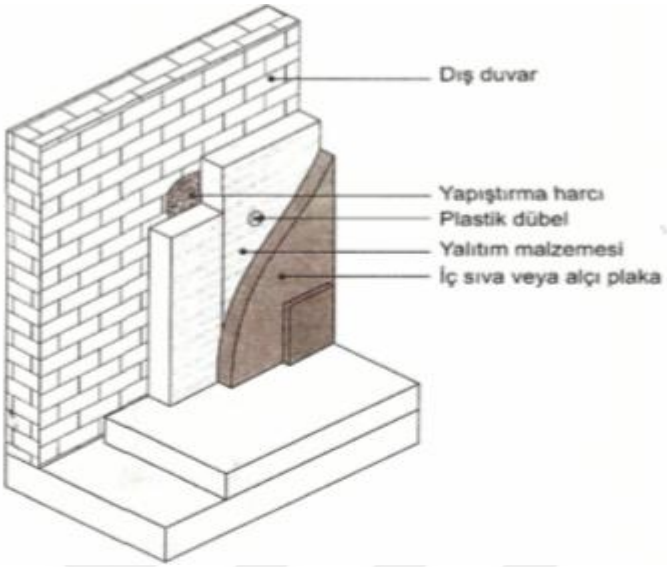
Bina dış duvarlarında ısı yalıtımının duvar iç yüzeyinden gerçekleştirildiği yalıtım sistemleridir. Duvarların iç yüzeyden yalıtılması ekonomik olma, uygulama kolaylığı, dıştan iskele kurmanın ve iskelede çalışmanın zorluğu gibi sebeplerden dolayı tercih sebebi olabilmektedir. Bu uygulamalarda yoğuşma riski fazla olup TS 825 Standartına göre yoğuşma kontrolü yapılmalıdır. Yoğuşma kontrolü için gerekli durumlarda yalıtım malzemesine ek olarak buhar kesici bantlar uygulanmalıdır (Ekinci, 2010).

İç yüzeyden yapılan ısı yalıtım sistemlerinde XPS, EPS, Poliüretan, mantar ve odun talaşı levhaları gibi rijit ve seramik yünü, cam yünü, taş yünü, ahşap yünü

gibi rijit olmayan birçok yalıtım malzemesi kullanılabilir. Rijit yalıtım malzemeleriyle yapılan yalıtım sistemlerinde ısı yalıtım malzemesi üzerine sıva uygulanır, rijit olmayan malzemelerle yapılan yalıtım sistemlerinde ise ısı yalıtım malzemesi kompozit panellerle (alçıpan, betopan, alüminyum, sunta vs.) duvar arasına sabitlenecek şekilde uygulanır (Ünal, 2002).

XPS, EPS, Poliüretan levha gibi rijit yalıtım malzemesiyle yapılan uygulamalarda; çimento esaslı özel yapıştırıcılar yalıtım levhasının ortasına ve yekpare şekilde çevresine sürüldükten sonra önceden temizlenmiş ve tozdan arındırılmış duvar yüzeyine levha bastırılarak yapıştırılır. Duvar yüzeyinin mekanik dış etkilere maruz kalacağı ve tavan yüksekliğinin 3 metreden fazla olduğu durumlarda yalıtım malzemeleri yapıştırma harcı priz aldıktan sonra duvara plastik çivili yalıtım dübelleriyle sabitlenmelidir. Bu işlemlerden sonra yalıtım levhasının üzerine fileli sıva ve sıva üzerine boya uygulanabilir (Tuncer, 2012).

Cam yünü ve taş yünü gibi rijit olmayan yalıtım malzemesiyle gerçekleştirilen uygulamalarda ise, kompozit panellerle yalıtım malzemeleri gizlenir. Kompozit panelleri duvara sabitlemek için öncelikle profiller yalıtım malzemelerinin boyutlarına göre seçilir ve duvar yüzeyine tespit edilir. Yalıtım malzemeleri bu profiller arasında boşluk kalmayacak şekilde sabitlenir ve sıkıştırılır. Yalıtım levhaları yerleştirildikten sonra kompozit levhalar profillere monte edilir. Sonrasında gerekirse kompozit levhalar üzerine sıva ve boya gibi uygulamalar yapılabilir. Yoğuşma tahkiki TS 825 Standardına göre yapılmalı ve hesaplamalarda profiller mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Tuncer, 2012).

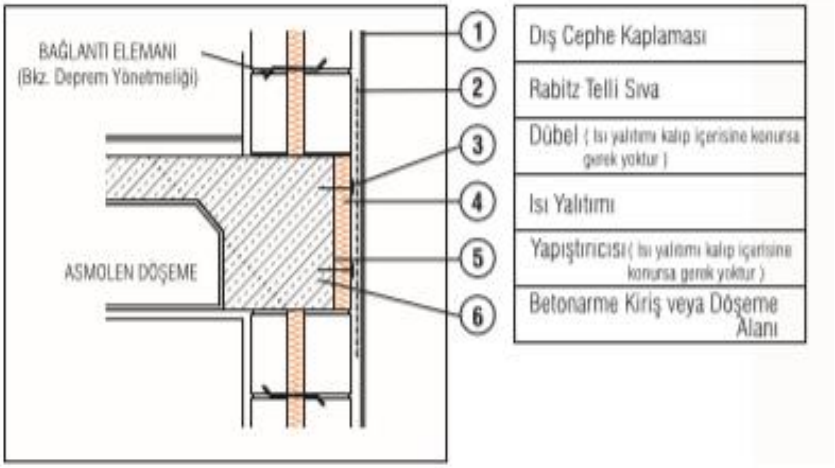


Şekil 2.23. Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları

2.11.1.3. Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım malzemesinin oluşturduğu yalıtım sistemine çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları (Sandviç Duvar) denir (Şekil 2.24.). Yapı dış kabuğu betonarme ya da örme duvar olabilir. Bu yalıtım sisteminde duvarların ikisi ince ya da biri ince diğeri kalın da olabilir. Çift duvar arası yalıtımlı duvarlar boşluk bırakılarak ya da boşluksuz olarak iki şekilde uygulanabilir. Sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım levhaları dış duvarın iç yüzeyine tespit edildikten sonra, iç duvar yalıtım levhasıyla arasında boşluk kalmayacak şekilde örülür.

Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında iç ve dış duvar arasında yapısal herhangi bağlantı yoktur. Mekanik dayanım açısından bu iki yapı elemanı yeterli sıklıkla paslanmaz metal bağlantı elemanları ile birbirine sabitlenir. İç cephe tarafında kalan kolon, kiriş gibi ısı köprüsü oluşturabilecek betonarme yüzeyler ısı yalıtım tabakası ile dıştan ya da içten kaplanmalıdır. Isı yalıtım sisteminin cephe boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Süreklilik sağlanmazsa, ısı köprüleri oluşup ısı kayıplarına, küflenme ve yoğuşmalara sebep olabilir (Karayiğit,2015).



Şekil 2.24. Çift duvar arası ısı yalıtım (Sandviç duvar) (ÇŞB,2015)

2.11.1.4. Isı Köprüsü Yalıtımı

Isı geçişlerinde yapı elemanlarının çevrelerine göre daha az ısı yalıtımı olan ve daha çok ısı geçişine maruz kalan bölgeler ısı köprüsü olarak adlandırılır.

Yalıtım sistemlerinde içten yalıtım, çift duvar arası yalıtım ya da dolgu duvarla yalıtım olarak uygulandığında yapı elemanlarında ısı köprüsü oluşturmaması için ek tedbirler uygulanır. Isı yalıtım uygulaması priz almış beton yüzeye tespit edilebileceği gibi beton dökülmeden önce kalıp içine levhaların yerleştirilmesi şeklinde de uygulanabilir.

Kalıp içi uygulamalar özellikle sıcak aylarda betonun hızla su kaybetmesini önleyerek zamanında priz almasını ve ısı yalıtım malzemesi ile beton arasında aderansın artmasını sağlar. Bu uygulamalarda; iki yüzü pürüzlü ve kanallı %10 deformasyonda basma mukavemeti minimum 200 kPa olan ısı yalıtım levhaları kullanılır.

Beton dökümü öncesinde XPS ısı yalıtım levhaları, ek yerlerinde derz kalmayacak biçimde kalıp iç yüzeyine geçici bağlantı elemanları yardımıyla yerleştirilir. Yalıtım levhaları kalıba yerleştirilirken donatıyla arasına paspayı bırakılır. Hazırlanan kalıp içine beton dökülerek uygulama tamamlanır.

Diğer bir uygulama da sonradan kolon ve kiriş alınlarına tespit edilen uygulamadır. Kalıptaki hatalar sonucu meydana gelen cephedeki dalgalanmalar ve bozukluklar düzeltildikten sonra kolon, kiriş ve çıkmalar veya lento ölçülerine uygun hale getirilen ısı yalıtım levhaları çimento esaslı yapıştırıcılar ile uygulama yüzeyine taraklama yapılarak yapıştırılır. Yapıştırmadan 24 saat sonra ısı yalıtım malzemeleri dübeller ile duvara tespit edilerek sonrasında sıva ya da cephe giydirme işlemi tamamlanır (Karayiğit, 2015).

2.11.1.5. Toprak Temaslı Duvarlarda Yalıtım

Suyla doğrudan temaslı ısı yalıtım uygulamalarında, toprak temaslı duvarların yüzeyi düzeltilip su izolasyonu yapıldıktan sonra, ısı yalıtım levhaları dış duvara yapıştırılarak veya yapıştırılmadan şaşırtmalı olarak ek yerlerinde derz oluşmayacak şekilde yerleştirilir. Isı yalıtım levhaları yapıştırılmadan serbest konulduğu durumlarda yalıtım levhalarını sabitlemek için toprakta kalan kısmına koruyucu duvar örülür.

Su ile doğrudan temaslı ısı yalıtım uygulamalarında yoğunluğu en az 30 kg/m³, hacimce difüzyon ile su emmesi %3'ün altında olan ve en az 300 kPa basma mukavemetine sahip yalıtım levhaları kullanılması uygundur.

Su yalıtımı sonrası ısı yalıtım levhaları uygulanırken ısı yalıtım levhalarını yapıştırmak için solvent içermeyen soğuk bitüm esaslı yapıştırıcı veya çift taraf yapışkanlı bitümlü örtüler kullanılır. Isı yalıtım levhaları yapıştırıldıktan sonra kademeli sıkıştırılan toprak dolgu serilir. Su yalıtımı yapılmış yüzey üzerine ısı yalıtım levhası tespitinde su yalıtımını delmemek için dübel kullanılmamasına özellikle dikkat edilmelidir (Karayiğit, 2015).

2.11.2. Döşemelerde Isı Yalıtım Uygulamaları

2.11.2.1. Zemine Oturan Döşemelerde Yalıtım

Zemine oturan döşemelerde uygulanan ısı yalıtım tekniği zemine çok yakın ya da zeminle doğrudan ilişkili olmasından dolayı diğer ısı yalıtım

uygulamalarından biraz daha farklıdır. Zemin kat döşemeleri toprak temaslı duvarlardaki gibi suyla temas halinde olduğu için ısı yalıtımla beraber su ve buhar yalıtımları da planlanmalı ve bu plan çerçevesinde uygulanmalıdır.

Toprak zemin üzerine uygulanan döşemelerde grobeton döküldükten sonra su yalıtımı uygulanır. Sonrasında su yalıtımı üzerine basınç dayanımı yüksek ısı yalıtım levhaları uygulanır. Isı yalıtım malzemesinin nemlenmesini önlemek amacıyla üzerine su geçirmeyen bir örtü serilir ve üzerine şap dökülür. Şap sonrasında istenilen döşeme kaplaması uygulanabilir. Bu gibi detaylarda ısı yalıtım malzemesi olarak kapalı gözenekli sert köpük levhalar (XPS levhalar) kullanılırsa ısı yalıtım malzemesini mekanik etkilerden korumak amaçlı keçe tabakası serilebilir (Tuncer, 2012).

Bir başka uygulama şekli de blokaj üzerine tesviye şapı atılmasıdır. Tesviye şapı üzerine ısı yalıtım malzemeleri yapıştırılmadan boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Yerleştirildikten sonra ısı yalıtım malzemesi üzerine su yalıtım örtüsü uygulanır. Su yalıtım örtüsünün üzerine grobeton dökülerek ya da tesviye şapı uygulanması yapılarak döşeme kaplaması yapılır (Tuncer, 2012).

2.11.2.2. Ara Kat Döşemelerde Isı Yalıtımı

Ara kat döşeme üstünden ısı yalıtımı, ses yalıtımı sağlamak için yüzer şap uygulamasıyla ya da yükseltilmiş döşeme uygulamasıyla yapılır. Döşeme altından ise alt katın tavanına yalıtım uygulanarak yapılır.

Yüzer şap uygulamasında döşeme betonu üzerine yalıtım levhaları serbest olarak aralarında boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilir, sonrasında su geçirimsiz bir örtü serilir ve şap betonu dökülür. Şap işleminden sonra fayans ya da parke gibi döşeme kaplamasıyla uygulama sonlandırılır.

Kullanımdaki yapılarda yüzer şap mümkün değilse döşeme altından da ısı yalıtımı yapılabilir. Tavanda yapılan yalıtım uygulamalarında ise levhalar tavana dübelle tespit edildikten sonra sıvanabildiği gibi sıva uygulaması yerine tavana tespit edildikten sonra asma tavan uygulamasıyla da sonlandırılabilir.

Arakat döşemelerde; en az 30 kg/m³ yoğunlukta, %10 deformasyonda, basma mukavemeti minimum 200 kPa, yanma sınıfı minimum B1 sınıfı olan XPS ve EPS levhalar veya yanma sınıfı A sınıfı olan en az 100 kg/m³ yoğunluktaki taş yünü levhalar kullanılabilmektedir (Tuncer, 2012).

2.11.2.3. Açık Hava Temaslı (Açık Geçit Üzeri) Döşemelerde Yalıtım

Açık hava temaslı döşemelerde (açık geçit üzeri tabanlarda) yalıtım uygulaması ısıtılıp soğutulmaya ihtiyaç duyulmayan otopark, makine katı, tesisat katı gibi bölgelerden ya da konsol döşemelerde dış cepheden gelecek ısı transferini kesmek amacıyla uygulanır.

Açık hava temaslı döşemelerde ısı yalıtım uygulaması, ara kat döşemelerinde uygulanan ısı yalıtım uygulamalarıyla benzerlik göstermektedir. Açık hava temaslı yalıtım uygulamalarında yalıtım döşeme üzerinden uygulanabileceği gibi döşeme altından yani tavandan da uygulanabilir.

Otopark, makine ya da tesisat katı gibi açık hava temaslı kısımların yalıtımı genel uygulama itibariyle tavandan yapılır. Bunun en büyük sebeplerinden birisi uygulama kolaylığıdır. Bu gibi bölümlerde yangına karşı dayanıklı taş yünü türevi yalıtım malzemeleri seçilmesi önemlidir.

Açık hava temaslı döşemelerde ısı yalıtım yapılmasının bir diğer metodu da ısı yalıtım levhalarının döşeme kalıbı içerisine yerleştirilmesi ve paspayı bırakılarak üzerine betonun dökülmesidir (Tuncer, 2012).

2.11.3. Çatılarda Isı Yalıtım Uygulamaları

2.11.3.1 Kırma Çatılarda Isı Yalıtımı

Kırma çatılarda ısı yalıtım uygulamasında birkaç farklı yalıtım sistemi seçilebilir. Yalıtım uygulanacak çatı arasının kullanıma açık olup olmaması gibi etmenlere göre yalıtım uygulamasında farklılıklar görülür. Çatı arasının kullanıma açık olmaması durumuda yalıtım uygulaması döşeme üzerine uygulanır; çatı

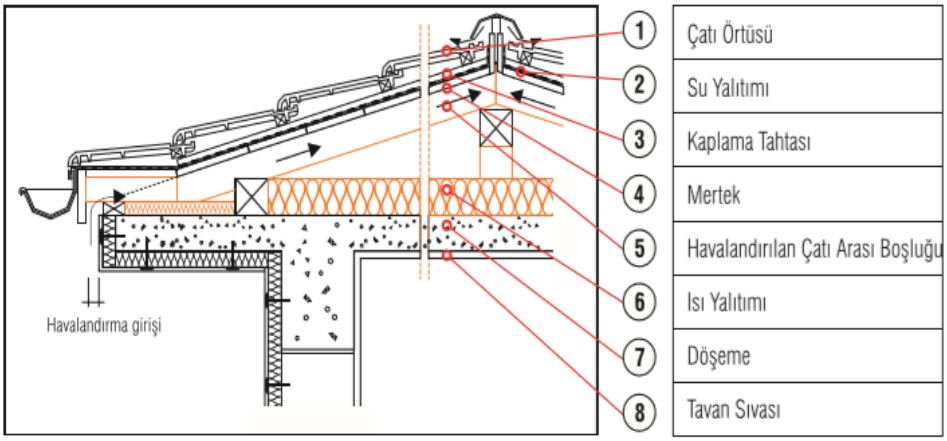
arasının kullanıma açık olması durumunda ise yalıtım uygulaması mertek altından, üstünden ya da mertek arasından yapılabilir.

Eğimli betonarme döşemelerde ısı yalıtım malzemesi döşemenin üst kısmına uygulanmaktadır. Döşeme üzerinde, çatı altında ahşap kadronlar yer aldığı durumlarda ısı yalıtım levhaları bu kadronların arasına yerleştirilir. Isı yalıtım malzemesi olarak mineral yünlü veya polistren malzemeler uygulanabilir.

Çatı arasında ahşap konstrüksiyon bulunan durumlarda mertek üzerinden, mertek arasından veya mertek altından yalıtım uygulamaları yapılabilmektedir. Mertek üzerinden ısı yalıtımı yapılırken belirlenen aralıklarda mertekler döşenererek merteklerin ucuna alın tahtası çakılır ve ısı yalıtım levhaları mertekler üzerine yerleştirilir yoğuşma problemine karşı buhar geçirgen yani nefes alan su izolasyon malzemesi serilir, baskı çıtaları sabitlenir ve çatı kaplama malzemesi yerleştirilir.

Mertek aralıklarına yapılan uygulamalarda ise, mertek aralıklarına göre kesilmiş yalıtım malzemesinin mertek aralarına döşenmesi sonrasında, iç yüzeyde buhar kesici örtü ve üstüne alçı, ahşap veya sunta esaslı malzemelerle kaplama yapılır. Mertek arası uygulamalarda bir yüzü alüminyum folyo kaplı camyünü şilteler, ısı yalıtımı ve buhar kesici ihtiyacını bir arada karşılamaktadır. Mertek altından yalıtım uygulamalarında, levhalar mertekler üzerine sabitlenir. Daha sonra alçı plaka veya lambri benzeri iç yüzey kaplamasıyla levhalar üzerine dübellenerek uygulama tamamlanır (Tuncer, 2012).

Kullanılmayan çatı aralarında ısı yalıtımı döşeme üzerinden yapılır (Şekil 2.25). Su yalıtımı yapılmış çatı altında, çatı arasında kalan döşemeye yerleştirilen ısı yalıtım levhaları aralarında derz kalmayacak şekilde döşenmeli, duvar diplerinde 15-20 cm duvar yüksekliği boyunca yukarı doğru kıvrılmalı, çatıyı taşıyan ahşap dikmelerin etrafı da ısı yalıtım malzemesi ile sarılmalıdır. Çatı arası havalandırma boşluğu saçaklarda hava girişini, mahyada hava çıkışını sağlayacak şekilde bırakılmalıdır.



Şekil 2.25. Çatı arası kullanılmayan çatılarda ısı yalıtımı (ÇŞB, 2015)

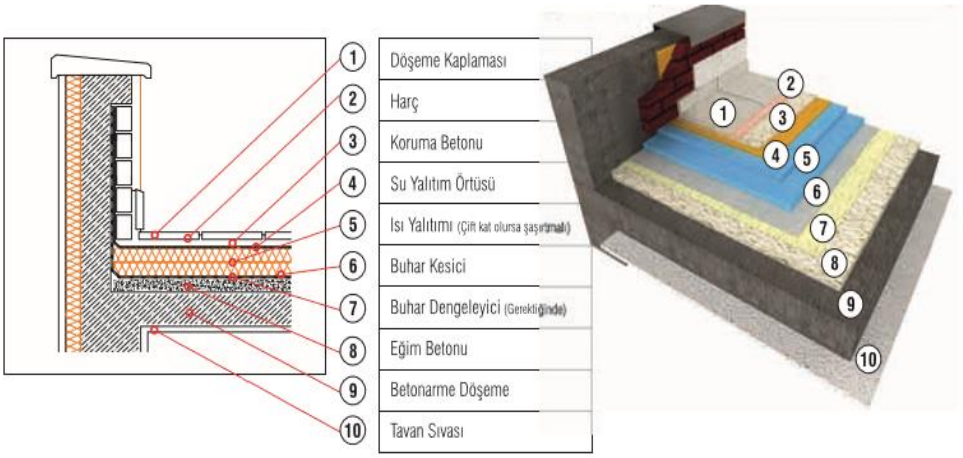
Isı yalıtım malzemesi olarak cam yünü şilte seçilirse, şilte üzerine ağırlık konulmaması gerekmektedir. Bu tür uygulamalarda, ahşap kadronların yalıtım malzemesi kalınlığı ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Çatı arasının ardiye olarak kullanımı halinde basma mukavemeti yüksek olan yalıtım malzemeleri seçilmelidir (Tuncer, 2012).

2.11.3.2 Teras Çatılarda Isı Yalıtımı

Teras çatılar ısı yalıtım malzemesi ve su yalıtım malzemesinin uygulanma sıralamasına göre geleneksel teras çatı ve ters teras çatı olarak iki farklı şekilde adlandırılırlar. Geleneksel teras çatılarda döşeme üzerine ısı yalıtım katmanı uygulandıktan sonra su yalıtımı yapılır, ters teras çatılarda ise geleneksel teras çatılardaki uygulamanın tersine döşeme üzerine önce su yalıtımı uygulanır sonrasında ise ısı yalıtımı yapılır.

Geleneksel teras çatılarda, ısı yalıtım işlemi su yalıtım katmanından önce uygulanır. Su yalıtımı amacıyla kullanılan çift kat bitüm esaslı membranların son katında ve tek kat uygulanan sentetik membranlarda ani sıcaklık farkı sebebiyle oluşabilecek termal gerilmeleri azaltmak için su yalıtım malzemesi güneş ışığını yansıtıcı bir bitiş tabakası ile korunmalıdır. Isı yalıtım malzemesi, su izolasyon

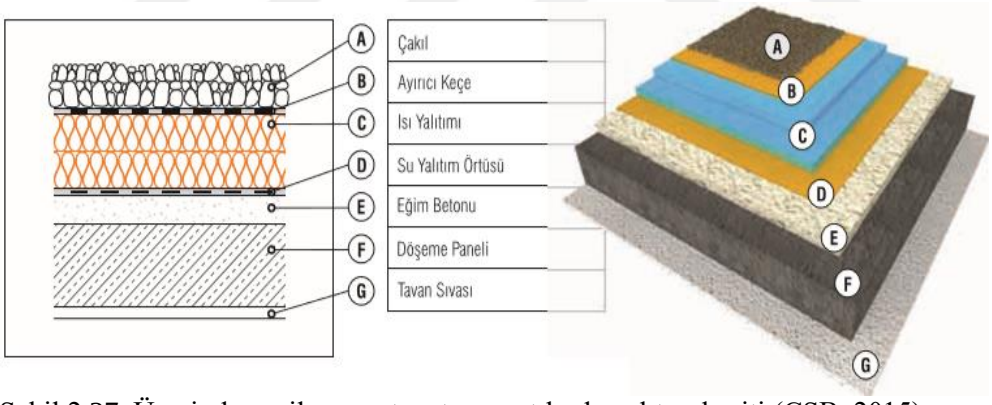
malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit olmalıdır. Su yalıtım membranı altında su buharının birikmesi ve yoğuşma sonucu ısı yalıtım malzemesi zarar görebilir, önlem olarak ısı yalıtım uygulamasının alt kısmına buhar kesici malzeme serilmelidir. Isı yalıtım malzemesi, su yalıtım malzemesinin yapıştırma sıcaklığına dayanıklı ve rijit değil ise ısı yalıtım uygulaması sonrası malzemeyi koruma amaçlı eğim betonu dökülmelidir. Böylelikle ısı yalıtım malzemesi yapıştırma sıcaklığından dolayı deforme olmaz ve yayılı yük altında malzeme rijitliği bozulmadan işlevini yerine getirir. Yalıtım uygulamalarından sonra su yalıtımı üzerine koruma amaçlı beton dökülerek döşeme kaplaması imalatı yapılarak uygulama sonlandırılır (Şekil 2.26.) (Karayiğit, 2015).



Şekil 2.26. Geleneksel teras çatılarda ısı yalıtımı (ÇŞB, 2015)

Ters teras çatılarda ısı yalıtımı su yalıtımının üzerinde yer alır. Ters teras çatı yalıtımında; yüksek basma mukavemeti ve kapalı gözenek yapısı ile bünyesine su almama özelliklerine sahip XPS esaslı ısı yalıtım malzemesi, bu özellikleri sayesinde su yalıtımının üzerinde yer alarak onu güneş, sıcaklık farklılıkları, ısıl gerilmeler ve mekanik etkilerden korur. Su yalıtım malzemesi sıcak tarafta yer aldığından buhar kesici kullanılması gerekmez. Su yalıtım malzemesi olarak buhar

geçirgenliği düşük bitümlü membranlarla uygulama yaparken; ilk kat su yalıtım örtüsü şeritsel veya noktasal yapıştırılmalı, böylece su buharının birikerek su yalıtım örtüsü üzerinde noktasal basınç uygulaması önlenmelidir. Mevcut betonarme döşemenin üzerine parapetlerde 45° açı ile yukarı dönecek şekilde eğim betonu uygulanarak yüzeyin perdahlanması sonrasında; buhar kesici ve su yalıtım görevini yapacak su yalıtım katmanı yüzeye uygulanır, bunun üzerine amacına uygun kalınlıkta ve taşıyacağı yüke göre hesaplanmış yeterli basma mukavemetine sahip ısı yalıtım levhaları serbest olarak döşenir. Isı yalıtım malzemesini mekanik etkilerden korumak için üzeri keçe ile örtülür. Yalıtım malzemesi ve keçe döşendikten sonra çatının kullanım amacına göre; üzerinde gezilen teras çatılarda döşeme, karo veya fayans gibi malzemelerle kaplanabilir. Kullanıma kapalı üzerinde gezilmeyen döşemelerde ise keçe üzeri istenilen şekilde (çakıl, şap, bahçe) kaplanarak uygulama tamamlanır (Şekil 2.27.) (Karayiğit, 2015).



Şekil 2.27. Üzerinde gezilmeyen ters teras çatılarda yalıtım kesiti (ÇŞB, 2015)

2.12. Önceki Çalışmalar

Bayer (2006) binalarda ısı yalıtım uygulamalarını incelediği çalışmasında örnek bir bina projesinin ısı yalıtım maliyet analizini yapmıştır. Bayer (2006), çalışmasında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standartları'nı esas alarak örnek bir bina projesinin yalıtımsız ve yalıtımlı durumunun maliyet analizini, enerji

ihtiyacını, yakıt harcamasını, yatırım geri ödeme süresini ve yoğuşma hesaplarını yapmış, bu hesaplar sonucu uygulanabilecek yalıtım sistemlerinin maliyetlerini hesaplamış ve bulunan değerleri karşılaştırmıştır. Hesaplar yalıtımsız durum, dış duvarlar 3 farklı yalıtım malzemesiyle yalıtılmış durum ve kısmi yalıtımlı durum olarak 5 farklı sistem için yapılmıştır. Yalıtımsız durum için dolgu duvar tipi olarak delikli tuğla kullanılmıştır. Tam yalıtımlı durumda dolgu duvar tipi delikli tuğla seçilmiş, dış cephe ve beton yüzey yalıtımları için XPS, EPS ve taş yünü kullanılmıştır. Kısmi yalıtımlı durumda ise dolgu duvarlar olarak gaz beton kullanılmış, gaz beton üzeri ayrıca yalıtım yapılmamış, dış cephe beton yüzeyler XPS ile yalıtılmıştır. Ayrıca 3 yalıtımlı ve 1 kısmi yalıtımlı olmak üzere 4 sistemin çatı yalıtımında alüminyum folyolu cam yünü kullanılmış, toprağa temas eden duvarlarda ve tabanda ise XPS ile ısı yalıtımı yapılmıştır. Sonuç olarak yakıt masraflarının düşmesi açısından XPS, ısı yalıtım yatırım maliyeti açısından ve yatırım maliyeti geri ödeme süresi açısından EPS avantajlı bulunmuştur. Taş yünü yatırım maliyeti açısından en pahalı yalıtım sistemi olarak hesaplanmış, buna rağmen dış ortam gürültüsünün önlenmesi ve A2 yangın sınıfı olmasından dolayı yangın güvenliğini arttırması açısından diğer yalıtım malzemelerine göre avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Tuncer (2012) İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum şehirlerinde seçilen 6 katlı bir bina için farklı yalıtım malzemeleri ve farklı hesap yöntemlerine göre optimum yalıtım kalınlıklarını ve enerji tasarrufunu hesaplamıştır. Optimum ısı yalıtım kalınlıklarını belirlemede TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile ömür maliyet analizi yöntemleri kullanılmıştır. Yalıtım kalınlıklarının hesaplanmasında İZODER TS 825 hesap programı ve meteorolojiden alınan ortalama yıllık sıcaklık değerleri 4 farklı şehir için ayrı ayrı hesaplanarak kıyaslanmıştır. Ayrıca ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda ısı yalıtım uygulamasında kullanılacak olan yalıtım malzemesinin yalıtım yapılacak yere göre seçilmesi gerektiği ve suya karşı dayanıklılık, ses yalıtım özelliği, yangın dayanımının

yüksek olması, ekonomik olması, yüksek ısı yalıtım verimi gibi ihtiyaçları aynı anda karşılayabilen bir ısı yalıtım malzemesinin olmadığı vurgulanmıştır.

Kocagül (2013) ısı yalıtım malzemelerini araştırdığı çalışmasında Elazığ ilinde kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin (EPS, XPS ve taş yünü uygulamalarının ısı transferine etkisini deneysel olarak incelemiştir. Elazığ Fırat Üniversitesi içerisinde 4 adet türdeş deney odası yapılmış ve tek soğutucu motorla deney odaları eşit olarak soğutulmuştur. Deney odalarının biri yalıtımsız diğer 3'ü sırasıyla EPS, XPS ve taş yünü yalıtım malzemeleriyle yalıtılmıştır. Yalıtımlı ve yalıtımsız deney odalarının iç-dış ortam, iç-dış yüzey, güneş ışınım şiddetleri, rüzgâr hızı ve nem miktarı ölçümleri yapılmış ve tüm ölçümler için en iyi sonucu taş yünü vermiştir. Taş yününü sırasıyla XPS ve EPS takip etmektedir. Yalıtım malzemelerinin yatırım maliyetleri hesaplandıktan sonra geri ödeme süreleri taş yünü için 1,07 yıl, XPS için 0,73 yıl ve EPS için 0,62 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ayrıca ısı yalıtımının ülke ekonomisine, çevreye, insan sağlığına ve yapının ömrüne olumlu etkilerinin olduğu, yalıtım ve enerji tasarrufu ile ilgili benzeri çalışmaların desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Baykal (2014) çalışmasında İstanbul ili Beykoz ilçesinde; 3 cm EPS yalıtım malzemesiyle dıştan yalıtılmış, bodrum, zemin ve iki normal kattan oluşan bir binanın ısı yalıtım hesaplarını irdelemiş ve ısı yalıtım hesaplarının yönden bağımsız ve yönlere bağlı olarak yeniden yapıldığında nasıl bir farklılık göstereceğini araştırmıştır. Mevcut binanın farklı yönler için ayrı ayrı iç-dış duvar yüzeyleri ve iç-dış ortam sıcaklıkları yıl boyunca ısıl çift veri kayıt cihazıyla ölçülmüş ve bu veriler ısı kayıp-kazanç hesaplarında kullanılmıştır. Bu ölçümler sonucu en soğuk gün 10 Ocak ve en sıcak gün 18 Ağustos olarak tespit edilmiştir. Yönlerden bağımsız optimum yalıtım kalınlığı 5,25 cm ve yönlere bağımlı optimum yalıtım kalınlıkları doğu cephe için 7 cm, batı cephe için 6,92 cm, kuzey cephe için 6,47 cm ve güney cephe için 3 cm olarak hesaplanmıştır. Güney cephenin yönlere bağımlı ve mevcut hal yalıtım kalınlıkları değişmemiştir. Mevcut binada yönlere göre tasarlanan optimum yalıtım kalınlığı yatırım geri ödeme

süreleri kuzey cephe için 1,64 yıl, batı cephe için 2,02 yıl ve doğu cephe için 2,04 yıl olarak hesaplanmış, güney cephe içinse ekstra bir yalıtım maliyetine gerek duyulmadığı görülmüştür. Tezin sonuç kısmında ise yönlere göre optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinin, mevcut 3 cm yalıtımlı binaya göre ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminde %17 oranında azalma gerçekleştireceği ve yönlere bağımlı optimum ısı yalıtım hesabının yapılmasının daha ekonomik olduğu belirtilmiştir.

Karayiğit (2015) enerji yönetmeliğine göre konutlarda yapılan ısı yalıtım uygulamalarının ekonomik analizlerini araştırdığı çalışmasında, Kahramanmaraş - Merkez'de bulunan müstakil bir ev ve apartman dairesinin farklı yalıtım malzemeleri (XPS, EPS, poliüretan) için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre, yalıtımlı ve yalıtımsız durumundaki ısıtma enerji miktarları, yıllık doğal gaz tüketim miktarları ve yıllık ısıtma giderlerini hesaplamıştır. Karayiğit (2015) çalışmasında, müstakil evin yalıtımsız durumuna kıyasla, XPS, EPS ve poliüretan ısı yalıtım malzemeleri ile yalıtılması durumunda yakıttan elde edilen yıllık ısıtma gideri kazancı sırasıyla %85, %84 ve %86; apartman dairesi için ise yakıttan yıllık elde edilen kazanç sırasıyla %83, %82 ve %83 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ısı yalıtım malzemelerinin enerji verimliliğine ve yıllık yakıt tüketim masraflarına katkısı tespit edilmiş ve ısı yalıtım uygulamasının önemi vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

Dünyada sıcak, ılıman ve soğuk olmak üzere farklı iklim bölgeleri görülür. Bu iklim farklılıklarından dolayı soğuk bölgelerde insanlar yaşam alanlarını ısıtma ihtiyacı, sıcak bölgelerde ise soğutma ihtiyacı duyarlar. Temel olarak yaşam alanlarını ısıtmak ve soğutmak için bir enerjiye, dolayısıyla ayrıca bir maliyete ihtiyaç vardır. Bu maliyeti azaltmak için kullanılan en etkin yöntemlerden birisi ısı yalıtımıdır.

Ilıman iklim bölgesinde olan Türkiye'de, Akdeniz, Marmara, Karasal ve Karadeniz iklimleri olmak üzere farklı iklim tipleri görülmektedir. Bu farklı iklim tipleri neticesinde Türkiye genelinde farklı sıcaklık ortalamaları mevcuttur. T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hesapladığı son 20 yılın ortalama sıcaklıklarına göre 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında Türkiye beş farklı derece gün bölgesine ayrılmıştır. Beş farklı derece gün bölgesinde yer alan yerleşim yerlerinde ortalama sıcaklıklar 1. Derece gün bölgesinden 5. Derece gün bölgesine doğru azalış göstermektedir.

Isı yalıtım malzemelerinin performanslarının ve maliyetlerinin karşılaştırılmasının hedeflendiği bu çalışmada, 2 katlı bir konut projesi çalışmanın materyali olarak seçilmiştir. Örneklenen projenin Akdeniz iklim bölgesinde ve 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallar Standardına göre 1. derece gün bölgesinde yer alan Adana ili Seyhan ilçesinde olduğu varsayımı ile ısı yalıtım hesapları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.1.'de ılıman bir iklime sahip Adana ilinin 1929 ve 2018 yılları arası aylık en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. 1929-2018 yıllları arası Adana ili en yüksek ve en düşük sıcaklıklar (MGM,2019)

Aylar / Sıcaklık	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
En Yüksek Sıcaklık (°C)	27	29	32	38	41	43	44	**46**	43	42	34	30
En Düşük Sıcaklık (°C)	**-8,1**	-6,6	-5	-1,3	5,6	9,2	12	15	9,3	3,5	-4,3	-4,4

Çalışma için seçilen evin taban oturumu 115,5 m^2 olup toplam brüt alanı ise 231 m²'dir. Örnek konut projesine ait plan, görünüş ve kesitler EK 1'de verilmiştir. Çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin incelendiği bu çalışmada ısıtma için enerji ve maliyet giderlerini farklı yalıtım malzemeleri kullanarak karşılaştırmak, ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız yapı arasındaki enerji ve maliyet farklarını açığa çıkarmak amaçlanmaktadır. Elde edilecek olan veriler doğrultusunda tasarımcılar, yükleniciler ve yapı sahiplerine farklı yalıtımlı durumların verimliliği ve maliyetleri hakkında bilgi vermek, yalıtım için yapılan masrafların enerji maliyetlerine etkisini hesaplamak ve uzun vadede getirisini göstermek hedeflenmektedir.

Söz konusu yalıtım etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla aynı bina için 5 farklı durum incelenmiştir (Çizelge 3.2.). İncelenen 5 farklı durumdan 1'i tam yalıtımsız durum olup diğer 4 durumda farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak yalıtım hesapları yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Farklı durumlar için kullanılan ısı yalıtım ve dolgu duvar malzemeleri

	Durum 1 (Yalıtımsız)	**Durum 2**	**Durum 3**	**Durum 4**	**Durum 5**
Tavan Yalıtımı	-	XPS	EPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Taban Yalıtımı	-	XPS	EPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Dolgu Duvar Tipi	Yatay Delikli Tuğla Duvar	Yatay Delikli Tuğla Duvar	Yatay Delikli Tuğla Duvar	Yatay Delikli Tuğla Duvar	Yatay Delikli Tuğla Duvar
Dış duvar Yalıtım	-	XPS	EPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Dış Cephe Isı köprüsü	-	XPS	EPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı

Çalışmada modellenen konut projesinde tam yalıtımsız durum için; tavan, taban ve dış cephede herhangi bir ısı yalıtım malzemesi kullanılmamış, cephe dolgu duvarlarda ise delikli tuğla kullanılmıştır. Tam yalıtımlı durumlar için dış cephe, tavan, taban ve ısı köprülerinde XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton malzeme olmak üzere 4 farklı malzeme kullanılmış, cephe dolgu duvarlarda ise delikli tuğla kullanılmıştır (Çizelge 3.2.). 5 durum için yapılan ısı yalıtım hesapları 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

Çalışma kapsamında; yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında aşağıdaki ana adımlar takip edilmiştir. Yapının yalıtımsız ve yalıtımlı durumlarının her biri için bu adımlar TS 825'e göre değerlendirilmiştir.

- Örnek yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması
  - Binanın özgül ısı kaybının hesaplanması

        - İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması
        - Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması
    - Isı kazançlarının hesaplanması
        - Aylık ortalama iç ısı kazançlarının hesaplanması
        - Aylık güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması
    - Aylık kazanç kayıp oranlarının hesaplanması
    - Aylık kazanç kullanım faktörlerinin hesaplanması
- Örnek yapının A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisinin hesaplanması
- TS 825'e göre A_n başına düşen yıllık maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerinin hesaplanması

Örnek yapının A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; TS 825'e göre hesaplanan yıllık maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri ile karşılaştırılmakta ve yalıtım malzemesinin uygunluğuna karar verilmektedir. Burada amaç, yalıtım malzemesinin kullanılması durumunda yapının ısıtma enerjisi ihtiyacının TS 825'e göre hesaplanan maksimum ihtiyaç değerinin altında kalmasıdır. Eğer projeye özel hesaplanan ısıtma ihtiyacı, TS 825 sınır değerinin üstünde kalırsa yalıtımın enerji tasarrufu açısından yeterli olmadığı şeklinde yorumlanmakta ve malzeme yetersiz görülmektedir.

3.1. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Yöntemleri

2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılan hesaplamalarla ilgili terimler ve tarifler aşağıda özetlenmiştir.

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{i,ay}$) : Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{ı,yıl}$): Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içerisinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı.

Binanın özgül ısı kaybı (H): İç ve dış ortamlar arasında 1 K (Kelvin) sıcaklık farkı olması durumunda, binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma yolu ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarı.

Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (θ_e): Dış sıcaklığın aylık ortalama değeri.

Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (θ_i): İç sıcaklığın aylık ortalama değeri.

Binanın iç ısı kazançları (φ_i): Binada ısıtma sistemi harici, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarı.

Güneş enerjisi kazançları (φ_s): Isıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Kazanç kullanım faktörü (η): İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranı.

Bina kullanım alanı (A_n): Bina net kullanım alanı.

Binanın ısıtılan brüt hacmi ($V_{brüt}$): Binanın ısı kaybeden yüzeylerini çevreleyen ve dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacim.

Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı (A_{top}): Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının dış ölçülere göre bulunan toplam alanı.

A_{top} / $V_{brüt}$ oranı : Isı kaybeden toplam yüzey alanının (A_{top}), yapının ısıtılan brüt hacmine ($V_{brüt}$) oranı (TSE, 2013).

3.2. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Sınır Değerleri

2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapı toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplandıktan sonra, elde edilen toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı TS 825'te belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır. Yıllık

ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri; yapının bulunduğu bölge, kat yüksekliği ve A_{top} / $V_{brüt}$ oranına göre değişmektedir.

Yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri hesaplanırken; ilk olarak örneklenen yapının A_{top} / $V_{brüt}$ oranı hesaplanmaktadır. Bu oranın 0,2'den küçük ya da 1,05'den büyük çıkması durumunda Çizelge 3.3.'te bulunan değerler kullanılmakta; bu oranın 0,2 < A/V < 1,05 olması durumunda ise Çizelge 3.4.'te bulunan formüller kullanılmaktadır.

A_{top} / $V_{brüt}$ oranına göre Çizelge 3.4. ya da Çizelge 3.5.'ten hangisinin kullanılacağı belirlendikten sonra, kullanılacak eşitliğin seçilmesi gerekmektedir. A_n ile ilişkili ya da $V_{brüt}$ ile ilişkili denklemler seçilirken; yapının yapılacağı bölgeye ve ısıtılacak net oda yükseklik ölçüsüne göre tercih yapılmaktadır. Net oda yüksekliğinin 2,60 m'den küçük veya eşit olması durumunda A_n ile ilişkili denklemler kullanılırken, net oda yüksekliğinin 2.60 m'den büyük olması durumunda $V_{brüt}$ ile ilişkili denklemler kullanılmaktadır.

Örneklenen projenin A_{top} / $V_{brüt}$ oranının 0,83 olması sebebiyle; TS 825'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerinin hesaplanması için Çizelge 3.4.'te bulunan formüller arasından tercih yapılmıştır. Örneklenen projenin; 1. derece gün bölgesi olan Adana ilinde bulunması ve kat yüksekliğinin 2,60 m olması sebebiyle A_n ile ilişkili olan "$Q'_{DG} = 36,7 \times A/V + 6,0$" denklemi kullanılmıştır. Bu denklem sonucunda bulunan değer, örneklenen projenin yıllık maksimum ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerini vermektedir. Yalıtımsız ve yalıtımlı durumların her biri için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı, bu sınır değer ile karşılaştırılmakta ve yalıtım malzemesinin enerji tasarrufu açısından durumu değerlendirilmektedir. Farklı yalıtımlı durumlar için 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardına göre hesaplanan toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerinin üzerinde kalan durumlarda kullanılan yalıtım sistemi enerji kullanımı açısından TS 825'e göre uygun bulunmamaktadır.

Çizelge 3.3. En büyük ve en küçük A_{top} / $V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri (TSE, 2013)

Bölge	Denklem	A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	Birim
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	13,8	44,9	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	4,4	14,4	kWh/m³,yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	28,5	82,3	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	9,1	26,3	kWh/m³,yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	38,4	100,9	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	12,3	32,3	kWh/m³,yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	50,4	122,3	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	16,0	38,8	kWh/m³,yıl
5. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	62,8	148,2	kWh/m³,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	20,00	47,4	kWh/m³,yıl

Çizelge 3.4. Bölgelere ve ara değer A_{top} / $V_{brüt}$ oranlarına göre sınırlandırılan Q'nun hesaplanması (TSE, 2013)

Bölge	Denklem	0,2 < A/V <1,05 için			
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	36,7 x	A/V +	6,0	[kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	11,9 x	A/V +	1,9	[kWh/m³,yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	63,7 x	A/V +	14,9	[kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	20,3 x	A/V +	4,7	[kWh/m³,yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	74,2 x	A/V +	22,4	[kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	23,2 x	A/V +	7,4	[kWh/m³,yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	83,4 x	A/V +	31,0	[kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	27,1 x	A/V +	9,8	[kWh/m³,yıl]
5. Bölge	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	88,7 x	A/V +	30,6	[kWh/m³,yıl]
	A_n ile ilişkili $Q^{'}_{DG}$ =	24,5 x	A/V +	12,1	[kWh/m³,yıl]

3.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesabı

Yıllık ısıtma enerjisi miktarı, ısıtılan ortama bir yıl içerisinde ısıtma sisteminden verilmesi gereken toplam ısı enerjisi miktarıdır. Yıllık ısıtma enerjisi

ihtiyacı hesaplanırken yapının kapı, pencere, duvar, tavan gibi yapı elemanlarından kaynaklı ısı kayıpları, insanlardan kaynaklı metabolik ısı kazançları, aydınlatma sistemleri, sıcak su sisteminden kaynaklı ısı kazançları ve güneş ışınımları kaynaklı ısı kazançları hesaplanarak belirlenir (TSE, 2013).

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanırken tüm ayların ısı enerjisi miktarı ayrı ayrı hesaplanarak toplanır (3.1). Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı negatif çıkan aylar için ısıtma enerjisi değeri "0'' olarak alınır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \tag{3.1}$$

$$Q_{ay} = \left[\ H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})\ \right] \cdot t \tag{3.2}$$

Burada;

$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	(Joule),
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı	(Joule),
H	: Binanın özgül ısı kaybı	(W/K),
q_i	: Aylık ortalama iç sıcaklık	(°C),
q_e	: Aylık ortalama dış sıcaklık	(°C),
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü	(birimsiz),
$\phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir)	(W),
$\phi_{s,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	(W),
t	: Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30)	(s)'dir.

Çalışma kapsamında; yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında aşağıdaki ana adımlar takip edilmiştir.

- Örnek yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması
  - Binanın özgül ısı kaybının hesaplanması
    - İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması
    - Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması
  - Isı kazançlarının hesaplanması
    - Aylık ortalama iç ısı kazançlarının hesaplanması
    - Aylık güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması
  - Aylık kazanç kayıp oranlarının hesaplanması
  - Aylık kazanç kullanım faktörlerinin hesaplanması

3.3.1. Binanın Özgül Isı Kayıplarının Hesabı

Binanın özgül ısı kayıpları, yapıda meydana gelen iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarının (H_T) ve havalandırma yoluyla meydana gelen ısı kayıplarının (H_v) toplamıdır.

$$H= H_T +H_v \quad (3.3)$$

3.3.1.1. İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı Eşitlik 3.4 ile hesaplanır. Bu eşitlikte yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir (TSE,2013).

$$H_T = \Sigma\, AU + l\, U_l \quad (3.4)$$

$$\Sigma\, AU = U_D A_D + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8\, U_T.A_T + 0.5\, U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \quad (3.5)$$

Burada;

U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_P : Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_k : Dış kapının ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_T : Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_t : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısı W/m^2K,
A_D : Dış duvarın alanı m^2,
A_P : Pencerenin alanı m^2.

Tavan döşemesi doğrudan dış havayla temas halinde ise, Eşitlik 3.5'te yer alan $U_T.A_T$'nin önündeki 0,8 olan katsayı 1 olarak alınır, tavan döşemesi üzerinde çatı varsa bu değer 0,8 olarak alınır. Bu çalışmada örneklenen projenin teras çatılı olması sebebiyle eşitlik 3.5'te yer alan $U_T.A_T$'nin önündeki katsayı 1 olarak alınmıştır.

Isı yalıtım hesaplarında TS 825'e göre farklı derece bölgeleri için kabul edilmesi gereken en yüksek U değerleri Çizelge 3.5.'te verilmiştir, ısı yalıtım hesaplarında U sınır değerlerinin aşılmaması gerekir (Çizelge 3.5.).

Bu çalışmada örnek projenin 1. derece gün bölgesinde yer alan Adana ilinde yapıldığı varsayıldığı için, Çizelge 3.5.'te koyu renkle belirtilen ısıl geçirgenlik katsayısı sınır değerleri göz önüne alınmıştır.

Çizelge 3.5. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi gereken U sınır değerleri (TSE, 2013)

Bölge	U_D	U_T	U_t	U_P
1. Bölge	**0,66**	**0,43**	**0,66**	**1,80**
2.Bölge	0,57	0,38	0,57	1,80
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,80
4.Bölge	0,38	0,23	0,38	1,80
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,80

3.3.1.2. Doğal Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybının Hesabı

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki Eşitlik 3.6 ile hesaplanır.

$$H_v = \rho.c.V^1 \quad (3.6)$$

$$H_v = \rho.c.V^1 = \rho.c.n_h .V_h = 0.33\ n_h.V_h$$

Burada;

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

c : Havanın özgül ısısı (J/kgK),

V^1 : Hacimce hava değişim debisi (m^3/h),

n_h : Hava değişim oranı (h^{-1}),

V_h : Havalandırılan hacim (**$V_h = 0,7 \times V_{brüt}$**) ($m^3$)'Tür.

Doğal havalandırma ile havalandırılan binalarda havalandırma sayısı "n_h" değeri 0,7 (h^{-1}) olarak alınır (TSE, 2013).

Örneklenen proje için doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesaplanması amacıyla "$H_v = 0.33.\ n_h.V_h$" formülü kullanılmış, formülde yer alan n_h=0,7 olarak alınırken; V_h ise "$V_h = 0,7 \times V_{brüt}$" formülü ile hesaplanmıştır.

3.3.2. Aylık Ortalama İç Kazançlar ($\phi_{i,ay}$)

Yapılarda yaşayan insan ve hayvanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları, sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları, yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları, aydınlatma sistemi, televizyon gibi elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları iç kazanç olarak nitelendirilir.

Konutlarda, okullarda, ofis ve büro gibi binalarda iç kazançlar net kullanım alanı başına maksimum 5 x W/m^2 olarak alınır. Yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalden fazla elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda veya etrafa ısı yayan sanayi cihazlarının kullanıldığı binalardaysa iç kazançlar net kullanım alanı başına en fazla 10 W/m^2 olarak alınır (TSE, 2013).

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda $\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$ (W)

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda $\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$ (W)

A_n : Bina kullanım alanı (m^2)

$$A_n = 0{,}32 \times V_{brüt} \quad (3.7.)$$

Aylık ortalama iç kazanç "$\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$" eşitliği kullanılarak hesaplanmış ve $\phi_{i,ay} \leq 944$ çıkmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlar için $\phi_{i,ay}$ değeri 944 W olarak hesaplanmıştır.

3.3.3. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları ($\phi_{s,ay}$)

Güneş enerjisi kazançları pencere ve dış kapı camlarından gelen doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\phi_{s,ay}$); TS EN 832'de verilen ayrıntılı hesaplama metodu uygulanarak hesaplanabileceği gibi, binanın durumuna bağlı olarak Çizelge 3.6., Çizelge 3.7. ve Çizelge 3.8.'de $r_{i,ay}$, $\mathbf{g_\perp}$ **ve** $I_{i,ay}$ değerleri

doğrudan alınıp Eşitlik 3.8 kullanılarak da hesaplanabilir. Bu çalışmada aylık ortalama güneş enerjisi kazançları Eşitlik 3.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\phi_{s,ay}$) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\phi_{s,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \qquad (3.8)$$

Burada;

$r_{i,ay}$: "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$: "i" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$: "i" yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2)

A_i : "i" yönündeki toplam pencere alanı (m^2)'dır.

Çizelge 3.6. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) (TSE, 2013)

Yapı Nizamı ve Konumları	**$r_{i,ay}$**
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Bu çalışmada örneklenen yapının müstakil olmasından dolayı saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) 0,8 olarak alınmıştır.

Güneş enerjisi geçirme faktörü :

$$g_{i,ay} = F_w.g_{\perp} \qquad (3.9)$$

Burada;

F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür. Fw = 0,8'dir.

$g_\perp$: Yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Çalışma kapsamında seçilen projenin cam türü renksiz yalıtım camı olarak seçilmiş ve Çizelge 3.7.'de verilen güneş enerjisi geçirme faktörü değerine göre işlem yapılmıştır (TS 825'e göre, cam ölçü değerlerinin net olmaması durumunda "$g_\perp$" için aşağıdaki değerlerler kullanılabilmektedir.). Bu çalışmada örneklenen yapıda renksiz yalıtım camı seçilmesinden dolayı güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_\perp$) 0,75 olarak alınmıştır.

Çizelge 3.7. Laboratuvar koşullarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (TSE, 2013)

Cam türü	**$g_\perp$**
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m²K'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

Eşitlik 3.8'de kullanılan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri ($I_{i,ay}$) Çizelge 3.8.'de verilmiştir. Yapılarda cephelerin ara yönlere bakması durumunda; aylık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri olarak, hakim yönlerin değerleri alınır. Çalışmada örneklenen projenin cepheleri ana yönlere bakmaktadır, projede ara yönlere bakan cephe bulunmamaktadır.

Çizelge 3.8. Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri ($I_{i,ay}$) (W/m^2) (TSE, 2013)

Yönlere Göre Işınım Şiddeti	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
$I_{güney}$ =	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I_{kuzey} =	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
$I_{batı/doğu}$ =	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

3.3.4. Kazanç Kullanım Faktörü (η)

Konutta toplam iç kazançlar ve toplam güneş enerjisi kazançları, yapının ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması bakımından tam olarak hesaba katılmaz. Isı kazançlarının fazla olduğu sürelerde, ısı kazançları anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekli olmadığı saatlerde gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemleri mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir kazanç kullanım faktörü katsayısıyla azaltılır. Kazanç kullanım faktörünün değeri, ısıl kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısıl kütlesine bağlıdır. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır (TSE, 2013).

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

Eşitlik 3.10'da verilen e değeri euler sayısı olup e=2,71828 olarak alınır.

Burada;

KKO_{ay}, kazanç / kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (3.11.)$$

Burada;

$\theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (Çizelge 3.9.)

$\theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (Çizelge 3.10.)

$\phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar (Eşitlik 3.7)

$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (Eşitlik 3.8)

KKO_{ay} oranı 2,5 veya 2,5'den fazla olursa, o ay için ısı kaybı olmadığı varsayılır.

Bu çalışmada, ısı yalıtım hesaplarında ısıtılacak bina konut olduğu için kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değeri (θ_i) 19°C alınmıştır (Çizelge 3.9.).

Çizelge 3.9. Isı yalıtım hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri (θ_i) (TSE, 2013)

No	Isıtılacak Binanın Adı	Sıcaklığı (°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 Havuzları	26
13	İmalat ve Atölye Mahalleri	16

Çizelge 3.10. Farklı derece gün bölgeleri için aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (°C)] (TSE, 2013)

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

3.4. Yıllık Isıtma Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi Hesapları

Seçilen örnek projenin 5 farklı yalıtımlı duruma göre ısı yalıtım hesapları yapıldıktan sonra farklı durumlar için hesaplanan $Q_{yıl}$ değerine göre yıllık ısıtma maliyeti ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

3.4.1. Doğal Gaz Isıtma Maliyeti Hesabı

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, ısıtma sezonu boyunca binanın sürekli rejimde (19°C iç ortam sıcaklığında) olduğu haldeki enerji ihtiyacıdır. Isıtma sezonu içinde ısıtma tesisatı sürekli rejimde çalışmaz. Binaların düşük kapasite kullanıldığı ve hiç kullanılmadığı zamanlarda ısıtma sisteminin kontrollü çalıştırılmasıyla da önemli bir enerji tasarrufu sağlanır. Yapılan çalışmada ısıtma sisteminin çalışmasının, ısıtma sezonu boyunca kesintisiz devam ettiği kabul edilmiştir (Yazıcı, 2011).

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yakıt tüketimi Eşitlik 3.12'ye göre hesaplanmaktadır.

$$B_y = Q_{yıl} / (Hu \cdot \eta_k) \quad (3.12.)$$

Eşitlik 3.12'de "Hu" kullanılan yakıtın alt ısıl değerini ifade etmektedir. Doğal gaz için alt ısıl değeri 9,5925 kWh/m³'tür, "η_k" ise ısıtma sistemi verimini ifade etmektedir. Bu verim doğal gazla çalışan sistemler için %80-95 arasında değişmektedir (Yazıcı, 2011). Bu çalışmada doğalgaz sistem verimi 0,85 olarak hesaplanmıştır.

Yıllık yakıt ihtiyacını hesaplarken ısıtma sisteminin verimi olarak kabul edilen ortalama kazan verimi bir miktar hata payı içerir. Çalışmada bu hata payı ihmal edilmiştir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yıllık yakıt maliyeti aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$$M = By \; x \; C_{fyak} \quad (3.13)$$

Bu eşitlikte, My: Yıllık yakıt maliyeti, By: Yıllık yakıt miktarı (m^3) ve C_{fyak}: Yakıt birim fiyatını (TL/m^3) ifade etmektedir.

3.4.2. Geri Ödeme Süresi Hesabı

Geri ödeme süresi hesabı, yalıtım yapılması durumunda oluşacak yakıt tasarrufu neticesinde elde edilecek kârın, ısı yalıtım maliyetini kaç yıl içerisinde karşılayacağının belirlenmesi açısından önemlidir. Geri ödeme sürelerinin tespiti için yalıtım maliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen yalıtım maliyetlerinin yakıt tasarruf değerlerine bölünmesi sonucunda geri ödeme süreleri hesaplanmaktadır. Yakıt tasarruf değerlerini ise yalıtımsız durumdaki yıllık yakıt maliyeti ile yalıtımlı durumdaki yıllık yakıt maliyeti arasındaki fark oluşturur (Bektaş, 2018).

Yıllık yakıt tasarrufu = Yıllık yakıt maliyeti (Yalıtımsız) – Yıllık yakıt maliyeti (Yalıtımlı)

Geri ödeme süresi = Toplam yalıtım maliyeti (TL) / yıllık yakıt tasarrufu (TL)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre farklı malzemelerle ısı yalıtım hesaplarının yapıldığı proje ile ilgili bilgiler Çizelge 4.1.'de, projeye ait ısı yalıtım malzeme bilgileri Çizelge 4.2.'de ve proje plan ve görünüşleri EK 1'de verilmiştir.

TS 825'e göre Adana 1. derece gün bölgesinde yer almaktadır, bu bilgi yıllık ısıtma enerji ihtiyaç değerleri ve aylık ortalama dış sıcaklık değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Projede ısı yalıtımsız durum ve farklı ısıl iletkenlik hesap değerlerine sahip ısı yalıtım malzemelerinden EPS, XPS, taş yünü ve gaz beton levha için yalıtım hesapları yapılmıştır. Isı yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlar için dış duvar tipi olarak 19 cm kalınlığında yatay delikli tuğla seçilmiştir. Bina taban döşeme kalınlığı 12 cm plak döşeme, arakat ve çatı döşeme tipi 30 cm kalınlığında asmolen döşemedir. Projede havalandırma tipi olarak kapı, pencere ve menfez ile gerçekleştirilen doğal havalandırma kullanılmıştır. Yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlar için doğramalar 3 odacıklı pvc doğrama seçilmiş olup cam tipi 12 mm ara boşluklu çift camlı low-e kaplamalı cam seçilmiştir. Yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için bina çatı tipi geleneksel teras çatı seçilmiş, bina temel ve çatısında toplam 6 mm kalınlığında (çift kat) su yalıtımı uygulanmıştır (Çizelge 4.3.). Farklı yalıtımlı durumlar için kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değeleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örnek projeye ait ısı yalıtım hesabında kullanılan bilgiler

Proje Bilgileri	
Brüt Hacim ($V_{brüt}$)	590,000 m³
Isı Kaybeden Topram Alan (A_{top})	490,24 m²
Net alan (A_n = 0,32 x Vbrüt)	188,80 m²
Brüt Kat Yüksekliği	3,00 m
Net Kat Yüksekliği	2,60 m
İç Sıcaklık	19 °C
Kat Adedi	2
Bina Tipi	Konut
Yakıt Türü	Doğal Gaz
Havalandırma Durumu	Doğal Havalandırma
Bina Durumu	Ayrık Bina
Taban Alanı	86,10 m²
Tavan Alanı	115,50 m²
Açık Geçit Üzeri Taban Alanı	29,40 m²
Toplam Dış Dolgu Duvar Alanı (Hava Temaslı)	149,36 m²
Betonarme Cephe Alanı (Kolon+Kiriş+Lento)	71,22 m²
Kapı Alanı	2,20 m²
Toplam Pencere Alanı	36,46 m²
- Güney Cephe Pencere Alanı ($A_{güney}$)	18,64 m²
- Kuzey Cephe Pencere Alanı (A_{kuzey})	5,22 m²
- Doğu Cephe Pencere Alanı ($A_{doğu}$)	5,40 m²
- Batı Cephe Pencere Alanı ($A_{Batı}$)	7,20 m²

Çizelge 4.2. Farklı ısı yalıtım malzemeleri ısı iletkenlik hesap değerleri

Isı Yalıtım Malzemeleri	**Isı İletkenlik Hesap Değerleri (λ)**
XPS	0,030 (W/mK)
EPS	0,035 (W/mK)
Taş Yünü	0,035 (W/mK)
Gaz Beton Levha	0,044 (W/mK)

Çizelge 4.3. Örnek proje üzerinde ısı yalıtımsız durum ve ısı yalıtımlı durumlar için kullanılan malzeme bilgileri

	Isı Yalıtımsız Durum	**Eps Yalıtmlı**	**Xps Yalıtımlı**	**Taş Yünü Yalıtımlı**	**Gaz Beton Yalıtımlı**
Dolgu Duvar Tipi	Yatay Delikli Tuğla (19cm)	Yatay Delikli Tuğla (19cm)	Yatay Delikli Tuğla (19cm)	Yatay Delikli Tuğla (19cm)	Yatay Delikli Tuğla (19cm)
Çatı Isı Yalıtımı	-	EPS	XPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Temel Isı Yalıtımı	-	EPS	XPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Tavan Isı Yalıtımı	-	EPS	XPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Cephe Betonarme Yüzeyler	-	EPS	XPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Cephe Dolgu Duvar Yüzeyler	-	EPS	XPS	Taş Yünü	Gaz Beton İzolasyon Plağı
Pencere Kasa Balkon Kapıları	PVC Doğrama (3 Odacıklı)	PVC Doğrama (3 Odacıklı)	PVC Doğrama (3 Odacıklı)	PVC Doğrama (3 Odacıklı)	PVC Doğrama (3 Odacıklı)
Dış Kapı Kasası	Metal Kasa (Isı Yalıtımlı)	Metal Kasa (Isı Yalıtımlı)	Metal Kasa (Isı Yalıtımlı)	Metal Kasa (Isı Yalıtımlı)	Metal Kasa (Isı Yalıtımlı)
Balkon Kapı Ve Pencere Camı	Low-E Kaplamalı 12mm Boşluklu Çift Cam	Low-E Kaplamalı 12mm Boşluklu Çift Cam	Low-E Kaplamalı 12mm Boşluklu Çift Cam	Low-E Kaplamalı 12mm Boşluklu Çift Cam	Low-E Kaplamalı 12mm Boşluklu Çift Cam
Su Yalıtımı	Membran(6mm)	Membran (6mm)	Membran (6mm)	Membran(6mm)	Membran(6mm)

4.2. Isı Yalıtım Maliyet Hesapları

Bu bölümde çalışma kapsamında örneklenen projenin yalıtımsız ve yalıtımlı durumları için yapılan maliyet hesapları ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

4.2.1. Isı Yalıtım Levhaları Uygulamak İçin Birim Alanda Yalıtımsız Duruma Göre Kullanılan Farklı Malzemelerin Poz Noları ve Birim Fiyatları

Isı yalıtımlı ve yalıtımsız detaylar için kullanılan malzemelerin poz no'ları ve birim fiyatları Çevre Şehircilik Bakanlığı 2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitapçığından alınmıştır.

Isı yalıtımlı uygulamalar ile ısı yalıtımsız uygulamalar arasında imalat kalemlerinde bazı farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin cephede; ısı yalıtımsız durumda kaba ve ince sıva uygulaması bulunurken, ısı yalıtımlı durumda sadece kaba sıva uygulanmaktadır. Bunun gibi imalat farklılıkları ve ısı yalıtım malzemesinin uygulanması kaynaklı ortaya çıkan maliyet farkları birim fiyat bazında Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.'te sunulmuştur. Çizelge 4.4.'te ısı yalıtımsız durum ile XPS ve EPS yalıtım malzemeleri; Çizelge 4.5.'te ise taş yünü ve gaz beton levha uygulanmalarında ortaya çıkan imalat farklılıkları birim fiyatları sunulmuştur. Çizelge 4.4. ve 4.5.'teki "-" değerler ısı yalıtımlı durumda uygulanmayacak olan kaba ve ince sıva imalatına ait birim fiyatları yansıtmaktadır. Yalıtımlı durum ile yalıtımsız durum arasında maliyeti etkileyen imalatların ve fiyatlarının daha iyi görülebilmesi amacıyla yalıtımlı durumda uygulanmayan imalatlar "-" ile ifade edilerek sunulmuştur.

Çizelge 4.4. XPS ve EPS levhaları ile yapılan yalıtım uygulamalarında birim alanda yalıtımsız duruma göre kullanılan farklı malzemelerin poz noları ve birim fiyatları (ÇŞB, 2019)

Yalıtım Uygulanan Bölge	Binadaki Yapı Elemanları	XPS			EPS		
		Kalınlık (m)	Poz no	Birim Fiyat TL/m²	Kalınlık (m)	Poz no	Birim Fiyat TL/m²
Cephe	Kaba Sıva	0,012	15.275.1105	26,44	0,012	15.275.1105	26,44
	K.+İ. Sıva	0,028	15.275.1101	-40,20	0,028	15.275.1101	-40,20
	Cephe için Yalıtım Levhası ve Yalıtım Sıvası	0,03	15.335.1001	62,36	0,03	15.335.1101	57,05
		0,04	15.335.1002	66,30	0,04	15.335.1102	59,21
		0,05	15.335.1003	70,24	0,05	15.335.1103	61,38
		0,06	15.335.1004	74,18	0,06	15.335.1104	63,55
		0,07	15.335.1005	78,11	0,07	15.335.1105	65,71
		0,08	153.35.1006	82,05	0,08	15.335.1106	67,88
Çatı	Teras Çatı İçin Yalıtım Levhası	0,03	15.335.1501	14,41	0,03	15.335.1801	16,23
		0,04	15.335.1502	18,48	0,04	15.335.1802	16,90
		0,05	15.335.1503	22,55	0,05	15.335.1803	20,58
		0,06	15.335.1504	26,61	0,06	15.335.1804	24,25
		0,07	15.335.1505	30,69	0,07	15.335.1805	27,93
		0,08	15.335.1506	34,75	0,08	15.335.1806	31,60
	P.E. Şilte	-	-	-	0,002	10.330.3521	3,00
Açık Geçit Üzeri Taban	K+İ. Sıva	0,012	15.275.1103	-37,49	0,028	15.275.1103	-37,49
	Cephe için Yalıtım Levhası ve Yalıtım Sıvası	0,03	15.335.1001	62,36	0,03	15.335.1101	57,05
		0,04	15.335.1002	66,30	0,04	15.335.1102	59,21
		0,05	15.335.1003	70,24	0,05	15.335.1103	61,38
		0,06	15.335.1004	74,18	0,06	15.335.1104	63,55
		0,07	15.335.1005	78,11	0,07	15.335.1105	65,71
		0,08	15.335.1006	82,05	0,08	15.335.1106	67,88
Toprak Temaslı Taban	P.E. Şilte	-	-	-	0,002	10.330.3521	3,00
	Taban İçin Yalıtım Levhası	0,03	15.335.1501	14,41	0,03	15.335.1801	13,23
		0,04	15.335.1502	18,48	0,04	15.335.1802	16,90
		0,05	15.335.1503	22,55	0,05	15.335.1803	20,58
		0,06	15.335.1504	26,61	0,06	15.335.1804	24,25
		0,07	15.335.1505	30,69	0,07	15.335.1805	27,93
		0,08	15.335.1506	34,75	0,08	15.335.1806	31,60
	Hasır Donatı	-	15.160.1002	12,72	-	15.160.1002	12,72

Çizelge 4.5. Taş yünü ve gaz beton levhaları uygulamak için birim alanda yalıtımsız duruma göre kullanılan farklı malzemelerin poz noları ve birim fiyatları (ÇŞB, 2019)

Yalıtım Uygulanan Bölge	Binadaki Yapı Elemanları	**Taş Yünü**			**Gaz Beton Levha**		
		Kalınlık (m)	Poz no	Birim Fiyat TL/m²	Kalınlık (m)	Poz no	Birim Fiyat TL/m²
Cephe	Kaba Sıva	0,012	15.275.1105	26,44	0,012	15.275.1105	26,44
	K.+İ. Sıva	0,028	15.275.1101	-40,20	0,028	15.275.1101	-40,20
	Yalıtım Levhası ve Yalıtım Sıvası	0,03	15.340.1001	71,36	0,03	Ek-2A	70,44
		0,04	15.340.1002	75,49	0,04	Ek-2B	74,24
		0,05	15.340.1003	79,50	0,05	15.345.1001	78,05
		0,06	15.340.1004	83,63	0,06	15.345.1002	81,85
		0,07	15.340.1005	89,01	0,07	15.345.1003	85,66
		0,08	15.340.1006	91,84	0,08	15.345.1004	89,46
Çatı	Teras Çatı İçin Yalıtım Levhası	0,03	15.340.1201	16,51	0,03	Ek-2C	13,63
		0,04	15.340.1202	20,64	0,04	Ek-2D	17,43
		0,05	15.340.1203	24,65	0,05	Ek-2E	21,24
		0,06	15.340.1204	29,30	0,06	Ek-2F	25,04
		0,07	15.340.1205	36,99	0,07	Ek-2G	28,85
		0,08	15.340.1206	45,13	0,08	Ek-2H	32,65
	P.E. Şilte	0,002	10.330.3521	3,00	0,002	10.330.3521	3,00
Açık Geçit Üzeri Taban	K+İ. Sıva	0,028	15.275.1103	-37,49	0,028	15.275.1103	-37,49
	Cephe için Yalıtım Levhası ve Yalıtım Sıvası	0,03	15.340.1001	71,36	0,03	Ek-2A	70,44
		0,04	15.340.1002	75,49	0,04	Ek-2B	74,24
		0,05	15.340.1003	79,50	0,05	15.345.1001	78,05
		0,06	15.340.1004	83,63	0,06	15.345.1002	81,85
		0,07	15.340.1005	89,01	0,07	15.345.1003	85,66
		0,08	15.340.1006	91,84	0,08	15.345.1004	89,46
Toprak Temaslı Taban	P.E. Şilte	0,002	10.330.3521	3,00	0,002	10.330.3521	3,00
	Taban İçin Yalıtım Levhası	0,03	15.340.1201	16,51	0,03	Ek-2C	13,63
		0,04	15.340.1202	20,64	0,04	Ek-2D	17,43
		0,05	15.340.1203	24,65	0,05	Ek-2E	21,24
		0,06	15.340.1204	29,30	0,06	Ek-2F	25,04
		0,07	15.340.1205	36,99	0,07	Ek-2G	28,85
		0,08	15.340.1206	45,13	0,08	Ek-2H	32,65
	Hasır Donatı	-	15.160.1002	12,72	-	15.160.1002	12,72

Çizelge 4.5.'te bulunan EK-2A, EK-2B, EK-2C, EK-2D, EK-2E, EK-2F, EK-2G, EK-2H pozları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kitabında birim fiyat olarak bulunmadığı için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları Kitabında bulunan işçilik ve malzeme rayiç bedellerine göre hesaplanmış ve ekler kısmında verilmiştir. Ekler kısmında verilen birim fiyatların numaraları ve tanımları aşağıda verilmiştir.

- (EK-2A) 3cm kalınlıkta gaz beton ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine Gaz beton ısı yalıtım levha sıvası yapılması (Mantolama)
- (EK-2B) 4 cm kalınlıkta gaz beton ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine Gaz beton ısı yalıtım levha sıvası yapılması (Mantolama)
- (EK-2C) 3 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması
- (EK-2D) 4 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması
- (EK-2E) 5 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması.
- (EK-2F) 6 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması
- (EK-2G) 7 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı ve taban.) ısı yalıtımı yapılması
- (EK-2H) 8 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 kPa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı ve taban.) ısı yalıtımı yapılması

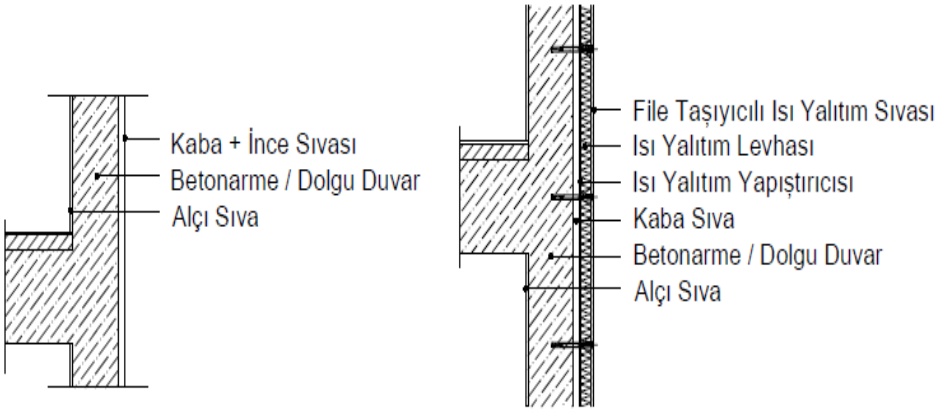
4.2.2. Isı Yalıtımlı Detayların Isı Yalıtımsız Detaylara Göre Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması

Bu bölümde ilk olarak ısı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı durumlar için olan farklı imalatlardan kaynaklı birim alan maliyet farkları sunulmuş, kapı, pencere ya da subasman kotunda uygulanan fileli köşebent, fileli damlalıklı köşebent ve subasman bitiş profili kaynaklı fiyatlar ise daha sonra hesaplanmıştır.

4.2.2.1. Cephede Isı Yalıtımlı Ve Isı Yalıtımsız Uygulama için Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması

Yalıtım yapılan cephede yalıtımsız duruma göre uygulanan farklı malzemeler bulunmaktadır (Şekil 4.1.). Cephenin dıştan yalıtımı için söz konusu maliyet farkının başlıca sebebi olan imalatlar; ısı yalıtım levhası, yalıtım yapıştırma harcı, dübel, levha montaj işçiliği, ısı yalıtım sıvası, sıva filesi, ısı yalıtım köşebenti ve yatay delikli tuğla duvar üzerine dübel tespiti için kaba sıva yapılmasıdır.

Cephe ısı yalıtımı uygulamasında dört farklı durum için**;** EPS, XPS, taş yünü, gaz beton levhaları kullanılması durumunda yatay delikli tuğlaların yalıtım levha dübellerine karşı dayanıklı hale gelmesi için dış cephede kaba sıva uygulanmış, sonrasında ısı yalıtım levhası cepheye tespit edilerek fileli özel ısı yalıtım sıvası uygulanmıştır. Cephenin dıştan yalıtımında yalıtımsız duruma göre farklı olarak sadece ince sıva imalatı yapılmamıştır, bunun sebebi yalıtım malzemesi üzerine ince sıva yerine özel yalıtım sıvası uygulanmasıdır.



Şekil 4.1. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı cephe detayı

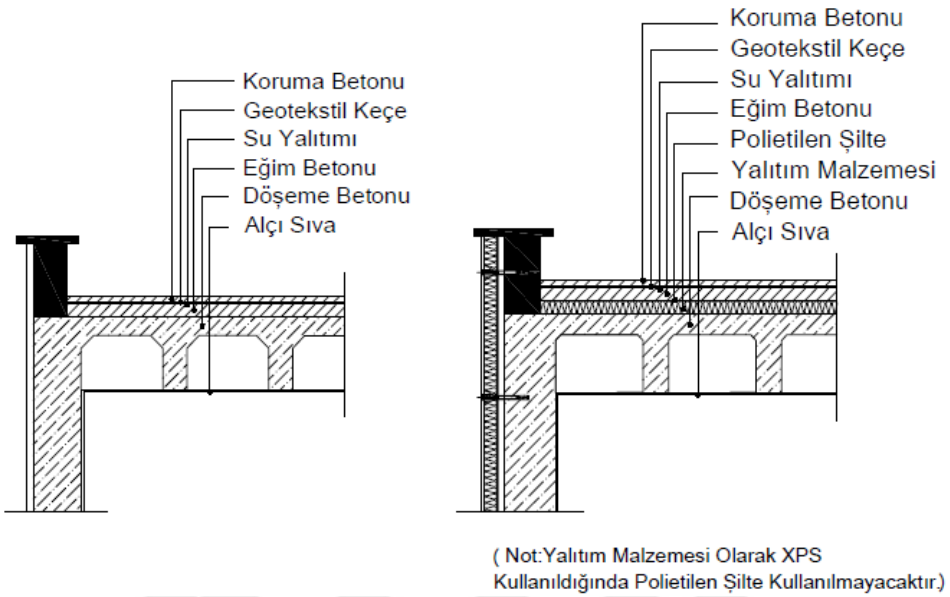
Örnek olarak 4 cm XPS yalıtım levhası uygulanan yalıtımlı cephede yalıtımsız cepheye göre birim alandaki maliyet farkı Çizelge 4.6.'da 52,54 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. 4 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı cephede, ısı yalıtımsız cepheye göre birim alandaki maliyet farkı

Poz No	İmalat	Birim	Birim Fiyat (TL/m²)
Yalıtımlı Durumda kullanılan ek malzemeler/ imalatlar			
15.275.1105	Kaba sıva yapılması	m²	26,44
15.335.1002	4 cm xps yalıtım levhası ve yalıtımlı cephe sıvası yapılması	m²	66,30
Toplam			92,74
Yalıtımsız durumda yalıtımlı duruma göre kullanılan farklı malzemeler/ imalatlar			
15.275.1105	Kaba ve ince sıva yapılması	m²	-40,20
4 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı cephede, ısı yalıtımsız cepheye göre birim alandaki maliyet farkı			**52,54**

4.2.2.2. Geleneksel Teras Çatıda Isı Yalıtımlı ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması

Yalıtım yapılan üzerinde gezilmeyen geleneksel teras çatıda yalıtımsız duruma göre uygulanan farklı imalatlar bulunmaktadır (Şekil 4.2.). Geleneksel teras çatı ısı yalıtım uygulamasında dört farklı durum için; XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton ısı yalıtım levhası seçilmiştir. Geleneksel teras çatı yalıtımı için söz konusu maliyet farkının başlıca sebebi olan iş kalemleri; ısı yalıtım levhası, levha serim işçiliği, yalıtım levhalarının şap betonunun suyunu emip deforme olmaması için kullanılan polietilen (p.e.) keçedir. Isı yalıtım malzemesi olarak EPS, taş yünü ya da gaz beton ısı yalıtım levhası seçilmesi durumunda ısı yalıtım tabakasının üzerine polietilen şilte uygulanmıştır, polietilen şilte serilmesindeki amaç ısı yalıtım malzemesinin betonun suyunu emerek deforme olmasını engellemektir. Isı yalıtım malzemesi olarak XPS ısı yalıtım levhası seçilmesi durumunda ise ısı yalıtım tabakasının üzerine polietilen şilte serilmeyecektir, XPS ısı yalıtım levhalarının su emme özelliği bulunmamaktadır. Isı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız geleneksel teras çatı detayları Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı geleneksel teras çatı detayı

Örnek olarak 5 cm taş yünü ve 5 cm XPS ısı yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı hesapları Çizelge 4.7.'de 27,65 TL/m² ve Çizelge 4.8.'de 22,55 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. 5 cm taş yünü yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı

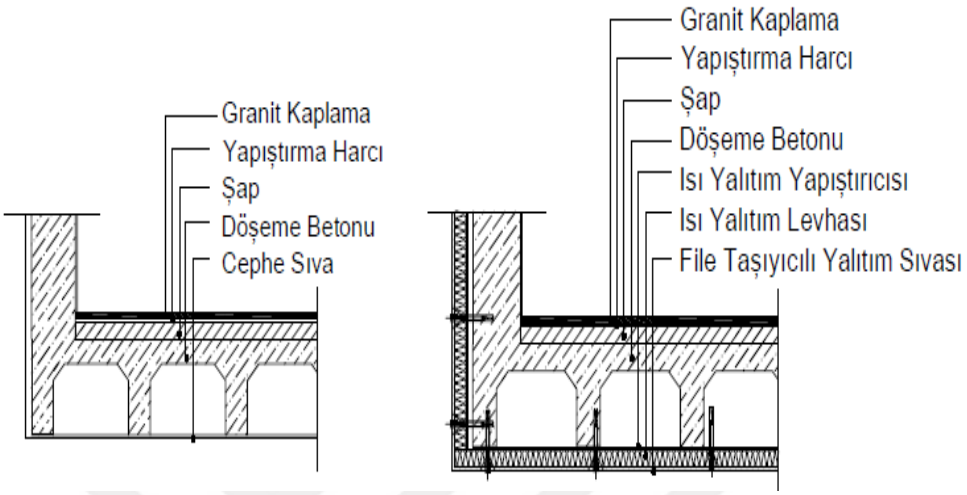
Poz No	İmalat	Birim	Birim Fiyat (TL/m²)
Yalıtımlı Durumda kullanılan ek malzemeler/imalatlar			
10.330.3521	Polietilen şilte serilmesi	m²	3,00
15.340.1203	5 cm taş yünü yalıtım levhası yapılması	m²	24,65
5 cm taş yünü yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı			**27,65**

Çizelge 4.8. 5 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı

Poz No	İmalat	Birim	Birim Fiyat (TL/m^2)
Yalıtımlı Durumda kullanılan ek malzemeler/imalatlar			
15.335.1503	5 cm XPS yalıtım levhası yapılması	m²	22,55
5 cm XPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı geleneksel teras çatıda, ısı yalıtımsız çatıya göre birim alandaki maliyet farkı			**22,55**

4.2.2.3. Açık Geçit Üzeri Tabanda Isı Yalıtımlı Ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması

Şekil 4.3.'te açık geçit üzeri tabanda uygulanan yalıtımlı ve yalıtımsız durumlara ait detaylar yer almaktadır. Açık geçit üzeri taban için yapılan ısı yalıtım uygulamasında dört farklı durum için; XPS, EPS, taş yünü ya da gaz beton ısı yalıtım levhası seçilmiştir. Açık geçit üzeri taban ısı yalıtımı için; döşeme taban betonu tavanına dıştan ısı yalıtım levhası cepheye tespit edilip fileli özel ısı yalıtım sıvası uygulanacaktır. Açık geçit üzeri tabanda geçit tavanından yapılan yalıtım için iki uygulama arasındaki maliyet farkının başlıca sebebi olan malzemeler ve imalatlar; ısı yalıtım levhası, yalıtım yapıştırma harcı, dübel, levha montaj işçiliği, ısı yalıtım sıvası, sıva filesi, ısı yalıtım köşebent yapılmasıdır. Açık geçit üzeri taban yalıtımında, yalıtımsız duruma göre kaba ve ince sıva kalemi uygulanmayacaktır, bunun sebebi yalıtımlı durumda asmolen döşemeye dübel tespiti için kaba sıvaya gerek olmaması ve yalıtım malzemesi üzerine ince sıva yerine özel yalıtım sıvası uygulanmasıdır.



Şekil 4.3. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı açık geçit üzeri taban detayı

Örnek olarak 7 cm gaz beton yalıtım levhası uygulanan yalıtımlı açık geçit üzeri tabanda, yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı Çizelge 4.9.'de 48,17 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

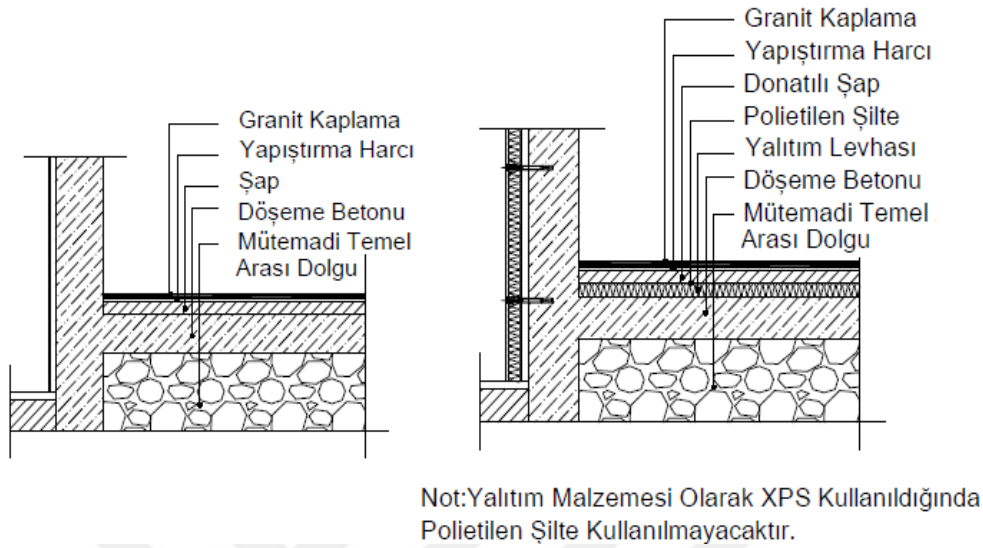
Çizelge 4.9. 7 cm Gaz beton yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı açık geçit üzeri tabanda, ısı yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı

Poz No	İmalat	Birim	Birim Fiyat (TL/m²)
Yalıtımlı Durumda kullanılan ek malzemeler/imalatlar			
15.345.1003	7 cm Gaz beton yalıtım levhası ve fileli ısı yalıtım sıvası yapılması	m²	85,66
Toplam			85,66
Yalıtımsız Durumda yalıtımlı duruma göre kullanılan farklı malzemeler / imalatlar			
15.275.1103	Kaba ve İnce Sıva Yapılması	m²	-37,49
7 cm Gaz beton yalıtım levhası uygulanan yalıtımlı açık geçit üzeri tabanda yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı			**48,17**

4.2.2.4. Toprak Temaslı Tabanda Isı Yalıtımlı ve Isı Yalıtımsız Uygulama İçin Birim Alan Maliyet Farkının Hesaplanması

Toprak temaslı taban ısı yalıtımı için; taban betonu üzerine ısı yalıtım levhası serilmiştir. Toprak temaslı taban ısı yalıtım uygulamasında dört farklı durum için; EPS, taş yünü, gaz beton ve XPS ısı yalıtım malzemeleri seçilmiştir. Yalıtım yapılan toprak temaslı tabanda yalıtımsız duruma göre uygulanan farklı imalatlar bulunmaktadır (Şekil 4.4.). Toprak temaslı tabanda yapılan yalıtım için iki uygulama arasındaki maliyet farkının başlıca sebebi olan imalatlar; ısı yalıtım levhası, levha serim işçiliği, döşeme üzerine atılan şapın çatlamaması için hasır donatı, yalıtım levhalarının şap betonunun suyunu emip deforme olmaması için kullanılan polietilen (p.e.) keçedir.

Isı yalıtım malzemesi olarak; EPS, taş yünü, gaz beton levha seçilmesi durumunda ısı yalıtım tabakasının üzerine polietilen şilte serilecektir, polietilen şilte serilmesindeki amaç ısı yalıtım malzemesinin betonun suyunu emerek deforme olmasını engellemektir. Isı yalıtım malzemesi olarak XPS ısı yalıtım levhası seçilmesi durumunda ise ısı yalıtım tabakasının üzerine polietilen şilte serilmesine gerek yoktur, bunun nedeni, XPS ısı yalıtım levhalarının su emme özelliğinin bulunmamasıdır. Isı yalıtımsız durumda taban betonu üzerine uygulanan şap, yalıtımlı durumda Q 188/188 hasır donatılı şap olarak uygulanacaktır.



Şekil 4.4. Isı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı toprak temaslı taban detayı

Örnek olarak 8 cm EPS ısı yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı toprak temaslı tabanda, yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı Çizelge 4.10.'da 47,32 TL/m² olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10. 8 cm EPS yalıtım levhası uygulanan ısı yalıtımlı toprak temaslı tabanda ısı yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı

Poz No	İmalat	Birim	Birim Fiyat (TL/m²)
Yalıtımlı Durumda kullanılan ek malzemeler/imalatlar			
15.160.1002	Hasır donatı (Q 188/188)	m²	12,72
10.330.3521	Polietilen şilte serilmesi	m²	3,00
15.335.1806	8 cm EPS yalıtım levhası ve yalıtımlı cephe sıvası yapılması	m²	31,60
8 cm EPS yalıtım levhası uygulanan yalıtımlı toprak temaslı tabanda yalıtımsız duruma göre birim alandaki maliyet farkı			**47,32**

XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton levhalarla ısı yalıtımının ısı yalıtımsız duruma göre birim alan maliyet farkının hesabı Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.11.'de hesaplanan değerlere ısı yalıtımlı cephe sıvası için kapı, pencere ya da subasman kotunda uygulanan fileli köşebent, fileli damlalıklı köşebent ve subasman bitiş profili fiyatları dahil değildir. Köşebent ve bitiş profili birim fiyat ve toplam maliyet hesapları Bölüm 4.2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.11. XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton levhalarla ısı yalıtımının ısı yalıtımsız duruma göre birim alan maliyet farkı

İmalat	Yalıtım Levhası Kalınlığı (cm)	XPS	EPS	Taş Yünü	Gaz Beton
		Birim Alan Maliyet Farkı TL/m²	Birim Alan Maliyet Farkı TL/m²	Birim Alan Maliyet Farkı TL/m²	Birim Alan Maliyet Farkı TL/m²
Cephe Yalıtım	3	48,60	43,29	57,60	56,68
	4	52,54	45,45	61,73	60,48
	5	56,48	47,62	65,74	64,29
	6	60,42	49,79	69,87	68,09
	7	64,35	51,95	75,25	71,90
	8	68,29	54,12	78,08	75,70
Geleneksel Teras Çatı Yalıtım	3	14,41	16,23	19,51	16,63
	4	18,48	19,90	23,64	20,43
	5	22,55	23,58	27,65	24,24
	6	26,61	27,25	32,30	28,04
	7	30,69	30,93	39,99	31,85
	8	34,75	34,60	48,13	35,65
Açık Geçit Üzeri Taban Yalıtımı	3	24,87	19,56	33,87	32,95
	4	28,81	21,72	38,00	36,75
	5	32,75	23,89	42,01	40,56
	6	36,69	26,06	46,14	44,36
	7	40,62	28,22	51,52	48,17
	8	44,56	30,39	54,35	51,97
Toprak Temaslı Taban Yalıtım	3	27,13	28,95	32,23	29,35
	4	31,20	32,62	36,36	33,15
	5	35,27	36,3	40,37	36,96
	6	39,33	39,97	45,02	40,76
	7	43,41	43,65	52,71	44,57
	8	47,47	47,32	60,85	48,37

4.2.3. Isı Yalıtımlı Detayların Isı Yalıtımsız Detaylara Göre Toplam Fiyat Farkının Hesaplanması

Isı yalıtımlı durumların ısı yalıtımsız durumlara göre toplam fiyat farkını hesaplamak amacıyla sırasıyla aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

- İlk olarak; Ek 1'de verilen örnek proje üzerinden Çizelge 4.12.'deki metrajlar çıkartılmıştır.
- Çizelge 4.11.'de verilen yalıtımlı durumların yalıtımsız durumlara göre hesaplanan birim fiyat farkları Çizelge 4.12.'de verilen yapı elemanlarına ait metraj değerleri ile çarpılmıştır.
- Bir önceki adımda hesaplanan değerlere; Çizelge 4.13.'te hesabı verilen yardımcı ısı yalıtım cephe elemanlarının (köşebent, bitiş profili vs.) toplam maliyetleri eklenerek ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız durum arasındaki toplam ısı yalıtım maliyet farkı hesaplanmıştır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.12. Örnek projede ısı yalıtım uygulanacak yapı elemanlarının miktarları

Isı Yalıtımı Uygulanan Bölge	Miktar	Birim
Cephe	244,20	m²
Geleneksel Teras Çatı	110,50	m²
Toprak Temaslı Taban	77,10	m²
Üzeri Açık Taban	33,35	m²

Çizelge 4.12.'de verilen metraj bilgileriyle, ısı yalıtım hesaplarında kullanılan metrajlar arasında farklılıklar vardır. Bu farklılıkların temel sebebi ısı köprüsü oluşumunu engellemek ve cephede oluşabilecek mimari kaygıların önüne geçebilmek amacıyla yapılan ek imalatlardır. Örneğin; ısı yalıtım hesaplarında cephe ısı yalıtım alt kotu +0,33 olmasına rağmen, +0,33 ve +0,15 tretuvar üst kotları arası estetik olmayan bir görüntü olacağı için ve buna ek olarak bu kotlar arasında oluşabilecek ısı köprülerini engellemek amacıyla ısı yalıtımı

uygulanmaktadır. Isı köprüsüyle alakalı başka bir örnek ise; cephe ısı yalıtım hesabında betonarme ve dolgu duvar yüzeylerinin toplam metrajlarına ek olarak uygulamada kapı ve pencere pervazlarına da yalıtım yapılmaktadır. Bu çalışmada, Çizelge 4.12.'deki metrajlara ek olarak; kapı-pencere pervazları ve cephede +0,15 kotuna kadar da ısı yalıtımı uygulanmıştır.

Çizelge 4.13.'te verilen köşebent, damlalık, su basman profili gibi yardımcı elemanlar örneklenen tüm yalıtımlı durumlarda kullanılmaktadır.

Çizelge 4.13. Isı yalıtım için kullanılan yardımcı elemanların toplam maliyeti

Kaynak (Kitap)	Poz No	Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
ÇŞB	15.360.1002	Pvc Köşebent (Fileli)	m	80,00	3,21	256,80
ÇŞB	15.360.1004	Pvc Damlalıklı Köşebent (Fileli)	m	35,00	4,00	140,00
ÇŞB	15.360.1005	Alüminyum su basman profili	m	27,00	9,28	250,56
Isı yalıtımı yardımcı elemanları toplam maliyeti =						**647,36**

Çizelge 4.14. 5 cm taş yünü ile yalıtımı yapılan örnek projenin yalıtımsız duruma göre (toplam) maliyet farkının hesaplanması

Isı yalıtım uygulanan bölge	Alan (m²)	5 cm taş yünü yalıtımı birim alan maliyet farkı (m²)	Fiyat (TL)
Cephe	244,20	65,74	16.053,71
Geleneksel teras çatı	110,50	27,65	3.055,33
Açık geçit üzeri taban	33,35	42,01	1401,03
Toprak temaslı taban	77,10	40,37	3.112,52
Isı yalıtımı yardımcı elemanları toplam maliyeti (Köşebent, bitiş profili vs.)			647,36
5 cm taş yünü ile yalıtılan örnek projenin yalıtımsız duruma göre toplam maliyet farkı			**24.269,95**

Çizelge 4.15. Örnek projede farklı kalınlıklarda ısı yalıtım malzemesi uygulanan durumların ısı yalıtımsız duruma göre (toplam) maliyet farkı

Isı Yalıtım Malzemesi	Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı					
	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
EPS	15.896,56 ₺	17.184,56 ₺	18.477,22 ₺	19.767,99 ₺	21.057,87₺	22.348,64₺
XPS	17.028,92 ₺	18.886,00 ₺	20.743,08 ₺	22.598,28 ₺	24.454,46₺	26.309,67₺
Gaz Beton Levha	19.688,00 ₺	21.455,57 ₺	23.227,79 ₺	24.995,36 ₺	26.767,58₺	28.535,15₺
Taş Yünü	20.483,63 ₺	22.404,70 ₺	24.269,95₺	26.288,58 ₺	29.224,44₺	31.536,97₺

4.3. 2013 Tarihli TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kuralları Standardına Göre Isı Yalıtım Hesapları

4.3.1. Özgül Isı Kaybı Hesapları

Örnek projede uygulanması planlanan farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı durumların özgül ısı kayıplarını TS 825'e göre hesaplamak için cephe, çatı, taban ve pencere için hesaplanan ısı geçirgenlik katsayısı değerleri, Çizelge 3.5.'te verilen sınır ısı geçirgenlik katsayısı değerlerini geçmemelidir. Örnek projede hesaplanan farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız cephe, çatı ve taban için ısı geçirgenlik katsayısı değerleri Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan örnek projenin 1. derece gün bölgesinde yer alması sebebiyle; Bölüm 3.3.1.1.'de de belirtildiği üzere, TS 825'e göre dolgu duvar, betonarme duvar ve toprak temaslı tabanlar için ısı geçirgenlik maksimum katsayı değeri 0,66 m^2K/W; geleneksel teras çatı ve üzeri açık geçit taban için ise maksimum 0,43 m^2K/W değerlerinde olmalıdır (TS 825, 2013). Çizelge 4.16.'da belirtilen ısı yalıtımsız durum, 3 ve 4 cm EPS, 3 cm XPS, 3 ve 4 cm taş yünü, 3, 4 ve 5 cm gaz beton ısı yalıtımlı durumları maksimum ısı geçirgenlik katsayısı şartlarını sağlayamadığı için TS 825'e göre uygun değildir. Çalışma kapsamında yalıtımsız durum ve farklı yalıtımlı durumlar için malzemeler arasındaki farkların incelenebilmesi amacıyla ısı yalıtım hesapları tüm durumlar için yapılmıştır.

Çalışmada yalıtımsız ve tüm yalıtımlı durumlar için pencere ısı geçirgenlik katsayısı TS 825'e göre sınır değer olan 1,80 m²K/W seçilmiş, kapı içinse TS 825'de herhangi bir sınır değer verilmemekle beraber, yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlarda kapı için ısı geçirgenlik katsayısı 4,00 m²K/W olarak seçilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız cephe, çatı ve taban ısı geçirgenlik katsayısı değerleri

Yalıtım Malzemeleri	Isı Geçirgenlik Katsayıları (U) (m²K/W)				
	Dolgu Duvar Cephe	Betonarme Duvar Cephe	Geleneksel Teras Çatı	Toprak Temaslı Taban	Üzeri Açık Geçit Taban
	U_d (m²K/W) (max 0,66)	U_d (m²K/W) (max 0,66)	U_T (m²K/W) (max 0,43)	U_t (m²K/W) (max 0,66)	U_t (m²K/W) (max 0,43)
Isı Yalıtımsız	1,230	3,090	0,959	3,770	0,950
EPS 3 cm	0,596	0,842	0,513	0,760	0,525
EPS 4 cm	0,510	0,679	0,447	0,607	0,457
EPS 5 cm	0,445	0,569	0,397	0,505	0,404
EPS 6 cm	0,395	0,489	0,356	0,432	0,362
EPS 7 cm	0,355	0,429	0,323	0,378	0,328
EPS 8 cm	0,322	0,382	0,296	0,335	0,300
XPS 3 cm	0,550	0,752	0,490	0,790	0,488
XPS 4 cm	0,464	0,601	0,421	0,626	0,420
XPS 5 cm	0,402	0,501	0,369	0,518	0,368
XPS 6 cm	0,355	0,429	0,329	0,441	0,328
XPS 7 cm	0,317	0,375	0,296	0,385	0,296
XPS 8 cm	0,287	0,334	0,270	0,341	0,269
Taş Yünü 3 cm	0,596	0,842	0,513	0,760	0,525
Taş Yünü 4 cm	0,510	0,679	0,447	0,607	0,457
Taş Yünü 5 cm	0,445	0,569	0,397	0,505	0,404
Taş Yünü 6 cm	0,395	0,489	0,356	0,432	0,362
Taş Yünü 7 cm	0,355	0,429	0,323	0,378	0,328
Taş Yünü 8 cm	0,322	0,382	0,296	0,335	0,300
Gaz Beton 3 cm	0,666	0,988	0,564	1,003	0,578
Gaz Beton 4 cm	0,578	0,807	0,500	0,817	0,511
Gaz Beton 5 cm	0,511	0,682	0,449	0,689	0,458
Gaz Beton 6 cm	0,458	0,590	0,407	0,596	0,415
Gaz Beton 7 cm	0,415	0,520	0,373	0,525	0,379
Gaz Beton 8 cm	0,379	0,465	0,344	0,469	0,349

Not: Turuncu dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri TS 825'de verilen sınır değerleri sağlamamaktadır. Mavi tonlarla işaretlenmiş değerler ve yalıtım malzemeleri TS 825'te verilen sınır değerleri sağlamaktadır.

Çizelge 4.17.'de verilen formüller ısı kaybı hesaplarında kullanılmıştır. Çizelge 4.18'de ise ısı yalıtımsız bina dolgu duvarının ısı kaybı hesaplama örneği verilmiştir.

Çizelge 4.17. Özgül ısı kaybı hesaplarında kullanılan bazı formüller

Terimler	**Formüller**
Isıl iletkenlik direnci (R)	d / λ_h
Isı Geçirgenlik Katsayısı (U)	1 / R
Isı Kaybı	A x U

Çizelge 4.18. Isı yalıtımsız bina dolgu duvarı ısı kaybı hesaplama örneği

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı AxU (W/K)
DUVAR: Dolgu Duvar	R_i			0,130			
	4.4 Alçı sıva	0,02	0,51	0,039			
	7.1.5.1. Yatay delikli tuğla	0,19	0,33	0,576			
	4.1. Kireç-çimento harcı	0,028	1	0,028			
	R_e			0,040			
Toplam				**0,813**	**1,230**	**149,36**	**183,72**

Isı yalıtım hesapları yapılan projenin iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları toplamı projenin özgül ısı kaybını vermektedir.

Farklı kalınlıktaki EPS, XPS, taş yünü, gaz beton levha yalıtımlı durumlar için örnek projede iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı, $H_T = U_D.A_D + U_T.A_T + 0,5.U_tA_t + U_d.A_d + U_p.A_p + U_k.A_k$ formülüyle hesaplanmış,

havalandırmanın doğal havalandırma olduğu kabülü yapılmış ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ise $H_v = 0,33 . n_h . V_h$ formülüyle hesaplanmıştır. Özgül ısı kaybı ise $H = H_T + H_v$ formülüyle hesaplanarak Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Yapı elemanlarının iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen toplam ısı kayıpları hesaplandıktan sonra (H_T) buna havalandırma yoluyla ısı kaybı (H_V) eklenerek özgül ısı kaybı (H) bulunmuştur (Çizelge 4.19, Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. ve Çizelge 4.20'de verilen ısı geçirgenlik katsayı değerleri (U); yapı elemanı çeşidine ve yalıtım malzemesi uygulanma durumuna göre Çizelge 4.16.'dan alınarak kullanılmıştır. Öncelikle, tüm yapı elemanları (dolgu duvar, betonarme duvar, tavan, toprak temaslı taban, üzeri açık geçit taban, kapı ve pencere) için, yalıtımsız ve yalıtımlı durumlar göz önüne alınarak ayrı ayrı ısı kayıpları hesaplanmış daha sonra bunlar toplanarak iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19. Farklı kalınlıktaki EPS ve XPS levha yalıtımlı durumlar için örnek projenin ısı kayıpları ve özgül ısı kaybı

Örnek Proje Isı Kayıpları (W/K)									
	İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kayıpları $H_T = U_D.A_D + U_T.A_T + 0,5.U_tA_t + U_d.A_d + U_p.A_p + U_k.A_k$							Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı $H_v = 0,33 . n_h . V_h$	Özgül Isı Kaybı $H = H_T + H_v$
Isı Kaybeden Yüzeyler	Dolgu Duvar 149,36 m²	Betonarme Duvar 71,22 m²	Tavan 115,50 m²	Toprak Temaslı Taban 86,10 m²	Üzeri Açık Geçit Taban 29,40 m²	Pencere 36,46 m²	Kapı 2,20 m²	-	-
Yalıtımsız	183,72	220,10	110,77	162,29	27,93	65,63	8,80	95,40	874,65
EPS 3 cm	89,07	59,97	59,24	32,73	15,44	65,63	8,80	95,40	426,27
EPS 4 cm	76,10	48,34	51,66	26,11	13,42	65,63	8,80	95,40	385,47
EPS 5 cm	66,47	40,52	45,85	21,74	11,88	65,63	8,80	95,40	356,15
EPS 6 cm	59,00	34,83	41,12	18,60	10,64	65,63	8,80	95,40	333,99
EPS 7 cm	53,02	30,55	37,31	16,27	9,64	65,63	8,80	95,40	316,60
EPS 8 cm	48,09	27,21	34,19	14,42	8,82	65,63	8,80	95,40	302,59
XPS 3 cm	82,07	53,53	56,54	34,02	14,36	65,63	8,80	95,40	410,36
XPS 4 cm	69,30	42,80	48,63	26,95	12,35	65,63	8,80	95,40	369,89
XPS 5 cm	60,07	35,66	42,63	22,28	10,83	65,63	8,80	95,40	341,30
XPS 6 cm	53,02	30,55	38,00	18,99	9,64	65,63	8,80	95,40	319,97
XPS 7 cm	47,35	26,71	34,19	16,57	8,70	65,63	8,80	95,40	303,41
XPS 8 cm	42,87	23,79	31,19	14,68	7,91	65,63	8,80	95,40	290,17

Çizelge 4. 20. Farklı kalınlıktaki taş yünü ve gaz beton levha yalıtımlı durumlar için örnek projenin ısı kayıpları ve özgül ısı kaybı

Örnek Proje Isı Kayıpları (W/K)									
	İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kayıpları $HT = U_D.A_D + U_T.A_T + 0,5.U_tA_t + U_d.A_d + U_p.A_p + U_k.A_k$ (W/K)							Havalandırma Yoluyla Isı Kaybı $H_v = 0,33 . n_h .V_h$	Özgül Isı Kaybı $H = H_T + H_v$
Isı Kaybeden Yüzeyler	Dolgu Duvar 149,36 m²	Betonarme Duvar 71,22 m²	Tavan 115,50 m²	Toprak Temaslı Taban 86,10 m²	Üzeri Açık Geçit Taban 29,40 m²	Pencere 36,46 m²	Kapı 2,20 m²	-	-
Yalıtımsız	183,72	220,10	110,77	162,29	27,93	65,63	8,80	95,40	874,65
Taş Yünü 3 cm	89,07	59,97	59,24	32,73	15,44	65,63	8,80	95,40	426,27
Taş Yünü 4 cm	76,10	48,34	51,66	26,11	13,42	65,63	8,80	95,40	385,47
Taş Yünü 5 cm	66,47	40,52	45,85	21,74	11,88	65,63	8,80	95,40	356,15
Taş Yünü 6 cm	59,00	34,83	41,12	18,60	10,64	65,63	8,80	95,40	333,99
Taş Yünü 7 cm	53,02	30,55	37,31	16,27	9,64	65,63	8,80	95,40	316,60
Taş Yünü 8 cm	48,09	27,21	34,19	14,42	8,82	65,63	8,80	95,40	302,59
Gaz Beton 3 cm	99,46	70,36	65,09	43,18	17,00	65,63	8,80	95,40	464,92
Gaz Beton 4 cm	86,33	57,47	57,75	35,17	15,02	65,63	8,80	95,40	421,56
Gaz Beton 5 cm	76,32	48,57	51,86	29,66	13,47	65,63	8,80	95,40	389,67
Gaz Beton 6 cm	68,41	42,02	47,01	25,66	12,20	65,63	8,80	95,40	365,13
Gaz Beton 7 cm	61,98	37,03	43,08	22,60	11,14	65,63	8,80	95,40	345,62
Gaz Beton 8 cm	56,61	33,12	39,73	20,19	10,26	65,63	8,80	95,40	329,71

4.3.2. Aylık Ortalama İç Isı Kazançları

Aylık ortalama iç ısı kazançları, Eşitlik 3.7'de yer alan "$\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$" eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. "$\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$" formülünde kullanılan A_n; "$A_n=0,32xV_{brüt}$" eşitliğinden faydalınarak 188,80 m^2 bulunmuştur. $\phi_{i,ay}$ değeri "$\phi_{i,ay} \leq 5xA_n$" eşitliğini sağlayacak şekilde; $\phi_{i,ay} \leq 944$ olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlar için $\phi_{i,ay}$ değeri 944 W olarak değerlendirilmiştir..

4.3.3. Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançlarını ($\phi_{s,ay}$) hesaplamak için kullanılan $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$ eşitliğinde yer alan ortalama aylık güneş ışınım şiddeti değerleri ($I_{i,ay}$) Çizelge 3.8.'den alınmıştır. Bu çalışmada örneklenen yapının müstakil olmasından dolayı Çizelge 3.6.'da verilen saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) 0,8 olarak alınmıştır. Çalışma kapsamında seçilen projenin cam türü renksiz yalıtım camı olarak seçilmiş ve Çizelge 3.7.'de verilen güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_\perp$) 0,75 olarak alınmıştır. Çizelge 4.21.'de aylık ortalama güneş enerjisi kazançları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Örnek Projenin Aylık Güneş Enerjisi Kazançları

Aylık Güneş Enerjisi Kazançları ($\Sigma \phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$)																
Aylar	$A_{güney}$	A_{kuzey}	$A_{doğu}$	$A_{batı}$	$I_{güney}$	I_{kuzey}	$I_{doğu,batı}$	r_{iay}	$g_{\perp}$	F_w*	$g_{i,ay}$**	Güney $\phi_{s,ay}$	Kuzey $\phi_{s,ay}$	Doğu $\phi_{s,ay}$	Batı $\phi_{s,ay}$	$\Sigma \phi_{s,ay}$
	(m²)	(m²)	(m²)	(m²)	(W/m²)	(W/m²)	(W/m²)	(W/m²)	(W/m²)	-	(W/m²)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)
Oca	18,64	5,22	5,40	7,20	72	26	43	0,80	0,75	0,80	0,60	644,20	65,15	111,46	148,61	969,41
Şub					84	37	57					751,56	92,71	147,74	196,99	1189,01
Mar					87	52	77					778,41	130,29	199,58	266,11	1374,39
Nis					90	66	90					805,25	165,37	233,28	311,04	1514,94
May					92	79	114					823,14	197,94	295,49	393,98	1710,56
Hazi					95	83	122					849,98	207,96	316,22	421,63	1795,80
Tem					93	81	118					832,09	202,95	305,86	407,81	1748,71
Ağu					93	73	106					832,09	182,91	274,75	366,34	1656,09
Eyl					89	57	81					796,30	142,82	209,95	279,94	1429,01
Eki					82	40	59					733,67	100,22	152,93	203,90	1190,73
Kas					67	27	41					599,46	67,65	106,27	141,70	915,08
Ara					64	22	37					572,62	55,12	95,90	127,87	851,52

* F_w=0,80

** $g_{i,ay} = g_{\perp} \times F_w$

4.3.4. 2013 Tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyaçlarının Hesaplanması

Örnek projenin ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız durumlar için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaç değerleri ve A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaç değerleri EK-5'ten EK-23'e kadar verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgelerinde detaylı olarak paylaşılmıştır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamasında kullanılan formüller Çizelge 4.22.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamasında kullanılan formüller

Terim	**Formül**
Özgül Isı Kaybı (H)	$H = H_T + H_V$
Isı Kayıpları	$H\ (\theta_i - \theta_e)$
İç Isı Kazancı	$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot An$
Güneş enerjisi kazancı	$\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$
Toplam Isı Kazancı (ϕ_T)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$
Kazanç Kayıp Oranı (KKO)	$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$
Kazanç kullanm faktörü (η_{ay})	$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$
Isıtma enerjisi ihtiyacı (Q_{ay})	$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t\ (J)$

Çizelge 4.22. ve Çizelge 4.23'te sıcaklık farklarını ifade eden ($\theta_i - \theta_e$) için aylık ortalama iç sıcaklık (θ) değeri Çizelge 3.9'daki, aylık ortalama dış sıcaklık değeri (θ_e) ise Çizelge 3.10'daki değerler kullanılarak hesaplanmıştır.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabında aylık sıcaklık farkı ($\theta_i - \theta_e$) "0'' ya da "0''dan küçük çıkarsa o ay için sıcaklık farkı "0'' alınmakta ve ısı kaybı olmadığı kabul edilmektedir. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sıcaklık farkları negatif çıktığı için sıcaklık farkları ve ısı kaybı "0'' (sıfır) olarak alınmıştır (Çizelge 4.23. ve Çizelge 4.24). KKO_{ay} oranı 2,5'e eşit veya 2,5'den fazla olursa, o ay için ısı kaybı olmadığı varsayılır. Bu çalışmada Ekim ayında KKO değeri 2.5'den büyük olduğu için Ekim ayı ısı kaybı "0'' (sıfır) olarak alınmıştır (Çizelge 4.23. ve Çizelge 4.24).

Örnek projenin ısı yalıtımsız durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması Çizelge 4.23'te ve örnek projenin 6 cm XPS yalıtımlı durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması Çizelge 4.24.'te verilmiştir. Bu çizelgelere ek olarak yalıtımsız ve yalıtımlı tüm durumlar için EK-5'ten EK-23'e kadar yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgeleri detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.23. Örnek projenin ısı yalıtımsız durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması

Örnek Projenin Isı Yalıtımsız Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması									
	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
Aylar	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	874,65	10,6	9271,29	944	969,41	1913,41	0,21	0,99	19.110.633
Şub		10	8746,5		1189,01	2133,01	0,24	0,98	17.233.748
Mart		7,4	6472,41		1374,39	2318,39	0,36	0,94	11.135.657
Nis		3,2	2798,88		1514,94	2458,94	0,88	0,68	2.923.095
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	437,325		1190,73	2134,73	4,88	0,00	1.133.546
Kas		6	5247,9		915,08	1859,08	0,35	0,94	9.070.227
Ara		9,7	8484,105		851,52	1795,52	0,21	0,98	17.429.892
$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)							$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 78.036.799		
Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 78.036.799 (kj) = 21694,23 kWh									
Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)									
Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$									
Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$									
Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$									
Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; $Q = Q_{yıl}/A_n$ = 114,91 kWh/m² $A_n = 0,32 V_{brüt} = 188,8$ m² A_{toplam}=490,24 m² $V_{brüt}$=590 m³									
$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.									
Q > Q' (114,91>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin ustundedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.									

Çizelge 4.24. Örnek projenin 6 cm XPS yalıtımlı durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması

Örnek Projenin 6 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	319,97	10,6	3391,682	944	969,41	1913,41	0,56	0,83	4.674.280
Şub		10	3199,7		1189,01	2133,01	0,67	0,78	3.998.391
Mart		7,4	2367,778		1374,39	2318,39	0,98	0,64	2.292.103
Nis		3,2	1023,904		1514,94	2458,94	2,40	0,34	483.224
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	159,985		1190,73	2134,73	13,34	0,00	414.681
Kas		6	1919,82		915,08	1859,08	0,97	0,64	1.873.169
Ara		9,7	3103,709		851,52	1795,52	0,58	0,98	3.483.906

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 17.219.754

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 17.219.754 (kj) = 4787,09 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 25,36 kWh/m² $A_n = 0,32\ V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (25,36<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Örneklenen projede yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) kJ cinsinden hesaplandıktan sonra yapının yıllık ısı kaybı kWh saat cinsinden (1kJ =0.278 x 10^{-3} kWh) hesaplanır. Binanın hesaplanan yıllık ısı kaybı bina kullanım alanına (A_n)

bölünerek, örneklenen yapının A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı bulunmaktadır.

Yukarıdaki hesaplamalara ek olarak örnek yapının TS 825'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri hesaplanmaktadır. TS 825'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerinin hesaplanması için kullanılacak eşitlik; A_{top} / $V_{brüt}$ oranı, ısı yalıtımı yapılacak projenin bulunduğu derece gün bölgesi ve yapının kat yüksekliğine göre seçilmektedir.

A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerini hesaplamak için kullanılan, A_{top} / $V_{brüt}$ oranı 0,8309 olarak bulunmuştur. A_{top} / $V_{brüt}$ oranının 0,2 ve 1,05 değerleri arasında olması; örnek yapının 1. Derece gün bölgesinde bulunması ve yapı kat yüksekliğinin 2.60 m olması sebebiyle A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerinin ($Q^{'}$) hesaplanması için kullanılan eşitlik Çizelge 3.4.'ten ($Q^{'} = 36,7 \times A/V + 6,0$) alınmıştır.

Bu eşitliğe göre örnek bina için A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri maksimum $Q^{'} = 36,49$ kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır. Farklı ısı yalıtımlı durumlar ve ısı yalıtımsız durum için A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları Çizelge 4.25.'te verilmiştir. Çizelge 4.25.'te belirtilen turuncu dolgulu durumlar TS 825'e göre hesaplanan 36,49 kWh/m² maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerini karşılamamaktadır. Bu sınır değerini sağlamayan ısı yalıtım sistemlerinin seçilmesi TS 825 standardına göre uygun değildir.

Çizelge 4.25. Isı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız durumların yıllık ve An başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları

Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığı (cm)	Isı Yalıtımlı Durumda Kullanılan Malzeme	A_n Başına Düşen Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (Q') (kWh/m²)	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ($Q_{yıl}$) (kWh)
TS 825'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri (Q'_{maks}) = 36,49 kWh/m²			
0 cm	Yalıtımsız	114,91	21694,23
3 cm	EPS	40,87	7716,39
4 cm	EPS	34,76	6562,46
5 cm	EPS	30,48	5754,87
6 cm	EPS	27,32	5158,08
7 cm	EPS	24,89	4698,72
8 cm	EPS	22,96	4334,82
3 cm	XPS	38,47	7262,53
4 cm	XPS	32,47	6130,90
5 cm	XPS	28,36	5353,57
6 cm	XPS	25,36	4787,09
7 cm	XPS	23,07	4355,96
8 cm	XPS	21,28	4017,11
3 cm	Taş Yünü	40,87	7716,39
4 cm	Taş Yünü	34,76	6562,46
5 cm	Taş Yünü	30,48	5754,87
6 cm	Taş Yünü	27,32	5158,08
7 cm	Taş Yünü	24,89	4698,72
8 cm	Taş Yünü	22,96	4334,82
3 cm	Gaz Beton Levha	46,81	8837,58
4 cm	Gaz Beton Levha	40,16	7581,54
5 cm	Gaz Beton Levha	35,38	6679,70
6 cm	Gaz Beton Levha	31,78	6000,13
7 cm	Gaz Beton Levha	28,97	5469,75
8 cm	Gaz Beton Levha	26,72	5044,26

Not: Turuncu dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri TS 825'e göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerini sağlamamaktadır, mavi dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri bu sınır değerleri sağlamaktadır.

4.4. Yıllık Isıtma Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi Hesaplamaları

Çalışma kapsamında seçilen örnek projenin ısıtma sistemi doğal gazlı ısıtma sistemi olarak seçilmiştir. Seçilen ısıtma sisteminin, sistem verimi %85, doğal gaz m³ satış fiyatı ise Adana Aksa Doğalgaz Ocak 2019 satış fiyatı olan 1,3147037232 TL/m³ seçilmiştir.

Farklı çeşit ve kalınlıktaki malzemelerle tasarlanan örnek projenin Yıllık ısıtma maliyeti hesabı Çizelge 4.26.'da**,** yıllık ısıtma maliyeti, ısı yalıtım maliyeti ve geri ödeme süresi değerleri Çizelge 4.27.'de verilmiştir.

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yakıt tüketimi Eşitlik 3.12'ye göre hesaplanmış ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına göre yıllık yakıt maliyeti Eşitlik 3.13 ile hesaplanmıştır.

$$B_y = Q_{yıl} / (Hu \cdot \eta_k) \quad (3.12)$$

$$M = By \; x \; C_{fyak} \quad (3.13)$$

Çizelge 4.26. Isı yalıtımsız ve yalıtımlı durumların yıllık ısıtma maliyeti hesabı

Isı Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlar	Doğalgaz Birim Fiyatı (C_{fyak})	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı ($Q_{yıl}$)	Doğal Gaz İçin Alt Isıl Değeri (Hu)	Doğalgaz Isıtma Sistemi Verimi (η_k)	Yıllık Isıtma Maliyeti (M)
	TL/m³	kWh	kWh		TL
Yalıtımsız	1,314703723	21694,23	9,5925	0,85	3.498,01
EPS 3 cm	1,314703723	7716,39	9,5925	0,85	1244,20
EPS 4 cm	1,314703723	6562,46	9,5925	0,85	1.058,14
EPS 5 cm	1,314703723	5754,87	9,5925	0,85	927,93
EPS 6 cm	1,314703723	5158,08	9,5925	0,85	831,70
EPS 7 cm	1,314703723	4698,72	9,5925	0,85	757,63
EPS 8 cm	1,314703723	4334,82	9,5925	0,85	698,95
XPS 3 cm	1,314703723	7262,53	9,5925	0,85	1171,02
XPS 4 cm	1,314703723	6130,90	9,5925	0,85	988,56
XPS 5 cm	1,314703723	5353,57	9,5925	0,85	863,22
XPS 6 cm	1,314703723	4787,09	9,5925	0,85	771,88
XPS 7 cm	1,314703723	4355,96	9,5925	0,85	702,36
XPS 8 cm	1,314703723	4017,11	9,5925	0,85	647,73
Taş Yünü 3 cm	1,314703723	7716,39	9,5925	0,85	1244,20
Taş Yünü 4 cm	1,314703723	6562,46	9,5925	0,85	1.058,14
Taş Yünü 5 cm	1,314703723	5754,87	9,5925	0,85	927,92
Taş Yünü 6 cm	1,314703723	5158,08	9,5925	0,85	831,70
Taş Yünü 7 cm	1,314703723	4698,72	9,5925	0,85	757,63
Taş Yünü 8 cm	1,314703723	4334,82	9,5925	0,85	698,95
Gaz Beton 3 cm	1,314703723	8837,58	9,5925	0,85	1424,99
Gaz Beton 4 cm	1,314703723	7581,54	9,5925	0,85	1.222,46
Gaz Beton 5 cm	1,314703723	6679,70	9,5925	0,85	1.077,05
Gaz Beton 6 cm	1,314703723	6000,13	9,5925	0,85	967,47
Gaz Beton 7 cm	1,314703723	5469,75	9,5925	0,85	881,95
Gaz Beton 8 cm	1,314703723	5044,26	9,5925	0,85	813,34

Not: Turuncu dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri TS 825'e göre hesaplanan ve Çizelge 4.16.'da ve Çizelge 4.25'te verilen sınır değerleri sağlamamaktadır, mavi dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri bu sınır değerleri sağlamaktadır.

Çizelge 4.27. Farklı tür ve kalınlıktaki ısı yalıtımlı durumların yıllık ısıtma maliyeti, ısı yalıtım maliyeti ve geri ödeme süresi

Isı Yalıtımlı ve Yalıtımsız Durumlar	Yıllık Isıtma Maliyeti	Isı Yalıtım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi	Isıtma Maliyeti Tasarrufu
	TL	TL	Yıl	%
Yalıtımsız	3.498,01 ₺	-	-	0
EPS 3 cm	1.244,20 ₺	15.896,56 ₺	7,05	64,43
EPS 4 cm	1.058,14 ₺	17.184,56 ₺	7,04	69,75
EPS 5 cm	927,92 ₺	18.477,22 ₺	7,19	73,47
EPS 6 cm	831,70 ₺	19.767,99 ₺	7,41	76,22
EPS 7 cm	757,63 ₺	21.057,87 ₺	7,68	78,34
EPS 8 cm	698,95 ₺	22.348,64 ₺	7,98	80,02
XPS 3 cm	1.171,02 ₺	17.028,92 ₺	7,32	66,52
XPS 4 cm	988,56 ₺	18.886,00 ₺	7,53	71,74
XPS 5 cm	863,22 ₺	20.743,08 ₺	7,87	75,32
XPS 6 cm	771,88 ₺	22.598,28 ₺	8,29	77,93
XPS 7 cm	702,36 ₺	24.454,46 ₺	8,75	79,92
XPS 8 cm	647,73 ₺	26.309,67 ₺	9,23	81,48
Taş Yünü 3 cm	1.244,20 ₺	20.483,63 ₺	9,09	64,43
Taş Yünü 4 cm	1.058,14 ₺	22.404,70 ₺	9,18	69,75
Taş Yünü 5 cm	927,92 ₺	24.269,95 ₺	9,44	73,47
Taş Yünü 6 cm	831,70 ₺	26.288,58 ₺	9,86	76,22
Taş Yünü 7 cm	757,63 ₺	29.224,44 ₺	10,66	78,34
Taş Yünü 8 cm	698,95 ₺	31.536,97 ₺	11,27	80,02
Gaz Beton 3 cm	1.424,99 ₺	19.688,00 ₺	9,50	59,26
Gaz Beton 4 cm	1.222,46 ₺	21.455,57 ₺	9,43	65,05
Gaz Beton 5 cm	1.077,05 ₺	23.227,79 ₺	9,59	69,21
Gaz Beton 6 cm	967,47 ₺	24.995,36 ₺	9,88	72,34
Gaz Beton 7 cm	881,95 ₺	26.767,58 ₺	10,23	74,79
Gaz Beton 8 cm	813,34 ₺	28.535,15 ₺	10,63	76,75

Not: Turuncu dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri TS 825'e göre hesaplanan ve Çizelge 4.16.'da ve Çizelge 4.25'te verilen sınır değerleri sağlamamaktadır, mavi dolgulu olan değerler ve yalıtım malzemeleri bu sınır değerleri sağlamaktadır.

4.5. Tartışma

Yapılan çalışmada, örnek bir proje üzerinden farklı tür ve kalınlıktaki malzemelerle 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre ısı yalıtım hesapları yapılmıştır. Zemin ve 1. kattan oluşan örnek projenin, 1. derece gün bölgesinde olan Adana ilinde olduğu varsayımı ile çeşitli ısı yalıtım malzemelerinin ısı yalıtım özellikleri ve maliyetleri incelenmiştir.

Çalışmada seçilen örnek proje için farklı malzemeler kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Bu durumlarda cephe duvarları, taban, çatı ve döşeme için aynı tür ve kalınlık malzeme seçilmiştir.

Cephede ısı yalıtım uygulaması planlanırken oluşabilecek ek maliyetler olduğu gibi ısı yalıtımsız duruma göre kullanılmayan imalatlar da mevcuttur. Cephede dolgu duvar olduğu için ısı yalıtımlı durumda yalıtım levhaları tespiti için delikli tuğla duvar üzerine kaba sıva imalatı hesaplanmıştır, yalıtımsız durumdan farklı olarak yalıtımlı durumda kaba sıva üzerine ince sıva yapılması gerekliliği yoktur, bunun sebebi ısı yalıtımlı durumda ısı yalıtım levhaları üzerine yalıtım sıvası uygulanmasıdır. Bu durum, ısı yalıtımlı durumlar için maliyet farkı hesaplanırken çalışmada göz önüne alınmıştır.

Isı yalıtım uygulamalarında maliyet hesaplanırken ısı yalıtım malzemesi fiyatına ek olarak yardımcı eleman maliyetleri ve işçilik giderlerinin de düşünülmesi gerekmektedir. Cephede ısı yalıtım maliyeti hesabında; yalıtım levhası, dübel, file, yalıtım cephe sıvasına ek olarak kapı ve pencere dönüşleri için normal ve damlalıklı köşebent, bina kenarları için köşebent, subasman için subasman profili ve yalıtım malzemesi tespit etmek için kullanılan dübel etkisiyle tuğla duvarın çatlayıp parçalanmaması için kaba sıva maliyeti gibi ek maliyetler de hesaplanmıştır.

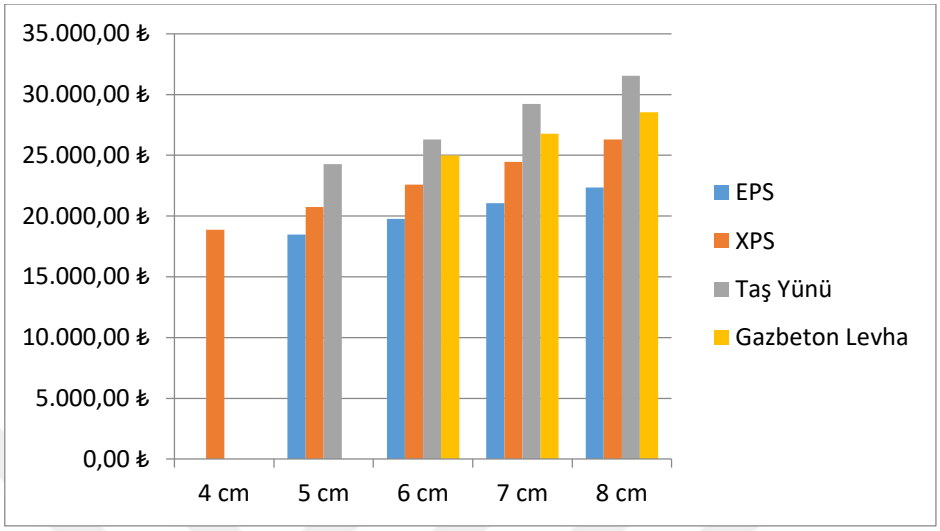
Cephe yalıtımına benzer şekilde döşemede de yalıtım uygulanırken ek malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Döşeme üzerine serilen ısı yalıtım levhası üzerine dökülen şapın çatlamaması için donatılı ya da çelik tel donatılı olarak imal edilmesi gerekmektedir. Çalışmada ısı yalıtım uygulama maliyetleri hesaplanırken;

tüm ısı yalıtımlı durumlar için şap içerisine Q 188/188 tipi hasır çelik donatı maliyeti de hesaplanmıştır.

Çalışmada çatı detayı olarak üzerinde gezilmeyen geleneksel teras çatı seçilmiştir. Yalıtımlı ve yalıtımsız tüm durumlar için eğimli şap üzeri su yalıtımı malzemesi projelendirilmiş, detayda ısı yalıtım malzemeleri eğim şapı imalatından önce planlanmıştır. Böylelikle yanıcı özelliğe sahip ısı yalıtım malzemeleri su yalıtım membranı uygulanırken kullanılan şalomanın alevinden zarar görmeyecektir.

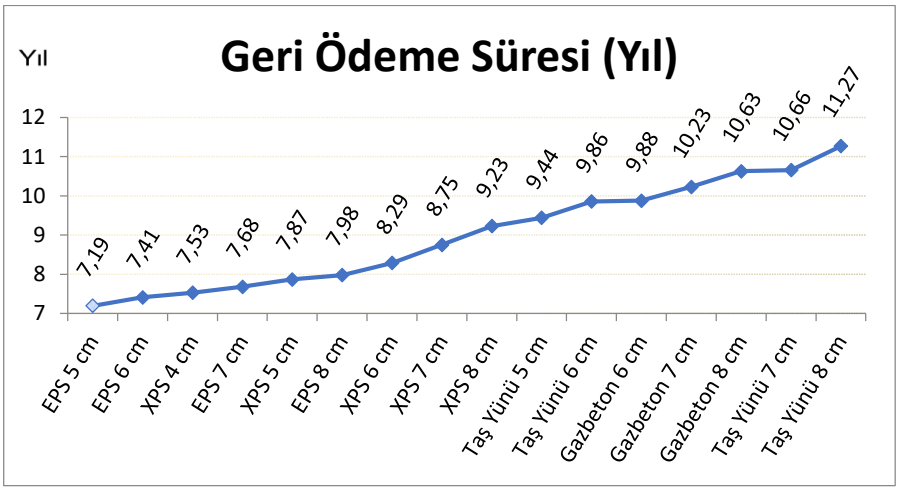
Çalışmada kullanılan birim fiyatlar ve EK-2'de hesaplanan birim fiyatlarda kullanılan rayiç bedeller T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı 2019 Yılı İnşaat ve Tesisat birim fiyatları kitabından alınmıştır. Buna göre cephe için seçilen yalıtım levhası pozu içerisinde yalıtım malzemesi, yapıştırma harcı, yalıtım sıvası, yalıtım filesi, dübel, işçilik ve %25 müteahhit kârı ve genel gider bulunmaktadır. Bu fiyatın içerisinde iskele maliyeti ve köşebent maliyetleri bulunmamaktadır. Bu çalışmada yalıtımlı durum ve yalıtımsız durum için iskele hesabı yapılmamıştır, bunun nedeni yalıtımlı ve yalıtımsız her iki durumda da iskele kurma mecburiyeti olmasıdır.

Çalışmada 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılan ısı yalıtım hesaplarına ve yıllık ısıtma maliyeti hesaplarına göre uygulama maliyeti en az olan durum 18.477,22 TL ile 5 cm EPS yalıtım levhası ile yalıtılmış durum, maliyeti en fazla olan durum ise 31.536,97 TL ile 8 cm taş yünü yalıtım levhası ile yalıtılmış durumdur (Çizelge 4.15.). Şekil 4.5.'te 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallar Standardına göre uygun olan malzemelerin örnek projede yalıtımsız duruma göre maliyet farkı verilmiştir.



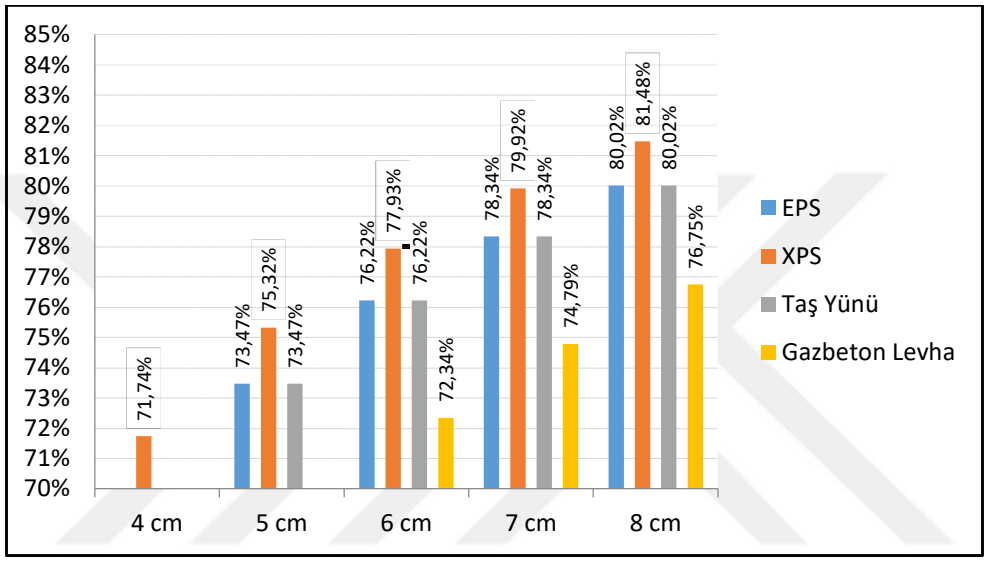
Şekil 4.5. Farlı kalınlıktaki ısı yalıtım levhalarının kullanıldığı örnek projenin yalıtımsız duruma göre maliyet farkı

Çalışmada 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılan ısı yalıtım hesaplarına ve yalıtım maliyeti geri ödeme süresine göre ise geri ödeme süresi 7,19 yıl ile en az olan durum 5 cm EPS yalıtımlı durum ve en fazla olan durum ise 11,27 yıl ile 8 cm taş yünü yalıtımlı durumdur (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Farklı kalınlıktaki ısı yalıtım levhalarının kullanıldığı örnek projenin ısı yalıtım maliyeti geri ödeme süreleri

Çalışmada 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılan ısı yalıtım hesaplarında ısıtma maliyeti tasarrufu en az olan durum %71,74 ile 4 cm XPS yalıtımlı durum ve %81,48 ile en fazla olan durum ise 8 cm XPS yalıtımlı durumdur (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Farklı kalınlıktaki EPS, taş yünü, XPS ve gaz beton ısı yalıtımlı durumların yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranları

Konu ile ilgili literatür taraması yapıldığında benzer çalışmalara göre; Yılmaz (2009) 2008 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre ısı yalıtım hesapları yaptığı çalışmasında, 1. derece gün bölgesinde yer alan İzmir ilinde bulunan örnek proje için ısı yalıtımı ve maliyet hesapları yapmıştır. Çalışma için seçilen örnek projede döşeme için 7 cm XPS levha, tavan için 3.5 cm XPS levha kullanmış, cephede ise 3 cm XPS, 3 cm EPS ve 3 cm taş yünü ısı yalıtım levhalı durumlar ve 10 cm gaz beton dolgu duvarlı durumlar incelenmiştir. Çalışmasında; bu çalışmaya paralel olarak, ısı yalıtım maliyeti en fazla olan malzemeyi taş yünü olarak belirlenmiştir.

Bayer (2006) 1998 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre ısı yalıtım hesaplarını yaptığı çalışmasında, 2. derece gün bölgesinde olan İstanbul ilinde örnek bir yapıyı seçmiş, kırma çatılı örnek konut projesi üzerinde ısı yalıtım ve maliyet hesapları yapmıştır. Projede dolgu duvarlar gaz beton yalıtımlı durum haricinde düşey delikli tuğla duvar olarak yapılmış, tüm yalıtımlı durumlar için çatıda 10 cm cam yünü levha, taban ve toprağa temas eden duvarlarda 3 cm XPS levha kullanılmış, dış cephede yer alan duvarlarda ise 4 cm XPS levha, 5 cm EPS levha, 5 cm taş yünü levha ve gaz beton dolgu duvarlı durumda dolgu duvar olarak 30 cm gaz beton dolgu duvar seçilmiş ısı köprüsü olan yerlerde ise 6 cm EPS levha kullanılmıştır. Çalışmada 4 farklı yalıtımlı durum için ısı yalıtım ve maliyet hesapları yapılmış, ısı yalıtım maliyeti en fazla olan malzeme, bu çalışmaya paralel olarak taş yünü yalıtımlı durum olarak hesaplanmıştır. Geri ödeme süresi en fazla olan malzeme 4,76 yıl ile 5 cm taş yünü çıkarken, geri ödeme süresi 3,29 yıl ile en az olan malzeme 5 cm EPS çıkmıştır. Bayer (2006)'nın çalışmasında bulunan geri ödeme süreleri ve bu çalışmada bulunan geri ödeme süreleri arasında farklılıklar vardır. Çalışmada 5 cm EPS için 7,19 yıl, 5 cm taş yünü için 9,86 yıl geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Bu iki çalışma arasında geri ödeme süreleri arasındaki farkların; Bayer (2006) çalışmasının daha önceki bir tarihte gerçekleşmiş olması dolayısıyla, kullanılan birim fiyatlarda ya da yakıt fiyatlarında farklılıkların bulunması, bunlara ek olarak projelerin yalıtım detaylarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karayiğit (2015) 2008 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre ısı yalıtım hesapları yaptığı çalışmasında, 2. derece gün bölgesinde olan Kahramanmaraş ilinde örnek bir müstakil ev ve apartman dairesini seçtiği çalışmasında yalıtımsız durum ve XPS levha, EPS levha ve poliüretan yalıtımlı farklı durumlar için yıllık tüketilen yakıt miktarları, tüketilen miktara denk gelen yakıt maliyet miktarları, yalıtımlı ve yalıtımsız durum arasındaki yıllık elde edilen kazanç hesaplarını yapmıştır. Çalışmada farklı durumlar için ısı ihtiyacı kimlik belgeleri verilmiştir. Çalışmada müstakil ev için yıllık tüketilen yakıt

miktarından elde edilen kazanç çalışmada kalınlıkları belirtilmeyen XPS, EPS, poliüretan yalıtımlı durumlar için sırasıyla %85, %84 ve %86 olarak verilmiş, apartman dairesi içinse bu oranlar sırasıyla %83, %82 ve %84 olarak verilmiştir. Çalışmasında, bu çalışmaya paralel olarak XPS ve EPS arasında benzer karşılaştırmalar bulunmakla beraber, 8 cm XPS yalıtımlı durumun yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranı %81,48, 8 cm EPS yalıtımlı durumun yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranı %80,02 olarak hesaplanmıştır.

İşbilir (2009) 2008 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre 1. derece gün bölgesinde bulunan İzmir ilinde bazı örnek binalar için ısı yalıtım uygulamalarını araştırmış, bir bölümü konut bir bölümü ise işyeri olarak kullanılan rehabilitasyon merkezi binalarının ısı yalıtım hesaplarını incelenmiştir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımlı ve yalıtımsız olarak yapılan hesaplamalarda; yalıtımlı durumlarda yalıtımsız duruma göre 2.5 kata kadar tasarruf edildiği belirtilmiştir. Binalarda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı; uygulanan yalıtım kalınlığına, pencere boyutlarına, malzemelere, detay özelliklerine, güneş enerjisi kazancına bağlı olarak, ısı kaybı oranlarının değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. İşyeri olarak kullanılacak binanın ısı yalıtımsız durum için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q = 32,50 kW/m^3, ısı yalıtımlı durum için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q = 12,85 kW/m^3 olarak hesaplanmıştır. Konut olarak kullanılacak binanın ısı yalıtımsız durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q = 28,23 kW/m^3, ısı yalıtımlı durumda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Q = 11,03 kW/m^3 olarak hesaplanmıştır. İncelediği yapı için yalıtımlı durumda toprak temaslı duvar için 2.5 cm XPS levha, beton duvar için 3 cm XPS levha çatı için 4 cm XPS levha seçilmiş, dolgu duvarda ve toprak temaslı döşemede herhangi yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Çalışmasında bu çalışmaya paralel olarak binalarda ısı yalıtımı yapılmasının önemi vurgulanmış ve binalarda ısı yalıtımının yıllık ısıtma enerjisini düşürdüğü sonucuna ulaştığını ifade etmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı çeşit ve kalınlıktaki yalıtım malzemelerinin ısı yalıtım hesapları, yalıtım maliyeti, ısınma maliyeti ve yalıtım verimliliği karşılaştırmalarının yapılması amacıyla, 1. derece gün bölgesinde yer alan Adana ilinde olduğu varsayılan 2 katlı bir konut projesi örnek proje seçilmiştir. Çalışmada seçilen örnek projenin mevcutta uygulanmamış olması ya da farklı yalıtımlı durumlar için yerinde ölçüm yapılamaması bu çalışmanın kısıtları arasında yer almaktadır.

Örnek projenin ısı yalıtım hesapları 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre yapılmıştır. Örnek proje ısı yalıtım hesapları, ısı yalıtımsız ve ısı yalıtımlı durumlar için yapılmış olup ısı yalıtımlı durumlar için 3, 4, 5, 6, 7, 8 cm kalınlıkta XPS, EPS, taş yünü ve gaz beton ısı yalıtım levhaları kullanılmıştır.

Tüm ısı yalıtımlı durumlar için dış havaya açık tavanda, dış havaya açık cephede ve geçit üzeri tabanda dıştan ısı yalıtımı uygulanmış, toprak temaslı tabanda ise içten ısı yalıtımı uygulanmıştır. Tüm ısı yalıtımlı durumlar için yapılan hesaplarda tavan, taban ve cephe için aynı çeşit ve kalınlıkta malzeme seçilmiştir.

Isı yalıtımlı durumların her birinin maliyet hesapları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı İnşaat Birim Fiyatları'na göre yapılmıştır. Çalışma sonucunda, TS 825 standardını sağlayan en düşük ısı yalıtım maliyeti 5 cm EPS levha yalıtımlı durum, en yüksek ısı yalıtım maliyeti ise 8 cm taş yünü levha yalıtımlı durumda hesaplanmıştır. Örnek proje ısı yalıtım sistem uygulama maliyetleri aynı kalınlıktaki malzemeler için en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla taş yünü, gaz beton levha, XPS ve EPS ısı yalıtım sistemleridir.

Örnek proje üzerinde 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre farklı durumlar için yapılan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplarına göre en yüksek değer ısı yalıtımsız durum için 21.694,23 kWh olarak hesaplanmıştır. Farklı ısı yalıtım malzemeleriyle tasarlanan ısı yalıtımlı durumların

yalıtımsız duruma göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tasarrufu en düşük %71,74 tasarruf oranıyla 4 cm XPS, en yüksek %81,48 tasarruf oranıyla 8 cm XPS'li durum için hesaplanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı inşaat birim fiyatlarına göre yapılan ısı yalıtım maliyet hesapları ve 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Hesapları Standardına göre yapılan ısı yalıtım hesaplarına göre geri ödeme süresi en kısa olan durum 7,19 yıl ile 5 cm EPS levhalı yalıtımlı durum, en uzun olan durum ise 11,27 yıl ile taş yünü levha yalıtımlı durum olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada yapılan tüm hesaplamalara ve TS 825 standardı sınır değeri karşılaştırmalarına göre ısı yalıtım maliyeti açısından ve yatırım geri ödeme süresi açısından en uygun malzeme 5 cm EPS ısı yalıtımlı sistemdir.

Çalışmada hesapları yapılan farklı ısı yalıtım malzemeleri yangın sınıflarına göre değerlendirildiğinde XPS ve EPS "E" normal alevlenici yanma sınıfına, taş yünü ve gaz beton ise "A1" hiç yanmaz yanma sınıfına sahiptir. Bu özellik yalıtım yapılacak projenin önemine ve risk durumuna göre ısı yalıtım malzemesi seçiminde belirleyici olmaktadır. Stratejik öneme sahip olan hastane, askeri tesisler, kamu binaları gibi binalarda ısı yalıtım malzemesi seçiminde malzemelerin yanma sınıfları göz önünde bulundurulmalı, hiç yanmaz malzemelerin kullanılması tercih edilmelidir.

Mevcut yapı stoğunda ve yeni binalarda ısı yalıtım sistemlerinin yaygınlaşması için yaptırımların ve denetimlerin arttırılması gerekmektedir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda; aynı plan şeması ve yönlenmeye sahip örnek bir binanın kent içi ve kent dışı farklı oturumları için yalıtım hesapları yapılarak karşılaştırılabilir, farklı yapı elemanlarında farklı kalınlık ve türde yalıtım malzemeleri seçilerek hesaplama yapılması ya da malzemenin kullanım ömrü gibi değişkenlerin de çalışmaya dahil edilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak binalarda ısı yalıtım uygulamasının yapılması mevcut ve yeni binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerji tüketimini azaltmakta, hane ve enerjide büyük oranda dışa bağlı olan ülke ekonomisine büyük faydalar

sağlamakta, işyeri ve hane de ısıl konfor sağlanmasına bağlı olarak canlılar özellikle de insanlar için yaşanabilir ortamlar sunmakta, enerji tasarrufunun artmasına bağlı olarak yakıt tüketiminin azalmasıyla karbon salınımını düşürerek çevrenin korunmasına katkı sağlamaktadır. Enerji talebindeki düşüşe bağlı olarak karbon emisyonunun azalmasıyla ısı yalıtımı, sürdürülebilir bir yaşam için önemli katkılar sağlayacaktadır.

Binalarda ısı yalıtımının planlanmasında ve yalıtım malzemesi seçilmesinde malzemenin kullanılacağı yerin ve binanın kullanım amacı dikkate alınmalıdır. Bu çalışma, binalarda ısı yalıtımının öneminin gösterilmesi, farklı yalıtım malzemelerinin fiyat performanslarının karşılaştırılması, 2013 tarihli TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardının daha iyi anlaşılabilmesi için ısı yalıtımı ile ilgili literatüre katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Albinagrup, 2021. www.albinagrup.com.tr/mantolama.html (Erişim Tarihi: Şubat, 2021).

Ataberk, N., 2011. Yoğuşma Teknolojisi ve Yoğuşmalı Cihazlarda Verim Hesabı. Doğal Gaz Teknolojisi, Cihaz ve Sistemleri Dergisi, 166:74-75

Bayer, G., 2006. Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 90s.

Baykal, C., 2014. Binalarda Yönlere Göre Yalıtım Kalınlığının Ekonomikliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 44s.

Bektaş, V., 2018. Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 194s.

BP, 2017. BP Energy Outlook 2017 Edition,
https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf (Erişim Tarihi: Aralık, 2017).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2015. Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu, Ankara, s.10-47.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2016. Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türk Mevzuatı, Ankara, 66s.

Durmuş, A.,2014. TR72 Yapı Sektörü Raporu. Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, Kayseri, 116s.

Dünya Bankası, 2015. Türkiye Cumhuriyeti: Enerji Verimliliği Kurumsal İncelemesi, Washington DC, 88s.

Ekinci, C. E., 2010. Yalıtım Teknikleri. Data Yayınları, Ankara, 366s.

İmancı, C., 2014. Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, ANKARA, 88s.

İşbilir, D., 2009. Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları Ve Sorunlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 113s.

Kamışlı, F., 2012. Isı transferi. Gazi Kitabevi, Ankara, 713s.

Karaca, H., 2007. Yapılarda Duvar Yalıtımında Isı Kayıplarının Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümü, Sakarya, Yüksek Lisans Tezi, 85s.

Karakoç, H., Turan, O., Binyıldız, E., Yıldırım, E., 2011. Isı Yalıtımı. Rota Yayın Yapım Tanıtım Tic. Ltd. Şti., İstanbul. 449s.

Karayiğit, S., 2015. Enerji Yönetmeliğine Göre Konutların Farklı Isı Yalıtım Malzemeleri ile Yalıtılmasının Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 90s.

Kocagül, M., 2013. Isı Yalıtımında İdeal Yalıtım Malzemesi Kullanılmasının Deneysel Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 77s.

Manisa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012. Hizmet Binası Enerji Kimlik Belgesi. http://www.manisa.csb.gov.tr/mudurlugumuz-hizmet-binasi-enerji-kimlik-belgesi-hazirlandi.-haber-6217 (Erişim Tarihi: Şubat, 2018)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2019. En Yüksek ve En Düşük Sıcaklıklar. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=ADANA (Erişim Tarihi: Haziran, 2019)

Özutku, O., 2012. Binalarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu MKÜ Mühendislik Fakültesi Binası Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 86s.

Pieprzyk B., Kortlüke N., Hilje P. R., 2009. The Impact Of Fossil Fuels Greenhouse Gas Emissions Final Report, Environmental Consequences And Socio-Economic Effects. Bundesverband Erneuerbare Energien e.v, Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB), 98s.

Resmi Gazete, 2015. ‘’Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik’’, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/07/20150709-10.html (Erişim Tarihi: Şubat, 2018)

Stroton. Stroton Isı Yalıtım Ürünleri Kataloğu, http://www.stroton.com.tr/files/Stroton-genel-katalog.pdf (Erişim Tarihi: Aralık-2017)

Toydemir, N., Gürdal, E., & Tanaçan, L., 2004. Literatür Yayıncılık, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, İstanbul, 394s.

Tuncer, T., 2012. Konutlarda Enerji Verimliliği ve Derece Gün Bölgelerine Göre Farklı Malzemelerde Optimum Yalıtım Kalınlığının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 127s.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 2013. TS 825 Binalarda Isı yalıtım Kuralları

Türkiye Petrolleri, 2017. Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. 51s. http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektorrapor3105.pdf (Erişim Tarihi: Aralık, 2017)

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), 2020. Enerji Görünümü. 94s. https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf (erişim tarihi: Ocak 2021)

Türkmen, M., 2016. Kamu Binalarında Isı Yalıtımı, Malzeme Detay ve Sistem Seçiminde Optimum Fayda Analizi. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, 88s.

Ünal, S., 2002. Bina Duvar Isı Yalıtım Sistemleri Ve Ekstrüde Polistren İle TS 825'e Uygun Bina Yalıtım Çözümleri Üzerine Bir İnceleme. Yüksek

Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 94s..

Yazıcı, H., 2011. Denizli İlinde Bulunan Bir Binanın Ts 825 Hesap Yöntemine Göre Yıllık Isı İhtiyacının, Yakıt Maliyetinin Ve Emisyon Miktarının Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, 2:29-38.

Yılmaz, G. H. K.,2009. Binalarda Dış Duvarlarda Kullanılan Isı Yalıtım Kaplamalarının Enerji Korunum Performansları Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 132s.

Ytong, 2019. Ytong - Multipor Cephe Sistemi, 15s. https://ytong.com.tr/dosyalar/user/Multipor_Cehpe_Sistemi_.pdf (Erişim Tarihi: Mayıs, 2020)

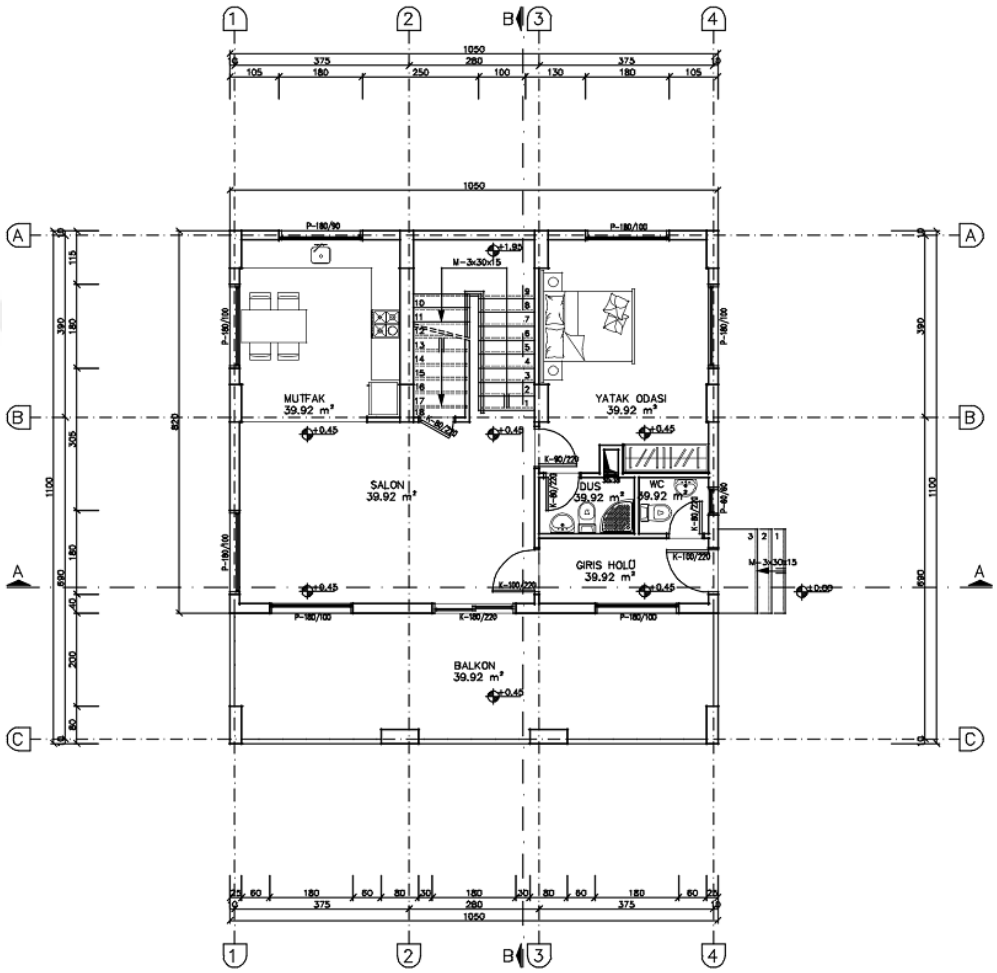
ÖZGEÇMİŞ

Adana'da doğdu. Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. 2013-2014 yılları arasında okul projesinde şantiye şefi olarak çalıştı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimi sırasında 2015-2017 yılları arasında Adana Şehir Hastanesi inşaatında kontrol mühendisi olarak çalıştı. 2017- 2018 yılları arasında Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesinde yaklaşık 1 yıl araştırma görevlisi olarak çalıştıktan sonra görevinden istifa ederek Devlet Su İşlerinde çalışmaya başladı.

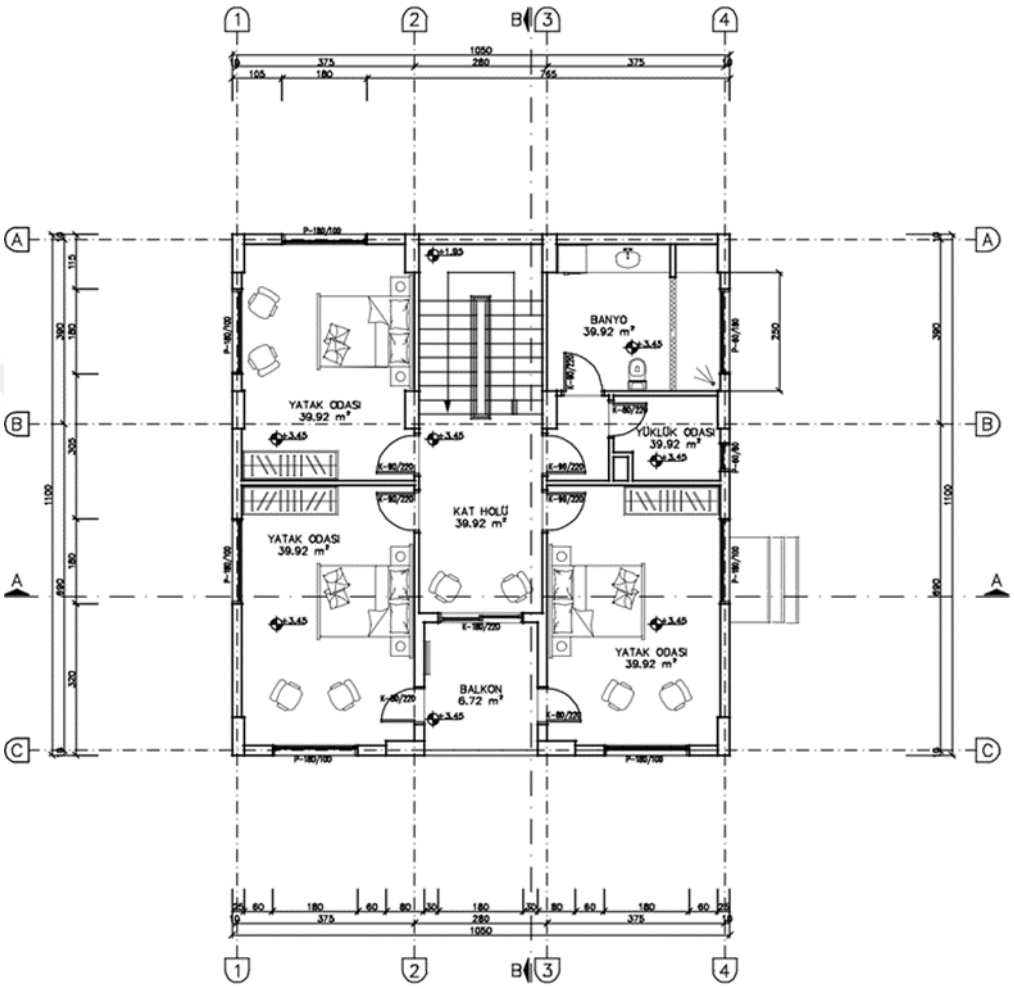
EKLER

Ek-1

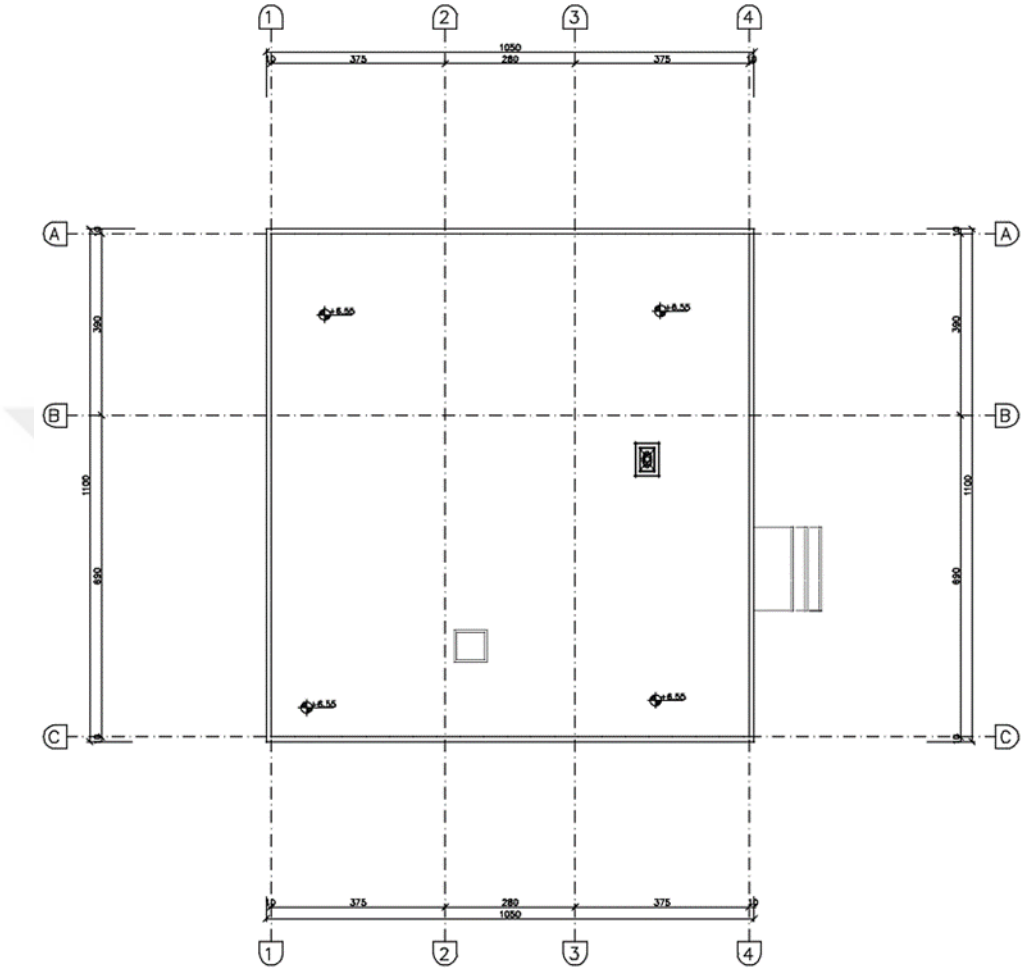
Örnek Proje Plan, Görünüş ve Kesitleri



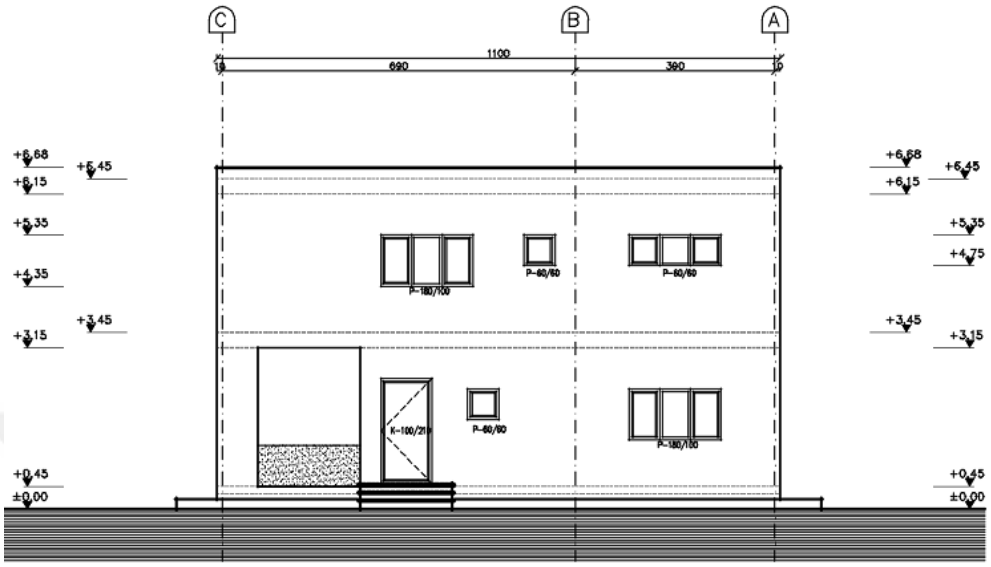
Örnek Proje Zemin Kat Planı



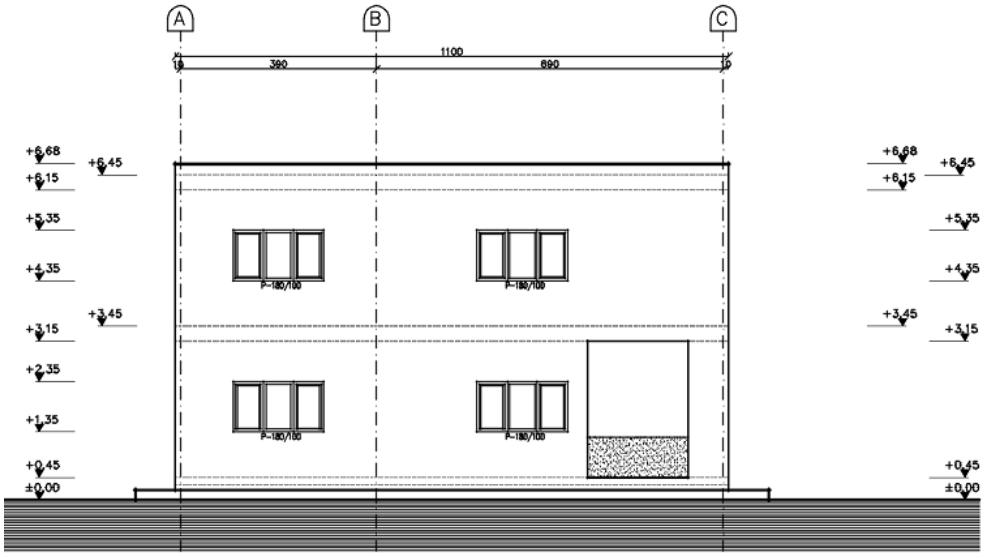
Örnek Proje 1. Kat Planı



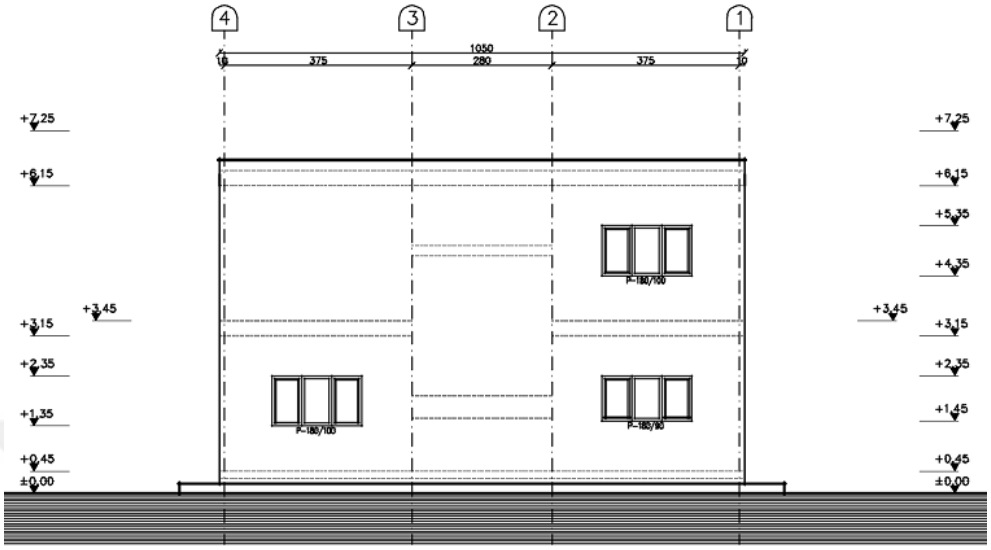
Örnek Proje Çatı Planı



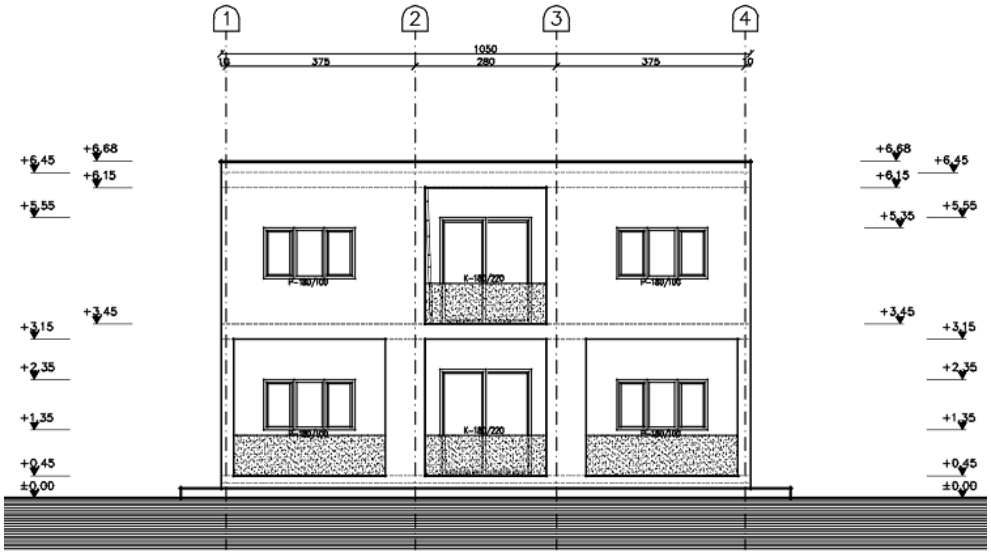
Doğu Görünüş



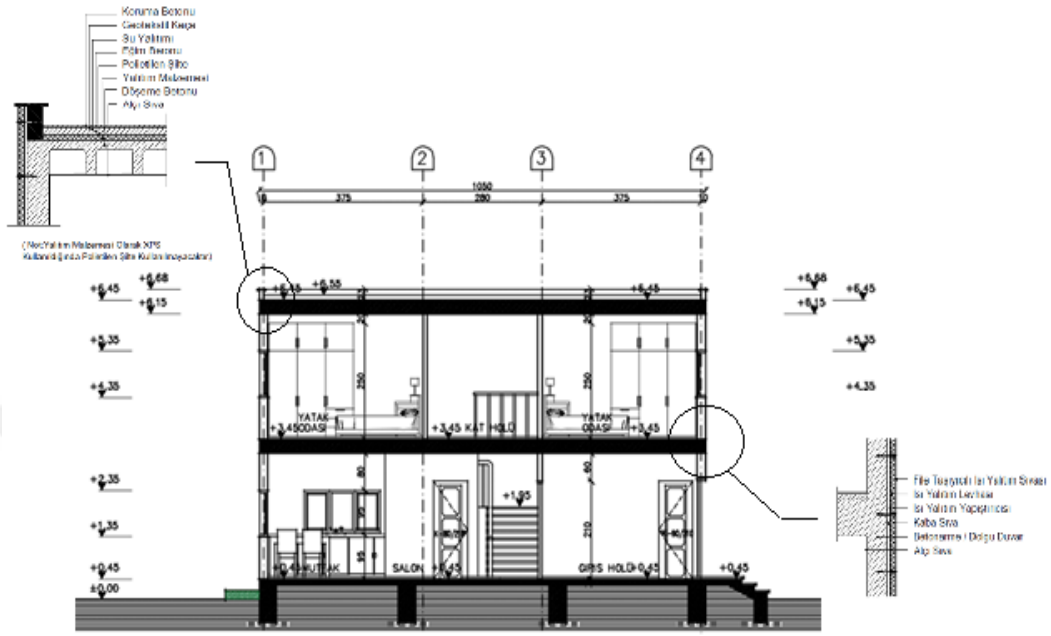
Batı Görünüş



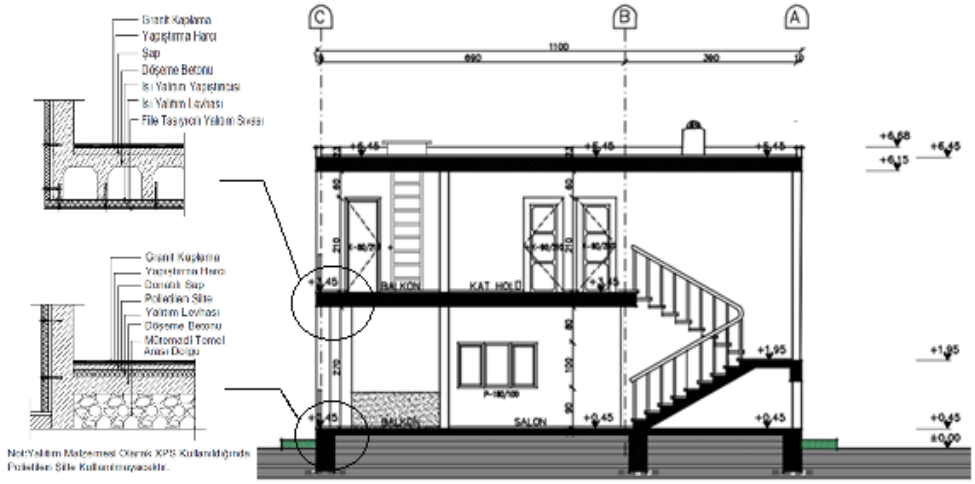
Kuzey Görünüş



Güney Görünüş



A-A Kesiti



B-B Kesiti

EK-2

Ek-2A, Ek-2B, Ek-2C, Ek-2D, Ek-2E, Ek-2F, Ek-2G, Ek-2H Poz Numaralı İşlerin Tanımları ve Birim Fiyat Hesapları (Bu poz numarasına ait hesaplar, Çevre Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı malzeme ve işçi birim fiyatlarına göre yapılmıştır, %25 müteahhit kârı ve genel giderler eklenmiştir.)

EK-2A Pozu Tanımı: 3 cm kalınlıkta gaz beton ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine gaz beton ısı yalıtım levha sıvası yapılması (Mantolama) (m²)

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3303	Gaz beton ısı yalıtım levha yapıştırıcı (TS 13729)	kg	4	0,75	3,00
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,0315	290	9,14
Çevre ve Şehircilik	10.330.2351	9-15 cm (15 cm dahil) çelik çivili ısı yalıtım dübelleri (Montaj dubeli karşılığı)	ad	5	0,58	2,90
Çevre ve Şehircilik	10.330.2501	Sıva filesi (145 ile 160 g/m² alkaliye dayanımlı)	m²	1,1	1,85	2,04
Çevre ve Şehircilik	10.330.3302	Gaz beton ısı yalıtım levha sıvası (TS 13729)	kg	5	0,75	3,75
Çevre ve Şehircilik	10.130.9991	Su	m³	0,0025	6,84	0,02
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1010	Yalıtımcı ustası	sa	1,3	15,70	20,41
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,65	11,70	7,61
Çevre ve Şehircilik	10.100.1062	Düz İşçi(İnşaat İşçisi)	sa	0,65	11,50	7,48
					Toplam =	56,35
					Toplam Tutar x 1,25 =	**70,44**
TEZ	EK-2A	3 cm gaz beton levha	m²	1	**70,44**	**70,44**

EK-2B Pozu Tanımı: 4 cm kalınlıkta gaz beton ısı yalıtım levhası ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine gaz beton ısı yalıtım levha sıvası yapılması (Mantolama) (m²)

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3303	Gaz beton ısı yalıtım levha yapıştırıcı (TS 13729)	kg	4	0,75	3,00
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,042	290	12,18
Çevre ve Şehircilik	10.330.2351	9-15 cm (15 cm dahil) çelik çivili ısı yalıtım dübelleri (Montaj dubeli karşılığı)	ad	5	0,58	2,90
Çevre ve Şehircilik	10.330.2501	Sıva filesi (145 ile 160 g/m² alkaliye dayanımlı)	m²	1,1	1,85	2,04
Çevre ve Şehircilik	10.330.3302	Gaz beton ısı yalıtım levha sıvası (TS 13729)	kg	5	0,75	3,75
Çevre ve Şehircilik	10.130.9991	Su	m³	0,0025	6,84	0,02
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1010	Yalıtımcı ustası	sa	1,3	15,70	20,41
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,65	11,70	7,61
Çevre ve Şehircilik	10.100.1062	Düz İşçi(İnşaat İşçisi)	sa	0,65	11,50	7,48
					Toplam =	59,39
					Toplam Tutar x 1,25 =	**74,24**
TEZ	EK-2B	4 cm gaz beton levha	m²	1	**74,24**	**74,24**

EK-2C Pozu Tanımı: 3 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,0315	290	9,14
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	10,90
					Toplam Tutar x 1,25 =	**13,63**
TEZ	EK-2C	3 cm gaz beton levha	m²	1	13,63	**13,63**

EK-2D Pozu Tanımı: 4 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,042	290	12,18
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	13,94
					Toplam Tutar x 1,25 =	**17,43**
TEZ	EK-2D	4 cm gaz beton levha	m²	1	17,43	**17,43**

EK-2E Pozu Tanımı: 5 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması.

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,0525	290	15,23
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	16,99
					Toplam Tutar x 1,25 =	**21,24**
TEZ	EK-2E	5 cm gaz beton levha	m²	1	21,24	**21,24**

EK-2F Pozu Tanımı: 6 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,063	290	18,27
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	20,03
					Toplam Tutar x 1,25 =	**25,04**
TEZ	EK-2F	6 cm gaz beton levha	m²	1	25,04	**25,04**

EK-2G Pozu Tanımı: 7 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı vb.) ısı yalıtımı yapılması

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,0735	290	21,32
İşçilik						
Çevre ve Şehircilik	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	23,08
					Toplam Tutar x 1,25 =	**28,85**
TEZ	EK-2G	7 cm gaz beton levha	m²	1	28,85	**28,85**

EK-2H Pozu Tanımı: 8 cm kalınlıkta gaz beton levhalar (300 Kpa) ile yatayda (geleneksel gezilmeyen teras çatı ve taban.) ısı yalıtımı yapılması

Kitap	Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Rayiç Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
Malzeme						
Çevre ve Şehircilik	10.330.3301	Gaz beton ısı yalıtım levhaları (TS 13729) (Zaiyat dahil)	m³	0,084	290	24,36
İşçilik						
ÇŞB	10.100.1042	Yalıtımcı usta yardımcısı	sa	0,15	11,70	1,76
					Toplam =	26,12
					Toplam Tutar x 1,25 =	**32,65**
TEZ	EK-2F	8 cm gaz beton levha	m²	1	32,65	**32,65**

EK-3

Isı Yalıtımsız Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi							
1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı AxU (W/K)
DUVAR: Dolgu Duvar	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,02	0,51	0,039			
	Yatay delikli tuğla	0,19	0,33	0,576			
	Kireç-çimento harcı	0,028	1	0,028			
	R_e			0,040			
Toplam				**0,813**	**1,230**	**149,36**	**183,72**
DUVAR:, Betonarme Duvar	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,02	0,51	0,039			
	Betonarme	0,19	2,2	0,086			
	Kireç-çimento harcı	0,028	1	0,028			
	R_e			0,040			
Toplam				**0,324**	**3,090**	**71,22**	**220,10**
TAVAN: Üzeri açık	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,015	0,51	0,029			
	3 sıra boşluklu; genişlik 300	0,23	0,31	0,742			
	Donatılı	0,07	2,2	0,032			
	Eğim Şapı	0,05	1,65	0,030			
	Su yalıtım	0,004	0,19	0,021			
	Çimento harçlı şap	0,03	1,65	0,018			
	R_e			0,040			
Toplam				**1,043**	**0,959**	**115,50**	**110,77**
TABAN: Toprak temaslı	R_i			0,170			
	1.4 Granit	0,014	2,8	0,005			
	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	Donatılı beton	0,12	2,2	0,055			
	R_e						
Toplam				**0,265**	**3,770**	**86,10**	**162,29**
TABAN: Açık geçit üzeri (çıkma)	R_i			0,170			
	Granit	0,014	2,8	0,005			
	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	Donatılı beton	0,07	2,2	0,032			
	3 sıra boşluklu; genişlik 300	0,23	0,31	0,742			
	Kireç-	0,028	1	0,028			

	çimento harcı						
	R_e			0,040			
Toplam				**1,052**	**0,950**	**29,40**	**27,93**
Dış kapı					4,00	2,20	**8,80**
Pencere					1,80	36,46	**65,628**
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							**779,25**
ΣAU = UDAD + Up.Ap + UT.AT + 0,5 UtAt + UdAd +.... ΣAU =779,25 W/K Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$				İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; HT = Σ AU + l Ul Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı; $H_v=0,33.n_h .V_h=0,33 \times 0,7 \times (0,7x590)=$ 95,40 W/K			
$H = H_T + H_v$ =874,65 W/K							

EK-4

5 cm EPS Isı Yalıtımlı Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi							
1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri l_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı AxU (W/K)
DUVAR: Dolgu Duvar	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,02	0,51	0,039			
	Yatay delikli tuğla	0,19	0,33	0,576			
	Kireç-çimento harcı	0,012	1	0,012			
	EPS levha	0,05	0,035	1,429			
	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0,008	0,35	0,023			
	R_e			0,040			
Toplam				**2,248**	**0,445**	**149,36**	**66,43**
DUVAR:, Betonarme Duvar	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,02	0,51	0,039			
	Betonarme	0,19	2,2	0,086			
	Kireç-çimento harcı	0,012	1	0,012			
	EPS levha	0,05	0,035	1,429			
	Anorganik esaslı hafif agregalardan sıva harçları	0,008	0,35	0,023			
	R_e			0,040			
Toplam				**1,759**	**0,569**	**71,22**	**40,49**
TAVAN: Üzeri açık	R_i			0,130			
	Alçı sıva	0,015	0,51	0,029			
	3 sıra boşluklu; genişlik 300	0,23	0,31	0,742			
	Donatılı beton	0,07	2,2	0,032			
	EPS levha	0,05	0,035	1,429			
	Polietilen şilte	0,002	0,04	0,050			
	Eğim Şapı	0,05	1,65	0,030			
	Su yalıtım	0,004	0,19	0,021			
	Çimento harçlı şap	0,03	1,65	0,018			
	R_e			0,040			
Toplam				**2,521**	**0,397**	**115,50**	**45,81**
TABAN: Toprak temaslı	R_i			0,170			
	Granit	0,014	2,8	0,005			
	Donatılı şap betonu	0,05	1,4	0,036			
	Polietilen Şilte	0,002	0,04	0,050			
	EPS levha	0,05	0,03	1,667			
	Donatılı beton	0,12	2,2	0,055			
	R_e						

Toplam				**1,982**	**0,505**	**86,10**	**21,72**
TABAN: Açık geçit üzeri (çıkma)	R_i			0,170			
	Granit	0,014	2,8	0,005			
	Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,036			
	Donatılı beton	0,07	2,2	0,032			
	3 sıra boşluklu; genişlik 300	0,23	0,31	0,742			
	EPS levha	0,05	0,035	1,429			
	Anorganik esaslı hafif agregalardan sıva harçları	0,008	0,35	0,023			
	R_e			0,040			
Toplam				**2,476**	**0,404**	**29,40**	**11,87**
Dış kapı					4	2,20	**8,80**
Pencere					1,80	36,46	**65,628**
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							**260,75**

ΣAU = UDAD + Up.Ap + UT.AT + 0,5 UtAt + UdAd +....	İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; HT = Σ AU + l Ul
ΣAU =260,75 W/K	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$	$H_v=0,33.n_h .V_h=0,33 \times 0,7 \times (0,7x590)= 95,40 W/K$
$H = H_T + H_v$ =356,15 W/K	

EK-5

Isı Yalıtımsız Örnek Proje Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	874,65	10,6	9271,29	944	969,41	1913,41	0,21	0,99	19.110.633
Şub		10	8746,5		1189,01	2133,01	0,24	0,98	17.233.748
Mart		7,4	6472,41		1374,39	2318,39	0,36	0,94	11.135.657
Nis		3,2	2798,88		1514,94	2458,94	0,88	0,68	2.923.095
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	437,325		1190,73	2134,73	4,88	0,00	1.133.546
Kas		6	5247,9		915,08	1859,08	0,35	0,94	9.070.227
Ara		9,7	8484,105		851,52	1795,52	0,21	0,98	17.429.892

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 78.036.799

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 78.036.799 (kj) = 21694,23 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 114,91 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q > Q' (114,91>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin ustundedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek-6

Örnek Projenin 3 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	426,27	10,6	4518,462	944	969,41	1913,41	0,42	0,91	7.219.893
Şub		10	4262,7		1189,01	2133,01	0,50	0,86	6.269.563
Mart		7,4	3154,398		1374,39	2318,39	0,73	0,74	3.708.351
Nis		3,2	1364,064		1514,94	2458,94	1,80	0,43	821.939
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	213,135		1190,73	2134,73	10,02	0,00	552.446
Kas		6	2557,62		915,08	1859,08	0,73	0,75	3.028.075
Ara		9,7	4134,819		851,52	1795,52	0,43	0,98	6.156.543

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 27.756.809

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 27.756.809 (kj) = 7716,39 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 40,87 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q > Q' (40,87>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek-7

Örnek Projenin 4 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	385,47	10,6	4085,982	944	969,41	1913,41	0,47	0,88	6.217.491
Şub		10	3854,7		1189,01	2133,01	0,55	0,84	5.369.998
Mart		7,4	2852,478		1374,39	2318,39	0,81	0,71	3.140.168
Nis		3,2	1233,504		1514,94	2458,94	1,99	0,39	683.102
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	192,735		1190,73	2134,73	11,08	0,00	499.569
Kas		6	2312,82		915,08	1859,08	0,80	0,71	2.564.900
Ara		9,7	3739,059		851,52	1795,52	0,48	0,98	5.130.733

$Q_{ay} = [H\,(\theta_i - \theta_e) - \eta\,(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\,.\,t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma\, Q_{ay}$ = 23.605.961

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 23.605.961 (kj) = 6562,46 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\,.\,A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 34,76 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (34,76<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-8

Örnek Projenin 5 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	356,15	10,6	3775,19	944	969,41	1913,408	0,51	0,86	5.515.299
Şub		10	3561,5		1189,01	2.133	0,60	0,81	4.743.729
Mart		7,4	2635,51		1374,39	2.318	0,88	0,68	2.750.041
Nis		3,2	1139,68		1514,94	2.459	2,16	0,37	590.017
May		0,0	0		1710,56	2.655	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.740	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373	0,00	0,00	0
Eki		0,5	178,075		1190,73	2134,726	11,99	0,00	461.570
Kas		6	2136,9		915,08	1.859	0,87	0,68	2.246.754
Ara		9,7	3454,655		851,52	1.796	0,52	0,98	4.393.558

$Q_{ay} = [H (q_i - q_e) - h (f_{i,ay} + f_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = S\ Q_{ay}$ = 20.700.968

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 20.700.968 (kj) = 5754,87 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $f_{i,ay}$ £ 5 . A_n (W)

Güneş enerjisi kazancı $f_{s,ay} = S\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (f_{i,ay} + f_{s,ay}) / H(q_{i,ay} - q_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $h_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 30,48 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (30,48<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-9

Örnek Projenin 6 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	333,99	10,6	3540,294	944	969,41	1913,408	0,54	0,84	4.996.516
Şub		10	3339,9		1189,01	2.133	0,64	0,79	4.283.318
Mart		7,4	2471,526		1374,39	2.318	0,94	0,66	2.466.309
Nis		3,2	1068,768		1514,94	2.459	2,30	0,35	523.525
May		0,0	0		1710,56	2.655	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.740	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373	0,00	0,00	0
Eki		0,5	166,995		1190,73	2134,726	12,78	0,00	432.851
Kas		6	2003,94		915,08	1.859	0,93	0,66	2.015.305
Ara		9,7	3239,703		851,52	1.796	0,55	0,98	3.836.402

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 18.554.227

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 18.554.227 (kj) = 5158,08 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 27,32 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (27,32<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-10

Örnek Projenin 7 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	316,60	10,6	3355,96	944	969,41	1913,408	0,57	0,83	4.597.567
Şub		10	3166		1189,01	2.133	0,67	0,77	3.930.684
Mart		7,4	2342,84		1374,39	2.318	0,99	0,64	2.250.867
Nis		3,2	1013,12		1514,94	2.459	2,43	0,34	473.745
May		0,0	0		1710,56	2.655	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.740	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373	0,00	0,00	0
Eki		0,5	158,3		1190,73	2134,726	13,49	0,00	410.314
Kas		6	1899,6		915,08	1.859	0,98	0,64	1.839.522
Ara		9,7	3071,02		851,52	1.796	0,58	0,98	3.399.176

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 16.901.875

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 16.901.875 (kj) = 4698,72 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 24,89 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (24,89<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-11

Örnek Projenin 8 cm EPS veya Taş yünü Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	302,59	10,6	3207,454	944	969,41	1913,408	0,60	0,81	4.281.922
Şub		10	3025,9		1189,01	2.133	0,70	0,76	3.652.618
Mart		7,4	2239,166		1374,39	2.318	1,04	0,62	2.082.185
Nis		3,2	968,288		1514,94	2.459	2,54	0,33	435.210
May		0,0	0		1710,56	2.655	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.740	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373	0,00	0,00	0
Eki		0,5	151,295		1190,73	2134,726	14,11	0,00	392.157
Kas		6	1815,54		915,08	1.859	1,02	0,62	1.701.865
Ara		9,7	2935,123		851,52	1.796	0,61	0,98	3.046.931

$Q_{ay} = [H(\theta - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 15.592.889

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 15.592.889 (kj) = 4334,82 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 22,96 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (22,96<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-12

Örnek Projenin 3 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	410,36	10,6	4349,816	944	969,41	1913,408	0,44	0,90	6.825.847
Şub		10	4103,6		1189,01	2133,008	0,52	0,85	5.915.210
Mart		7,4	3036,664		1374,39	2318,394	0,76	0,73	3.483.483
Nis		3,2	1313,152		1514,94	2458,938	1,87	0,41	766.541
May		0,0	0		1710,56	2654,557	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,805	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,086	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,008	0,00	0,00	0
Eki		0,5	205,18		1190,73	2134,726	10,40	0,00	531.827
Kas		6	2462,16		915,08	1859,082	0,76	0,73	2.844.790
Ara		9,7	3980,492		851,52	1795,520	0,45	0,98	5.756.527

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ = 26.124.225

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 26.124.225 (kj) = 7262,53 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 38,47 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q >Q' (38,47>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek-13

Örnek Projenin 4 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	369,89	10,6	3920,834	944	969,41	1913,408	0,49	0,87	5.842.268
Şub		10	3698,9		1189,01	2.133	0,58	0,82	5.034.922
Mart		7,4	2737,186		1374,39	2.318	0,85	0,69	2.930.855
Nis		3,2	1183,648		1514,94	2.459	2,08	0,38	632.925
May		0,0	0		1710,56	2.655	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.740	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,707	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373	0,00	0,00	0
Eki		0,5	184,945		1190,73	2134,726	11,54	0,00	479.377
Kas		6	2219,34		915,08	1.859	0,84	0,70	2.394.219
Ara		9,7	3587,933		851,52	1.796	0,50	0,98	4.739.014

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\ .\ t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ = 22.053.581

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 22.053.581 (kj) = 6130,90 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\ .\ A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 32,47 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (32,47<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-14

Örnek Projenin 5 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	341,30	10,6	3617,78	944	969,41	1913,41	0,53	0,85	5.166.419
Şub		10	3413		1189,01	2133,01	0,62	0,80	4.433.879
Mart		7,4	2525,62		1374,39	2318,39	0,92	0,66	2.558.796
Nis		3,2	1092,16		1514,94	2458,94	2,25	0,36	545.085
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	170,65		1190,73	2134,73	12,51	0,00	442.325
Kas		6	2047,8		915,08	1859,08	0,91	0,67	2.090.755
Ara		9,7	3310,61		851,52	1795,52	0,54	0,98	4.020.193

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 19.257.452

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 19.257.452 (kj) = 5353,57 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 28,36 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (28,36<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-15

Örnek Projenin 6 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması									
Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	319,97	10,6	3391,682	944	969,41	1913,41	0,56	0,83	4.674.280
Şub		10	3199,7		1189,01	2133,01	0,67	0,78	3.998.391
Mart		7,4	2367,778		1374,39	2318,39	0,98	0,64	2.292.103
Nis		3,2	1023,904		1514,94	2458,94	2,40	0,34	483.224
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	159,985		1190,73	2134,73	13,34	0,00	414.681
Kas		6	1919,82		915,08	1859,08	0,97	0,64	1.873.169
Ara		9,7	3103,709		851,52	1795,52	0,58	0,98	3.483.906

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\ .\ t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ = 17.219.754

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 17.219.754 (kj) = 4787,09 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\ .\ A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 25,36 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (25,36<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-16

Örnek Projenin 7 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	303,41	10,6	3216,146	944	969,41	1913,41	0,59	0,81	4.300.247
Şub		10	3034,1		1189,01	2133,01	0,70	0,76	3.668.738
Mart		7,4	2245,234		1374,39	2318,39	1,03	0,62	2.091.934
Nis		3,2	970,912		1514,94	2458,94	2,53	0,33	437.426
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	151,705		1190,73	2134,73	14,07	0,00	393.219
Kas		6	1820,46		915,08	1859,08	1,02	0,62	1.709.822
Ara		9,7	2943,077		851,52	1795,52	0,61	0,98	3.067.548

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 15.668.934

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 15.668.934 (kj) = 4355,96 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 23,07 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (23,07<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-17

Örnek Projenin 8 cm XPS Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	290,17	10,6	3075,802	944	969,41	1913,41	0,62	0,80	4.006.762
Şub		10	2901,7		1189,01	2133,01	0,74	0,74	3.410.928
Mart		7,4	2147,258		1374,39	2318,39	1,08	0,60	1.936.466
Nis		3,2	928,544		1514,94	2458,94	2,65	0,31	402.243
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	145,085		1190,73	2134,73	14,71	0,00	376.060
Kas		6	1741,02		915,08	1859,08	1,07	0,61	1.582.929
Ara		9,7	2814,649		851,52	1795,52	0,64	0,98	2.734.662

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 14.450.050

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 14.450.050 (kj) = 4017,11 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 21,28 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (21,28<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-18

Örnek Projenin 3 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	464,92	10,6	4928,152	944	969,41	1913,41	0,39	0,92	8.191.684
Şub		10	4649,2		1189,01	2133,01	0,46	0,89	7.147.172
Mart		7,4	3440,408		1374,39	2318,39	0,67	0,77	4.270.791
Nis		3,2	1487,744		1514,94	2458,94	1,65	0,45	962.986
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	232,46		1190,73	2134,73	9,18	0,00	602.536
Kas		6	2789,52		915,08	1859,08	0,67	0,78	3.486.385
Ara		9,7	4509,724		851,52	1795,52	0,40	0,98	7.128.297

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 31.789.851

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 31.789.851 (kj) = 8837,58 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 46,81 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q > Q' (46,81>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek-19

Örnek Projenin 4 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	421,56	10,6	4468,536	944	969,41	1913,41	0,43	0,90	7.102.847
Şub		10	4215,6		1189,01	2133,01	0,51	0,86	6.164.211
Mart		7,4	3119,544		1374,39	2318,39	0,74	0,74	3.641.358
Nis		3,2	1348,992		1514,94	2458,94	1,82	0,42	805.374
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	210,78		1190,73	2134,73	10,13	0,00	546.342
Kas		6	2529,36		915,08	1859,08	0,74	0,74	2.973.473
Ara		9,7	4089,132		851,52	1795,52	0,44	0,98	6.038.122

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] \cdot t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ = 27.271.726

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 27.271.726 (kj) = 7581,54 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 40,16 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m^2 bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q > Q' (40,16>36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin üstündedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek-20

Örnek Projenin 5 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	389,67	10,6	4130,502	944	969,41	1.913,41	0,46	0,88	6.319.405
Şub		10	3896,7		1189,01	2.133,01	0,55	0,84	5.461.170
Mart		7,4	2883,558		1374,39	2.318,39	0,80	0,71	3.197.346
Nis		3,2	1246,944		1514,94	2.458,94	1,97	0,40	696.901
May		0,0	0		1710,56	2.654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2.739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2.692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2.600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2.373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	194,835		1190,73	2.134,73	10,96	0,00	505.012
Kas		6	2338,02		915,08	1.859,08	0,80	0,72	2.611.520
Ara		9,7	3779,799		851,52	1.795,52	0,48	0,98	5.236.331

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh) $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 24.027.687

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 24.027.687 (kj) = 6679,70 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 35,38 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam} = 490,24 m²

$V_{brüt}$ = 590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (35,38<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-21

Örnek Projenin 6 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	365,13	10,6	3870,378	944	969,41	1913,41	0,49	0,87	5.728.561
Şub		10	3651,3		1189,01	2133,01	0,58	0,82	4.933.571
Mart		7,4	2701,962		1374,39	2318,39	0,86	0,69	2.867.805
Nis		3,2	1168,416		1514,94	2458,94	2,10	0,38	617.917
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	182,565		1190,73	2134,73	11,69	0,00	473.208
Kas		6	2190,78		915,08	1859,08	0,85	0,69	2.342.800
Ara		9,7	3541,761		851,52	1795,52	0,51	0,98	4.619.336

$Q_{ay} = [H\,(\theta_i - \theta_e) - \eta\,(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\,.\,t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma\, Q_{ay}$ = 21.583.199

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 21.583.199 (kj) = 6000,13 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\,.\,A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 31,78 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (31,78<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-22

Örnek Projenin 7 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	345,62	10,6	3663,572	944	969,41	1913,41	0,52	0,85	5.267.407
Şub		10	3456,2		1189,01	2133,01	0,62	0,80	4.523.476
Mart		7,4	2557,588		1374,39	2318,39	0,91	0,67	2.613.972
Nis		3,2	1105,984		1514,94	2458,94	2,22	0,36	558.000
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	172,81		1190,73	2134,73	12,35	0,00	447.924
Kas		6	2073,72		915,08	1859,08	0,90	0,67	2.135.765
Ara		9,7	3352,514		851,52	1795,52	0,54	0,98	4.128.808

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\ .\ t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ = 19.675.351

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 19.675.351 (kj) = 5469,75 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\ .\ A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 28,97 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 36,49 kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (28,97<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Ek-23

Örnek Projenin 8 cm Gaz Beton Levha Yalıtımlı Durumu için Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Oca	329,71	10,6	3494,926	944	969,41	1913,41	0,55	0,84	4.897.629
Şub		10	3297,1		1189,01	2133,01	0,65	0,79	4.195.791
Mart		7,4	2439,854		1374,39	2318,39	0,95	0,65	2.412.680
Nis		3,2	1055,072		1514,94	2458,94	2,33	0,35	511.076
May		0,0	0		1710,56	2654,56	0,00	0,00	0
Haz		0,0	0		1795,80	2739,80	0,00	0,00	0
Tem		0,0	0		1748,71	2692,71	0,00	0,00	0
Ağu		0,0	0		1656,09	2600,09	0,00	0,00	0
Eyl		0,0	0		1429,01	2373,01	0,00	0,00	0
Eki		0,5	164,855		1190,73	2134,73	12,95	0,00	427.304
Kas		6	1978,26		915,08	1859,08	0,94	0,65	1.971.551
Ara		9,7	3198,187		851,52	1795,52	0,56	0,98	3.728.793

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})] . t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ = 18.144.823

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 18.144.823 (kj) = 5044,26 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 26,72 kWh/m² An = 0,32 $V_{brüt}$ = 188,8 m2

A_{toplam}=490,24 m²

$V_{brüt}$=590 m³

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,83 oranı 1. bölge için Ek A.2'den alınan $Q' = 36,7 \times A/V + 6,0$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 36,49$ kWh/m² bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Q < Q' (26,72<36,49) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.