



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

**DÜZCE İLİ İÇİN DERECE ZAMAN ve SICAKLIK ANALİZİNE  
GÖRE FARKLI DUVAR TİPLERİNDE YALITIM  
MALZEMELERİNİN OPTİMUM KALINLIĞI, ÖZGÜL ISI KAYBI  
VE YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI HESABI**

**HASAN SAYEBAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
DR. ÖĞR. ÜYESİ YAŞAR ŞEN**

**DÜZCE, 2019**

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

**DÜZCE İLİ İÇİN DERECE ZAMAN ve SICAKLIK ANALİZİNE**  
**GÖRE FARKLI DUVAR TİPLERİNDE YALITIM**  
**MALZEMELERİNİN OPTİMUM KALINLIĞI, ÖZGÜL ISI KAYBI**  
**VE YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI HESABI**

Hasan SAYEBAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar ŞEN

Düzce Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar ŞEN

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

İstanbul Ticaret Üniversitesi

Doç. Dr. Ethem TOKLU

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 25/07/2019

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

25 Temmuz 2019

Hasan SAYEBAN

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Yaşar ŞEN'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ'ye de şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Ayla SAYEBAN'a ve yorulduğum zamanlarda güç kaynağım olan sevgili oğlum Ediz SAYEBAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

25 Temmuz 2019

Hasan SAYEBAN

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
SİMGELER .....	x
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. TEZİN AMACI.....	1
1.2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	2
2. ISI YALITIMI VE ÖNEMİ.....	9
2.1. ISI & SICAKLIK .....	9
2.1.1. Isı Kavramı .....	9
2.1.2. Sıcaklık Kavramı.....	9
2.2. ISI TRANSFER ÇEŞİTLERİ .....	9
2.2.1. İletim İle Isı Transferi (Kondüksüyon).....	9
2.2.2. Taşınım İle Isı Transferi (Konveksiyon).....	9
2.2.3. Işınım İle Isı Transferi (Radyasyon) .....	10
2.3. ISI YALITIMI.....	10
2.3.1. Isı Yalıtımının Önemi .....	11
2.3.2. Enerji Verimliliği İle İlgili Mevzuat .....	11
2.3.2.1. Enerji Kimlik Belgesi .....	11
3. ISI YALITIM MALZEMELERİ.....	13
3.1. ISI YALITIM MALZEMELERİNDE BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER .....	13
3.1.1. Yalıtım Malzemeleri İçin Su ve Nem.....	13
3.1.2. Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik.....	13
3.1.3. Basınç Mukavemeti.....	13
3.1.4. Çekme Mukavemeti .....	13
3.1.5. Isı Tutuculuk.....	14
3.1.6. Boyutsal Kararlılık.....	14
3.1.7. İşlemeye Müsaitlik .....	14
3.1.8. Kimyasal Maddelere Dayanım.....	14
3.1.9. Sıva İle Bütünleşmesi .....	14
3.1.10. Kokusuzluk .....	15
3.1.11. Çevreye ve İnsan Sağlığına Zarar Vermemesi .....	15

3.1.12. Kullanım Ömrünün Uzun Olması .....	15
3.1.13. Parazitlerin Etkilerine Karşı Dayanıklılık.....	15
3.1.14. Ekonomiklik.....	15
3.2. ISI YALITIM MALZEMESİ ÇEŞİTLERİ .....	16
3.2.1. Cam Yünü .....	16
3.2.2. Taş Yünü .....	18
3.2.3. Genleştirilmiş Polistren Köpük ( EPS ).....	19
3.2.4. Extrude Polistren Köpük ( XPS ) .....	21
3.2.5. Ahşap Lifli Yalıtım Levhası .....	21
3.2.6. Poliüretan Köpük .....	22
3.2.7. Fenol Köpüğü .....	23
3.2.8. Cam Köpüğü.....	24
4. MATERYAL VE METOD .....	26
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	34
5.1. DERECE ZAMAN YÖNTEMİ VE SICAKLIK ANALİZİ.....	34
5.1.1. Isıtma Derece Zaman Hesaplamaları İçin Analiz ve Değerlendirme.....	35
5.1.2. Soğutma Derece Zaman Hesaplamaları İçin Analiz ve Değerlendirme .	38
5.2. FARKLI YALITIM MALZEMELERİ VE DUVAR TİPLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI, TASARRUF VE GERİ ÖDEME SÜRESİ HESABI İLE ANALİZLERİ.....	42
5.3. DÜZCE ŞARTLARINDA ÖRNEK BİR BİNANIN YALITIM KALINLIĞI VE DUVAR MALZEMESİNE GÖRE 5 FARKLI TİPİ İÇİN ÖZGÜL ISI KAYBI VE YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI HESABI İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ.....	50
5.4. DÜZCE İLİ İÇİN TS 825 UZUN YILLAR SICAKLIK VERİLERİ İLE TEZİMİZDE HESAPLANAN 11 YILLIK ORTALAMA SICAKLIK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ISITMA ENERJİ İHTİYACI HESABINA GÖRE ANALİZİ.....	66
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
7. KAYNAKÇA.....	71
8. EKLER .....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	96

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Çok ve tek katlı binalardaki ısı kayıpları.....	10
Şekil 2.2 Enerji kimlik belgesi örneği .....	12
Şekil 3.1 Bakalitli cam yünü.....	16
Şekil 3.2 Bakalitsiz cam yünü.....	16
Şekil 3.3 Cam yünü tavan arasına uygulama şekli .....	17
Şekil 3.4 Cam yünü levha duvara uygulama şekli.....	18
Şekil 3.5 Taş yünü levha.....	18
Şekil 3.6 Taş yünü duvara uygulama şekli .....	19
Şekil 3.7 EPS yalıtım malzemesinin yapısı .....	20
Şekil 3.8 EPS yalıtım malzemesinin duvara uygulama şekli.....	20
Şekil 3.9 XPS yalıtım malzemesi .....	21
Şekil 3.10 Ahşap lifli yalıtım malzemesi.....	22
Şekil 3.11 Poliüretan köpük levha .....	22
Şekil 3.12 Sprey poliüretan köpük uygulaması .....	23
Şekil 3.13 Fenol köpüğü yalıtım malzemeleri .....	24
Şekil 3.14 Cam köpüğü yalıtım malzemeleri.....	25
Şekil 4.1 Hesaplalarda kullanılan tuğla ve gaz beton duvar .....	27
Şekil 5.1 Yıllara Göre Ortalama Sıcaklığı 15°C'nin altında kalan günler.....	35
Şekil 5.2 15°C için ısıtma derece gün değerleri.....	36
Şekil 5.3 Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam gerçekleşme saat sayıları.....	38
Şekil 5.4 Yıllara Göre Ortalama Sıcaklığı 22°C'nin üstünde kalan günler .....	39
Şekil 5.5 22°C için soğutma derece gün değerleri.....	39
Şekil 5.6 Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam görülme saat sayıları .....	41
Şekil 5.7 Tuğla Duvar EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.....	46
Şekil 5.8 Tuğla Duvar EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.....	46
Şekil 5.9 Tuğla duvar taş yünü için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki .....	47
Şekil 5.10 Tuğla Duvar XPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki .....	47
Şekil 5.11 Gaz Beton Duvar EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki ....	48
Şekil 5.12 Gaz Beton Duvar EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki ....	48
Şekil 5.13 Gaz Beton Duvar taş yünü yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.....	49
Şekil 5.14 Gaz Beton Duvar XPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki....	49
Şekil 5.15 Örnek binanın kesit görünüşü.....	51
Şekil 5.16 Örnek binanın giriş kat planı .....	51
Şekil 5.17 Örnek binanın 1. 2. ve 3. kat planları. ....	52

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa No

Çizelge 4.1 Geçirgen yüzeylerin gölgelenme faktörünün aylık ortalama değerleri. ....	32
Çizelge 4.2 Dik gelen güneş ışınları için ölçülen güneş enerjisi geçirme faktörü.....	33
Çizelge 5.1 Düzce İli İçin Uzun Yıllar Aylık Sıcaklık Ortalaması .....	34
Çizelge 5.2 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları.....	37
Çizelge 5.3 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları.....	40
Çizelge 5.4 Düzce ili 8 farklı kompozit duvar tipi için yapı malzemesi bilgileri.....	42
Çizelge 5.5 8 farklı kompozit tipi için yapılan hesaplamaların sonuçları. ....	43
Çizelge 5.6 Örnek binanın pencere ve kapı ölçüleri.....	52
Çizelge 5.7 Örnek binanın tuğla duvar ve yalıtımsız haldeki özgül ısı kaybı hesabı ...	54
Çizelge 5.8 Örnek binanın tuğla duvar ve yalıtımsız haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı. ....	55
Çizelge 5.9 Örnek binanın tuğla duvar 4cm 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile özgül ısı kaybı hesabı ..	56
Çizelge 5.10 Örnek binanın tuğla duvar ve 4cm 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.....	57
Çizelge 5.11 Örnek binanın tuğla duvar optimum 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı. ....	58
Çizelge 5.12 Örnek binanın tuğla duvar ve optimum 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı. ....	59
Çizelge 5.13 Örnek binanın gaz beton duvar ve yalıtımsız haldeki özgül ısı kaybı hesabı.....	60
Çizelge 5.14 Örnek binanın gaz beton duvar ve yalıtımsız haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı. ....	62
Çizelge 5.15 Örnek binanın gaz beton duvar ve optimum 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı. ....	62
Çizelge 5.16 Örnek binanın tuğla duvar ve optimum 20kg/m <sup>3</sup> EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.....	64
Çizelge 5.17 Örnek bina için tuğla ve gaz beton duvar seçeneklerinde farklı yalıtım kalınlıklarında özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerji ihtiyacı değerleri.....	65
Çizelge 5.18 Düzce ili için TS 825'te verilen ortalama sıcaklık verileri ile çalışmamızda hesaplanan 11 yıllık sıcaklık verileri.....	66
Çizelge 5.19 TS 825 sıcaklık verileri ve Düzce ili 11 yıllık sıcaklık ortalamalarına göre yıllık ısıtma enerji ihtiyacı. ....	67



## KISALTMALAR

CDD	Soğutma derece gün
DIN4102	Alman yangına dayanım standardı
EPS	Genleştirilmiş polistiren sert köpük
HDD	Isıtma derece gün
MGM	Meteoroloji genel müdürlüğü
TSE	Türk standartları enstitüsü
TS EN1350-1	Türk yangın standartları
TS	Türk standartları
XPS	Sıkıştırılmış polistiren sert köpük



## SİMGELER

$A$	Isı kaybedilen yüzey alanı
$A_D$	Dış duvar alanı
$A_p$	Pencere alanı
$A_k$	Dış kapının alanı
$A_T$	Tavanın alanı
$A_t$	Taban alanı
$A_d$	Dış hava ile temas halindeki tabanın alanı
$A_{ds}$	İç ortamla temaslı yapı elemanının alanı
$A_n$	Bina kullanım alanı
$A_i$	İ yönündeki toplam pencere alanı
$C_{ins}$	Yalıtım maliyeti
$C_l$	Yalıtım malzemesinin birim fiyatı
$C_t$	Yıllık toplam ısıtma maliyeti
$C_{to}$	Yapının izolasyonsuz haldeki ısıtma maliyeti
$C_{tins}$	Yapının izolasyonlu haldeki ısıtma maliyeti
$C_{ad}$	Yalıtım malzemesinin işçilik maliyeti
$C_f$	Yakıtın fiyatı
$c$	Havanın özgül ısısı
$e$	e sayısı (2,7182818)
$E_A$	Yıllık enerji ihtiyacı
$ES$	Enerji tasarruf miktarı
$F_w$	Camlar için düzeltme faktörü
$g$	Enflasyon oranı
$gL$	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü.
$H$	Yapının özgül ısı kaybı
$H_T$	İletim ve taşınım ile gerçekleşen ısı kaybı
$H_V$	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$h_i$	İç ısı transfer katsayısı
$h_o$	Dış ısı transfer katsayısı
$i$	Faiz oranı
$k$	Isıl iletkenlik katsayısı
$KKO$	Kazanç kayıp oranı
$i_{i,ay}$	İ yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş radyasyon şiddeti
$I$	Isı köprüsü uzunluğu
$\eta_h$	Hava değişim oranı
$p$	Havanın birim hacim kütlesi
$q_A$	Isı kaybı
$R_w$	Duvarın ısı transfer direnci
$R_{ins}$	İzolasyon malzemesinin ısı transfer direnci

$R$	Isı transfer direnci
$R_{i,ay}$	İ yönünde geçirgen yüzeyler için aylık ortalama gölgelenme faktörü
$r$	Gerçek enflasyon oranı
$T$	Sıcaklık
$T_b$	İç sıcaklık
$T_c$	Dış sıcaklık
$U$	Toplam ısı transfer katsayısı
$U_1$	Isı köprüsünün doğrusal geçirgenliği
$U_{ds}$	İç ortamla temaslı olan yapı elemanının toplu ısı transfer katsayısı
$U_D$	Dış duvarın toplam ısı transfer katsayısı
$U_p$	Pencerenin toplam ısı transfer katsayısı
$U_k$	Dış kapının toplam ısı transfer katsayısı
$U_T$	Tavanın toplam ısı transfer katsayısı
$U_t$	Tabanın toplam ısı transfer katsayısı
$U_d$	Dış havanın toplam ısı transfer katsayısı
$V^1$	Hacimce hava değişim oranı
$V_h$	Havalandırılan yerin hacmi
$V_{brüt}$	Binanın ısıtılan brüt hacmi
$x$	İzolasyon malzemesinin kalınlığı
$\eta_{ay}$	Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
$\eta$	Isıtma sisteminin verimi
$\theta_i$	Aylık ortalama iç sıcaklık
$\theta_e$	Aylık ortalama dış sıcaklık
$\phi_{i,ay}$	Aylık ortalama iç kazanç
$\phi_{s,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı

## ÖZET

### DÜZCE İLİ İÇİN DERECE ZAMAN ve SICAKLIK ANALİZİNE GÖRE FARKLI DUVAR TİPLERİNDE YALITIM MALZEMELERİNİN OPTİMUM KALINLIĞI, ÖZGÜL ISI KAYBI VE YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI HESABI

Hasan SAYEBAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar ŞEN

Temmuz 2019, 96 sayfa

Dünyada ve ülkemizde enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Enerjinin üretimi ve kullanımı esnasında çevreye verdiği zararları da göz önünde bulundurursak enerji tüketimi ve tasarrufu konusunda daha dikkatli olmamız gerektiği ortaya çıkmaktadır. Sanayinin yanı sıra ülkemizde ve dünyada enerjinin büyük bölümü evlerde tüketilmektedir. Evlerde tüketilen enerjinin belirli bir kısmı ısıtma ve soğutma, yani konfor şartlarının iyileştirilmesi için harcanmaktadır. Yapılarda ısınma amaçlı kullanılan enerjiden tasarruf edilmesinin en uygun yolu yalıtım yapılmasıdır. Bu çalışmada, öncelikle Düzce ili ısıtma ve soğutma derece saat hesapları yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan saatlik sıcaklık verileri MGM istasyonundan temin edilmiştir. Elde edilen veriler excel ortamına aktarılarak hatalı ve eksik veri kontrolü yapılmıştır. Ortalama sıcaklık değerleri dikkate alınarak problemlili verilerin düzeltilmesi sağlandıktan sonra; Isıtma için 15 °C soğutma için ise 22 °C'lik denge sıcaklıkları için derece saat ve gün hesaplamaları yapılmıştır. Bulunan derece gün değeri ile tuğla ve gaz beton duvarlar için taş yünü, EPS ve XPS yalıtım malzemeleri kullanarak optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılmış ısıtma maliyeti, tasarruf miktarı ve geri ödeme süreleri dikkate alınarak Düzce ili şartları için en uygun yalıtım malzemesine karar verilmiştir. Son olarak örnek aldığımız binanın tuğla ve gaz beton duvar tipleri ve çeşitli yalıtım malzemelerine göre 5 farklı durumu için TS 825 standartlarına göre özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerji ihtiyacı hesaplanarak karşılaştırmalı olarak yorumlanmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Enerji tasarrufu, Isı yalıtımı, TS 825, Yalıtım malzemesi.

## ABSTRACT

### OPTIMUM THICKNESS OF THE INSULATION MATERIALS IN DIFFERENT WALL TYPES ACCORDING TO DEGREE TIME AND TEMPERATURE ANALYSIS FOR DUZCE PROVINCE

Hasan SAYEBAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical  
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Dr. Öğr. Üyesi Yaşar ŞEN

July 2019, 96 pages

The need for energy in the world and in our country increases day by day. If we take into consideration the damages caused by the environment during the production and use of energy, we should be more careful about energy consumption and saving. In addition to industry, most of the energy in our country and in the world is consumed in homes. A certain portion of the energy consumed in homes is spent on heating and cooling, ie improving comfort conditions. The most suitable way to save energy used for heating purposes in buildings is insulation. In this study, firstly, heating and cooling degree hour calculations were made for Duzce province. The hourly temperature data used in the calculations were obtained from the MGM station. The data obtained were transferred to excel environment and incorrect and incomplete data control was performed. After correcting the problematic data by considering the average temperature values; For heating temperatures of 15 °C and for cooling temperatures of 22 °C, degree hour and degree day calculations were made. The optimum insulation thickness was calculated by using stone wool, EPS and XPS insulation materials for brick and aerated concrete walls and heating cost, saving amount and reimbursement period were determined. Finally, for 5 different cases of brick and aerated concrete wall types and various insulation materials, specific heat loss and annual heating energy requirements were calculated and interpreted according to TS 825 standards and the recommendations were made comparatively.

**Keywords:** Energy saving, Thermal insulation, TS 825, İnsulation material.

# 1. GİRİŞ

Enerjinin önemi tüm dünya ülkeleri için hem ekonomik hem çevre açısından her geçen gün önemini artırmaktadır. Tüketilen enerjinin büyük kısmının fosil yakıtlardan elde edildiği ve bu enerji kaynaklarının tükenmeye yüz tutmuş durumda olduğu düşünüldüğünde enerji tasarrufu çok önemli bir konu olarak önümüze çıkmaktadır.

Gelişen teknoloji ile konfor şartları optimum düzeyde sağlanmaya yaklaşmış ancak bununla beraber ısıtma ve soğutma için harcanan enerji de artış göstermiştir. İnsanların konfor şartlarından ödün verememesi ısıtma ve soğutma amaçlı kullandığı enerjiden de ödün verememesi anlamına gelmektedir. Eğer konfor şartlarından ödün veremiyorsak yapılabilecek en önemli adım enerji tasarrufu sağlamak olacaktır.

Yapılarda harcanan enerjinin büyük bir bölümü evin ısıtılması ve soğutulması için kullanılmaktadır. Enerji tasarruflu cihazların her geçen gün daha da gelişmesi konfor şartları için kullanılan enerji oranını düşürmekte ancak yeterli olmamaktadır. Bu yüzden yapılarda ortam ısısının korunması için en önemli etken olan yalıtım malzemeleri bir adım öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada Düzce ili için ısıtma soğutma derece zaman hesaplamaları yapılmış, sıcaklık verilerine dayanarak çıkartılan grafik ve tablolar yorumlanmıştır. Elde edilen derece gün verilerine göre optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılarak örnek aldığımız binanın tuğla ve gaz beton duvar tipleri ve çeşitli yalıtım malzemelerine göre 5 farklı durumu için uygulamadaki enerji sarfiyatı hesaplanarak karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

## 1.1. TEZİN AMACI

Düzce ilinde bulunan yapıları incelediğimizde yapıların bazılarının hiç yalıtılmadığı, yalıtılan yapılarında farklı yalıtım malzemesi kullanılsa dahi 4cm yalıtım malzemesi ile yalıtıldığı tespit edilmiştir. Yalıtım malzemelerinin ısı geçirgenlik katsayıları farklı olduğu için yaptıkları yalıtım oranlarının da farklı olacağı düşünüldüğünde bu uygulamanın yanlış bir uygulama olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yalıtım

malzemelerinin ilk yatırım maliyetleri de birbirinden farklıdır. Çalışmamızı yaparken Düzce ilinde kullanılan çeşitli duvar örnekleri ve yalıtım materyali örnekleri için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplayarak yeni inşa edilecek olan binalar için referans olmayı amaçladık. Ayrıca hiç yalıtılmamış yapıların yalıtıldığı takdirde ısıtma maliyetinden ne kadar kazanç sağlayacağı bu kazanç sayesinde kendisini ne kadar sürede amorti edeceğini belirleyerek yalıtım yaptırmayı düşünen kişilerin yalıtım yaptırıp yaptırmama konusunda kafalarında oluşan soru işaretlerini gidermeyi düşünmekteyiz.

Hali hazırda kullandığı binada yalıtım bulunan kişilerinde binalarının yalıtım kalınlığını tezimizde hesaplanan optimum yalıtım kalınlıklarına çıkardıklarında ne kadar yatırım maliyeti harcayacaklarını bu yatırım maliyetini harcadıkları takdirde ne kadar zamanda geri döndüğünü hesaplayıp bu yatırımın mantığı ile ilgili yorumlar ve tavsiyelerde bulunup yalıtım konusunda bilinçlenme sağlamayı amaçlamaktayız.

## 1.2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

S. Ülker yapmış olduğu çalışmada; ısı yalıtım malzemelerini değerlendirmiştir. Değerlendirme yaparken yapıların fiziki durumlarını ve yalıtım malzemelerinin çevreye verdiği zararları göz önünde bulundurmıştır. Bununla beraber Türkiye şartlarında yoğun olarak tercih edilen malzeme tipleri ile inşa edilen duvar tiplerini TS 825'de (Binalarda ısı yalıtım kuralları) de tablo olarak verilmiş derece-gün bölgelerine göre değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda elde ettiği verilere göre malzemenin buhar difüzyon direncinin aynı olduğu durumda değişik iklim bölgeleri için değerlendirme yapılırsa farklı değerler verebileceğini bulmuş. İklim bölgesi değişikliğinin malzemeler arasındaki uyumu etkilediğini belirterek aynı malzemenin farklı iklim koşulları için standart değerlerle değerlendirilemeyeceğini belirtmiştir [1].

D. İşbilir yapmış olduğu çalışmada, 1. İklim bölgesinde yer alan İzmir'deki bazı özel sektör ve kamu kurum yapılarına ait örnek binalarda ısı yalıtım malzemelerini, malzemelerin özelliklerini, uygulandığı yerleri ve uygulamada karşılaşılan sorunları araştırmıştır. Yalıtım malzemesinin özelliği, kalınlığı ve doğru malzeme seçimi gibi mimariyi ilgilendiren detayları gözleme dayalı olarak yerinde incelemiş, örnek aldığı binanın yalıtımsız farklı yalıtım malzemeleri ile yalıtımlı olarak yıllık ısıtma enerji ihtiyacını hesaplamış ve karşılaştırma yapmıştır. Yalıtımsız olan yapıların yalıtıldığı takdirde 2,5 kata kadar enerji tasarrufu sağladığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca ısı yalıtımı

yapılarak enerji sarfiyatı ve çevre kirliliğini azaltmak için önerilerde bulunmuştur [2].

D. Paralı yapmış olduğu çalışmada; yapılarda ısı yalıtımında kullanılan yalıtım materyallerini ve uygulanmasını, yalıtım yapılmasının ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından gerekliliğini, ısı yalıtımında kullanılan malzemelerin özelliklerini, ısı yalıtımının yapılarda uygulanması ve örnek bir konut üzerinde ısıtma maliyet hesabını incelemiştir. Çalışma sonucunda ısı kayıplarının büyük bir bölümünün duvarlardan kaynaklandığı bu yüzen yalıtımın zaruri olduğu ifade edilmiştir. Enerji ve maliyet analizi yapılan yalıtım malzemelerinden EPS yalıtım malzemesinin en uygun yalıtım malzemesi olduğunu tespit etmiş sağladığı enerji tasarrufundan dolayı kendini 3 yıl içinde amorti ettiği ifade edilmiştir [3].

T. Akyol yapmış olduğu çalışmada; Üniversite bahçesine inşa edilmiş olan benzer özelliklerdeki iki yapıyı deney ve kontrol gurubu olarak değerlendirip enerji ve termodinamik açılarından karşılaştırmalı analiz yapmıştır. Yapılardan birisini referans yapı seçmiş bu yapı yalıtımsız bırakılmış diğer yapıya yalıtım iyileştirmesi yapmıştır sonuç olarak iyileştirme yapılan yapının ısıtma için harcadığı enerjinin referans seçilen yapıya göre azaldığını bu oranın %51,3 olduğunu, yapının kaybettiği ısıdaki azalmanın ise oransal olarak %81 olduğunu belirtmiştir. Bu sayede yalıtımlı olan yapının 6 ton daha az fuel oil ve 1192m<sup>3</sup> daha az doğalgaz tükettiğini bu sayede hava kirliliğinin azalmasına da yardımcı olduğunu belirtmiştir [4].

C. Çamur yapmış olduğu çalışmada; yapıların ısı yalıtımında kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin üretiminden kullanımına kadar tüm aşamalarda geçen süreci çevreye olan etkileri açısından incelemiştir. Sonuç olarak yalıtım malzemelerinin çevreye olan etkilerinin en fazla olduğu noktanın üretim aşaması olduğu, ayrıca EPS yalıtım malzemesinin çevreye olan etkisinin taş yününden daha az olduğu ifade edilmiştir [5].

G. Bayer yapmış olduğu çalışmada; çeşitli dıştan ısı yalıtım modelleri oluşturmak için değişik özelliklerdeki yalıtım materyallerini kullanmıştır. Bu bina için özgül ısı kaybı hesabını yapmış ve yıllık ısıma enerji ihtiyacını hesaplamıştır. Örnek binanın ısı yalıtımsız hali ile farklı ısı yalıtım çeşitleri yapılmış hali enerji ihtiyacı bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak dış duvarların yalıtılması ile %38 oranın ısı kaybını önleyebileceği, yapılan yalıtımın yaz aylarında oluşan ısı kazancını da azaltarak soğutma maliyetlerini düşüreceğini yapılan yalıtım maliyetinin 4-5 yıl içinde kendini amorti



edeceğini ve yakıttaki tasarruf sayesinde çevre kirliliğinin de azalacağını ifade etmiştir [6].

R. Yılmaz yapmış olduğu çalışmada; yapının donatılı beton kısımlarında oluşan ısı köprülerinin oluşumunu el almış örnek bir bina üzerinde oluşan ısı kayıplarını hesaplayarak yorumlamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda; yalıtım materyali kullanılmayan duvar bünyesindeki ısı kaybını 393,96 Watt yalıtım materyali kullanılan duvar bünyesindeki ısı kaybını ise 131,32 Watt değerlerinde hesaplamıştır. Yalıtımsız donatılı beton yüzeydeki ısı kaybını 598,40 Watt yalıtımlı donatılı beton yüzeydeki ısı kaybını ise 115,22 Watt olarak bulmuştur. Bu sonuçlara dayanarak donatılı betonun ısı kaybının duvar yüzeyine göre oransal olarak %200'den çok olarak hesaplandığını, yalıtım materyali kullanılan yerlerde ise ısı kayıp oranının yüksek miktarlarda azaldığını belirlemiştir. Isı geçiş yoğunluğunun donatılı beton yüzeylerde bir hayli fazla olduğundan dolayı ısı köprüsünün oluştuğunu bu ısı köprülerinin önlenmesi için uygun kalınlıklarda yalıtım malzemeleri ile yalıtım yapılması gerektiğini ifade etmiştir [7].

A. Satman ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; ısıtma derece saat ve soğutma derece saat hesaplamalarını Türkiye'deki iller için çalışmışlardır. Tüm iller için meteoroloji istasyonlarından alınan veriler ile ısıtma derece saat hesabı için 15, 17 ve 18.3 °C referans sıcaklıklarını, soğutma derece saat hesabı için ise 24, 26, 27 ve 30 °C referans sıcaklık değerlerini kullanmışlardır. Yapılan hesaplamalarda soğutma ihtiyacının güney ve batı kıyılarında ve güney doğu Anadolu bölgesinde daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca bu bölgelerde ısıtma ihtiyacının diğer bölgelere göre çok düşük olduğunu bulmuşlardır. Batı illerinde ısıtma ihtiyacının doğu illerine göre daha az olduğunu ifade ederlerken iç Anadolu bölgesinde de ısıtma ihtiyacının bir hayli fazla olduğunu söylemişlerdir. Bunun nedeni olarak ise iç Anadolu bölgesindeki karasal iklimin etkisini göstermişlerdir [8].

Ş. Söğüt yapmış olduğu çalışmada; Düzce şartlarında örnek gösterdiği yapı için yalıtım kalınlığı hesabı yapmış, tayin edilen yalıtım kalınlığı ile örnek yapı üzerinde özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerji ihtiyaçlarını hesaplamıştır. Aynı yapı üzerinde yalıtımsız bir şekilde hesaplama yaparak bu iki sonucu karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda yalıtımsız bir binanın uygun yalıtım kalınlığındaki malzeme ile yalıtıldığında %55 enerji tasarrufu sağladığını 70.435,00 TL yalıtım yatırımı yapılan binanın yıllık 19.255,00 TL enerji tasarrufu yaptığını hesaplamıştır. Bu sonuçlar ile 3,65 yılda yapılan yatırımın amorti edildiğini yalıtım ömrünün 10 yıl olduğu kabul edildiğinde 10. Yılı sonunda

122.115,00 tl tasarruf edileceğini söylemiştir [9].

E. Çallı yapmış olduğu çalışmada; Afyonkarahisar iklim şartlarında katı, sıvı ve gaz yakıtlar olan kömür, doğalgaz ve fuel-oil'i seçerek borular için optimum yalıtım kalınlığı tayini yapmıştır. Hesaplamalarda 3 farklı yalıtım malzemesi kullanmıştır. Çelik, plastik ve bakır borular için yapılan toplam maliyet, tasarruf edilen enerji miktarı ve yalıtım malzemesinin kendisini amorti etme zamanının belirlenmesi sonucunda en tasarruflu yakıtın kömür olduğunu ve yalıtım materyali olarak optimum değerleri veren malzemenin ise XPS yalıtım materyali olduğunu belirlemiştir. Çelik borular için yalıtım kalınlıklarının 5-16 cm arasında değiştiğini, ısıtma derece gün değerlerinin artması ile tüm boru tiplerinde optimum yalıtım kalınlığı değerlerinin arttığını ifade etmiştir [10].

M. Gençer yapmış olduğu çalışmada; Keşan Meslek Yüksek Okulu'nda bulunan yalıtımsız haldeki binanın enerji analizini yapmıştır. Bunu yapabilmek için yapının yalıtımsız halde ve 5cm polistiren partikül köpük yalıtım malzemesi ile kaplı halde ısıtma enerji ihtiyaçlarını TS825'e göre hesaplamış ve karşılaştırmıştır. Yapıya yalıtım yapıldığında iç duvar sıcaklık değerlerinin 4 °C artış gösterdiğini bulmuş ve bu artışın ısı konforu yakalamakta etkili olduğunu söylemiştir. Yalıtım maliyetini 37000-43000 TL arasında hesaplamış, yalıtım yapıldığında ısıtma enerji ihtiyacından yapılacak yaklaşık %55 tasarruf sayesinde 3 yıl içinde yapılan yatırımın amorti edildiğini belirlemiştir. Aynı hesaplamaları yakıt olarak doğalgaz kullanarak yaptığında ise yıllık 31887,11 TL gibi büyük oranda kar edileceğini ve bu sayede yapılan yatırımın 1 yıl 3 ay gibi kısa bir süre içinde geri döndüğünü bulmuştur [11].

İ. Fırat yapmış olduğu çalışmada; Erzincan ilinde seçilen yalıtımsız ve farklı ısı yalıtımlı binaların ısıtma açısından ekonomik analizini yapmıştır. Yaptığı çalışmada Erzincan ilindeki yapıların %31,36'sının yalıtımlı, %68,64'ünün ise yalıtımsız olduğunu belirlemiştir. Yalıtımlı olan binaların tümünün 4cm XPS yalıtım malzemesi ile kaplı olduğunu kabul ederek yaptığı hesaplama sonucunda yalıtımlı ve yalıtımsız tüm binaların yıllık toplam ısıtma maliyetini 163.084.334,38 TL olarak hesaplamıştır. Yalıtımsız binaların 4cm XPS yalıtım malzemesi ile kaplanması sonucu yıllık toplam ısıtma maliyetinin 85.380.229,75 TL ye düşeceğini hesaplamış ve mevcut duruma göre %39,13 tasarruf sağlanacağını bulmuştur. Yalıtım materyali kalınlığının artırılarak 5 ve 8 cm olarak hesaba katılması ile sırasıyla %41,30 ve %43,71 oranlarında tasarruf yapılacağını belirlemiştir [12].

M. Kocagül yapmış olduğu çalışmada; aynı yapı malzemeleri ile yapılmış ve aynı sıcaklıktaki 4 ortam oluşturulmuş bu ortamlar yalıtımsız ve farklı türden yalıtım malzemeleriyle (EPS, XPS, Taş yünü) yalıtılmış halde iken ölçümler yaparak en ideal yalıtım malzemesini belirlemeye çalışmıştır. Yaptığı ölçümler sonucuna iç ortam duvar yüzeyi sıcaklıklarını taş yünü için 9-12 °C, XPS yalıtım malzemesi için 13-15 °C ve EPS yalıtım malzemesi için ise 15-17 °C olarak bulmuştur. Bu sonuçlara dayanarak en uygun yalıtım malzemesinin taş yünü olduğunu belirlemiştir. Yalıtım malzemelerinin enerji tasarrufundan dolayı geri ödeme sürelerini karşılaştırdığında ise taş yünü için 1,07 yıl, XPS yalıtım malzemesi için 0,73 yıl ve EPS yalıtım malzemesi için ise 0,62 yıl olarak belirlemiştir [13].

N. Şişman ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; değişik derece gün bölgeleri için optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapmışlardır. Hesaplamalar için İzmir, Eskişehir, Erzurum ve Bursa'yı seçmişlerdir. Yapılan hesaplamada değerlendirmeyi maliyet açısından yapmışlar ve bu yüzden geri ödeme sürelerini baz almışlardır. Dış duvar için yapılan hesaplamada optimum yalıtım kalınlıklarını bu iller için sırasıyla 0.033, 0.061, 0.080 ve 0.047 m olarak bulmuşlardır. Bu iller için geri ödeme sürelerini ise sırasıyla 2.82, 2.28, 1.89 ve 1.54 yıl olarak hesap etmişlerdir. Hesaplamaları yapıların çatı bölümleri için yaptıklarında ise yalıtım kalınlıklarının optimum değerlerini 0.020, 0.047, 0.065 ve 0.033 m, geri ödeme sürelerini ise 4.95, 3.66, 3.10 ve 2.58 yıl olarak bulmuşlardır [14].

H. Moran yapmış olduğu çalışmada; değişik derece gün bölgelerini temsil eden Mersin, Bursa, Ankara ve Sivas şehirleri baz alınarak değişik yalıtım materyalleri, değişik yakıt ve değişik duvar türleri için optimum yalıtım kalınlığının belirlemiş ve her farklı seçenek için emisyon değerlerini hesaplamıştır. Derece gün bölgesi olarak birinci bölgeyi temsil eden Mersin şehri için yakıt olarak doğalgaz, kömür, fuel-oil, elektrik kullanılması durumunda optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0,03-0,07, 0,04-0,1, 0,05-0,12, 0,8-0,15 m olarak bulmuştur. İkinci derece gün bölgesinde bulunan Bursa ili için yakıt olarak doğalgaz, kömür, fuel-oil, elektrik kullanılması durumunda optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0,04-0,08, 0,05-0,13, 0,07-0,16, 0,9-0,19 m olarak bulmuştur. Üçüncü derece gün bölgesinde bulunan Ankara ili için yakıt olarak doğalgaz, kömür, fuel-oil, elektrik kullanılması durumunda optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0,07-0,12, 0,09-0,17, 0,11-0,23, 0,13-0,25 m olarak bulmuştur. Dördüncü derece gün bölgesini temsil eden Sivas şehri için yakıt olarak elektrik, kömür, fuel-oil, kullanılması durumunda

optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0,06-0,13, 0,09-0,18, 0,10-0,20, m olarak bulmuştur [15].

M. E. Arslaner yapmış olduğu çalışmada; örnek olarak seçilen bir yapının Türkiye'nin beş farklı iklim bölgesi için ısıtma, soğutma, kullanım sıcak suyu üretimi olarak farklı mekanik tesisat sistemlerini yıllık enerji tüketimi, emisyon değerleri ve geri dönüş süreleri olarak hesaplamış ve karşılaştırmıştır. Yapılan karşılaştırmayı simülasyon programı ile yapmıştır. Baz aldığı yapıda iklimlendirme ve sıcak su ihtiyacı için kombi ve klima seçmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için bu cihazlara alternatif olarak ısı pompasını seçmiştir. Yapılan hesaplamalar ile elde edilen verilere göre ısı pompası cihazı ile kurulan yapının yakıt değerlerini ve emisyon değerlerini düşürdüğünü ancak 5. Derece gün bölgesinde aynı sonuçların elde edilemediğini tespit etmiştir. Geri ödeme sürelerini karşılaştırdığında ise birinci ve ikinci derece gün bölgelerinde ısı pompası sisteminin kombi-klima sistemi yerine tercih edilebileceğini bulmuştur. Üçüncü derece gün bölgesi için ise toprak kaynaklı ısı pompasının daha uygun sistem olduğunu bulmuştur. Dördüncü ve beşinci derece gün bölgeleri için ise ısı pompası sisteminin geri ödeme süresinin yüksek olmasından dolayı alternatif bir seçim olamayacağını bulmuştur [16].

B. Tanrıverdi yapmış olduğu çalışmada; TS 825'e göre İstanbul, Muğla, Rize ve Diyarbakır şehirleri için referans alınan yapının ısıtma ve soğutma durumlarındaki enerji ihtiyacını hesaplamış ve yoğunlaşma durumlarını değerlendirerek analiz etmiştir. M<sup>2</sup> başına ısıtma enerji ihtiyaçlarını İstanbul için 143 kWh/m<sup>2</sup>, Diyarbakır için 193 kWh/m<sup>2</sup>, Rize için 127 kWh/m<sup>2</sup>, Muğla için 150 kWh/m<sup>2</sup> olarak bulmuştur. M<sup>2</sup> başına soğutma enerji ihtiyaçlarını ise İstanbul için 105 kWh/m<sup>2</sup>, Diyarbakır için 173 kWh/m<sup>2</sup>, Rize için 100 kWh/m<sup>2</sup>, Muğla için 115 kWh/m<sup>2</sup> olarak bulmuştur. Yapılara yalıtım iyileştirmesi yapılması durumunda ısıtma ihtiyacının iller için sırasıyla 35, 56, 33, 57 kWh' e düştüğünü bulmuştur. Yalıtım iyileştirmesi yapılan yapının yalıtımsız hale göre %70-73 arasında ısıtma enerji tasarrufu sağlandığını belirleyip binanın toplam enerji tüketimini ise aynı iller için sırasıyla 230, 279, 223, 249 kWh olarak hesaplamıştır [17].

Ö. Kaynaklı ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; yapının dış duvarına monte edilen yalıtım malzemelerinin optimum yalıtım kalınlığı analizini yapmışlardır. İstanbul ili için yaptıkları çalışmada güneş radyasyon değerlerini hesaba katarak yapının farklı yönler için dış duvar yalıtım kalınlıklarının farklılığını hesaplayarak ortaya koymuşlardır. Optimum yalıtım kalınlığı hesabı yaparken malzemenin ömrü, derece gün değeri, faiz ve enflasyon oranlarını hesaba katarak hesaplama yapmışlardır. Yaptıkları hesaplama sonucunda

yalnızca dışa hava sıcaklığına göre derece gün değerini 1827 olarak bulmuşlardır, güneş radyasyon değerlerini hesaba kattıklarında ise bu değerin yönlere göre farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Derece gün değerlerini radyasyon değerlerini hesaba katarak kuzey, güney, doğu ve batı ynleri için 1719, 1535, 1633, 1628 olarak bulmuşlardır. Buldukları bu derece gün değerlerine göre optimum yalıtım kalınlığı hesabı yaptıklarında ise bu yönler için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 4,8, 4,8, 5,2 ve 4,3 cm olarak hesaplamışlardır [18].



## **2. ISI YALITIMI VE ÖNEMİ**

### **2.1. ISI & SICAKLIK**

#### **2.1.1. Isı Kavramı**

Isı termodinamiğin çalışma alanlarında en büyük yeri kaplayan kavramdır. Eğer iki farklı sıcaklıktaki cisim arasında enerji transferi olursa cisimler arasında geçiş yapan bu enerjiye ısı enerjisi diyebiliriz. Cismin yapısındaki sıcaklık ne kadar fazla ise ısı miktarı da o kadar fazladır yani bu iki kavram birbiri ile doğru orantılıdır [19].

#### **2.1.2. Sıcaklık Kavramı**

Bir cisme dokunduğumuzda bu cisim için sıcak ya da soğuk diyebiliriz ancak bu ifade vücut ısısına göre belirlenmiş bir ifadedir. Sıcaklığın doğru bir şekilde ifade edilebilmesi için ölçülüyor olması gerekir. Sıcaklığı ısıdan ayıran en önemli etkende bu olsa gerek çünkü ısındık ya da üşüdüğümüz diyebiliriz ancak bunun ne kadar olduğunu ölçemeyiz ancak sıcaklığın ne kadar yükseldiğini ölçebiliriz.

Isı geçişi esnasında sıcaklıkta mutlaka bir değişim olacak diyemeyiz çünkü geçen ısı hal değişimi için kullanılmış olabilir [19].

### **2.2. ISI TRANSFER ÇEŞİTLERİ**

#### **2.2.1. İletim İle Isı Transferi (Kondüksiyon)**

Farklı sıcaklıktaki iki cismin arasında ısı geçişi olabilir eğer ısı geçişi bu iki cismin birbirine temas ettirilmesi sonucu oluşmuş ise iletim ile ısı transferi gerçekleşmiş demektir.

#### **2.2.2. Taşınım İle Isı Transferi (Konveksiyon)**

Taşınım ile ısı transferinde herhangi bir akışkan maddenin bir madde üzerindeki ısıyı farklı bir ortama taşınması söz konusudur. Özellikler iklimlendirme sistemlerinde kullanılan soğutucu gazların yaptığı işlemi taşınım ile ısı transferi olarak ifade etmek doğru bir tercih olacaktır. Konveksiyon ile ısı transferinde ısıyı ileten akışkan temas ettiği

cisimleri ısıtabileceği gibi soğutabilir de.

### 2.2.3. Işınım İle Isı Transferi (Radyasyon)

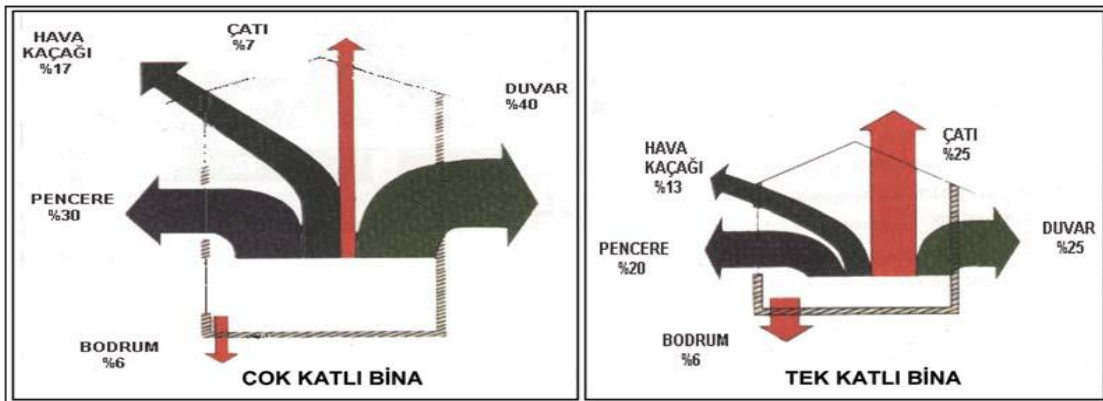
Elektromanyetik ışınların temas ettiği yüzeylerde sıcaklık artışına neden olmasına ışınlama ile ısı transferi diyebiliriz. Işınım ile ısı transferine örnek gösterilebilecek en büyük ve önemli kaynak güneştir. Güneşe benzer şekilde çalışan radyant ısıtıcılar, mikro dalga fırınlar diğer önemli örneklerdir. Bu cihazların yaymış olduğu radyasyon şeklindeki ışınlar temas ettikleri yüzeylerde ısınma gerçekleştirir.

### 2.3. ISI YALITIMI

Sıcaklıkları farklı olan iki yüzey arasında herhangi bir cisim bulursa dahi bu iki yüzey arasında mutlaka ısı transferi olacaktır. Ancak bazı cisimler ısıyı çok fazla iletirken bazı cisimler ise ısıyı daha az iletmektedirler. Isıyı diğer cisimlere göre daha az ileten malzemelere de ısıya karşı yalıtkan malzeme deriz. Tasarlamış olduğumuz yapıların ısıtılması ve soğutulması için önemli miktarda enerji sarf edildiğini düşündüğümüzde bu enerjinin yapının dışına çıkmasını engellemek zorunluluk haline gelmektedir.

Yapıların dış yüzey ile temas eden kısımlarının ısıya karşı yalıtkan malzemeler ile kaplanması ısı yalıtımı işlemini tanımlamaktadır. Isı yalıtım işlemi bazen yapının dış kısmına, bazen iç kısmına, bazen de yapıyı oluşturan materyallerin arasına olabilecek şekilde uygulanabilir.

Isı yalıtım işlemi sağladığı enerji tasarrufu sayesinde çevreye verilen zararın da azalmasını sağlamaktadır. Ayrıca yapıya yapılmış olan su izolasyonu sayesinde yapının kullanım ömrü de uzamış olacaktır.



Şekil 2.1 Çok ve tek katlı binalardaki ısı kayıpları [20].

### 2.3.1. Isı Yalıtımının Önemi

- Yapılan araştırmalar neticesinde yaklaşık % 50 yakıt tasarrufu sağlamaktadır.
- Yapılan yarımı ortalama 2-5 yıl içinde amorti etmekte, daha sonraki zamanlarda yapılan enerji tasarrufu kullanıcıya kar olarak geri dönmektedir.
- Kış aylarında ortam ısısının bina dışına çıkmasını engelleyerek yakıt giderlerini azalttığı gibi yaz aylarında dışarıdan ısı geçişini engellediği için soğutma giderlerini azaltmaktadır.
- Mekânlarda ısının dengeli dağılmasında büyük rol oynayıp konforlu bir yaşam ortamı oluşmasını sağlar.
- Kış aylarında duvar sıcaklıklarının düşümünü en aza indirdiği için küf, rutubet ve nemin oluşumunu engeller.

### 2.3.2. Enerji Verimliliği İle İlgili Mevzuat

Yapılara uygulanan yalıtım oranı birçok etkenden etkilenmektedir. Bunlar yalıtım malzemesinin cinsi, yapısal özellikleri, kompozit duvar yapısının bileşenleri, uygulanan yalıtımın kurallarına uygun bir şekilde uygulanması gibi sıralanabilir.

Yalıtım yaptıran ya da yeni bir ev almak isteyen kişiler yalıtım konusunda teknik bilgiye sahip değillerse konfor şartlarının ne oranda sağlanacağını ya da yakıttan ne oranda tasarruf edebileceklerini bilemezler. Bu yüzden enerji verimliliği kanunu çerçevesinde yapılara enerji kimlik belgesi alınması zorunlu hale gelmiştir.

Alınan enerji kimlik belgesi yapının yalnızca yalıtım ile kazandığı enerji oranını temsil etmemektedir. Ayrıca yapının yenilenebilir enerji kullanım oranını gösterip ısıtma, soğutma, elektrikli aletler için harcadığı enerjiyi de hesap ederek yapıya verilen enerji sınıfını belirlemektedir.


#### 2.3.2.1. Enerji Kimlik Belgesi

Yapının ısıtma, soğutma için harcadığı enerjinin ne kadar verimli olduğunu yalıtım özelliklerine ve kullanılan cihazların cinsine göre değerlendirerek yapının enerji sınıfını ifade eden belgedir.

Yapının enerji sınıfı harfler ile ifade edilir eğer optimum enerji sınıfında bir yapı ise “A” harfini alır. Yapı enerji sınıfı konusunda çok kötü durumda ise “G” harfi ile ifade edilir. Yapının yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanması enerji sınıfını yükselten




etkenlerdendir. Şekil 2.2’de enerji kimlik belgesi örneği görülmektedir.



bina enerji performansı

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

Bina Bilgileri	Belgenin	Bina Görüntüsü
<p><b>Tip:</b></p> <p><b>İnşaat Ruhsat Tarihi:</b></p> <p><b>Tadilat Tarihi:</b></p> <p><b>Toplam Alan:</b></p> <p><b>Ada/Parsel/Pafta:</b></p> <p><b>UAVT Bina No:</b></p> <p><b>Adı:</b></p> <p><b>Adresi:</b></p> <p><b>Sahibinin Adı Soyadı:</b></p>	<p><b>Veriliş Tarihi:</b></p> <p><b>Geçerlilik Tarihi:</b></p> <p><b>Performans Sınıfı:</b></p> <p><b>Emisyon Sınıfı:</b></p>	

**ENERJİ PERFORMANSI**

Yıllık

A	0 - 39
B	40 - 79
C	80 - 99
D	100 - 119
E	120 - 139
F	140 - 174
G	175 - ...

**ORAN**

92

**ŞERH GAZİ EMİSYONU**

Yıllık

kg eqd. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/yıl

A	0 - 39
B	40 - 79
C	80 - 99
D	100 - 119
E	120 - 139
F	140 - 174
G	175 - ...

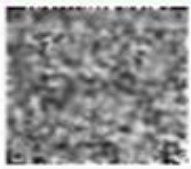
**ORAN**

91

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIM ORANI**

% 0.00

SİSTEMLER	YILLIK ENERJİ TÜKETİMLERİ		YENİLENEBİLİR ENERJİ/KOJEN. ENERJİ		SINIFI
	Birimi (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m <sup>2</sup> /yıl)	Birimi (kWh/yıl)	Birim Alan Başına (kWh/m <sup>2</sup> /yıl)	
Toplam					
Isıtma					
Sıhhi Sıcak Su					
Soğutma					
Havalandırma					
Aydınlatma					
Kojenerasyon					
Fotovoltaik					

Belgenin	Belge Düzenleyenin	Kare Kod
<b>Numarası:</b>	<b>Adı Soyadı:</b>	
<b>Veriliş Tarihi:</b>	<b>Firması:</b>	
<b>Son Geçerlilik Tarihi:</b>	<b>Sertifika No:</b>	
<b>İptal Edilen EKB No:</b>	<b>İmza:</b>	

Şekil 2.2 Enerji kimlik belgesi örneği.

### **3. ISI YALITIM MALZEMELERİ**

#### **3.1. ISI YALITIM MALZEMELERİNDE BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER**

##### **3.1.1. Yalıtım Malzemeleri İçin Su ve Nem**

Yalıtım malzemelerinin yalıtım görevini yerine getirmelerini sağlayan etken malzemenin yapısında bulunan hava boşluklarıdır. Eğer bu hava boşlukları su ile dolar ise yalıtım malzemesinin bir işlevi kalmaz. Bu yüzden yalıtım malzemesinin ıslanmasını engellemek için suya ve neme karşı ek önlemler alınması gerekmektedir.

##### **3.1.2. Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik**

Yapıda çıkabilecek herhangi bir yangın durumunda, dış duvarlarına kaplı olan yalıtım malzemeleri yangının daha fazla yayılmasına neden olabilir. Ayrıca bitişik nizam olan evlerde yangının komşu yapılara da sıçraması kaçınılmaz olmaktadır. Bu yüzden bina dış yüzeyine kaplanan yalıtım malzemelerinde olması gereken en önemli özelliklerin arasında yanmaz ve yangının yayılmasına neden olmayacak türden olmaları gelmektedir.

##### **3.1.3. Basınç Mukavemeti**

Isı yalıtım malzemelerinin zamanla görevini yerine getirememesindeki en önemli neden malzemenin çeşitli nedenlerle darbeye maruz kalmasıdır. Malzeme üzerinde oluşabilecek yıpranmalar su ve nem geçişine izin vermekte, ısı tutuculuğunu düşürmekte ve bu nedenlerden dolayı ömrünü azaltmaktadır. Bu yüzden ısı yalıtım malzemesi dış ortamdaki gelebilecek darbelere karşı yeterli mukavemeti gösterebilmelidir.

##### **3.1.4. Çekme Mukavemeti**

Isı yalıtım malzemelerinin uygulandığı alandaki yapıya ve dış ortama bakan yüzleri farklı sıcaklıklarda olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin iki farklı yüzünün farklı sıcaklıklara maruz kalması termal gerilmelere neden olmaktadır. Bu gerilmeler malzemenin eğilip bükülmesine neden olabilir. Bu yüzden ısı yalıtım malzemesi genişlemeye ve termal gerilmelere karşı dayanıklı olmak zorundadır.

### **3.1.5. Isı Tutuculuk**

Isı tutuculuk özelliği ısı yalıtım malzemelerinde dikkat edilen en önemli özellik olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinden kaplandığı yüzey ile dış yüzeye arasında ısı geçişini engellemesi beklenmektedir. Isı tutuculuk özelliğinin yüksek olması ısı yalıtım malzemesinin daha iyi yalıtım yaptığı anlamına gelmektedir.

### **3.1.6. Boyutsal Kararlılık**

Yalıtım malzemeleri uygulandığı yüzeylerde iç yüzeyden ya da dış yüzeyden olmak üzere dış etkenlere maruz kalabilmektedir. Malzemenin maruz kaldığı bu dış etkenlerden mümkün olduğu kadar etkilenmemesi, fiziksel özelliklerinde bir değişim yaşanmaması gerekmektedir. Meydana gelebilecek bu fiziksel değişiklikler malzemenin ömrünü kısaltabileceği gibi yalıtım yapmasını da engelleyebilir.

### **3.1.7. İşlemeye Müsaitlik**

Yalıtım malzemesinin farklı şekillerdeki yerlere uygulanabilmesi için kesilmesi gerekebilir ayrıca malzemenin yapıya tutunabilmesi için dübel ile sabitlenmektedir bu yüzden kolay bir şekilde delme işlemi de yapılması gerekir. Malzemenin bu gibi işlemlerden geçirilirken yani işlenirken işlemeye müsait bir yapıda olması gerekmektedir.

### **3.1.8. Kimyasal Maddelere Dayanım**

Yalıtım malzemeleri genellikle yapının dış kısmına uygulandığı için kimyasal maddelere en çok maruz kalan yapı bileşenidir. Bütün diğer yapı malzemeleri gibi ısı yalıtım malzemeleri de kimyasal etkenlere maruz kalır bu etkenler zamanla aşınmalara, deformasyonlara ve malzemenin yapısında bozulmalara sebep olabilir. Bu yüzden ısı yalıtım malzemelerinin zamanla niteliğinin yitirmemesi ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı olması beklenir.

### **3.1.9. Sıva İle Bütünleşmesi**

Isı yalıtım malzemeleri kimyasal etkenler, darbeler vb. dış etkenlerden etkilenebilir. Bu yüzden farklı bir yapı bileşeni ile korunması elzemdir. Malzemeyi dışarıdan gelebilecek mekanik etkenlerden korumak için sıva kullanılmaktadır. Bu nedenle ısı yalıtım malzemesinin sıva katmanı ile yeterli düzeyde yapışması gerekmektedir.

### **3.1.10. Kokusuzluk**

Isı yalıtım malzemelerinin birçoğu kimyasal bileşenlerde oluşmakta ve bu kimyasal yapı malzemenin koku yaymasına neden olmaktadır. Malzemenin yaşam alanlarına uygulandığı düşünüldüğünde yapısal olarak koku yaymaması gerekmektedir. Çünkü bu koku rahatsız edici özelliğinin yanı sıra insan sağlığı için de zararlı olabilmektedir.

### **3.1.11. Çevreye ve İnsan Sağlığına Zarar Vermemesi**

Teknolojinin gelişimi ile insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkileyen etmenler bir hayli artmış durumdadır. Yalıtım malzemeleri de yapısı gereği kimyasal maddeler içerebilmektedir. Ancak insanların yaşamlarını idame ettirdikleri alanlarda bu tür maddelerin kullanılması sağlıklarına karşı olumsuz etkileri olacaktır.

Yalıtım malzemeleri yapının tüm bileşenleri gibi kısıtlı ömre sahiptir. Ömrü dolan malzemelerin imha edilmesi gerekmektedir. Bu malzemelerin imha aşamasında da çevreye zarar vermemesi tercih edilir.

### **3.1.12. Kullanım Ömrünün Uzun Olması**

İnsanların yaşam alanlarında kullandıkları yalıtım malzemeleri belli bir ilk yatırım maliyetine sebep olmaktadır. Kendi maliyetini amorti ettikten sonra ısı ihtiyacından yapılan tasarruf her yıl kar olarak geri dönmektedir. Isı yalıtım malzemesinin uzun yıllar yalıtım masrafından kurtarması ve her geçen sene kar oranını artırması için yapının ömrü ile doğru orantılı bir ömrü bulunması gerekmektedir.

### **3.1.13. Parazitlerin Etkilerine Karşı Dayanıklılık**

Isı yalıtım malzemeleri türüne ve yapısına göre çeşitli hayvan, böcek, parazit vb. canlıları barındırabilir. Bu canlılar zamanla ısı yalıtım malzemesinin niteliğini yitirmesine sebep olabilir. Bu yüzden ısı yalıtım malzemelerinden mümkün olduğu kadar parazitleri barındırmaması ve parazitlerin oluşturacağı etkenlere karşı dayanıklı olması beklenir.

### **3.1.14. Ekonomiklik**

İnsanlar yaptıkları her işte en düşük fiyata en yüksek verimi almak isterler. Isı yalıtım malzemelerinin de istenilen nitelikleri düşük ücretler ile karşılaması istenmektedir. Isı yalıtım malzemesinin ekonomik olması ilk yatırım maliyetini düşüreceği için yapı için optimum yalıtım kalınlığını artıracak ve ısıtma için gerekli olan enerji ihtiyacından daha fazla tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

## 3.2. ISI YALITIM MALZEMESİ ÇEŞİTLERİ

### 3.2.1. Cam Yünü

Camın liflendirilmiş halidir. Liflendirme işlemi camın yüksek sıcaklıklara maruz bırakılması ile yapılmaktadır. Bu lifli yapının bir arada tutulması ve istenilen şekle gelebilmesi için bakalit denen malzeme kullanılmaktadır. Ancak bakalit bulunmayan türleri de vardır. Bakalit bulunmayana türü istenilen şekil verilemediği için şekilsizdir. Genellikle cam yününün rulo şeklinde sarılmasıyla kullanıma arz edilmektedir.

Sarı cam yünleri yapıların yalıtımı için kullanılırken beyaz cam yünleri ise genellikle sıcak sulu sistemlerin yalıtılması için tercih edilmektedir.

Cam yünü oldukça dayanıklı bir malzemedir. Yangına karşı dayanımı da yüksektir. Su malzemenin görevini yapmasını engelleyeceğinden suya maruz bırakılmamalıdır. Yapıların yalıtımı için kullanılan cam yünü levhalar su geçişini engellemek için alüminyum folyo ile kaplı olarak piyasaya arz edilmektedir.



Şekil 3.1 Bakalitli cam yünü.



Şekil 3.2 Bakalitsiz cam yünü.

Isı iletkenlik beyan değeri  $\lambda \leq 0,040/mK$ ' ve su buharı difüzyon direnç faktörü  $\mu=1$ 'dir. Kullanım sıcaklığı  $-50 / +250^{\circ}C$  aralığındadır. Bağlayıcısız cam yünü ürünler  $500^{\circ}C$ 'ye kadar kullanılabilir. Ayrıca  $-200 / +400^{\circ}C$  aralığında kullanılan özel cam yünü ürünler de üretilebilir.

Cam yünü yalıtım malzemeleri;

- Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmaz.
- Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve pas yapmaz.
- Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilmez.
- Higroskopik ve kapiler değildir.
- Alman Normu olan DIN 4102'ye ve Türk Standardı TS EN 13501-1'e göre "yanmaz malzemeler" olan A sınıfındadır.

Cam Yününün Uygulandığı Alanlar

- Dış duvarlarda tüm duvar ve betonarme elemanların iç yüzeylerinde
- Çatı yalıtımı amacı ile.
- Çelik esaslı imal edilmiş mekanlarda.
- Hayvanların yaşam alanlarının yalıtımında.
- Yapı içi duvarların oluşumunda ve yalıtımında.
- Yapıların mekanik parçalarının ses yalıtımında.



Şekil 3.3 Cam yünü tavan arasına uygulama şekli.



Şekil 3.4 Cam yünü levha duvara uygulama şekli.

### 3.2.2. Taş Yünü

Kaya yünü olarak da bilinen taş yününün ham maddesi volkanik dağlardan püsküren lavların soğuması ile elde edilen kayaçlardır. Kayaç dediğimiz malzemenin çok yüksek ısılarla maruz bırakılması sonucu lifli bir yapı halini almasıyla taş yünü dediğimiz malzeme oluşmaktadır.



Şekil 3.5 Taş yünü levha.

Taş yününün kullanım alanları oldukça geniştir;

- Yapının dıştan mantolama ile yalıtımında
- Yüksek sıcaklıktaki mekanların yalıtılmasında.
- Çatı yalıtımında.
- Mekanların bölünmesi esnasında duvar yapısı olarak.
- Yapıların dış kapılarının yalıtımında

- Yangın güvenliği gerektiren alanlarda
- Seracılık ve organik tarım sektöründe

Taş yünü diğer malzemelerden ayıran üstün özellikleri bulunmaktadır bunlar;

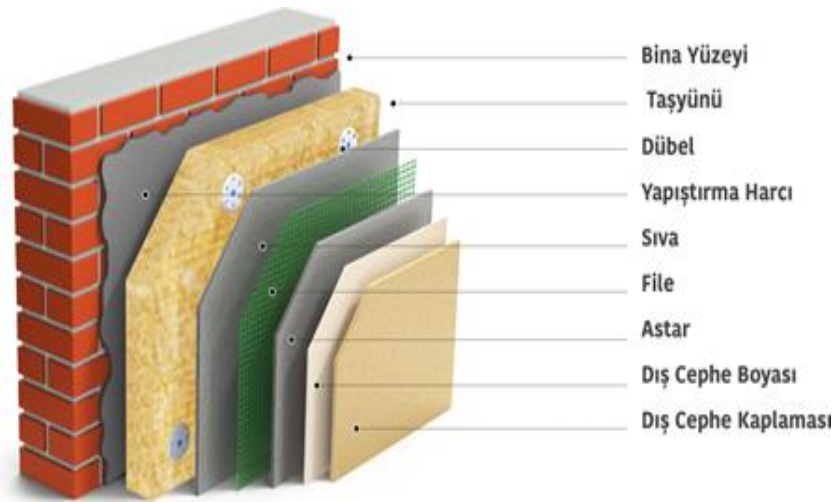
Yalıtım malzemesinin yapısını bozabilecek bakterileri barındırmaz.

Hammaddesi doğal bir ürün olan volkanik dağların kayalarından oluştuğu için çevreye uyumlu bir malzemedir.

Yapısal özelliğinden dolayı suyu bünyesinde barındırmaz yapının dışından ya da içinden dolayı ortaya çıkabilecek nemi emmez ve dışa doğru iter.

Taş yünü kararlı yapısından dolayı sıcaklık artış ve azalmalarında fiziksel özelliklerinde bir değişim meydana gelmez. Bu sayede genişleme ya da büzülme olayına rastlanmamaktadır.

Lifli yapıya sahiptir bu yüzden ısı yalıtımının yanında ses yalıtımında da etkili bir yalıtım malzemesidir.



Şekil 3.6 Taş yünü duvara uygulama şekli.

### 3.2.3. Genleştirilmiş Polistren Köpük ( EPS )

Pentan adındaki şişirici gaz kullanılarak çok sayıda boncuk benzeri tanecik oluşturulmuş olur. Oluşturulan bu taneciklerin birbiri ile birleştirilmesi ile ise polistren köpük dediğimiz EPS yalıtım malzemesi imal edilir. Yalıtım malzemesinin bünyesinde bulunan taneciklerin içinde hava bulunmakta ve malzemenin yalıtım özelliği bu hava boşluklarından kaynaklanmaktadır.

Bulunduğu yerde hareketsiz halde bulunan hava bilinen en güzel yalıtım şeklidir.

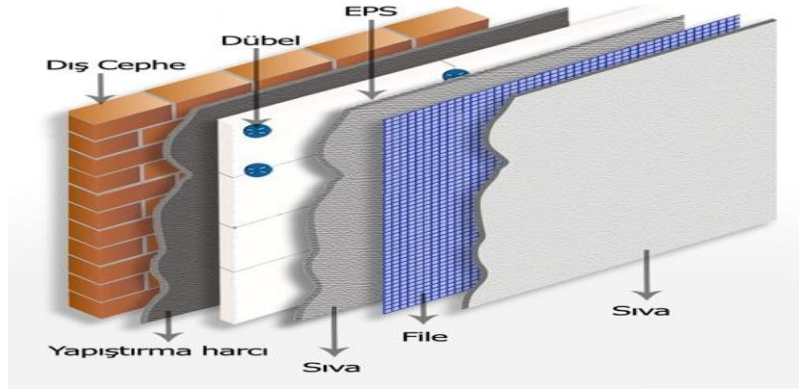


Yapısında bulundurduğu milyonlarca hava boşluğundan dolayı da EPS iyi yalıtım özelliğinin yanı sıra ekonomiktir. Sağladığı üstün yalıtım özelliği ve ekonomik olmasından dolayı ülkemizde ve dünyada en çok tercih edilen yalıtım malzemelerindendir.



Şekil 3.7 EPS yalıtım malzemesinin yapısı.

Yapısal kararlılığının yüksek olmasından dolayı fiziksel özelliklerinde değişim yaşanmaz aynı zamanda kimyasal etkilere karşı da dayanıklıdır bu iki özelliği sayesinde yapısal bozulma meydana gelmez ve yalıtım oranı malzemenin ömrü boyunca sabit kalır.



Şekil 3.8 EPS yalıtım malzemesinin duvara uygulama şekli.

EPS, üretim sırasında kullanılan yöntemler, uzun kullanım ömrüne sahip olması ve geri dönüşümü iyi bir malzeme olmasından dolayı üretim, kullanım ve kullanım sonrası aşamalar için çevreye uyumlu zararsız bir üründür.

EPS yalıtım malzemeleri üstün özelliklerinden dolayı hemen hemen her malzeme ve ortamın yalıtımında ekonomik ve güvenli bir şekilde kullanılan ve çokça tercih edilen bir yalıtım ürünüdür.

### 3.2.4. Extrude Polistren Köpük ( XPS )

Extrüde Polistren Köpük yalıtım malzemesini diğer yalıtım malzemelerinden ayıran en önemli özelliklerin başında düşük ısı iletim değeri ve her bölgesinde aynı yapısal değerlere sahip olması gelmektedir. Üstün özelliklerinin yanında fiyatının EPS yalıtım malzemesine göre pahalı olmasına karşın yüksek yoğunluğu sayesinde darbelere karşı yüksek dayanım özelliği ve diğer yalıtım malzemelerine göre düşük ısı iletim değerine sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir.

Köpük yoğunluğu ( 20-50 kg/m<sup>3</sup>) ile basınç mukavemeti değerleri (100-500 kPa) elde edilebilir. Isı iletkenlik hesap değeri 0.030-0.035-0,040 gruplarında üretilir. Hareketsiz kuru hava ile ısı yalıtımı sağlanmaktadır.



Şekil 3.9 XPS yalıtım malzemesi.

XPS yalıtım malzemesinin birçok üstün özelliği bulunmaktadır;

- Isı iletimine karşı yüksek dirence sahiptir.
- Suyu itmesi ve yapısında bulundurmamasından dolayı ısı iletim direnci değişmez.
- Düşük sıcaklıklara kadar donmaya karşı dirençlidir.
- Yapısal kararlılığının yüksek olmasından dolayı fiziksel özelliklerinde değişim meydana gelmez.
- Çevreci bir üründür geri dönüşümü vardır.
- Montaj esnasında yapılabilecek kesme delme vb. işlemlere uygundur.

### 3.2.5. Ahşap Lifli Yalıtım Levhası

Ahşap liflerinin bir araya getirilmesiyle oluşmuş yalıtım malzemesidir. Malzemeye ısı verilerek basınçlı ortamda örgü şeklinde bir araya getirilen lifler yapısındaki bozulmaları

engellemek amacıyla da çeşitli yapıştırıcı malzemeler kullanılır. Ahşap lifinin doğal bir malzeme olması ve malzemenin üretim esnasında yapısına katılan ek maddelerin %1'den bile az olması çevreci ve doğal bir yalıtım malzemesi olmasını sağlamaktadır.

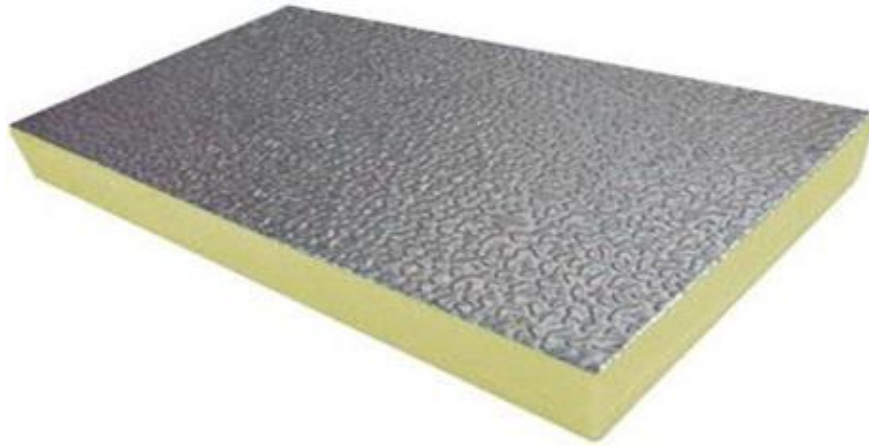


Şekil 3.10 Ahşap lifli yalıtım malzemesi.

Ahşap esaslı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri yüksektir  $0,09 - 0,15 \text{ W/mK}$  kullanım sıcaklığı ise  $0-110 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir bu yüzden yanmaya karşı direnci düşüktür. Bu yüzden çok fazla tercih edilen bir ürün değildir.

### 3.2.6. Poliüretan Köpük

Poliüretan köpüğün üretim esnasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlarda suyun içindeki karbondioksit gazı ayrılarak malzemenin yapısında gözenekler oluşmasını sağlar bu gözenekler içindeki hareketsiz haldeki hava malzemenin ısı yalıtım özelliğini meydana getirir. Yaklaşık 2 ila 3 günlük olgunlaşma süresi sonunda malzemenin atomları arasındaki bağlar sağlanmakta ve istenilen özelliklerde polimer bir yapıya kavuşmuş olmaktadır.



Şekil 3.11 Poliüretan köpük levha.

Esnek poliüretan yalıtım malzemeleri süngerimsi yapısı sayesinde mobilyaların üretimi esnasında sıkça kullanılmaktadır. Sert köpükler malzemeler darbelere ve ufalanmalara karşı dayanıklı olduklarından dolayı kullanım alanları çoğunlukla yalıtım malzemesi olaraktır. Poliüretan köpüğün ısı iletim katsayısı yoğunluğa göre 0,014 ile 0,036 arasında değişmektedir.

Poliüretan köpüğün birçok uygulama alanı bulunmaktadır;

- Yapıların çatı bölümlerinin yalıtımında.
- Yapıların tavan bölümlerinde
- Trapez sac malzeme üretiminde sacların arasına dolgu malzemesi olarak
- İç cephe mantolama
- Soğuk hava depoları
- OSGB ters tavan uygulaması.



3.12 Sprey poliüretan köpük uygulaması.

### 3.2.7. Fenol Köpüğü

Fenol köpüğü, Metanal maddesinin yoğunlaştırılması ile elde edilen reçine formundaki maddenin şişirilmesi ile meydana gelir. Yapısal olarak sert olmasının yanında basınç ve kırılmalara karşı dayanımı düşüktür. Sıcaklık dayanımı yüksek olduğunda dolayı yüksek sıcaklık bulunan tesisat malzemelerinin yalıtımında sıklıkla kullanılır.

Boyutsal kararlılığı düşük bir malzemedir sıcaklığın yükselmesi durumunda daralma yaşar. Isı iletim direnci yüksektir ve malzemenin yoğunluğuna göre değişebilir.

Açık gözenekli olmasından dolayı bünyesinde su tutabilen bir malzemedir bu yüzden metal yüzeylerde paslanmaya sebep verebilir. Kimyasal çözünmelere karşı dayanımı düşüktür. Bünyesinde canlı mikroorganizmalar barındırmaz.



Şekil 3.13 Fenol köpüğü yalıtım malzemeleri.

### 3.2.8. Cam Köpüğü

Atık camların eritilmesi ve soğutulması aşamalarından sonra ortaya çıkan toz formundaki cama yüksek sıcaklıktaki ortamlarda karbon eklenmesi ile köpürmesi sağlanır. Elde edilen ürün isteğe göre forma sokularak cam köpüğü yalıtım malzemesi üretilmiş olur.

Cam köpüğünün özelliklerini sıralamak gerekirse;

- Isı geçişine karşı direnci  $0,035 - 0,050 \text{ W/mK}$  değerleri arasında değişmektedir.
- Yoğunluğu ise  $100 - 200 \text{ kg/m}^3$  arasında değişmektedir. Yoğunluk değişimi sıcaklığa bağlıdır.
- Sıcaklık dayanımı  $-260$  ile  $430 \text{ }^\circ\text{C}$  arasındadır.
- Su emmeyen ve buhar geçirmeyen bir malzemedir.
- $400 - 8800 \text{ kpa}$  basınca kadar dayanıklıdır.
- Kimyasal çözünmelere karşı dayanıklıdır.
- Yanmaz bir malzemedir.
- Anti bakteriyeldir.
- Haşere ve kemirgenlere geçit vermez.



Şekil 3.14 Cam köpüğü yalıtım malzemeleri.



#### 4. MATERYAL VE METOD

Yaptığımız çalışmada Düzce şehri için yalıtım kalınlığının optimum değeri, yalıtım maliyeti, ve malzemenin kendisini amorti etme süresi hesaplarında kullanılmak için derece-zaman (derece-saat ve derece-gün) doneleri oluşturulmuştur. Hesaplamalar için gerekli olan saatlik sıcaklık dataları ( 2007-2017 yılları arası ) MGM Düzce Meteoroloji Müdürlüğü istasyonundan temin edilmiştir. Elde edilen veriler Excel ortamına aktarılarak hatalı ve eksik veri kontrolü yapılmıştır. Ortalama sıcaklık değerleri dikkate alınarak problemlili verilerin düzeltilmesi sağlandıktan sonra; Isıtma için 15 °C soğutma için ise 22 °C'lik denge sıcaklıkları için derece zaman hesaplamaları yapılmış ayrıca 11 yıl ve her yıl için 8760 saatlik sıcaklık verilerinden tablo ve grafikler çıkartılarak detaylı olarak incelenmiş analiz edilerek yorumlanmıştır.

Elde edilen derece gün değerine göre 50 kg/m<sup>3</sup> taş yünü, 16 kg/m<sup>3</sup> EPS, 20 kg/m<sup>3</sup> EPS ve 24 kg/m<sup>3</sup> XPS yalıtım malzemeleri ve tuğla, gaz beton duvar tipleri için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplandı. Hesaplama yapılırken literatürdeki hesaplama yöntemleri baz alındı. Bu yöntemler Excel ortamında işlenerek programlama yapıldı ve hesaplamalarda bu program kullanıldı. Optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılırken elde edilen verilere göre Düzce ili için en uygun yalıtım malzemesi seçildi.

Düzce ilinde sıklıkla rastlanan bir bina projesi seçilerek bu bina tuğla, gaz beton duvar yapılarına ve yalıtım malzemesi çeşidine göre 5 farklı şekilde tasarlandı. Bu binanın yalıtımsız hali, mevcut yalıtımlı hali, ve optimum yalıtımlı hali için özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplandı. Elde edilen veriler ışığında yorumlar yapılarak tavsiyelerde bulunuldu.

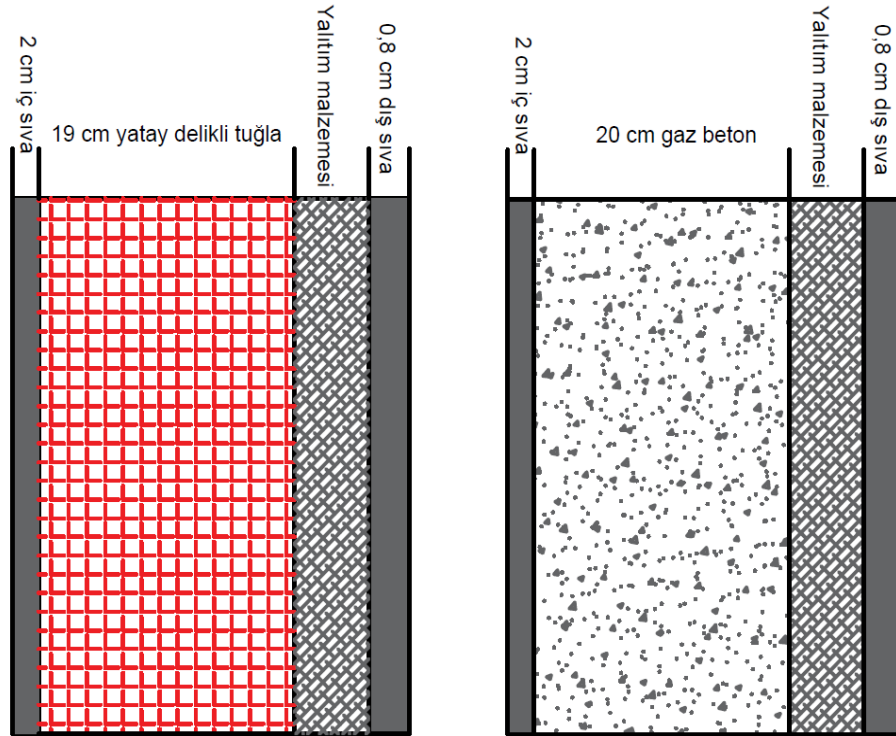
İstenilen yerler için ısıtma derece gün sayısı (HDD) ile soğutma derece gün (CDD) verilerinin hesaplanabilmesi; iklimlendirme cihazlarının optimum değerlerde seçilmesi konusunda önem arz etmektedir. Hesaplamaların yapılabilmesi gerekli olan formüller aşağıdaki denklemler ile ifade edilmiştir.

$$HDD (T_h) = \sum_1^N (T_b - T_0) \quad (\text{sadece } T_b > T_0 \text{ olan günler hesaplanır}) \quad (4.1)$$

$$CDD (T_c) = \sum_1^M (T_0 - T_c) \quad (\text{sadece } T_0 > T_c \text{ olan günler hesaplanır}) \quad (4.2)$$

Denklemlerde;  $T_0$  hesaplama yapılan şehirler için dış hava sıcaklığının ortalama değerini,  $T_b$  ısıtma dönemi için  $T_c$  ise soğutma dönemi için hesaba katılan denge sıcaklığını ifade eder.  $N$  ve  $M$  değerleri sırasıyla ısıtma dönemi için dış hava sıcaklığının denge sıcaklığından az olduğu gün sayısını, soğutma dönemi için ise dış hava sıcaklığının soğutma için belirlenen denge sıcaklığının üzerinde kaldığı gün sayısını ifade etmektedir [21].

Farklı yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı ve ısıtma enerji ihtiyacı hesabı yapılırken Düzce şartları için iki farklı duvar tipi seçilmiştir. Bu duvar tipleri Şekil 4.1’de görüldüğü gibi tuğla ve gaz beton duvarlardır.



Şekil 4.1 Hesaplamalarda kullanılan tuğla ve gaz beton duvar.

Dış hava sıcaklığının iç ortam sıcaklığından az olduğu hallerde ısı kayıpları oluşmaktadır. Aynı şekilde dış hava sıcaklığının iç ortam sıcaklığından fazla olduğu hallerde ise ısı kazancı meydana gelmektedir. İç ve dış ortam arasında meydana gelen ısı kaybı;



$$q = U \times (T_b - T_0) \quad (\text{W/m}^2) \quad (4.3)$$

formülü ile hesaplanır. Bu formülde U; toplam ısı transfer katsayısını,  $T_b$  iç sıcaklığı  $T_0$  günlük ortalama dış sıcaklığı vermektedir [22].

Bu formüldeki toplam ısı transfer katsayısının “U” yalıtımlı bir duvar için Eşitlik (4.4)’teki gibi hesaplanır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_w + R_{ins} + \frac{1}{h_0}} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (4.4)$$

Eşitlik (4.4)’teki “ $h_i$ ” iç hava ısı transfer katsayısını, “ $h_0$ ” dış hava ısı transfer katsayısını, “ $R_w$ ” duvarın toplam ısıl direncini, “ $R_{ins}$ ” ise yalıtım malzemesinin termal direncini göstermektedir.

Eşitlik (4.4)’te kullanılan “ $R_{ins}$ ” yalıtım malzemesinin termal direnci Eşitlik (4.5)’teki gibi hesaplanır.

$$R_{ins} = \frac{x}{k} \quad (4.5)$$

Bu eşitlikteki “x” yalıtım malzemesinin kalınlığını “k” ise yalıtım malzemesinin ısıl iletkenlik katsayısını göstermektedir [23].

Birim alandan kaybedilen ısı kaybı ise derece gün değerini de kullanarak Eşitlik (4.6)’daki gibi hesaplanır.

$$q_A = 86400 \times \text{HDD} \times U \quad (\text{J/m}^2 \text{ yıl}) \quad (4.6)$$

Bu eşitlikte “HDD” derece gün değerini temsil etmektedir. Yıllık enerji gereksinimi de birim alandan kaybedilen ısıya sistemin ısıtma verimine bölünmesi ile elde edilmektedir [22].

$$E_A = \frac{86400 \times \text{HDD} \times U}{\eta} \quad (\text{J/m}^2 \text{ yıl}) \quad (4.7)$$

Yapının ısıtılması için gerekli olan yakıtın yıllık maliyeti Eşitlik (4.8)'de verilmiştir. Buna göre yıllık ısıtma maliyeti, yıllık ısıtma enerji gereksiniminin yakıtın m<sup>3</sup> olarak birim maliyeti ile çarpılıp yakıtın alt ısıl değerine bölünmesi ile bulunmaktadır [22]

$$C_A = \frac{86400 \times HDD \times C_f \times U}{\eta \times LHV} \quad (\text{TL/m}^2 \text{ yıl}) \quad (4.8)$$

Bu eşitlikte “ C<sub>f</sub>” yakıtın maliyetini LHV ise yakıtın alt ısıl değerini göstermektedir.

Yapıların ısıtma maliyetlerinin toplam değeri belli zaman aralıklarını kapsadığından dolayı günümüz değer faktörü (PWF) değerini bu maliyeti etkileyen faktörlerdendir. Günümüz değer faktörü hesaplanırken gerçek enflasyon oranı ( r ), faiz oranı ( i ) ve enflasyon oranı ( g ) hesaba katılmaktadır. Eşitlik (4.9), (4.10) ve (4.11)'de günümüz değer faktörünün hesaplanma yöntemi gösterilmektedir [22].

Eğer  $i > g$  ise;

$$r = \frac{i - g}{i + g} \quad (4.9)$$

Eğer  $i < g$  ise;

$$r = \frac{g - i}{1 + i} \quad (4.10)$$

$$PWF = \frac{(1 + r)^N - 1}{r \cdot (1 + r)^N} \quad (4.11)$$

Yaptığımız çalışmadaki enflasyon oranı ve faiz oranı değerleri [38]' ya göre alınmıştır. Eşitlikteki “ N ” değeri yalıtım malzemesinin kullanım ömrünü vermektedir.

Yalıtım malzemesinin metrekaresinin işçilik dahil maliyeti ise Eşitlik (4.12)'de verilmiştir.

$$C_{ins} = C_1 \times x \quad (\text{TL/m}^2) \quad (4.12)$$

Verilen eşitlikte  $C_1$ ; yalıtım malzemesinin fiyatını  $\text{₺}/\text{m}^3$  olarak ifade etmektedir.  $X$  ise yalıtım malzemesinin kalınlığını “m” cinsinden ifade etmektedir. Yalıtım malzemesinin maliyetinin eklenmesiyle yıllık ısıtma maliyeti Eşitlik (4.13)’teki halini almaktadır [22].

$$C_t = \frac{86400 \times HDD \times C_f \times PWF \times U}{\eta \times LHV} + C_1 \times x \quad (\text{TL}/\text{m}^2 \text{ yıl}) \quad (4.13)$$

Optimum yalıtım kalınlığı ise yıllık ısıtma maliyetinin yalıtım kalınlığına göre türevi alınarak sıfıra eşitlenmesiyle elde edilmektedir. Eşitlik (4.14)’de optimum yalıtım kalınlığı ile ilgili formül verilmiştir [25].

$$X_{opt} = \left( \frac{86400 \times HDD \times C_f \times PWF \times k}{C_1 \times \eta \times LHV} \right)^{1/2} - k \times R_{tw} \quad (\text{m}) \quad (4.14)$$

Yalıtım yapıldığından dolayı enerjiden yapılan tasarruf miktarı, yalıtım malzemesinin ömrü de dikkate alınarak Eşitlik (4.15)’de verilmiştir [26].

$$ES = C_{to} - C_{t_{ins}} \quad (\text{TL}) \quad (4.15)$$

Eşitlikteki “ $C_{to}$ ” binanın yalıtımsız haldeki toplam ısıtma maliyetini, “ $C_{t_{ins}}$ ” ise binanın yalıtımlı haldeki toplama ısıtma maliyetini ifade etmektedir [40].

Yapılan izolasyon maliyetinin geri ödeme süresi Eşitlik (4.16)’daki gibi hesaplanmaktadır [25].

$$\text{GeriÖdemeSüresi} = \frac{C_{ins}}{ES} \quad (\text{yıl}) \quad (4.16)$$

Tek hacimli yapılar için yıllık ısıtma enerji ihtiyacı hesabı Eşitlik (4.17)’de verilmiştir [27].

$$Q_{yu} = \sum Q_{ay} \quad (\text{joule}) \quad (4.17)$$

Yapılar için aylık ısıtma enerji ihtiyacı ise Eşitlik (4.18)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \times t \text{ (joule)} \quad (4.18)$$

Burada;

$Q_{yl}$ ; ısıtma enerji ihtiyacını yıllık olarak,  $Q_{ay}$ ; ısıtma enerji ihtiyacını aylık olarak,  $H$ ; yapının özgül ısı kaybını,  $\theta_i$ ; iç ortam sıcaklığının bir aylık ortalamasını,  $\theta_e$ ; dış ortam sıcaklığının bir aylık ortalamasını,  $\eta_{ay}$ ; kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörünü,  $\phi_{i,ay}$ ; iç sıcaklık kazançlarının aylık ortalamasını,  $\phi_{s,ay}$ ; güneş enerjisi kazancının aylık ortalamasını ve  $t$ ; zamanı ifade etmektedir [41].

Eşitlik (4.18)'deki binanın özgül ısı kaybı  $H$ ; Eşitlik (4.19)'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$H = H_T + H_V \text{ (W/K)} \quad (4.19)$$

Burada;  $H_T$ ; gerçekleşen ısı kayıplarından iletim ve taşınım ile ısı kayıplarını,  $H_V$  ise havalandırmadan kaynaklanan ısı kayıplarını temsil etmektedir.

$$H_T = \sum AU + IU_I \text{ (W/K)} \quad (4.20)$$

$$\sum AU = A_D U_D + A_p U_p + A_k U_k + 0,8 A_T U_T + 0,5 A_t U_t + A_d U_d + 0,5 A_{ds} U_{ds} \quad (4.21)$$

$A_D, A_p, A_k, A_T, A_t, A_d$  ve  $A_{ds}$  sırasıyla dış duvar alanını, pencere alanını, dış kapının alanını, tavan alanını, taban alanını, dış hava ile temasta olan taban alanını ve düşük sıcaklıklarda iç ortam ile temasta bulunan yapı elemanlarının alanını vermektedir.

$U_D, U_p, U_k, U_T, U_t, U_d$  ve  $U_{ds}$  ise sırasıyla dış duvarın toplam ısı transfer katsayısını, pencerenin toplam ısı transfer katsayısını, dış kapının toplam ısı transfer katsayısını, tavanın toplam ısı transfer katsayısını, tabanın toplam ısı transfer katsayısını, dış hava ile temasta olan tabanın toplam ısı transfer katsayısını ve düşük sıcaklıklarda iç ortam ile temasta olan yapı elemanlarının toplam ısı transfer katsayısını göstermektedir.

$I$ ; ısı köprüsü uzunluğu,  $U_I$  ise ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini ifade etmektedir. Yaptığımız çalışmada doğrudan ısı geçirgenlik katsayısı  $0,1 \text{ W/mK}$ 'den küçük olduğu için ısı köprüsünün olmadığı kabul edilmiş ve bu değerler ihmal edilmiştir [27].

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı Eşitlik (4.22)'de belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada örnek aldığımız yapılar doğal olarak havalandırılmaktadır.

$$H_v = p \times c \times V' = p \times c \times n_h \times V_h = 0,33 \times n_h \times V_h \quad (4.22)$$

Burada; p; birim hacimdeki havanın kütesini, c; havanın özgül ısısını, V'; hava değişim debisini hacim olarak, n<sub>h</sub>; hava değişim oranını, V<sub>h</sub>; havalandırılan yerin hacmini ifade etmektedir. Ayrıca V<sub>h</sub>; brüt hacmin 0,8 ile çarpılması ile bulunur [27].

Pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımı ısı kazancı sağlamaktadır. Aylık ortalama güneş enerji kazancı olarak ifade edilen bu ısı kazancı Eşitlik (4.23)'teki gibi hesaplanır.

$$\phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (4.23)$$

r<sub>i,ay</sub>; 'i' yönünde geçirgen yüzeyler için gölgelenme faktörünün aylık ortalamasını ve g<sub>i,ay</sub>; 'i' yönündeki geçirgen yüzeylerin güneş enerjisi geçirgenlik faktörünü göstermektedir. I<sub>i,ay</sub>; 'i' yönünde yüzeylere dik açıyla ulaşan güneş radyasyon şiddetinin aylık ortalamasını ve A<sub>i</sub>; de 'i' yönündeki pencere alanının toplamını vermektedir.

Burada r<sub>i,ay</sub> değeri Çizelge 4.1'den alınmaktadır [27].

Çizelge 4.1 Geçirgen yüzeylerin gölgelenme faktörünün aylık ortalama değerleri.

	r <sub>i,ay</sub>
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3kata 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

Güneş enerjisi geçirme faktörü g<sub>i,ay</sub> Eşitlik (4.24)'teki gibi hesaplanır.

$$g_{i,ay} = F_w \times g_{\perp} \quad (4.24)$$

Burada; F<sub>w</sub>; camlar için düzeltme faktörüdür ve 0,8 olarak alınır. g<sub>⊥</sub> ise güneş enerjisi geçirme faktörüdür bu değer laboratuvar ortamlarında ölçülür ve yüzeye dik gelen ışın için değerlendirilir. Çizelge 4.2'den alınır [27].

Çizelge 4.2 Yüzeyle dik gelen güneş ışınları için laboratuvar ortamlarında ölçülen güneş enerjisi geçirme faktörü.

<b>Cam Türü</b>	<b>gL</b>
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
Isıl geçirgenlik katsayısı 2w/m <sup>2</sup> K'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,5

$L_{i,ay}$  değeri EK 8'den alınacaktır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü Eşitlik (4.25)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır [27].

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (4.25)$$

Burada  $KKO_{ay}$  kazanç/kayıp oranı olup Eşitlik (4.26)'da verildiği gibi hesaplanır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \quad (4.26)$$

$\theta_{i,ay}$  ; aylık ortalama iç ortam sıcaklığıdır. Ek 5'den alınmaktadır.

$\theta_{e,ay}$  ; aylık ortalama dış hava sıcaklığı Ek 6'dan alınmaktadır.

$\phi_{s,ay}$  ; Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı Eşitlik (4.27) ve (4.28)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$\phi_{i,ay}$  ; Aylık iç kazançlar aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda} \quad \phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \quad (4.27)$$

$$\text{Yüksek iç enerji kazançlı binalarda} \quad \phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n \quad (4.28)$$

$A_n$  ; m<sup>2</sup> olarak bina kullanım alanını,  $V_{brüt}$  ise binanın ısıtılan brüt hacmini m<sup>3</sup> cinsinden ifade etmektedir.

$$A_n = 0,32 \times V_{brüt} \quad (4.29)$$

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1. DERECE ZAMAN YÖNTEMİ ve SICAKLIK ANALİZİ

Yapıların tükettiği enerjinin hesaplanması, daha verimli yapılar imal edilmesi gibi değerlendirmeleri yapabilmek için sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de derece-zaman yöntemidir. Günümüze kadar bu değerlendirmeleri yapabilmek için çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir ancak derece gün yöntemi hala kullanılmakta ve geçerliliğini korumaktadır [28].

Hesaplanan derece gün değerleri kullanılarak yapının ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacı kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamayı yapabilmek için yapının denge noktası sıcaklığı bilinmelidir. Eğer bir yapı iç ortam sıcaklığı bakımından ısıtma veya soğutma gerektirmiyorsa denge noktası sıcaklığındadır [30]

MGM'den alınan verilere göre Düzce ili için uzun yıllar aylık sıcaklık ortalaması verileri hazırlanmıştır. Çizelge 5.1'deki verilere göre en yüksek aylık ortalama sıcaklık 22,6 °C ile Temmuz ayında en düşük aylık ortalama sıcaklık ise 3,8 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yıl boyunca sıcaklık ortalaması ise 13,3 °C olmuştur.

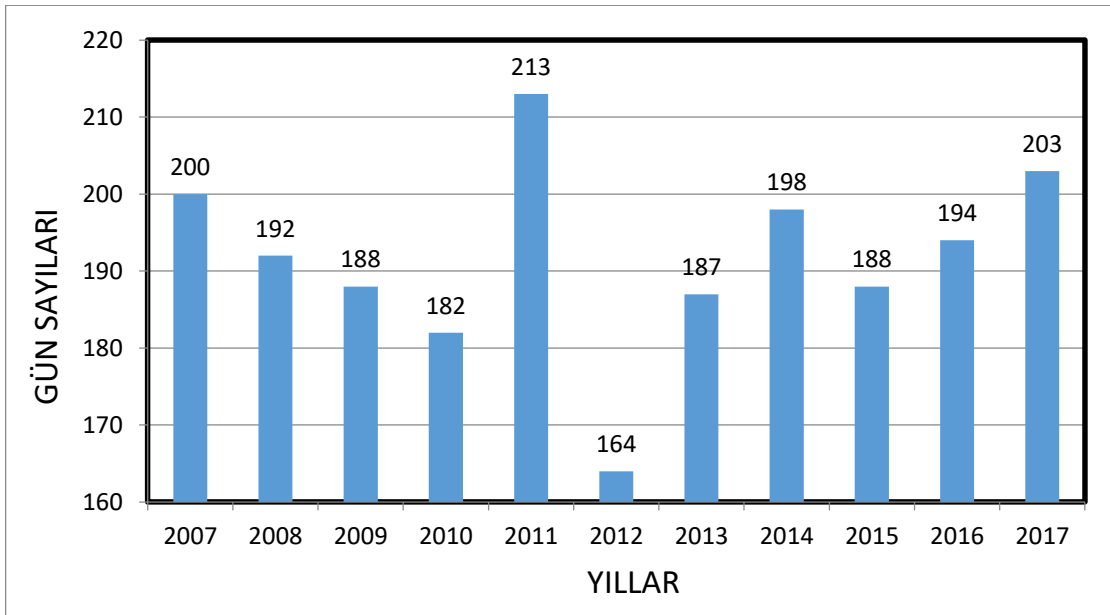
Çizelge 5.1 Düzce ili için uzun yıllar aylık sıcaklık ortalaması.

AYLAR	ORTALAMA SICAKLIK °C
OCAK	3,8
ŞUBAT	5,3
MART	7,8
NİSAN	12,3
MAYIS	16,7
HAZİRAN	20,6
TEMMUZ	22,6
AĞUSTOS	22,4
EYLÜL	18,8
EKİM	14,3
KASIM	9,6
ARALIK	5,8
YILLIK	13,3

Yaptığımız çalışmada ısıtma için dış hava sıcaklığının 15 °C'den küçük ve eşit olduğu sıcaklıkları, soğutma derece saat için ise 22 °C'den büyük ve eşit olduğu sıcaklıkları referans aldık. Isıtma derece zaman hesabı yaptığımız aylar Ocak-Şubat-Mart-Nisan-Ekim-Kasım-Aralık soğutma derece zaman hesabı yaptığımız aylar ise Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos ve Eylül aylarıdır.

### 5.1.1. Isıtma Derece Zaman Hesaplamaları İçin Analiz ve Değerlendirme

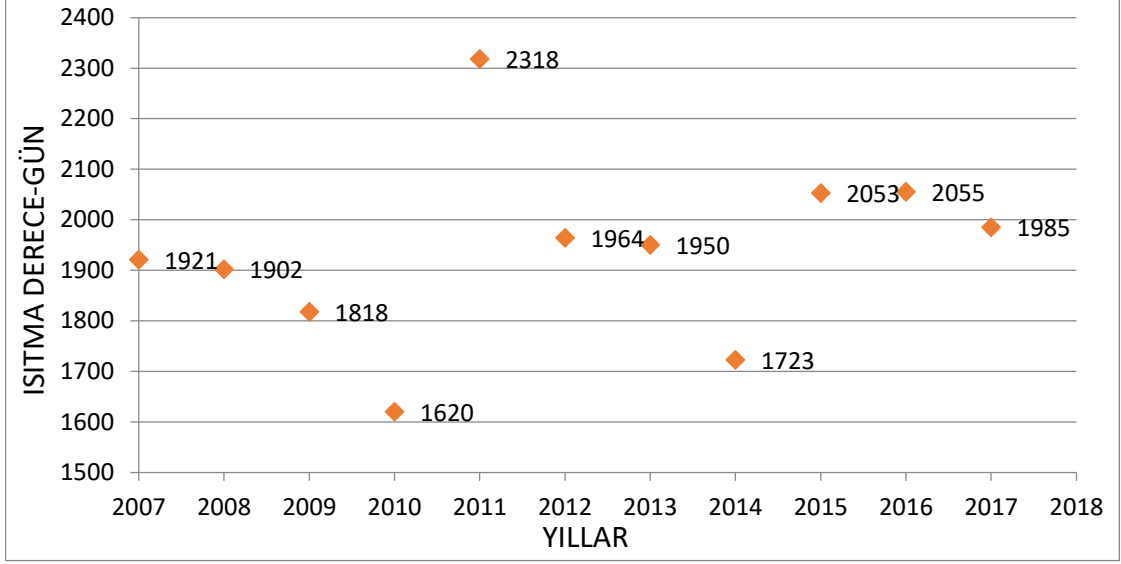
Düzce ili 11 yıllık sıcaklık verilerine göre ortalama sıcaklığı 15 °C'nin altında kalan gün sayıları hesaplanarak grafik halinde Şekil 5.1'de verilmiştir. 15 °C'nin altında kalan yani ısıtma ihtiyacı olan gün sayısı en az 164 gün ile 2012 yılında en fazla 213 gün ile 2011 yılında gerçekleşmiştir. Ortalama ısıtma ihtiyacı bulunan gün sayısı ise 192 gündür.



Şekil 5.1 Yıllara Göre Ortalama Sıcaklığı 15 °C'nin altında kalan günler.

15 °C denge sıcaklığı için ısıtma derece gün değerleri hesaplanmış ve Şekil 5.2'de verilmiştir. En fazla ısıtma derece gün değeri 2318 ile 2011 yılında en az ısıtma derece gün değeri ise 1620 ile 2010 yılında gerçekleşmiştir. Ayrıca ortalama yıllık 1938 ısıtma derece gün değeri bulunmuştur.





Şekil 5.2 15 °C için ısıtma derece gün değerleri.

Derece gün hesabından sonra mukayese için derece saat hesabı yapılmıştır. 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları Çizelge 5.2’de verilmiştir. 11 yıllık verilere baktığımızda:

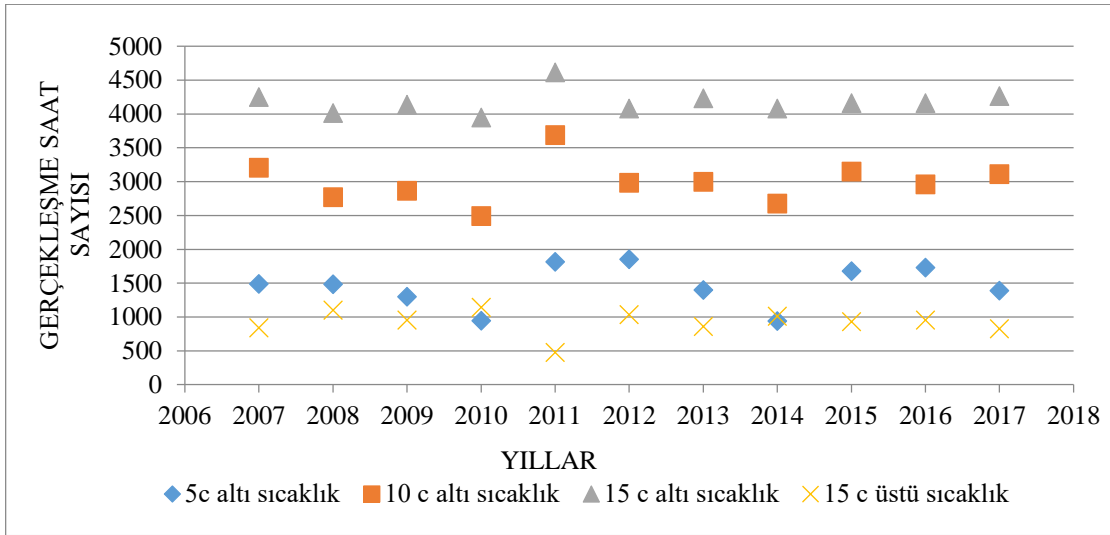
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 5 °C altında bulunma sayıları 448-13 değerleri içindedir. Ortalaması ise 122’dir.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 10 °C altında bulunma sayıları 639-121 değerleri içindedir. Ortalaması ise 249’dur.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 15 °C altında bulunma sayıları 714-407 değerleri içindedir. Ortalaması ise 348’dir.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 15 °C üstünde bulunma sayıları 337-30 değerleri içindedir. Ortalaması ise 77’dir.

Çizelge 5.2 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları.

AYLAR	REFERANS SICAKLIKLAR	YILLAR										
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
OCAK	5 °C altı sıcaklık	413	598	417	346	393	537	363	293	524	530	506
	10 °C altı sıcaklık	609	714	600	594	700	683	571	584	648	640	685
	15 °C altı sıcaklık	703	740	692	682	740	739	707	715	708	695	737
	15 °C ve üstü sıcaklık	41	4	52	62	4	5	37	29	36	49	7
ŞUBAT	5 °C altı sıcaklık	257	448	286	154	329	532	171	216	308	169	325
	10 °C altı sıcaklık	529	618	494	382	591	663	464	485	507	407	535
	15 °C altı sıcaklık	628	665	640	573	649	692	590	603	594	608	620
	15 °C ve üstü sıcaklık	44	31	32	99	23	4	82	69	78	88	52
MART	5 °C altı sıcaklık	128	45	248	144	292	411	156	116	155	117	128
	10 °C altı sıcaklık	504	364	547	510	503	608	369	448	535	442	484
	15 °C altı sıcaklık	647	566	651	677	649	677	559	611	681	587	626
	15 °C ve üstü sıcaklık	97	178	93	67	95	67	185	133	63	157	118
NİSAN	5 °C altı sıcaklık	91	1	28	21	30	22	1	25	155	19	62
	10 °C altı sıcaklık	372	118	301	215	420	155	242	180	384	152	340
	15 °C altı sıcaklık	592	382	555	516	631	388	487	463	555	424	521
	15 °C ve üstü sıcaklık	128	338	165	204	89	332	233	257	165	296	199
EKİM	5 °C altı sıcaklık	0	0	0	10	48	0	43	15	7	13	3
	10 °C altı sıcaklık	125	59	28	121	250	29	298	62	67	116	177
	15 °C altı sıcaklık	339	402	290	449	537	284	547	348	308	478	499
	15 °C ve üstü sıcaklık	405	342	454	295	207	460	197	396	436	266	245
KASIM	5 °C altı sıcaklık	148	52	123	34	350	45	72	72	62	217	94
	10 °C altı sıcaklık	423	308	387	178	643	256	319	411	294	463	397
	15 °C altı sıcaklık	634	577	636	436	718	603	596	640	570	623	625
	15 °C ve üstü sıcaklık	86	143	84	284	2	117	124	80	150	97	95
ARALIK	5 °C altı sıcaklık	448	338	195	234	370	302	592	200	467	662	268
	10 °C altı sıcaklık	642	586	504	490	581	588	731	503	711	737	491
	15 °C altı sıcaklık	707	680	672	613	690	694	744	699	744	744	636
	15 °C ve üstü sıcaklık	37	64	72	131	54	50	0	45	0	0	108

Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam gerçekleşme saat sayıları Şekil 5.3'te verilmiştir. Buna göre;

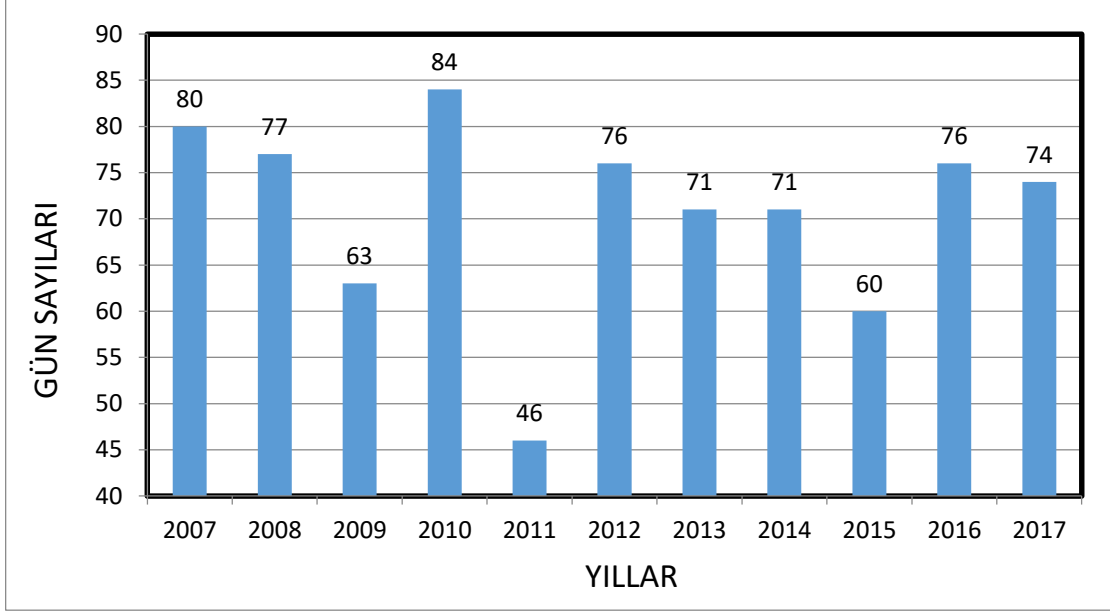
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 5 °C altında bulunma sayısı en fazla 1849'dur. Ortalaması ise 1454'dür.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 10 °C altında bulunma sayısı en fazla 3688'dir. Ortalaması ise 2989'dur.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 15 °C altında bulunma sayısı en fazla 4614'dür. Ortalaması ise 4176'dır.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 15 °C üstünde bulunma sayısı en fazla 1142'dir. Ortalaması ise 920'dir.



Şekil 5.3 Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam gerçekleşme saat sayıları.

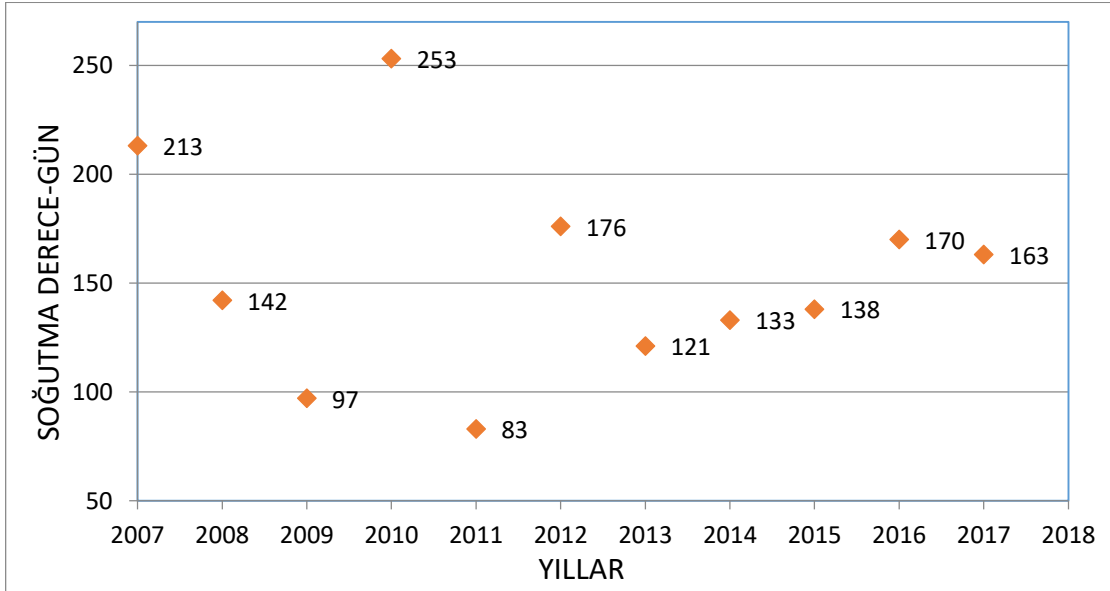
### 5.1.2. Soğutma Derece Zaman Hesaplamaları İçin Analiz ve Değerlendirme

Düzce ili 11 yıllık sıcaklık verilerine göre ortalama sıcaklığı 22 °C'nin üstünde kalan gün sayıları hesaplanarak grafik halinde Şekil 5.4'te verilmiştir. 22 °C'nin üstünde kalan yani soğutma ihtiyacı olan gün sayısı en az 46 gün ile 2011 yılında en fazla 84 gün ile 2010 yılında gerçekleşmiştir. Ortalama soğutma ihtiyacı bulunan gün sayısı ise 71 gündür.



Şekil 5.4 Yıllara Göre Ortalama Sıcaklığı 22 °C'nin üstünde kalan günler.

22 °C denge sıcaklığı için soğutma derece gün değerleri hesaplanmış ve Şekil 5.5'te verilmiştir. En fazla soğutma derece gün değeri 253 ile 2010 yılında en az soğutma derece gün değeri ise 83 ile 2011 yılında gerçekleşmiştir. Ayrıca ortalama yıllık 154 soğutma derece gün değeri elde edilmiştir.



Şekil 5.5 22 °C için soğutma derece gün değerleri.

Derece gün hesabından sonra mukayese için derece saat hesabı yapılmıştır. 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları Çizelge 5.3'te verilmiştir. 11 yıllık verilere baktığımızda:

- Referans alınan aylar için sıcaklığın 22 °C üstünde bulunma sayıları 451-146 değerleri içindedir. Ortalaması ise 311'dir.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 27 °C üstünde bulunma sayıları 191-39 değerleri içindedir. Ortalaması ise 118'dir.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 32 °C üstünde bulunma sayıları 29-3 değerleri içindedir. Ortalaması ise 17'dir.

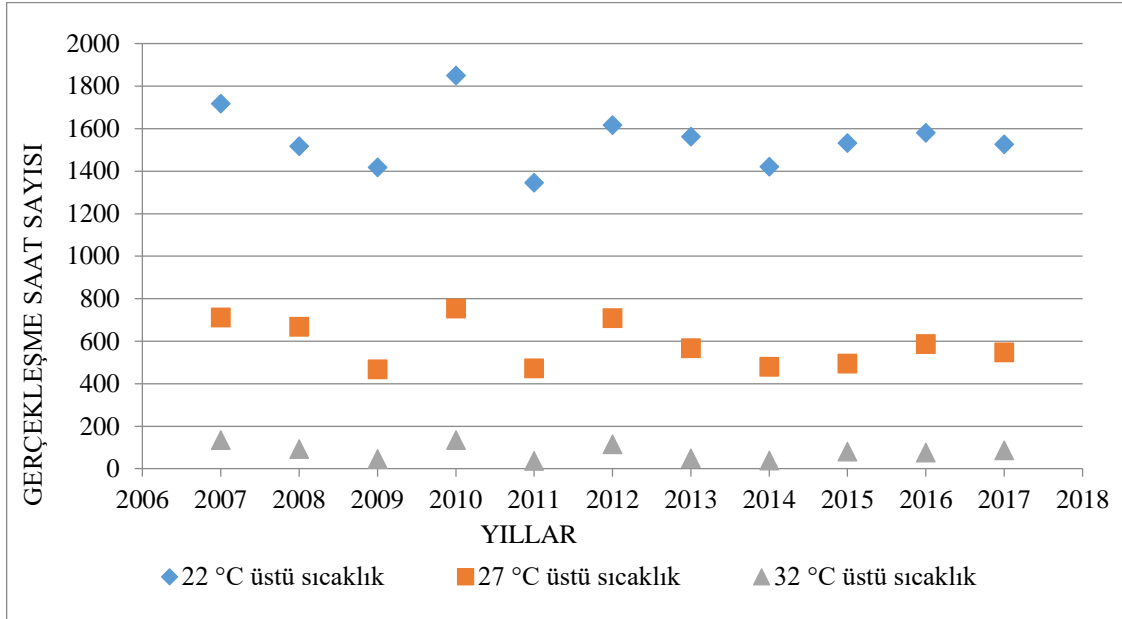
Çizelge 5.3 3 farklı denge sıcaklığı için aylık ve yıllık görülme saat sayıları.

AYLAR	REFERANS SICAKLIKLAR	YILLAR										
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MAYIS	22 °C üstü sıcaklık	191	136	138	201	102	126	243	137	149	102	80
	27 °C üstü sıcaklık	56	36	34	63	15	19	81	30	44	33	11
	32 °C üstü sıcaklık	5	4	3	0	0	0	14	0	0	0	2
HAZİRAN	22 °C üstü sıcaklık	346	319	336	290	229	338	338	238	181	350	294
	27 °C üstü sıcaklık	155	129	143	91	46	172	111	76	12	151	108
	32 °C üstü sıcaklık	37	10	21	9	6	20	10	5	0	25	12
TEMMUZ	22 °C üstü sıcaklık	460	397	424	525	460	506	383	420	394	424	446
	27 °C üstü sıcaklık	213	195	158	220	228	249	142	166	137	160	162
	32 °C üstü sıcaklık	49	22	14	23	30	48	6	14	32	14	37
AĞUSTOS	22 °C üstü sıcaklık	469	477	355	610	339	391	426	438	493	501	462
	27 °C üstü sıcaklık	211	235	108	321	112	184	197	170	203	186	164
	32 °C üstü sıcaklık	33	46	5	103	0	40	16	19	14	30	11
EYLÜL	22 °C üstü sıcaklık	252	188	164	224	215	255	172	188	315	204	244
	27 °C üstü sıcaklık	76	73	24	58	71	85	36	38	99	56	102
	32 °C üstü sıcaklık	10	10	3	0	1	7	3	0	34	7	24

Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam görülme saat sayıları Şekil 5.6'da verilmiştir. Buna göre;

- Referans alınan aylar için sıcaklığın 22 °C üstünde bulunma sayısı en fazla 1850'dir. Ortalaması ise 1554'tür.
- Referans alınan aylar için sıcaklığın 27 °C üstünde bulunma sayısı en fazla 753'tür. Ortalaması ise 587'dir.

- Referans alınan aylar için sıcaklığın 32 °C üstünde bulunma sayısı en fazla 135'dir. Ortalaması ise 81'dir.



Şekil 5.6 Farklı denge sıcaklıkları için yıllık toplam görülme saat sayıları.

Düzce şehri için en uygun yalıtım kalınlığı, yalıtım maliyeti ve yalıtım yatırımının kendini amorti etme süresi hesaplarında kullanılmak amacıyla derece-zaman verileri çıkartılmıştır. Çalışma için gerekli olan sıcaklık değerleri ( 2007-2017 yılları arası ) MGM Düzce Meteoroloji Müdürlüğü istasyonundan temin edilmiştir. Elde edilen veriler excel ortamına aktarılarak hatalı ve eksik veri kontrolü yapılmıştır. Ortalama sıcaklık değerleri dikkate alınarak problemleri verilerin düzeltilmesi sağlandıktan sonra; Isıtma için 15 °C soğutma için ise 22 °C'lik referans sıcaklıkları baz alınarak derece zaman hesaplamaları yapılmış ayrıca 11 yıl ve her yıl için 8760 saatlik sıcaklık verilerinden tablo ve grafikler çıkartılarak detaylı olarak incelenmiş analiz edilerek yorumlanmıştır.

- Referans sıcaklığının 15 °C olduğu durumda bir yılda ortalama ısıtma için gerekli olan gün sayısının 192 olduğu, ısıtma derece saat değerinin ise bir yıl için ortalama 4176 olduğu bulunmuştur.
- Referans sıcaklığının 22 °C olduğu durumda bir yılda ortalama soğutma için gerekli olan gün sayısının 71 olduğu, soğutma derece saat değerinin ise bir yıl için ortalama 1554 olduğu bulunmuştur.

Isıtma derece gün değerinin ortalaması 1938 bulunmuştur. Bu değer çalışmada optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım maliyeti ve geri ödeme süreleri hesaplanırken kullanılacaktır.

## 5.2. FARKLI YALITIM MALZEMELERİ VE DUVAR TİPLERİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI, TASARRUF VE GERİ ÖDEME SÜRESİ HESABI İLE ANALİZLERİ

Düzce ilinde 20x20 yatay delikli tuğla ve gaz beton duvar yapıları için, her bir duvara 4 farklı yalıtım malzemesi uygulayarak oluşturulan 8 farklı kompozit duvar için izolasyon malzemesi, duvar malzemesi, iç ve dış sıva ile ilgili veriler Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Düzce ili 8 farklı kompozit duvar tipi için yapı malzemesi bilgileri.

Kompozit Duvar	İzolasyon Malzemesi			Duvar Malzemesi		Sıva	
	Tip	Tip	İzolasyon Kalınlığı (m)	k (W/mK)	Tip	Kalınlık (m)	İç sıva kalınlığı (m)
1	Taş Yünü 50 kg/m <sup>3</sup>	0,04	0,04	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,02	0,008
2	EPS 16 kg/m <sup>3</sup>	0,04	0,039	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,02	0,008
3	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	0,04	0,035	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,02	0,008
4	XPS 24 kg/m <sup>3</sup>	0,04	0,032	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,02	0,008
5	Taş Yünü 50 kg/m <sup>3</sup>	izolasyon yok		Gaz Beton	0,2	0,02	0,008
6	EPS 16 kg/m <sup>3</sup>	izolasyon yok		Gaz Beton	0,2	0,02	0,008
7	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	izolasyon yok		Gaz Beton	0,2	0,02	0,008
8	XPS 24 kg/m <sup>3</sup>	izolasyon yok		Gaz Beton	0,2	0,02	0,008

Düzce ilinde yapılan binaları incelediğimizde tuğla ve gaz beton olmak üzere iki tip duvara rastlanmaktadır. Tuğla duvar üzerine farklı yalıtım malzemeleri kullanılmış ancak tüm yalıtım malzemelerinde 4cm yalıtım kalınlığı tercih edilmiş. Binaların birçoğunda Neopor dediğimiz şişirilebilen ve genişletilebilen polistiren (EPS) granüller şeklindeki siyah boncuk yapılı yalıtım malzemesi kullanılmakla birlikte bazı bina tiplerinde taş yünü ya da XPS yalıtım malzemelerinin de kullanıldığı görülmektedir. Gaz beton duvar yapısına sahip binalarda ise yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Düzce ilindeki bina yapılarını örneklemek amacıyla tuğla ve gaz beton duvarlara 4 farklı yalıtım malzemesinin uygulandığı 8 tip kompozit duvar seçilmiştir.

Çizelge 5.5’de 8 farklı kompozit duvar tipi verilmiştir. Bu kompozit duvar tipleri seçilirken Düzce ilinde daha önce yapılan bina tiplerini örneklenmeye çalışılmıştır. Düzce ilinde daha önce binalar inşa edilirken optimum izolasyon kalınlığı hesabı yapılmadığı için standart olarak 4 cm yalıtım malzemesi kullanılmış. Yapılan çalışmada 8 farklı kompozit duvar tipi için yıllık ısıtma maliyeti, izolasyon maliyeti, geri ödeme süresi ve enerji tasarruf yüzdesi dikkate alınarak optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Hesaplama ile ilgili formüllerin Excel programına işlenmesi ve 8 kompozit duvar tipi için verilerin yazılması ile yapılan hesaplamalar Çizelge 5.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.5 8 farklı kompozit tipi için yapılan hesaplamaların sonuçları.

Kompozit Duvar Tipi	İzolasyon Malzemesi	Ortalama HDD (°C/Gün)	Yıllık Isıtma Maliyeti (tl/m <sup>2</sup> )	Tasarruf Miktarı (%)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Optimum İzolasyon Kalınlığı (m)	İzolasyon Maliyeti (tl/m <sup>2</sup> )	Düşük izolasyon kalınlığından ötürü enerji kaybı (%)
1	Taş Yünü 50 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,63	68,73	4,34	0,0429	34,637	1,3
2	EPS 16 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,326	71,35	4,045	0,0483	33,52	3,45
3	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,28	71,74	3,99	0,0443	33,31	1,84
4	XPS 24 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,354	71,11	4,067	0,0392	33,587	yok
5	Taş Yünü 50 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,635	43,01	5,444	0,0185	14,937	43,01
6	EPS 16 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,326	47,85	5,593	0,0247	17,072	47,85
7	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,28	48,54	5,586	0,023	17,296	48,54
8	XPS 24 kg/m <sup>3</sup>	1938	3,351	47,45	5,59	0,0197	16,922	47,45

1 tip kompozit duvarda termal iletkenlik katsayısı 0,04 W/mK ve yoğunluğu 50 kg/m<sup>3</sup> olan taş yünü yalıtım malzemesi 4 cm olarak kullanılmıştır. Taş yünü yalıtım malzemesinin ömrü 15 yıl olarak alındığında bu kompozit duvar için optimum izolasyon kalınlığı 4,29 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,63 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %68,73 geri ödeme süresi 4,34 yıl ve izolasyon maliyeti 34,637 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. 1. tip kompozit duvar için optimum izolasyon kalınlığı 4,29 cm olarak hesaplandığından dolayı düşük izolasyon kalınlığından dolayı enerji kaybı % 1,3 olarak bulunmuştur.



1 tip kompozit duvar için hesaplaması yapılan taş yünü 5. Tip kompozit duvar için hesaba katıldığında ise optimum izolasyon kalınlığı 1,85 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,635 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %43,01 geri ödeme süresi 5,444 yıl ve izolasyon maliyeti 14,937 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Gaz beton duvar olarak tasarlanan 5. tip kompozit duvarda yalıtım yapılmadığından ve optimum izolasyon kalınlığı 1,85 cm olarak hesaplandığından dolayı düşük izolasyon kalınlığından dolayı enerji kaybı %43,01 gibi büyük bir rakam çıkmıştır.

2. tip kompozit duvarda termal iletkenlik katsayısı 0,039 W/mK ve yoğunluğu 16 kg/m<sup>3</sup> olan EPS yalıtım malzemesi 4 cm olarak kullanılmıştı. Bu kompozit duvar için optimum izolasyon kalınlığı 4,83 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,326 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %71,35 geri ödeme süresi 4,045 yıl ve izolasyon maliyeti 33,52 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Ancak bu kompozit duvarda yalıtım kalınlığının 4 cm olması ve 2. Tip kompozit duvar için yapılan hesaplamalarda optimum yalıtım kalınlığının 4,83 cm olarak bulunması düşük izolasyon kalınlığından ötürü %3,45 enerji kaybına yol açmaktadır.

6. tip kompozit duvar için yapılan hesaplamada ise optimum izolasyon kalınlığı 2,47 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,326 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %47,85 geri ödeme süresi 5,593 yıl ve izolasyon maliyeti 17,072 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Optimum izolasyon kalınlığı ve izolasyon maliyeti düşmesine rağmen yıllık ısıtma maliyeti değişmemiştir. Buna rağmen geri ödeme süresi 4,045 yıldan 5,593 yıla çıkmıştır.

3. tip kompozit duvarda termal iletkenlik katsayısı 0,035 W/mK ve yoğunluğu 20 kg/m<sup>3</sup> olan EPS yalıtım malzemesi 4 cm olarak kullanılmıştı. Bu kompozit duvar için optimum izolasyon kalınlığı 4,43 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,28 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %71,74 geri ödeme süresi 3,99 yıl ve izolasyon maliyeti 33,31 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Ancak bu kompozit duvarda yalıtım kalınlığının 4 cm olması ve 3. Tip kompozit duvar için yapılan hesaplamalarda optimum yalıtım kalınlığının 4,83 cm olarak bulunması düşük izolasyon kalınlığından ötürü %1,84 enerji kaybına yol açmaktadır.

7. tip kompozit duvar için yapılan hesaplamada ise optimum izolasyon kalınlığı 2,3 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,28 TL/m<sup>2</sup> tasarruf miktarı %48,54 geri ödeme süresi 5,586 yıl ve izolasyon maliyeti 17,296 TL/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. İki kompozit duvar incelendiğinde 7. tip kompozit duvar için yapılan hesaplamada 3. tip kompozit duvara göre optimum izolasyon kalınlığı, izolasyon maliyeti ve tasarruf miktarı azalmasına rağmen yıllık ısıtma maliyeti değişmemiş ancak geri ödeme süresi 3,99 yıldan 5,586 yıla çıkmıştır.

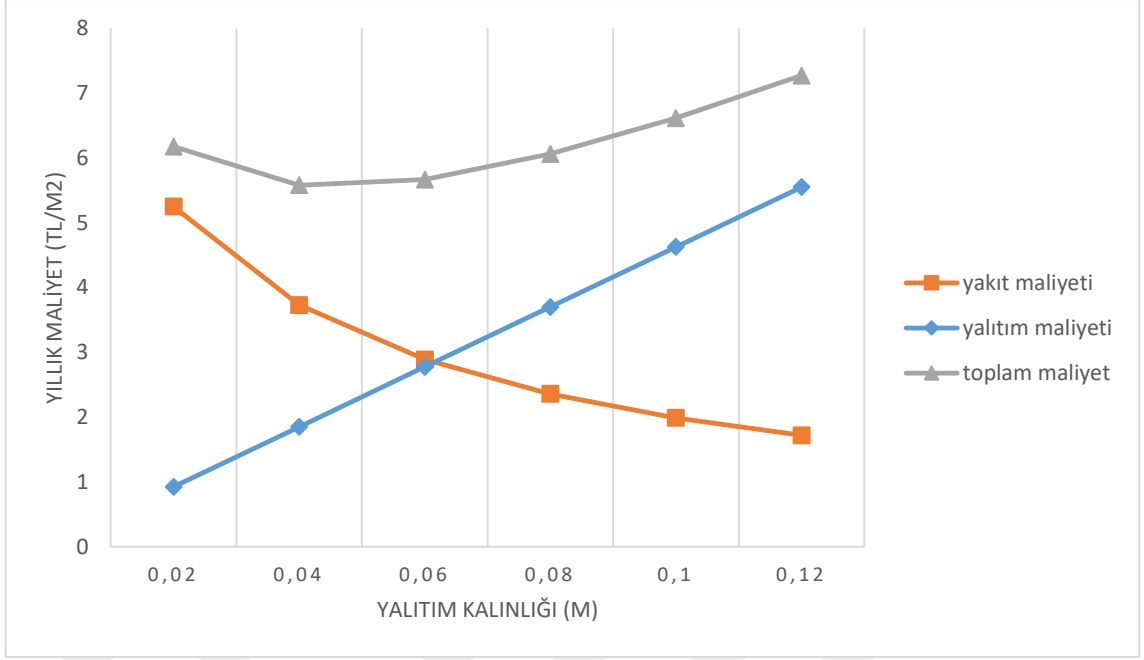
4. tip kompozit duvarda termal iletkenlik katsayısı 0,032 W/mK ve yoğunluğu 24 kg/m<sup>3</sup>

olan XPS yalıtım malzemesi 4 cm olarak kullanılmıştı. Bu kompozit duvar için optimum izolasyon kalınlığı 3,972 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,354 t $\text{l}/\text{m}^2$  tasarruf miktarı %71,11 geri ödeme süresi 4,067 yıl ve izolasyon maliyeti 33,587 t $\text{l}/\text{m}^2$  olarak bulunmuştur. 4. kompozit duvar tipinde yalıtım kalınlığı 4 cm olmasına rağmen XPS yalıtım malzemesinin termale iletkenlik katsayısının yüksek olması ve yatırım maliyetinin yüksekliğinden dolayı optimum yalıtım kalınlığı 3,972 cm olarak bulunmuştur bu yüzden düşük izolasyon kalınlığından ötürü enerji kaybı bulunmamaktadır.

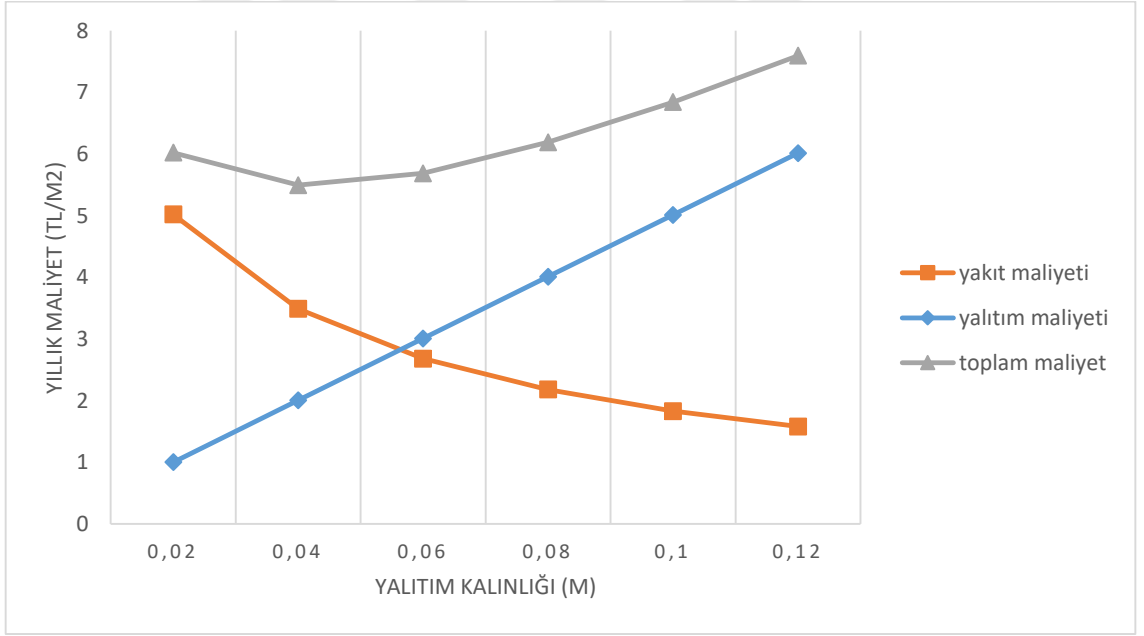
8. tip kompozit duvar için yapılan hesaplamada ise optimum izolasyon kalınlığı 1,97 cm, yıllık ısıtma maliyeti 3,351 TL/ $\text{m}^2$  tasarruf miktarı %47,45 geri ödeme süresi 5,59 yıl ve izolasyon maliyeti 16,922 TL/ $\text{m}^2$  olarak bulunmuştur. İki kompozit duvar incelendiğinde 8. tip kompozit duvar için yapılan hesaplamada 4. tip kompozit duvara göre optimum izolasyon kalınlığı, izolasyon maliyeti ve tasarruf miktarı azalmasına bununla birlikte yıllık ısıtma maliyeti 3,354 TL/ $\text{m}^2$  den 3,351 TL/ $\text{m}^2$  ye düşmüştür. Geri ödeme süresi ise 4,067 yıldan 5,59 yıla çıkmıştır.

Tuğla ile yapılan kompozit duvar ile gaz beton ile yapılan kompozit duvar için yapılan hesaplamalar karşılaştırıldığında yıllık ısıtma maliyetleri değişmemesine rağmen izolasyon kalınlıklarının düşmesi ve buna bağlı olarak izolasyon maliyetinin düşmesi gaz betonun yalıtım malzemesi gibi davrandığını göstermektedir. Gaz betonun yalıtım oranının yüksek olmasına rağmen 5, 6, 7, 8. tip kompozit duvarlarda sırasıyla 1,85 cm taş yünü, 2,47cm 16kg/ $\text{m}^3$  EPS, 2,3cm 20kg/ $\text{m}^3$  EPS ve 1,97 cm XPS yalıtım malzemesi ile yalıtım yapıldığında yüzde 43,01, 47,85, 48,54 ve 47,45 oranlarında enerji tasarrufu yapılabilmesi gaz betonun yalıtım için tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Ayrıca duvarlara yapılan yalıtım dış ortama açık olan kolon ve kirişleri de yalıtacağından binanın bu kısımlarında da yalıtım yapacaktır. Bu yüzden duvar yapısı gaz beton olsa dahi yalıtılmamış olan bina kolon ve kirişlerden çok fazla enerji kaybedeceğinden enerji kaybı hesaplanan değerlerden çok daha yüksek çıkacaktır.

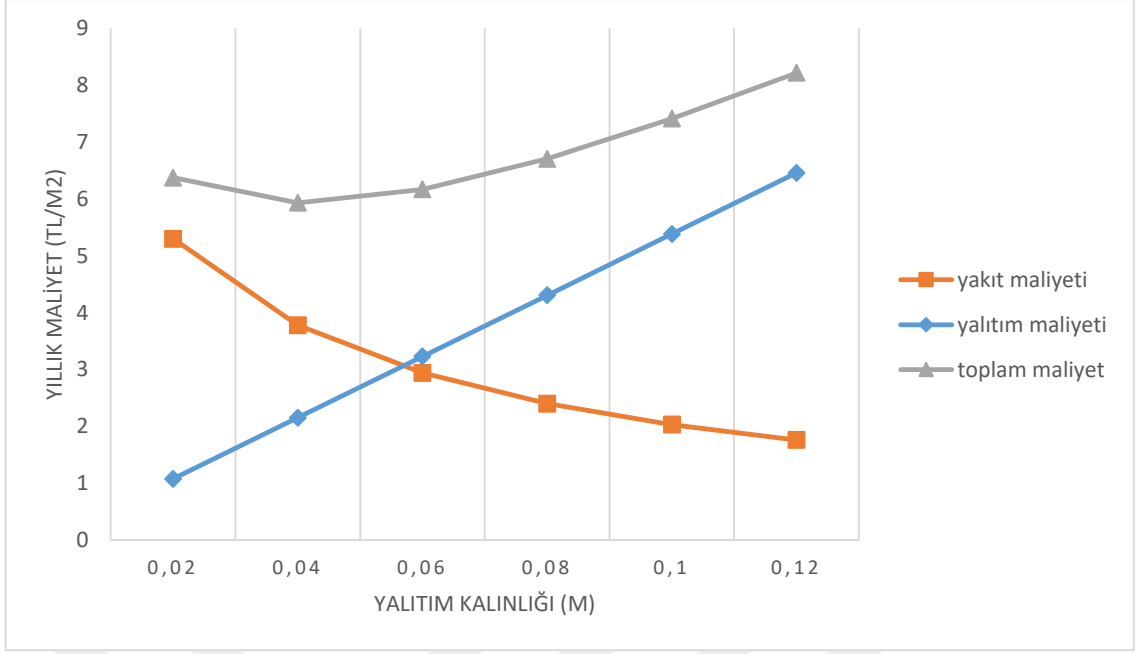
8 kompozit duvarın incelenmesiyle izolasyon maliyeti ve geri ödeme süresinin düşük olması ancak tasarruf miktarının diğer yalıtım malzemelerine göre yüksek olmasından dolayı en uygun yalıtım malzemesinin yoğunluğu 20kg/ $\text{m}^3$  olan EPS olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden yapılacak olan özgül ısı kaybı hesabı ve yıllık ısıtma maliyeti hesabında yalıtım malzemesi olarak 20kg/ $\text{m}^3$  yoğunluklu ve siyah boncuk yapılı EPS kullanılacaktır.



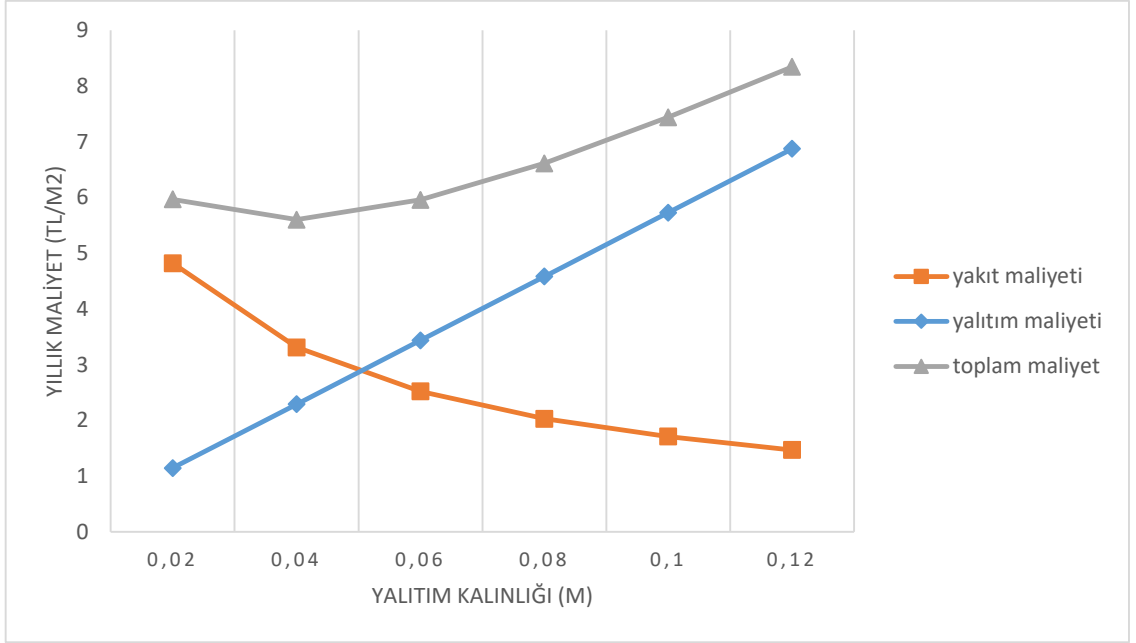
Şekil 5.7 Tuğla Duvar 16kg/m<sup>3</sup> EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



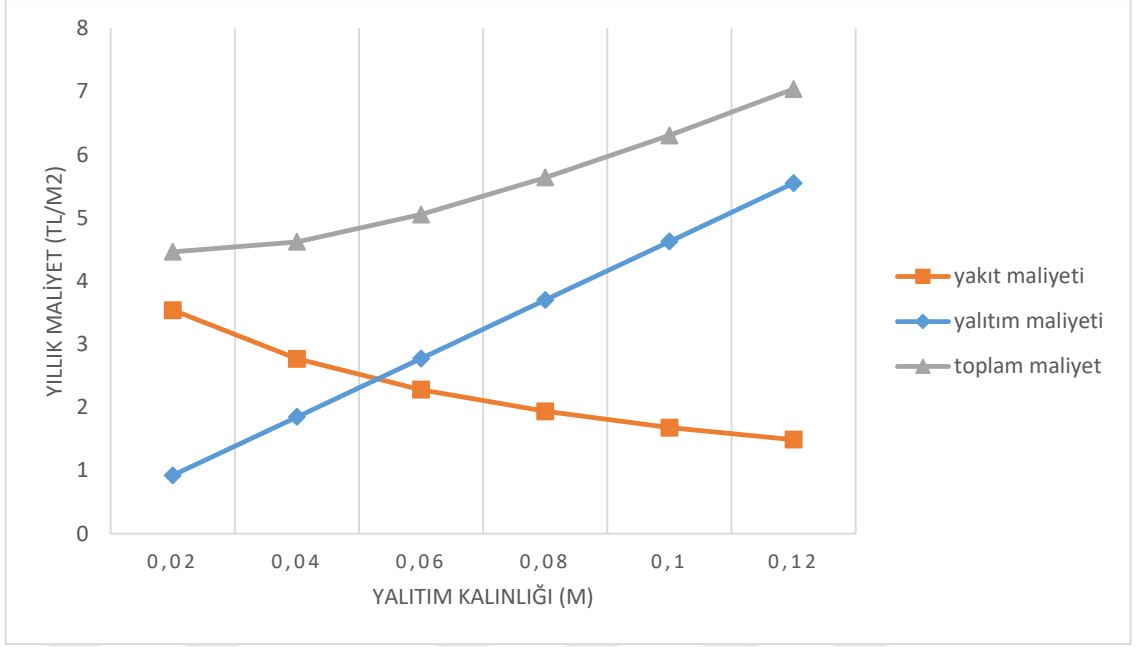
Şekil 5.8 Tuğla Duvar 20 kg/m<sup>3</sup> EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



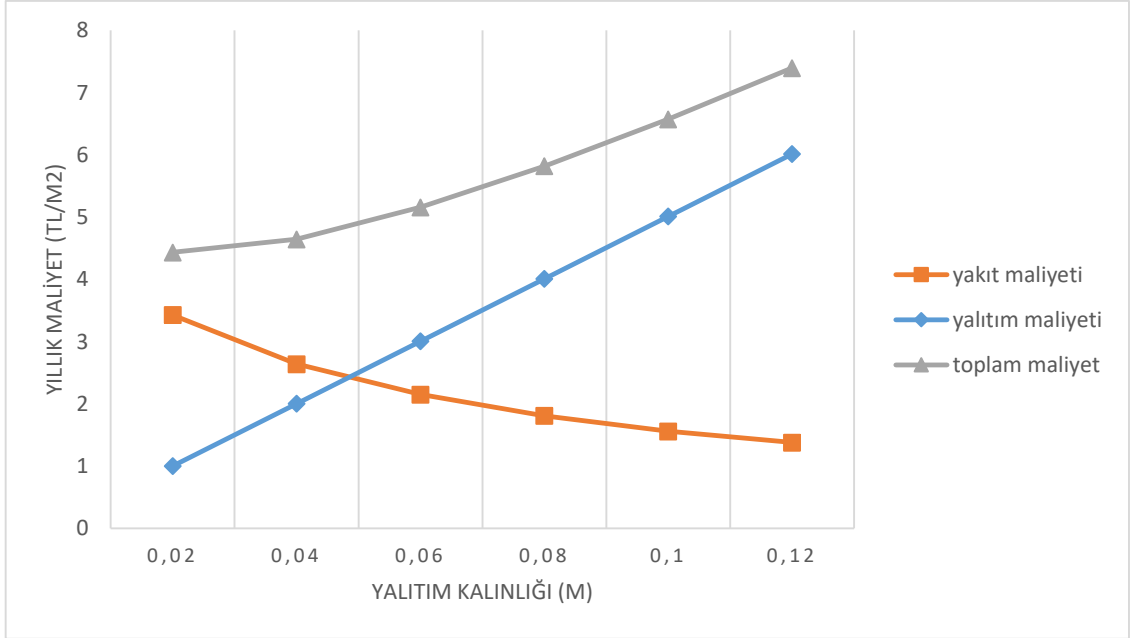
Şekil 5.9 Tuğla duvar 50 kg/m<sup>3</sup> taş yünü için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



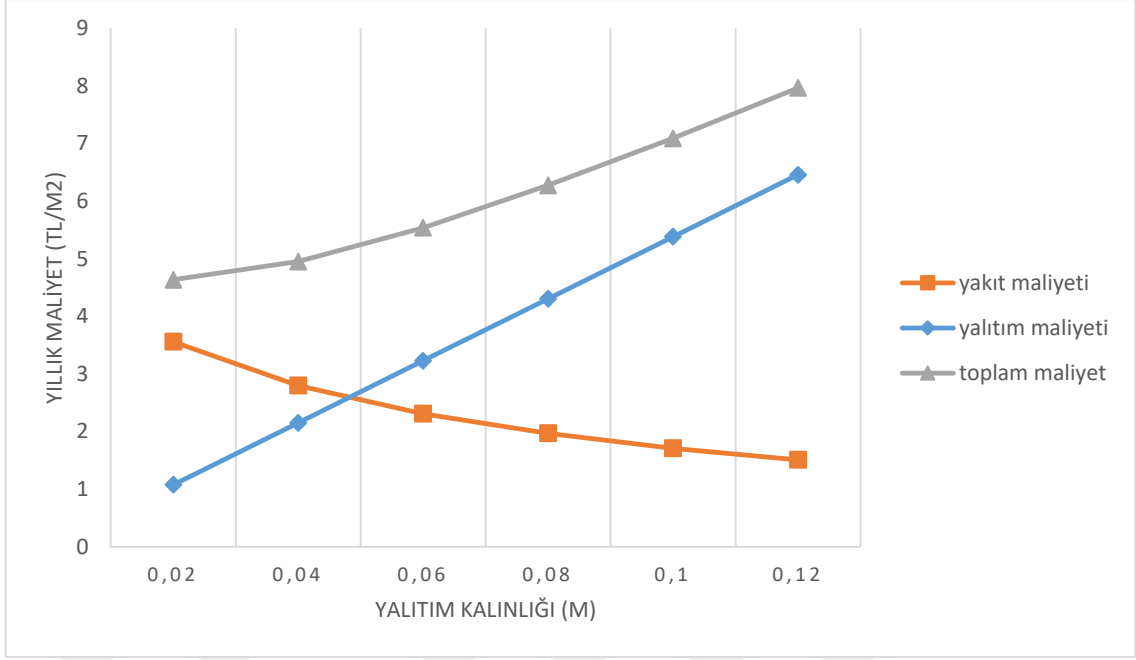
Şekil 5.10 Tuğla Duvar 24 kg/m<sup>3</sup> XPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



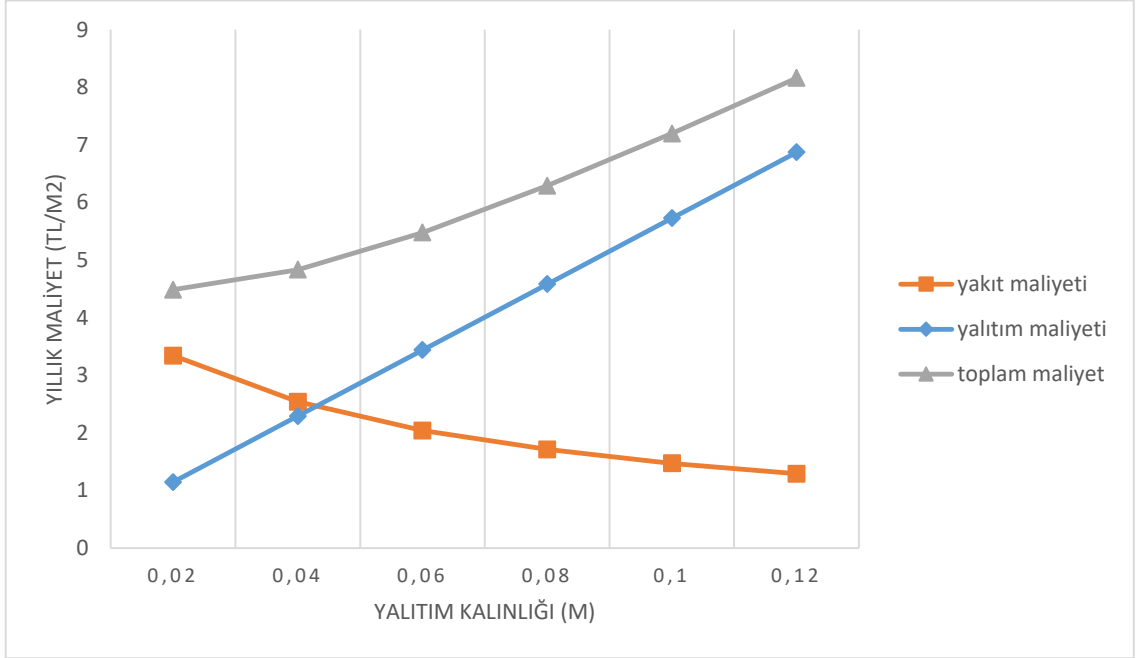
Şekil 5.11 Gaz Beton Duvar 16 kg/m<sup>3</sup> EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



Şekil 5.12 Gaz Beton Duvar 20 kg/m<sup>3</sup> EPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



Şekil 5.13 Gaz Beton Duvar 50 kg/m<sup>3</sup> taş yünü için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.



Şekil 5.14 Gaz Beton Duvar 24 kg/m<sup>3</sup> XPS için yalıtım kalınlığı ile maliyet arasındaki ilişki.

Grafikler incelendiğinde yalıtım kalınlığı ile birlikte yalıtım maliyeti yükselmekte ancak yakıt maliyeti düşmektedir. Toplam maliyet önce düşmekte daha sonra yükselmektedir bu da yalıtım kalınlığı artışı ile yakıt maliyetindeki düşüşün sürekli aynı oranda devam

etmediğini göstermektedir. Toplam maliyetin en az olduğu nokta optimum yalıtım kalınlığının bulunduğu noktadır. Bu noktadan itibaren yalıtıma sarf edilen para yakıttan tasarruf edilen maliyet miktarını karşılamadığı için yalıtım malzemesinin kalınlığının bu noktadan itibaren artması fizibil olmamaktadır.

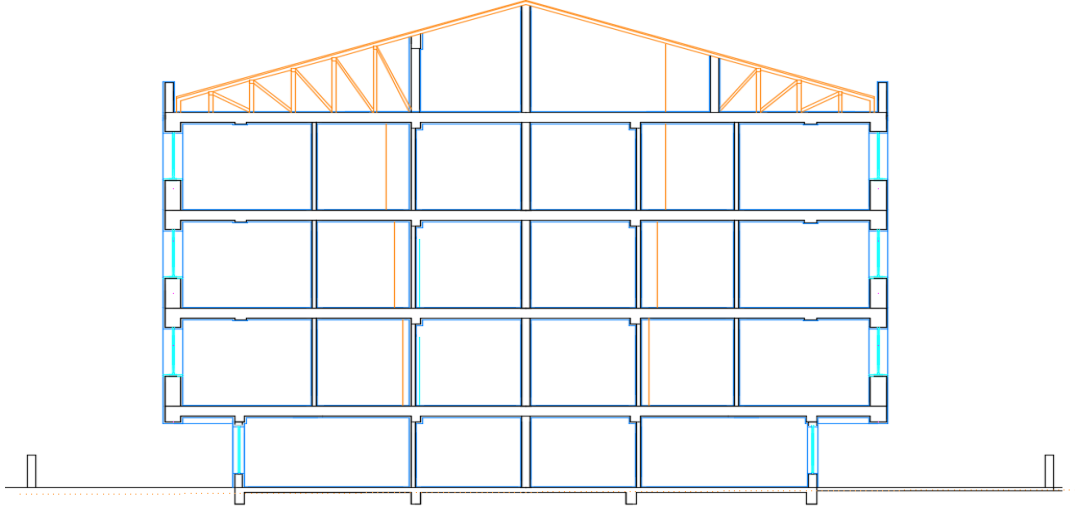
Dıştan yalıtımlı duvar tiplerinde yapı malzemesi olarak tuğla kullanımıyla gerçekleşen yıllık kazanç, yapı malzemesi olarak gaz beton kullanılan duvar tipine göre daha fazla çıkmıştır. Bu durumun oluşmasındaki neden gaz beton malzemesinin ısıl iletkenlik değerinin tuğlaya göre daha düşük olmasıdır.

Gaz beton duvardan gerçekleşen ısı kaybı tuğla duvara göre düşük olduğundan yalıtıma olan ihtiyaç azalmaktadır. Tuğla duvarda ise daha yüksek ısı kaybı olacağından dolayı yalıtım kalınlığı artacak bununla beraber toplam maliyet ve tasarruf oranı da artacaktır.

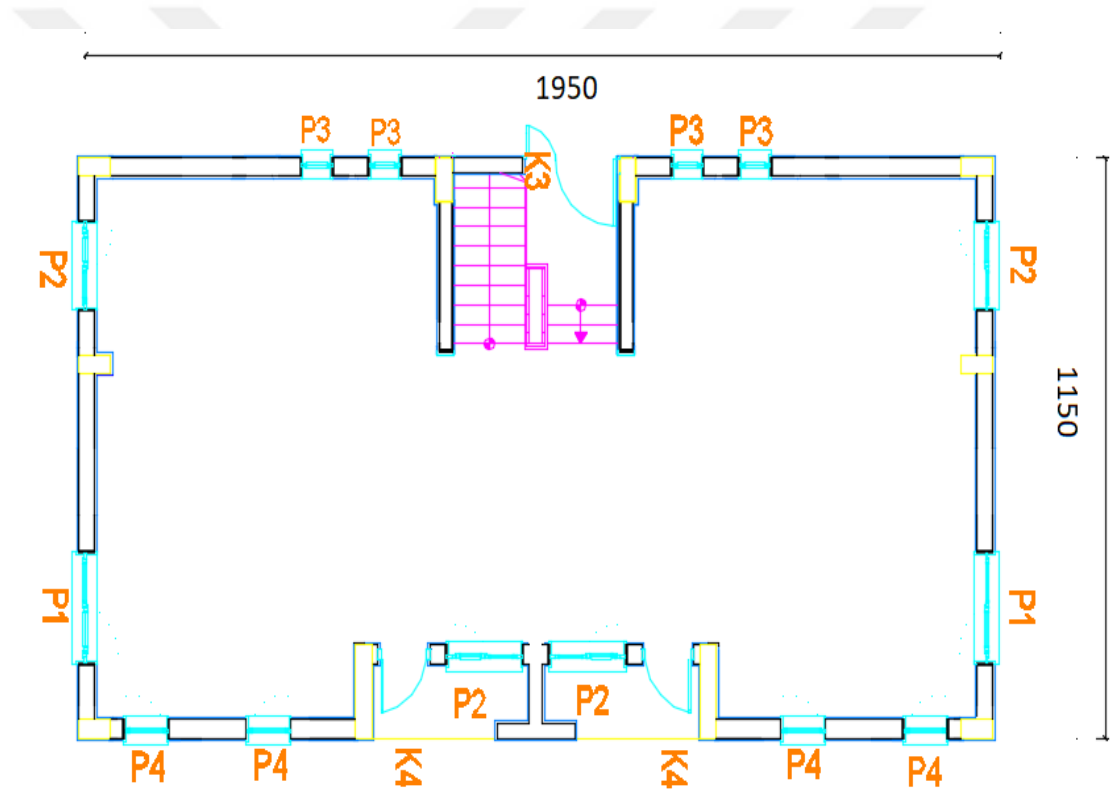
8 kompozit duvar tipinden elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeye göre tuğla duvar ve 4cm yalıtım malzemesi kullanılan kompozit duvar tiplerinde düşük yalıtım kalınlığından ötürü enerji kaybı yüzde 1,3 ve 3,45 oranlarında olduğu için yalıtım kalınlıklarının optimum izolasyon değerlerine yükseltilmesi tavsiye edilmemektedir. Ancak gaz beton kullanılan duvar tiplerine optimum izolasyon değerleri ile yalıtım yapıldığında yüzde 43,01 ile 48,54 oranlarında enerji tasarrufu edileceğinden ayrıca duvarlar ile birlikte binanın dış yüzeye bakan kolon-kiriş bölümleri de yalıtılacağından ve enerji tasarrufu daha da artacağından dolayı gaz beton duvar ile inşa edilmiş olan 5, 6, 7 ve 8 nolu kompozit duvar tiplerinde yalıtım yapılması tavsiye edilmektedir.

### **5.3. DÜZCE ŞARTLARINDA ÖRNEK BİR BİNANIN YALITIM KALINLIĞI VE DUVAR MALZEMESİNE GÖRE 5 FARKLI TİPİ İÇİN ÖZGÜL ISI KAYBI VE YILLIK ISITMA ENERJİSİ İHTİYACI HESABI İLE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

Düzce ilinde 1999 yılında meydana gelen depremden dolayı binalara 3 kat sınırı getirilmişti. Ancak 2014 yılı haziran ayında alınan karara göre Düzce merkezde yapılan binalara 4 kat izni çıkarılmıştır. Bu yüzden Düzce ilinde yapılan binaları örnekleme açısından çalışmamızda kullandığımız örnek bina zemin kat üzerine çıkma bulunan toplam 4 katlı olarak seçilmiştir.

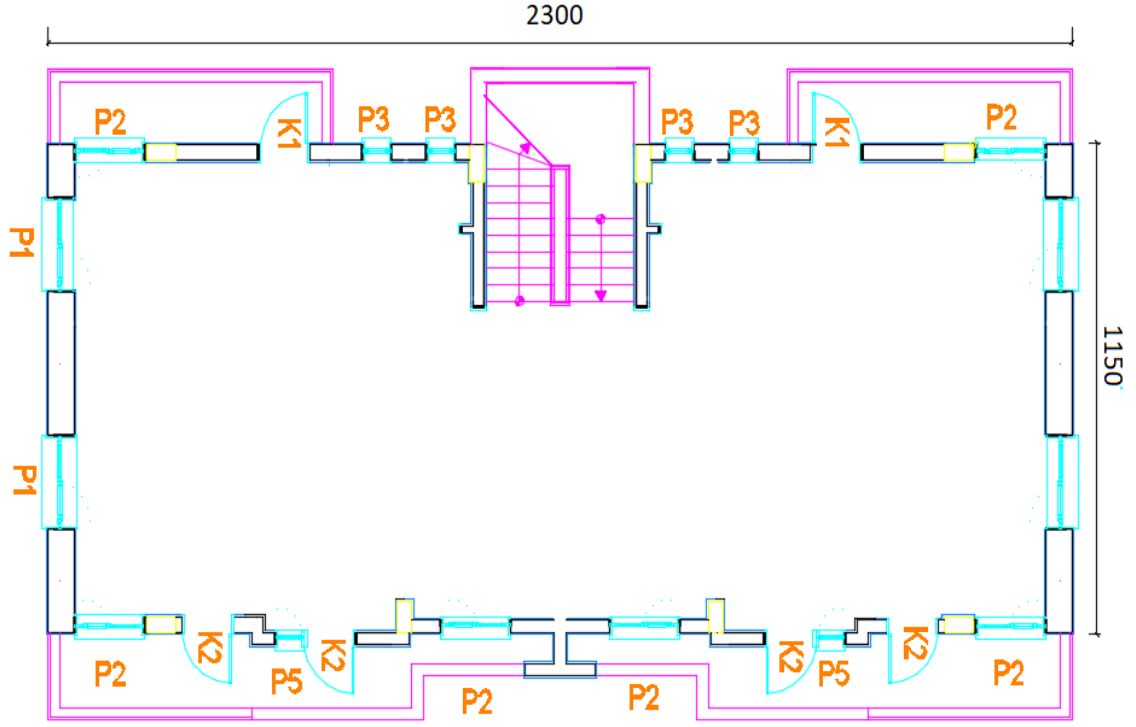


Şekil 5.15 Örnek binanın kesit görünüşü.



Şekil 5.16 Örnek binanın giriş kat planı.





Şekil 5.17 Örnek binanın 1. 2. ve 3. kat planları.

Çizelge 5.6 Örnek binanın pencere ve kapı ölçüleri.

Pencere Sembolleri	Ölçü Değerleri (cm)	Kapı Sembolleri	Ölçü Değerleri (cm)
P1	150 X 1 50	K1	90 X 210
P2	120 X 150	K2	90 X 240
P3	50 X 50	K3	50 X 220
P4	70 X 150	K4	80 X 200
P5	50 X 150		

### Örnek Bina İçin Ölçü Değerleri

#### Döşeme Alanları:

$$A_{\text{taban}} = 224,25 \text{ m}^2$$

$$A_d = 40,25 \text{ m}^2$$

#### Pencere ve kapı alanları :

$$A_{p \text{ kuzey}} = 26,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{kapı 1}} = 1,1 \text{ m}^2$$

$$A_{p \text{ güney}} = 63,02 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{kapı 2}} = 8 \text{ m}^2$$

$$A_{p \text{ doğu}} = 13,5 \text{ m}^2$$

$$A_{p \text{ batı}} = 13,5 \text{ m}^2$$

$$\Sigma_{ap} = 116,16 \text{ m}^2$$

Projede K1, K2 ve K4 sembolleri ile gösterilen kapılar pvc kapı oldukları için pencere alanına dahil edilmişlerdir. Pencere ve kapı alanlarında gösterilen  $A_{\text{kapı 1}}$  ısıtılmayan iç hacme açılan kapı  $A_{\text{kapı 2}}$  ise daire giriş kapıdır.

Duvar ve Betonarme Alanları :

$$A_{D,\text{kol-kiriş}} = 233,45 \text{ m}^2$$

$$A_{D\text{sic,kol-kiriş}} = 14,72 \text{ m}^2$$

$$A_{D,\text{dolgu}} = 323,6 \text{ m}^2$$

$$A_{D\text{sic,dolgu}} = 23,24 \text{ m}^2$$

Çatı Alanı :

$$A_{\text{tavan}} = 326,21 \text{ m}^2$$

Brüt Hacim :

$$V_{\text{brüt}} = 3089,36 \text{ m}^3$$

Net Kullanım Alanı :

$$A_n = 2471,5 \text{ m}^2$$

Çizelge 5.7 Örnek binanın tuğla duvar ve yalıtımsız haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı Kaybeden Yüzey	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda$	Isıl İletkenlik Direnci R (M <sup>2</sup> K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı Kaybı AxU W/K
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
<b>Toplam</b>				<b>0,741</b>	<b>1,35</b>	<b>323,6</b>	<b>436,86</b>
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
<b>Toplam</b>				<b>0,313</b>	<b>3,19</b>	<b>233,45</b>	<b>744,7</b>
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
<b>Toplam</b>				<b>0,831</b>	<b>0,5x1,2</b>	<b>23,24</b>	<b>13,95</b>
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
<b>Toplam</b>				<b>0,397</b>	<b>0,5*2,5</b>	<b>14,72</b>	<b>18,4</b>
Tavan	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Re			0,08			
<b>Toplam</b>				<b>0,278</b>	<b>0,8*3,6</b>	<b>326,21</b>	<b>939,48</b>
Taban (toprak temaslı)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,03	1,4	0,021			
	Tesviye şapı hafif beton	0,02	1,4	0,014			
	Re			0			
<b>Toplam</b>				<b>0,334</b>	<b>0,5*2,99</b>	<b>224,25</b>	<b>335,25</b>
Taban (açık geçit üzerine çıkma)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,02	1,4	0,014			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
<b>Toplam</b>				<b>0,357</b>	<b>2,8</b>	<b>40,25</b>	<b>112,7</b>
İç Kapı (ısıtılmayan iç hacme açılan kapı)					0,5x2	1,1	1,1
Dış Kapı (daire giriş kapıları)					4	8	32
Pencere					2,4	116,16	279
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							2913,44

$$H_t = 2913,44 \text{ W/K}$$

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot (0,8 \cdot 3089,36) = 652,5 \text{ W/K}$$

$$H = 3565,94 \text{ W/K}$$

Çizelge 5.8 Örnek binanın tuğla duvar ve yalıtımsız haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KK O	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazanç	Güneş Enerjisi Kazanç	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_t=\phi_i+\phi_s$ (W)			
Ocak	3565,94	16,2	57768,23	4943	2297	7240	0,13	0,99	131156827,8
Şubat		14,7	52419,32		2808	7751	0,15	0,99	115981186,2
Mart		12,2	43504,47		3212	8155	0,20	0,99	91837198,6
Nisan		7,7	27457,74		3538	8481	0,38	0,92	50946325,06
Mayıs		3,3	11767,6		3939	8882	2,49	0,33	22904316,86
Haziran		$\theta_e$ yüksek	0		4123	9066	0	0	0
Temmuz		$\theta_e$ yüksek	0		4020	8963	0	0	0
Ağustos		$\theta_e$ yüksek	0		3828	8771	0	0	0
Eylül		1,2	4279,128		3343	8286	0	0	0
Ekim		5,7	20325,86		2811	7754	0,44	0,89	34797076,42
Kasım		10,4	37085,78		2173	7116	0,19	0,99	77866106,11
Aralık		14,2	50636,35		2019	6962	0,13	0,99	113384365,1
$Q_{yıl} = 638.873.402 \text{ kJ} = 177607 \text{ kWh}$							$Q = 57,5 \text{ kWh/m}^3$		

Çizelge 5.9 Örnek binanın tuğla duvar 4cm 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile özgül ısı kaybı hesabı.

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı Kaybeden Yüzey	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda$	Isıl İletkenlik Direnci R (M <sup>2</sup> K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı Kaybı AxU W/K
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				1,844	0,53	323,6	171,51
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				1,456	0,687	233,45	160,4
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				1,974	0,5x0,507	23,24	5,9
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				1,54	0,5*0,649	14,72	4,78
Tavan	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,04	2			
	Re			0,08			
Toplam				2,278	0,8*0,439	326,21	114,6
Taban (toprak temaslı)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,03	1,4	0,021			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,06	0,04	1,5			
	Tesviye şapı	0,02	1,4	0,014			
	hafif beton	0,1	1,1	0,091			
	Re			0			
Toplam				1,834	0,5*0,545	224,25	61,1
Taban (açık geçit üzerine çıkma)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,02	1,4	0,014			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
Toplam				1,5	0,66	40,25	26,6
İç Kapı (ısıtılmayan iç hacme açılan kapı)					0,5x2	1,1	1,1
Dış Kapı (daire giriş kapıları)					4	8	32
Pencere					2,4	116,16	279
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							856,9

$$HT = 856,99 \text{ W/K}$$

$$H_v = 0,33 \cdot nh \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot (0,8 \cdot 3089,36) = 652,5 \text{ W/K}$$

$$H = 1509,49 \text{ W/K}$$

Çizelge 5.10 Örnek binanın tuğla duvar ve 4cm 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_t=\phi_i+\phi_s$ (W)			
Ocak	1509,49	16,2	24453,74	4943	2297	7240	0,30	0,96	45368652,1
Şubat		14,7	22189,5		2808	7751	0,35	0,94	38630035,3
Mart		12,2	18415,78		3212	8155	0,46	0,88	29132467,78
Nisan		7,7	11623,07		3538	8481	0,91	0,66	15618388,9
Mayıs		3,3	4981,317		3939	8882	5,88	0,15	9458252,064
Haziran		$\theta_e$ yüksek	0		4123	9066	0	0	0
Temmuz		$\theta_e$ yüksek	0		4020	8963	0	0	0
Ağustos		$\theta_e$ yüksek	0		3828	8771	0	0	0
Eylül		1,2	1811,388		3343	8286	0	0	0
Ekim		5,7	8604,093		2811	7754	1,05	0,61	10041804,58
Kasım		10,4	15698,7		2173	7116	0,45	0,89	24275261,95
Aralık		14,2	21434,76		2019	6962	0,30	0,96	38235208,9
$Q_{yıl} = 210.760.071,6 \text{ kj} = 58,591 \text{ kWh}$								$Q = 18,965 \text{ kWh/m}^3$	

Çizelge 5.7'ye göre tuğla duvar ve yalıtımsız bir bina için özgül ısı kaybının 3565,94 W/K bulunduğu ancak Çizelge 5.9'a göre aynı binanın 4 cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS yalıtım malzemesi ile yalıtılması sonucu özgül ısı kaybının 1509,49W/K'e düştüğü görülmektedir. Binanın iki farklı durumu karşılaştırıldığında özgül ısı kaybında 2056,45 W/K'lik bir düşüş yaşanmış. Bu düşüş yalıtımsız haldeki binanın 4cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS ile yalıtılması sonucu özgül ısı kaybının %57,67 oranında düştüğünü göstermektedir. Binanın iki farklı durumunun yıllık ısıtma enerji ihtiyacını karşılaştırdığımızda tuğla duvar

ve yalıtımsız haldeki binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı  $57,5 \text{ kWh/m}^3$ , tuğla duvar ve  $4\text{cm } 20\text{kg/m}^3$  EPS ile yalıtılmış binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacının ise  $18,965 \text{ kWh/m}^3$  olduğu görülmektedir. Bu bilgilere dayanarak yalıtımsız haldeki binanın yalıtılması sonucu yıllık enerji ihtiyacındaki azalma oransal olarak %67,02'ye denk gelmektedir.

Çizelge 5.11 Örnek binanın tuğla duvar optimum  $20\text{kg/m}^3$ EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı Kaybeden Yüzey	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda$	Isıl İletkenlik Direnci R ( $\text{M}^2\text{K/W}$ )	Isı Geçirgenlik Katsayısı U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	Isı Kaybedilen Yüzey A ( $\text{m}^2$ )	Isı Kaybı $A \times U$ W/K
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık dolgu)	Ri			0,13	0,498	323,6	161,15
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,0443	0,035	1,265			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				2,006			
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık betonarme)	Ri			0,13	0,634	233,45	148
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,0443	0,035	1,265			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				1,578			
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı dolgu)	Ri			0,13	0,5x0,498	23,24	5,786
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Yatay Delikli Tuğla	0,19	0,36	0,528			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,0443	0,035	1,265			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				2,006			
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı betonarme)	Ri			0,13	0,5*0,634	14,72	4,666
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,0443	0,035	1,265			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				1,578			
Tavan	Ri			0,13	0,8*0,439	326,21	114,6
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,04	2			
	Re			0,08			
Toplam				2,278			
Taban (toprak temaslı)	Ri			0,17	0,8*0,439	326,21	114,6
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,03	1,4	0,021			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,06	0,04	1,5			
	Tesviye şapı	0,02	1,4	0,014			
	hafif beton	0,1	1,1	0,091			
	Re			0			

Çizelge 5.11(Devam) Örnek binanın tuğla duvar optimum 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

Toplam				1,834	0,5*0,545	224,25	61,1
Taban (açık geçit üzerine çıkma)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,02	1,4	0,014			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,0443	0,035	1,265			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				1,598	0,626	40,25	25,2
İç Kapı (ısıtılmayan iç hacme açılan kapı)					0,5x2	1,1	1,1
Dış Kapı (daire giriş kapıları)					4	8	32
Pencere					2,4	116,16	279
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							832,602

$$HT = 832,602 \text{ W/K}$$

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot (0,8 \cdot 3089,36) = 652,5 \text{ W/K}$$

$$H = 1485,1 \text{ W/K}$$

Çizelge 5.12 Örnek binanın tuğla duvar ve optimum 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_t = \phi_i + \phi_s$ (W)			
Ocak	1485,1	16,2	24058,62	4943	2297	7240	0,30	0,96	44344506,24
Şubat		14,7	21830,97		2808	7751	0,36	0,93	37901623,68
Mart		12,2	18118,22		3212	8155	0,47	0,88	28361197,44
Nisan		7,7	11435,27		3538	8481	0,92	0,66	15131603,52
Mayıs		3,3	4900,83		3939	8882	5,98	0,15	9249629,76
Haziran		$\theta_e$ yüksek	0		4123	9066	0	0	0
Temmuz		$\theta_e$ yüksek	0		4020	8963	0	0	0
Ağustos		$\theta_e$ yüksek	0		3828	8771	0	0	0
Eylül		1,2	1782,12		3343	8286	0	0	0
Ekim		5,7	8465,07		2811	7754	1,07	0,6	9882440,64
Kasım		10,4	15445,04		2173	7116	0,46	0,88	23802232,32
Aralık		14,2	21088,42		2019	6962	0,31	0,96	37337500,8
$Q_{yıl} = 206.010.734,4 \text{ kj} = 57271 \text{ kWh}$				$Q = 18,538 \text{ kWh/m}^3$					



Tuğla duvar ve 4 cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS yalıtım malzemesi ile yalıtılmış binanın özgül ısı kaybı Çizelge 5.9'a göre 1509,49'dur. Ancak aynı bina optimum yalıtım kalınlığı olan 4,43 cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS yalıtım malzemesi ile yalıtılırsa Çizelge 5.11'e göre özgül ısı kaybının 1485,1W/K'e düştüğü görülmektedir. Binanın iki farklı durumu karşılaştırıldığında özgül ısı kaybında 24,39 W/K'lik bir düşüş yaşanmış. Bu düşüş 4cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS ile yalıtılmış olan binanın, 4,43 cm 20kg/m<sup>3</sup> EPS ile yalıtılması sonucu özgül ısı kaybının %1,615 oranında düştüğünü göstermektedir. Binanın iki farklı durumunun yıllık ısıtma enerji ihtiyaçlarını karşılaştırdığımızda ise 20kg/m<sup>3</sup> EPS yalıtım malzemesi ile yalıtılan binalardan 4 cm yalıtım malzemesi kullanan binanın yıllık ısıtma enerji ihtiyacı 18,965 kWh/m<sup>3</sup>4 iken 4,43cm (optimum kalınlıktaki) yalıtım malzemesi kullanan binanın yıllık ısıtma ihtiyacı ise 18,538'dir. Bu sonuç yıllık ısıtma ihtiyacının oransal olarak % 2,25 düştüğünü göstermektedir.

Çizelge 5.13 Örnek binanın gaz beton duvar ve yalıtımsız haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı Kaybeden Yüzey	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ	Isıl İletkenlik Direnci R (M <sup>2</sup> K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı Kaybı AxU W/K
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Gaz Beton	0,2	0,176	1,136			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				1,349	0,741	323,6	239,79
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				0,313	3,19	233,45	744,7
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Gaz Beton	0,2	0,176	1,136			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				1,439	0,5x0,694	23,24	8,07

Çizelge 5.13 (Devam) Örnek binanın gaz beton duvar ve yalıtımsız haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				0,397	0,5*2,5	14,72	18,4
Tavan	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Re			0,08			
Toplam				0,278	0,8*3,6	326,21	939,48
Taban (toprak temaslı)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,03	1,4	0,021			
	Tesviye şapı	0,02	1,4	0,014			
	hafif beton	0,1	1,1	0,091			
	Re			0			
Toplam				0,334	0,5*2,99	224,25	335,25
Taban (açık geçit üzerine çıkma)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,02	1,4	0,014			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,04	0,035	1,143			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				0,357	2,8	40,25	112,7
İç Kapı (ısıtılmayan iç hacme açılan kapı)					0,5x2	1,1	1,1
Dış Kapı (daire giriş kapıları)					4	8	32
Pencere					2,4	116,16	279
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							2710,49

$$HT = 2710,49 \text{ W/K}$$

$$H_v = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot (0,8 \cdot 3089,36) = 652,5 \text{ W/K}$$

$$H = 3362,99 \text{ W/K}$$

Çizelge 5.14 Örnek binanın gaz beton duvar ve yalıtımsız haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K, °C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_t=\phi_i+\phi_s$ (W)			
Ocak	3362,99	16,2	54480,44	4943	2297	7240	0,13	0,99	122634876,1
Şubat		14,7	49435,95		2808	7751	0,16	0,99	108248304,1
Mart		12,2	41028,48		3212	8155	0,21	0,99	85419432,58
Nisan		7,7	25895,02		3538	8481	0,41	0,92	46895767,78
Mayıs		3,3	11097,87		3939	8882	2,64	0,32	21398585,18
Haziran		$\theta_e$ yüksek	0		4123	9066	0	0	0
Temmuz		$\theta_e$ yüksek	0		4020	8963	0	0	0
Ağustos		$\theta_e$ yüksek	0		3828	8771	0	0	0
Eylül		1,2	4035,588		3343	8286	0	0	0
Ekim		5,7	19169,04		2811	7754	0,47	0,88	31999595,62
Kasım		10,4	34975,1		2173	7116	0,20	0,99	72395223,55
Aralık		14,2	47754,46		2019	6962	0,14	0,99	105914506,2
$Q_{yıl} = 594.906.291 \text{ kJ} = 165384 \text{ kWh}$							$Q = 53,5 \text{ kWh/m}^3$		

Çizelge 5.15 Örnek binanın gaz beton duvar ve optimum 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı Kaybeden Yüzey	Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda$	Isıl İletkenlik Direnci R (M <sup>2</sup> K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m <sup>2</sup> )	Isı Kaybı AxU W/K
Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık dolgu)	Ri			0,13	0,498	323,6	161,15
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Gaz Beton	0,2	0,176	1,136			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,023	0,035	0,657			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				2,006	0,498	323,6	161,15

Çizelge 5.15 (Devam) Örnek binanın gaz beton duvar ve optimum 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki özgül ısı kaybı hesabı.

Duvar Yüzeyleri (dış ortama açık betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,023	0,035	0,657			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				0,97	1,03	233,45	240,45
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı dolgu)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Gaz Beton	0,2	0,176	1,136			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,023	0,035	0,657			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				2,096	0,5x0,477	23,24	5,54
Duvar Yüzeyleri (düşük sıcaklıklı betonarme)	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,25	2,5	0,1			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,023	0,035	0,657			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,13			
Toplam				1,06	0,5*0,943	14,72	6,94
Tavan	Ri			0,13			
	Sıva	0,02	1	0,02			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,04	2			
	Re			0,08			
	Toplam						
Taban (toprak temaslı)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,03	1,4	0,021			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,06	0,04	1,5			
	Tesviye şapı	0,02	1,4	0,014			
	hafif beton	0,1	1,1	0,091			
	Re			0			
Toplam				1,834	0,5*0,545	224,25	61,1
Taban (açık geçit üzerine çıkma)	Ri			0,17			
	Sert Odun Lifi Levha	0,005	0,13	0,038			
	Şap	0,02	1,4	0,014			
	Betonarme	0,12	2,5	0,048			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,023	0,035	0,657			
	Sıva	0,008	0,35	0,023			
	Re			0,04			
Toplam				0,99	1,01	40,25	40,65
İç Kapı (ısıtılmayan iç hacme açılan kapı)					0,5x2	1,1	1,1
Dış Kapı (daire giriş kapıları)					4	8	32
Pencere					2,4	116,16	279
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							942,53

$$HT = 942,53 \text{ W/K}$$

$$H_v = 0,33 \cdot nh \cdot V_h = 0,33 \cdot 0,8 \cdot (0,8 \cdot 3089,36) = 652,5 \text{ W/K}$$

$$H = 1595,03 \text{ W/K}$$

Çizelge 5.16 Örnek binanın tuğla duvar ve optimum 20kg/m<sup>3</sup>EPS ile yalıtımlı haldeki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı.

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	$\phi_i$ (W)	$\phi_s$ (W)	$\phi_i=\phi_i+\phi_s$ (W)			
Ocak	1595,03	16,2	25839,49	4943	2297	7240	0,28	0,97	48772850,1
Şubat		14,7	23446,94		2808	7751	0,33	0,95	41688408,6
Mart		12,2	19459,37		3212	8155	0,44	0,89	31626070,2
Nisan		7,7	12281,73		3538	8481	0,86	0,68	16885975,3
Mayıs		3,3	5263,599		3939	8882	5,57	0,16	9959705,56
Haziran		$\theta_e$ yüksek	0		4123	9066	0	0	0
Temmuz		$\theta_e$ yüksek	0		4020	8963	0	0	0
Ağustos		$\theta_e$ yüksek	0		3828	8771	0	0	0
Eylül		1,2	1914,036		3343	8286	0	0	0
Ekim		5,7	9091,671		2811	7754	0,99	0,63	10903639,3
Kasım		10,4	16588,31		2173	7116	0,42	0,9	26396699,9
Aralık		14,2	22649,43		2019	6962	0,29	0,97	41203173,3
$Q_{yıl} = 227.436.522,6 \text{ kJ} = 63227,4 \text{ kWh}$							$Q = 20,466 \text{ kWh/m}^3$		

Çizelge 5.13'e göre gaz beton ve yalıtımsız haldeki bir binanın özgül ısı kaybı 3362,99 W/K'dır aynı binanın 2,3cm (optimum yalıtım kalınlığı) 20kg/m<sup>3</sup> EPS ile yalıtılması sonucu özgül ısı kaybı Çizelge 5.15'e göre 1595,03 W/K olmaktadır. Bu binaların yıllık ısıtma enerji ihtiyaçları ise yalıtımsız bina için Çizelge 5.14'e göre 53,5 kWh/m<sup>3</sup>, optimum yalıtım kalınlığı ile yalıtılan bina için ise Çizelge 5.16'ya göre 20,466 kWh/m<sup>3</sup> olmaktadır. Bu sonuçlar özgül ısı kaybından %52,56 yıllık toplam enerji ihtiyacında ise % 38,25 tasarruf edildiğini göstermektedir.

Çizelge 5.17 Örnek bina için tuğla ve gaz beton duvar seçeneklerinde farklı yalıtım kalınlıklarında özgül ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerji ihtiyacı değerleri.

Bina Yapısı	İzolasyon Malzemesi	Duvar Tipi	Yalıtım Kalınlığı (m)	Özgül Isı Kaybı (W/K)	Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )
1	İzolasyon yok	Tuğla Duvar	Yalıtımsız	3565,94	57,5
2	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	Tuğla Duvar	0,04	1509,49	18,965
3	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	Tuğla Duvar	0,0443	1485,1	18,538
4	İzolasyon yok	Gaz Beton Duvar	Yalıtımsız	3362,99	53,5
5	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	Gaz Beton Duvar	0,023	1595,03	20,466

Çizelge 5.17'ye baktığımızda yalıtımsız tuğla duvar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının 57,5 kWh/m<sup>3</sup> olduğu yalıtımsız gaz beton duvar binanın yıllık ısıtma ihtiyacının ise 53,5 kWh/m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir tuğla duvar binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı gaz beton duvar binaya göre oransal olarak 7,476 artmıştır. Oysaki yalıtımsız tuğla duvar ve yalıtımsız gaz beton duvarların yalnızca duvardan kaynaklanan m<sup>2</sup> başına yıllık ısıtma maliyetlerini karşılaştırdığımızda tuğla duvar için 11,611 TL gaz beton duvar için 6,378 TL olduğu görülmektedir.

Tuğla duvarın m<sup>2</sup> başına yıllık ısıtma maliyeti gaz beton duvara göre oransal olarak % 82 daha fazladır. Bu verilere dayanarak gaz beton duvarın yıllık ısıtma maliyetine etkisinin tuğla duvara göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Yalıtımsız gaz beton duvar bina ile 2,3 cm EPS ile yalıtılmış gaz beton duvar binanın yıllık ısıtma ihtiyaçları sırasıyla 53,5 kWh/m<sup>3</sup> ve 20,466 kWh/m<sup>3</sup> olduğuna göre gaz beton duvarın tek başına yalıtım malzemesinin yaptığı yalıtım oranını veremediği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca binaya yapılan yalıtım yalnızca duvar yüzeylerine değil kolan ve giriş yüzeylerine de yapılmaktadır. Bu yüzden gaz beton duvar tek başına yalıtım malzemesinin ısı geçişine karşı verdiği direnci verse dahi binanın kolon ve giriş bölümleri yeterli direnci veremediğinden dolayı mutlaka yalıtım yapılması gerekmektedir.

#### 5.4. DÜZCE İLİ İÇİN TS 825 UZUN YILLAR SICAKLIK VERİLERİ İLE TEZİMİZDE HESAPLANAN 11 YILLIK ORTALAMA SICAKLIK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ISITMA ENERJİ İHTİYACI HESABINA GÖRE ANALİZİ.

TS 825'e göre Düzce ili ortalama sıcaklık verilerine göre 2. derece gün bölgesinde yer almaktadır. Yapılar için ısıtma enerji ihtiyacı hesabı yapılırken bu sıcaklık verileri kullanılmaktadır. Ayrıca çalışmamızda Düzce ili 11 yıllık sıcaklık verilerinin aylara göre ortalama değerleri çıkartılmıştır. Düzce ili için TS 825'de verilen ve çalışmamızda hesaplanan aylara göre ortalama sıcaklık verileri Çizelge 5.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.18 Düzce ili için TS 825'te verilen ortalama sıcaklık verileri ile çalışmamızda hesaplanan 11 yıllık sıcaklık verileri.

Aylar	TS 825'e göre 2. bölgede bulunan Düzce ili için sıcaklık verileri	Düzce ili için çalışmamızda hesaplanan 11 yıllık ortalama sıcaklık verileri.
Ocak	2,9	3,2
Şubat	4,4	4,7
Mart	7,3	7,7
Nisan	12,8	12,4
Mayıs	18	17,9
Haziran	22,5	22,4
Temmuz	24,9	24,7
Ağustos	24,3	24,2
Eylül	19,9	19,6
Ekim	14,1	14,6
Kasım	8,5	8,9
Aralık	3,8	4,2

Çizelge 5.21'deki verileri değerlendirdiğimizde, Düzce ili için son 11 yılın ortalama sıcaklık değerleri uzun yıllar sıcaklık değerlerine göre Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında artış göstermiş, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında azalmıştır. Sıcaklık değerlerindeki bu değişim küresel ısınmanın mevsimsel sıcaklık değerlerini etkilediğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Aylar arasındaki sıcaklık farklarına baktığımızda en fazla sıcaklık artışı 0,5 derece ile Ekim ayında olmuş, sıcaklık değerlerindeki azalma ise en yüksek 0,4 derece ile Nisan ayında olmuştur.

Sıcaklık değerlerindeki bu fark yapıların yıllık ısıtma enerji ihtiyaçlarını da doğrudan etkilemektedir. Daha önce tezimizde 5 farklı bina yapısı için hesaplaması yapılan yıllık ısıtma enerji ihtiyacı Çizelge 5.21’de verilen TS 825 2. derece gün bölgesi sıcaklık değerlerine göre yapılmıştı. Karşılaştırma yapmak için aynı hesaplamayı yine Çizelge 5.21’de verilen Düzce ili için çalışmamızda hesaplanan 11 yıllık ortalama sıcaklık verileri değerlerine göre yaparak Çizelge 5.22’deki verileri elde ettik.

Çizelge 5.19 TS 825 sıcaklık verileri ve Düzce ili 11 yıllık sıcaklık ortalamalarına göre yıllık ısıtma enerji ihtiyacı.

Bina Yapısı	İzolasyon Malzemesi	Duvar Tipi	Yalıtım Kalınlığı (m)	TS 825 2. Derece gün bölgesi aylık sıcaklık verilerine göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Düzce ili 11 yıllık aylık sıcaklık ortalamasına göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )
1	EPS 20 kg/m <sup>3</sup>	Tuğla Duvar	Yalıtımsız	57,5	52,435
2	EPS 20 kg/m <sup>4</sup>	Tuğla Duvar	0,04	18,965	16,824
3	EPS 20 kg/m <sup>5</sup>	Tuğla Duvar	0,0443	18,538	16,396
4	EPS 20 kg/m <sup>6</sup>	Gaz Beton Duvar	Yalıtımsız	53,5	48,82
5	EPS 20 kg/m <sup>7</sup>	Gaz Beton Duvar	0,023	20,466	18,19

Çizelge 5.22’ye baktığımızda Düzce ili 11 yıllık sıcaklık ortalamalarına göre yapılan yıllık ısıtma enerji ihtiyacı, TS 825 2. Derece gün bölgesi sıcaklık verilerine göre yapılan yıllık ısıtma enerji ihtiyacına göre düşüş göstermiştir. Bu düşüş kış aylarındaki ortalama sıcaklık değerlerinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce ili 11 yıllık derece gün değerlerinin 1 yıllık ortalaması 1938 K/yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca yine 11 yıllık verilerin ortalaması alındığında yılın 365 gününün ortalama 192 günü ısıtma ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ısıtma derece gün değeri 2008 yılı ocak ayında 492 K/gün ile en düşük ısıtma derece gün değeri ise 22 K/gün ile 2009 yılı ekim ayında gerçekleşmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre yapıya uygulanan yalıtımın kalınlığının artması ısıtma için gerekli olan enerji ihtiyacını sürekli düşürmektedir ancak yalıtım kalınlığının artması ile gelen maliyet yükü yakıttan tasarruf edilen maliyeti belli bir noktaya kadar hızlı bir şekilde düşürmekte daha sonra bu düşüş oranı azalmaktadır. Yani toplam maliyet bir noktaya kadar düşmekte daha sonra artma eğilimi göstermektedir. Bu yüzden yalıtım kalınlığının sürekli artması bize bir noktaya kadar kar getirmekte bu noktadan sonra ise fizibil olmamaktadır. Bu nokta optimum yalıtım kalınlığının olduğu noktadır. Bu yüzden yeni bir bina inşaatı yapılırken binanın yapısı, yalıtım malzemesinin cinsi, yalıtım ve yakıt maliyetleri değerlendirilerek mutlaka optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapıp yapılacak olan yalıtımın kalınlığı ve cinsi için seçim yapılmalıdır.

Farklı yalıtım malzemelerinin yıllık ısıtma maliyeti, tasarruf miktarı, geri ödeme süresi, izolasyon maliyetlerini birbiriyle karşılaştırdığımızda taş yünü yatırım maliyeti, yıllık ısıtma maliyeti ve geri ödeme süresi bakımından en yüksek yalıtım malzemesidir. XPS yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı yüksek olmasına rağmen yatırım maliyeti yüksek olduğu için geri ödeme süresi yine yüksek kalmaktadır. 16 kg/m<sup>3</sup> EPS yıllık ısıtma maliyeti en düşük olan malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır ancak ısı iletim katsayısı XPS ve 20 kg/m<sup>3</sup> EPS'ye göre yüksek olduğu için geri ödeme süresini arttırmaktadır. 20 kg/m<sup>3</sup> EPS yıllık ısıtma maliyeti 16 kg/m<sup>3</sup> EPS'ye göre biraz artmasına rağmen tasarruf miktarının yüksek olması ve geri ödeme süresi en düşük olan yalıtım malzemesi olduğu için Düzce ilinde yapılacak binalar için en uygun yalıtım malzemesinin 20 kg/m<sup>3</sup> EPS olduğu tespit edilmiştir.

Tuğla ve gaz beton duvarlar için yapılan hesaplamalara göre tuğla duvarı kaplayan yalıtım malzemelerinin optimum kalınlık değerleri  $50 \text{ kg/m}^3$  taş yünü,  $16 \text{ kg/m}^3$  EPS,  $20 \text{ kg/m}^3$  EPS ve  $24 \text{ kg/m}^3$  XPS için sırasıyla 4,29 cm, 4,83 cm, 4,43 cm ve 3,92 cm olarak bulunmuştur. Aynı yalıtım malzemeleri gaz beton duvar için hesaplamaya katıldığında ise optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 1,85 cm, 2,47 cm, 2,3cm ve 1,97 cm olarak bulunmuştur. Gaz beton duvarın ısı iletim katsayısının tuğlaya göre daha düşük olması optimum yalıtım kalınlıklarının da düşmesine sebep olmuştur. Ancak gaz beton duvar için 1,85cm – 2,47 cm arasında değişen optimum yalıtım kalınlıklarının bulunması 20 cm kalınlığındaki gaz beton duvarın binanın yalıtımı için tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Gaz beton duvarın tuğla duvara göre optimum yalıtım malzemesi kalınlıklarını düşürmesinden dolayı yalıtım malzemesi gibi davrandığı sonucuna ulaştık. Bu sonuçtan yola çıkarak  $1 \text{ m}^3$  fiyatı işçilik dahil 300 TL ve lambda değeri 0,19 olan gaz beton duvar için optimum gaz beton kalınlığı hesabı yaptık. Gaz beton duvarın ömrü 50 yıl alınarak yalıtım malzemesi kullanılmadığı takdirde optimum gaz beton duvar kalınlığı 0,351 m olarak bulunmuştur. Yani duvar malzemesi olarak 35,1 cm gaz beton kullanıldığında yalıtım malzemesine ihtiyaç bulunmamaktadır.

8 kompozit duvar tipinden elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeye göre tuğla duvar ve 4cm yalıtım malzemesi kullanılan kompozit duvar tiplerinde düşük yalıtım kalınlığından ötürü enerji kaybı yüzde 1,3 ve 3,45 oranlarında olduğu için yalıtım kalınlıklarının optimum izolasyon değerlerine yükseltilmesi tavsiye edilmemektedir. Ancak gaz beton duvar ve yalıtımsız kompozit duvar tiplerinde optimum izolasyon değerleri ile yalıtım yapıldığında yüzde 43,01 ile 48,54 oranlarında enerji tasarrufu edileceğinden ayrıca duvarlar ile birlikte binanın dış yüzeye bakan kolon-kiriş bölümleri de yalıtılacağından ve enerji tasarrufu daha da artacağından dolayı gaz beton duvar ile inşa edilmiş ve bu çalışmada özellikleri tanımlanmış olan 5, 6, 7 ve 8 nolu kompozit duvar tiplerinde yalıtım yapılması tavsiye edilmektedir. Yapılan çalışmada sadece yakıt değerleri göz önüne alınarak enerji ekonomisi ele alınmıştır.

Tezimizde hesaplanan Düzce ili için son 11 yılın ortalama sıcaklık değerleri ile TS 825 uzun yıllar sıcaklık değerlerini karşılaştırdığımızda; 11 yılın sıcaklık ortalamalarında TS 825 sıcaklık değerlerine göre Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında artış olmuş, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise azalma olmuştur. Sıcaklık değerlerindeki bu değişim küresel ısınmanın mevsimsel sıcaklık değerlerini etkilediğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Aylar arasındaki sıcaklık farklarına

baktığımızda en fazla sıcaklık artışı 0,5 derece ile Ekim ayında olmuş, en fazla sıcaklık azalması ise 0,4 derece ile Nisan ayında olmuştur.

Çalışmamızda ifade edilen 5 farklı bina yapısı için TS 825 uzun yıllar sıcaklık değerlerine göre yapılan yıllık ısıtma enerji ihtiyacı hesabı Düzce ili 11 yıllık sıcaklık değerleri ortalamasına göre yapıldığında ise; yıllık ısıtma enerji ihtiyacı TS 825 verilerine göre azalma göstermiştir. Bu düşüşün sebebi kış aylarındaki ortalama sıcaklık değerlerinin artmasından kaynaklanmaktadır.



## 7. KAYNAKÇA

- [1] S. Ülker, “Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkileri,” Yüksek lisans tezi, Mimarlık, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [2] D. İşbilir, “Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ve sorunlarının araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Mimarlık, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2009.
- [3] D. Paralı, “Bina duvarlarına uygulanan ısı yalıtım malzemelerinin incelenmesi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2009.
- [4] T. Akyol, “Binaların ısı yalıtımında enerji ve ekserji analizi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye, 2006.
- [5] C. Çamur, “Isı yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemiyle çevresel etkilerinin değerlendirilmesi,” Yüksek lisans tezi, Mimarlık, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.
- [6] G. Bayer, “Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve örnek bir projede ısı yalıtım maliyet analizi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.
- [7] R. Yılmaz, “Betonarme karkas yapılarda kolon ve kirişlerdeki ısı kayıplarının önlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.
- [8] A. Satman ve N. Yalçınkaya, “Heating and cooling degree-hours for Turkey,” Energy, c. 24, s. 10, ss. 833-840, 1999.
- [9] Ş. Söğüt, “TS 825’e göre uygun yalıtım kalınlıkları tayini ve yalıtım sağlanan yapı bileşenlerinin yalıtımsız duruma göre karşılaştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2018.
- [10] E. Çallı, “Boru yalıtımı uygulamalarında ısıtma derece günlere göre optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufu,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye, 2016.
- [11] M. Gençer, “Yalıtımlı ve yalıtımsız binaların enerji analizinin karşılaştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye, 2015.
- [12] İ. Fırat, “Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtım uygulamaları ve ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisinin ekonomik analizi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 2013.

- [13] M. Kocagül, “Isı yalıtımında ideal yalıtım malzemesi kullanılmasının deneysel araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2013.
- [14] N. Şişman, E. Kahya, N. Aras ve H. Aras, “Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof for Turkey’s different degree-day regions,” *Energy*, c. 35, s. 10, ss. 5151-5155, 2007.
- [15] H. Moran, “Farklı derece gün bölgelerine göre optimum yalıtım kalınlığının yatırım-tasarruf yöntemine göre hesaplanması ve çevresel etki analizi,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, 2018.
- [16] M. E. Arslaner, “Türkiye’nin farklı derece gün bölgelerinde yer alacak örnek bir konut için uygun mekanik tesisat sisteminin tayini,” Yüksek lisans tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji, Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2018.
- [17] B. Tanriverdi, “TS 825 2. derece gün bölgesinde yer alan illerin ısıtma ve soğutma derece gün bölgelerine göre değerlendirilmesi,” Yüksek lisans tezi, Enerji Bilim ve Teknoloji, Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2015.
- [18] Ö. Kaynaklı, S. Özdemir ve M. İ. Karamangil “Güneş ışınımı ve duvar yönü dikkate alınarak optimum ısı yalıtım kalınlığının belirlenmesi,” *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 27, s. 2, ss 367-374, 2012.
- [19] Milli Eğitim Bakanlığı. (2011, 18 Eylül). Kimya teknolojisi ve ısı transferi. Milli Eğitim Bakanlığı [Online]. Erişim: <http://www.adeva.com.tr/document/teknik/yangin/Isi-Transferi.pdf>.
- [20] Prof. Dr. Alpin Kemal Dağsöz, “Çok ve tek katlı binalardaki ısı kayıpları,” Türkiye’de yapıların yalıtımı ve yalıtım sanayiinin durumu, 1. baskı. İstanbul, Türkiye: İTO yayınları, 1999, böl. 10, ss. 84-85.
- [21] S. Şensoy, R. Sağır, M. Eken ve Y. Ulupınar. (2019, 09 05). Türkiye uzun yıllar ısıtma ve soğutma derece gün değerleri [Online]. Erişim: [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/isitma\\_sogutma.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/isitma_sogutma.pdf).
- [22] B. B. Ekici, A. Gülten ve U. T. Aksoy, “A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey,” *Applied Energy*, c. 92, s. 10, ss. 211-217, 2012.
- [23] A. Bolattürk, “Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey,” *Energy and Building*, c. 43, s. 6, ss. 1055-1064, 2008.
- [24] Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. (2019, 13 Mayıs). Enflasyon verileri. [Online]. Erişim: <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Enflasyon+Verileri/Tuketici+Fiyatlari>.
- [25] Ö. Kaynaklı, “Optimum thermal insulation thicknesses and payback periods for building walls in Turkey,” *Journal of Thermal Science and Technology*, c. 33, s. 8, ss. 45-55, 2013.

- [26] A. Yıldız, G. Gürlek, M. Erkek ve N. Özbalta, “Economical and environmental analyses of thermal insulation thicknesses in buildings,” *Isı ve Bilim Tekniği*, c. 28, s. 2, ss. 25-34, 2008.
- [27] Türk Standartları Enstitüsü. (2018, 18 Kasım). Binalarda ısı yalıtım kuralları [Online]. Erişim: [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/cf3e258fbdf3eb7\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/cf3e258fbdf3eb7_ek.pdf).
- [28] J. Lstiburek, “Hygrothermal climate regions, interior climate classes and durability,” *Proceedings of the Eighth Conference on Building Science And Technology*, c. 34, s. 21, ss. 319-329, 2001.
- [29] Ö. A. Dombaycı, “Degree-days maps of Turkey for various base temperatures,” *Energy*, c. 34, s. 11, ss. 256-258, 2009.
- [30] O. Büyükalaca, H. Bulut ve T. Yılmaz, “Türkiye’nin bazı illeri için derece gün değerleri,” 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresinde sunuldu, Sakarya, 1999.
- [31] Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2019, 10 Mayıs). Düzce iklim ve bitki örtüsü. [Online]. Erişim: <https://duzce.ktb.gov.tr/TR-211369/iklimi-ve-bitki-ortusu.html>.
- [32] İnşaat Mühendisleri Odası. (2019, 06 Mayıs). Binalarda ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri. [Online]. Erişim: [http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17182\\_44\\_51.pdf](http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17182_44_51.pdf).

## 8. EKLER

**EK 1:** En büyük ve en küçük  $A_{top}/V_{brüt}$  oranları için ısıtma enerjisi değerleri.

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$	19,2	56,7	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1,DG} =$	6,2	18,2	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
2. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$	38,4	97,9	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2,DG} =$	12,3	31,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
3. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$	51,7	116,5	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3,DG} =$	16,6	37,3	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl
4. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$	67,3	137,6	kWh/m <sup>2</sup> ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4,DG} =$	21,6	44,1	kWh/m <sup>3</sup> ,yıl

**EK 2:** Bölgeler ve ara değer  $A_{top}/V_{brüt}$  oranlarına bağlı olarak sınıflandırılan Q'nun hesaplanması.

1. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
2. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 70 \times A/V + 24,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
3. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]
4. Bölge	$A_n$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$ [kWh/m <sup>2</sup> ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$ [kWh/m <sup>3</sup> ,yıl]



**EK 3:** Bölgeler göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri.

	$U_D$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_t$ (W/m <sup>2</sup> K)	$U_P^*$ (W/m <sup>2</sup> K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4



**EK 4:** Bazı pencere sistemlerinin  $U_p$  değerleri.

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısı geçirgenlik ( $U_p$ ) katsayıları $W/m^2K$		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE			
			ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)			
			6	9	12	16	6	9	12	16
	DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
D O Ğ R A M A  T İ P İ	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

**EK 5:** Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri.

	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	22
11	Hastaneler	
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

**EK 6:** Farklı derece gün bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri.

	<b>1. Bölge</b>	<b>2. Bölge</b>	<b>3. Bölge</b>	<b>4. Bölge</b>
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

**EK 7: İller göre derece gün bölgeleri.**

<b>1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>			
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE
ANTALYA	HATAY	İZMİR	
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler</b>			
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARIS(Muğla)
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)
GÖKOVA (Muğla)			

<b>2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>				
SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ	RİZE	TRABZON
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARDİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞİRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler</b>				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler</b>				
ABANA(Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		

<b>3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>			
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ÉLAZİĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	İSPARTA	KÜTAHYA	
<b>İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)		
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)	
<b>İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler</b>			
TOSYA (Kastamonu)			

<b>4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ</b>			
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ	
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ	
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVAS	
BITLİS	KARS	VAN	
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT	
<b>İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler</b>			
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)	
<b>İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler</b>			
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)	

Not - Ek'te adı bulunmayan yerleşim birimleri, bağlı buldukları belediyenin bölgesinde sayılır.

**EK 8:** Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıını şiddeti değerleri.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
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



**EK 9:** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
1	<b>DOĞAL TAŞLAR</b>			
1.1	Kristal yapı ılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)	> 2800	3,5	10000
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	200 / 250
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	2600	2,3	200 / 250
1.4	Granit	< 1600	0,55	15 / 20
1.5	Bazalt	2500-2700	2,8	10000
1.6	Mermer	2700-3000	3,5	10000
1.7	Alçı taşı	2800	3,5	10000
1.8	Yapay taşlar	< 2600	2,3	200 / 250
1.9	Arduvaz	< 2600	2,3	200 / 250
2	<b>DOĞAL ZEMİNLER (doğal nemlilikte)</b>			
2.1	Kum, kum-çakıl	1700-2200	2,0	50
2.2	Kil, alüvyon	1200-1800	1,5	50
3	<b>DÖKME MALZEMELER (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)</b>			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,70	3
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤ 1000	0,19	3
3.3	Yüksek fırın cürufu	≤ 600	0,13	3
3.4	Kömür cürufu	< 1000	0,23	3
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤ 1200 < 1500	0,22 0,27	3 3
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS EN 14316-1)	≤ 100 100 < 400	0,060 0,16	3 3

**EK 9 (Devam ) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤ 200	0,055	3
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,050	3
3.9	Testere ve planya talaşı	200	0,070	2
3.10	Saman	150	0,058	3
4	<b>SIVALAR, ŞAPLAR VE DİĞER HARÇ TABAKALARI</b>			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	1,0	15 / 35
4.2	Çimento harcı	2000	1,60	15 / 35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,51	10
4.5	Alçı harçlı şap	2100	1,20	15 / 35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15 / 35
4.7	Dökme asfalt kaplama	2100	0,70	50000
4.8	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
4.10	Isı yalıtım sıvaları (TS EN 998-1'e uygun)			
	Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar		0,070	
	Isıl iletkenlik grubu 080 olan sıvalar	≥ 200	0,080	5/20
	Isıl iletkenlik grubu 090 olan sıvalar		0,090	
	Isıl iletkenlik grubu 100 olan sıvalar		0,100	
4.11	Reçine ile uygulanan sıva	1 100	0,70	50/200
5	<b>BETON YAPI ELEMANI</b> (Bu bölümde yer alan elemanlar tek başına bir yapı elemanını ifade etmektedir. Yapı elemanının bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda $\lambda_h$ değerleri Sıra no: 7 'den alınmalıdır.)			



**EK 9 (Devam) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_n$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
5.1	Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar Donatılı Donatısız	2400	2,50	80 - 130
		2200	1,65	70 / 120
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla <sup>6)</sup>	800	0,39	70 / 150
		900	0,44	70 / 150
		1000	0,49	70 / 150
		1100	0,55	70 / 150
		1200	0,62	70 / 150
		1300	0,70	70 / 150
		1400	0,79	70 / 150
		1500	0,89	70 / 150
		1600	1,00	70 / 150
		1800	1,30	70 / 150
		2000	1,60	70 / 150
5.2.2	Sadece genişletilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) <sup>6)</sup>	300	0,10	70 / 150
		400	0,13	70 / 150
		500	0,15	70 / 150
		600	0,19	70 / 150
		700	0,21	70 / 150
		800	0,24	70 / 150
		900	0,27	70 / 150
		1000	0,30	70 / 150
		1200	0,35	70 / 150
		1400	0,42	70 / 150
		1600	0,49	70 / 150
5.3	Tuvenan hâlindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600	0,81	3-10
		1800	1,10	3-10
		2000	1,40	5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuartz kumu katılmadan yapılmış betonlar <sup>6)</sup>	600	0,22	5-15
		700	0,26	5-15
		800	0,28	5-15
		1000	0,36	5-15
		1200	0,46	5-15
		1400	0,57	5-15
		1600	0,75	5-15
		1800	0,92	5-15
2000	1,20	5-15		
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar	400	0,12	5-15
		450	0,13	5-15
		500	0,15	5-15
		550	0,16	5-15
		600	0,18	5-15
		650	0,19	5-15
		700	0,20	5-15

**EK 9 (Devam ) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_n$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
		750 800 900 1000 1100 1200 1300	0,22 0,24 0,27 0,32 0,37 0,41 0,47	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400 600 800 1000 1200	0,14 0,19 0,25 0,35 0,44	5-15 5-15 5-15 5-15 5-15
5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	600 700	0,14 0,17	5-15 5-15
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dâhil)	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 900 1000	0,11 0,13 0,15 0,15 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25 0,29 0,31	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6	YAPI PLAKALARI VE LEVHALAR			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS EN 771-4'e uygun plakalar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	400 500 600 700 800	0,20 0,22 0,24 0,27 0,29	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350 400 450 500 550 600 650 700 750 800	0,11 0,13 0,15 0,16 0,18 0,19 0,21 0,22 0,24 0,25	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

**EK 9 (Devam) :** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
6.2	Hafif betondan duvar plakaları	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dâhil) (TS 451 EN 12859, TS EN 520, TS 1474'e uygun)	750 900 1000 1200	0,35 0,41 0,47 0,58	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS EN 13169'a uygun)	600 750 900	0,29 0,35 0,41	5 / 10 5 / 10 5 / 10
6.5	Alçı karton plakalar (TS EN 520'ye uygun)	800	0,25	8 / 25
7	<b>KÂĞIR DUVARLAR (harç fugaları- derzleri dâhil)</b>			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik klinker (TS 2902)	1800 2000 2200 2400	0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.2	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96 1,20 1,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,32 0,33 0,35 0,36 0,38 0,39 0,41 0,42 0,44 0,45	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> 'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000	0,27 0,28 0,30 0,31 0,33 0,34 0,36 0,37 0,38 0,40	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			

**EK 9 (Devam) :** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>	
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,22	5 / 10	
		600	0,23	5 / 10	
		650	0,23	5 / 10	
		700	0,24	5 / 10	
		750	0,25	5 / 10	
		800	0,26	5 / 10	
		850	0,26	5 / 10	
		900	0,27	5 / 10	
		950	0,28	5 / 10	
		1000	0,29	5 / 10	
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> 'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5 / 10	
		600	0,20	5 / 10	
		650	0,20	5 / 10	
		700	0,21	5 / 10	
		750	0,22	5 / 10	
		800	0,23	5 / 10	
		850	0,23	5 / 10	
		900	0,24	5 / 10	
		950	0,25	5 / 10	
		1000	0,26	5 / 10	
7.1.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600	0,33	5 / 10	
		700	0,36	5 / 10	
		800	0,39	5 / 10	
		900	0,42	5 / 10	
		1000	0,45	5 / 10	
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun)	700	0,35	5 / 10	
		800	0,40	5 / 10	
		900	0,44	5 / 10	
		1000	0,50	5 / 10	
		1200	0,56	5 / 10	
		1400	0,70	5 / 10	
		1600	0,79	15 / 25	
		1800	0,99	15 / 25	
7.3	Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun)	7.3.1 Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	400	0,20	5 / 10
			450	0,21	5 / 10
			500	0,22	5 / 10
			550	0,23	5 / 10
			600	0,24	5 / 10
			650	0,25	5 / 10
			700	0,27	5 / 10
			800	0,29	5 / 10
		7.3.2 TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> 'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	350	0,11	5 / 10
			400	0,13	5 / 10
			450	0,15	5 / 10
			500	0,16	5 / 10
			550	0,18	5 / 10
			600	0,19	5 / 10
			650	0,21	5 / 10
			700	0,22	5 / 10
			750	0,24	5 / 10
800	0,25	5 / 10			

**EK 9 (Devam ) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) <sup>5)</sup>	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,31 0,32 0,33 0,34 0,35 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 10 / 15 10 / 15 10 / 15
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,28 0,29 0,30 0,31 0,32 0,33 0,36 0,39 0,42 0,49 0,57 0,62 0,68 0,74	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 10 / 15 10 / 15 10 / 15
7.4.3	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> 'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	0,23 0,24 0,25 0,26 0,27 0,28 0,30 0,32 0,35	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.4.4	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450 500 550 600 650 700 800 900 1000	0,18 0,20 0,21 0,22 0,23 0,25 0,27 0,30 0,32	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10
7.4.5	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> 'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW	450 500 550 600	0,16 0,17 0,18 0,19	5 / 10 5 / 10 5 / 10 5 / 10

**EK 9 (Devam) :** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çesidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>		
7.4.6	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın yapılmış bloklarla) (TS EN 14316-1'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla <sup>6)</sup> )	türü bloklarla)	650	0,20	5 / 10	
		700	0,21	5 / 10		
		800	0,23	5 / 10		
		900	0,26	5 / 10		
		1000	0,29	5 / 10		
		500	0,26	5 / 10		
		600	0,29	5 / 10		
		700	0,32	5 / 10		
		800	0,35	5 / 10		
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar					
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)					
7.5.1.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,28	5 / 10		
		500	0,29	5 / 10		
		550	0,31	5 / 10		
		600	0,32	5 / 10		
		650	0,34	5 / 10		
		700	0,36	5 / 10		
		800	0,41	5 / 10		
		900	0,46	5 / 10		
		1000	0,52	5 / 10		
		1200	0,60	5 / 10		
		1400	0,72	5 / 10		
		1600	0,76	5 / 10		
			1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,			
			1 sıra boşluklu; genişlik 150 mm,			
			1 sıra boşluklu; genişlik 175 mm,			
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm,					
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,					
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,					
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 425 mm,					
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda					
7.5.1.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m <sup>3</sup> ün altında olan harç kullanılarak hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)					
	450	0,23	5 / 10			
	500	0,25	5 / 10			
	550	0,27	5 / 10			
	600	0,28	5 / 10			
	650	0,30	5 / 10			
	700	0,32	5 / 10			
	800	0,36	5 / 10			
	900	0,40	5 / 10			
	1000	0,52	5 / 10			
	1200	0,60	5 / 10			

**EK 9 (Devam ) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
7.5.2	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	1400 1600	0,72 0,75	5 / 10 5 / 10
7.5.2.1	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun) 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm , 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm, 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm, olan bloklarda	<1800	0,92	20 - 30
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm, 3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm, olan bloklarda	<1800	1,3	20 - 30
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar Taşın birim hacim kütlesi ; < 1600 kg/m <sup>3</sup> > 1600, < 2000 kg/m <sup>3</sup> > 2000, < 2600 kg/m <sup>3</sup> > 2600 kg/m <sup>3</sup>		0,81 1,16 1,74 2,56	
8	<b>AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ</b>			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 4645 EN 636), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS EN 309, TS EN 12369-1)	700	0,13	50 / 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
8.2.3.1	Sert (TS 64-2 EN 622-2'ye uygun) ve orta sert (TS 64-3 EN 622-3'e uygun) odun lifi levhalar	600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70

**EK 9 (Devam) :** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_n$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	< 200 < 300	0,046 0,058	5 5
9	<b>KAPLAMALAR</b>			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1200	0,17	800-1000
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama > 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar) Bitümlü karton Cam tülü armatürlü bitümlü pestil 0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	1100 1200 900 2000 2000-5000	0,19 0,19 0,19 0,19 0,19	2000 14000 100000 14000 20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve folyolar Polietilen folyo PVC örtü PIB polyisobütülen örtü ECB etilen kopolimer örtü EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1000 1200 1600 1000 1200	0,19 0,19 0,26 0,19 0,30	80000 42000 300000 80000 100000
10	<b>ISI YALITIM MALZEMELERİ</b>			
10.1	Ahşap yünü levhalar TS EN 13171 16) Kalınlık d < 25 mm Kalınlık d ≥ 25 mm Isıl iletkenlik grupları  065 070 075 080 085 090	460-650    360-460	0,150   0,065 0,070 0,075 0,080 0,085 0,090	2-5   2-5
10.2	Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler			



**EK 9 (Devam ) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>
10.2.1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(>45)	0,035 0,040	30-100
10.2.2	Reçine - formaldehit köpüğü (UF) – (DIN 18159-2'ye uygun) Isıl iletkenlik grupları 035 040	(≥10)	0,035 0,040	1-3
10.3	Sentetik köpük malzemeler			
10.3.1	Genleştirilmiş polistiren köpük (PS) levhalar			
10.3.1.1	Polistiren – Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun  Isıl iletkenlik grupları 035 040	≥ 15 ≥ 20 ≥ 30	0,035 0,040	20-50 30-70 40-100
10.3.2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar			
10.3.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun Isıl iletkenlik grupları 030 035 040	(≥ 25)	0,030 0,035 0,040	80-250
10.3.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü -TS 11989 EN 13164'e uygun - Bina su yalıtımının dış tarafında 8) örneğin çatı örtüsünün 9) Isıl iletkenlik grupları 030 035 040	(≥ 30)	0,030 0,035 0,040	80-250
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük (TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun)  Isıl iletkenlik grupları 025 030 035 040	(≥ 30)	0,025 <sup>15)</sup> 0,030 0,035 0,040	30-100
10.4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			
10.4.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun			

**EK 9 (Devam) :** Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çşidi	Birim hacim kütlesi <sup>1,2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Isıl iletkenlik hesap değeri $\lambda_h$ <sup>3)</sup> W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu$ <sup>4)</sup>		
10.5	Isıl iletkenlik grupları 030 035 040 045	(≥ 30)	0,030 0,035 0,040 0,045	10-50		
	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 10) 'ye uygun					
	Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050		(8-500)		0,035 0,040 0,045 0,050	1
	10.6 Cam köpüğü					
10.6.1 Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun						
Isıl iletkenlik grupları 045 050 055 060	(100-150)	0,045 0,050 0,055 0,060		11)		
10.6.2 Cam köpüğü - bina su yalıtımının dış tarafında						
Isıl iletkenlik grupları 045 050 055		(110-150)	0,045 0,050 0,055		11)	
10.7 Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun						
Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050 055 060 065 070	(110-450)		0,035 0,040 0,045 0,050 0,055 0,060 0,065 0,070	5		
10.8 Mantar yalıtım malzemeleri						
Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun						
Isıl iletkenlik grupları 045 050 055		(80-500)	0,045 0,050 0,055		5-10	

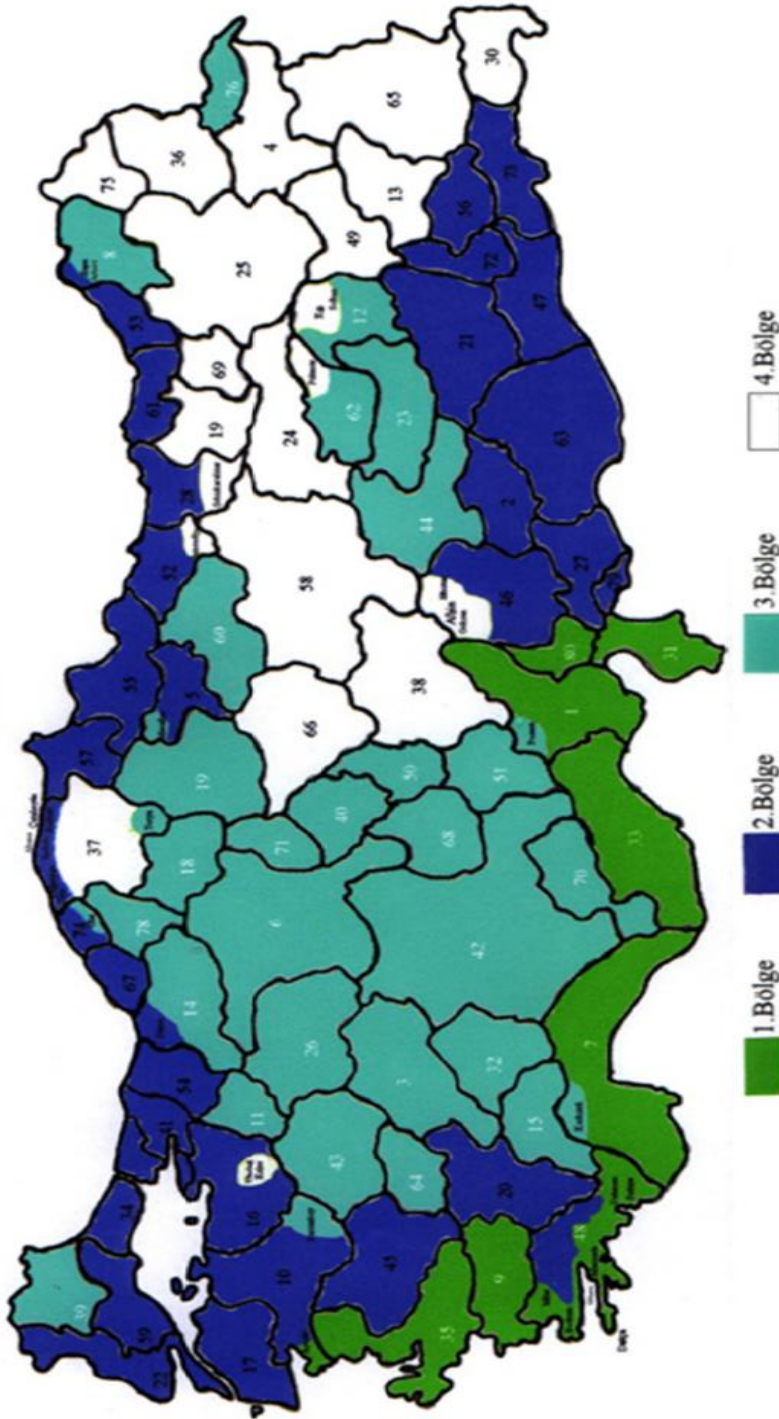
1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri, bir yapı malzeme veya bileşeninin gerçek birim hacim kütesinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısı iletkenlik hesap değeri, esas malzemenin (meselâ, tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütesine (varsa içindeki boşluk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

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

**EK 9 (Devam) : Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısı iletkenlik hesap değeri ve su buharı difüzyon direnç faktörü.**

- 3) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (meselâ döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısı iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısı geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.
- 4) Mü ( $\mu$ ) değerlerinin kullanımı ile ilgili olarak malzeme imalatçısının TSE belgeli tek değer olarak beyanı yok ise, yapı bileşenleri için her durumda verilen aralık değerlerinden küçük olanı alınır ve hesaba katılır. İläve olarak, bina kabuğunun dış tarafında yer alan malzemeler için " $\mu$ "nün değeri olarak verilen büyük değer alınabilir. Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.
- 5) TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu  $1000 \text{ kg/m}^3$ 'ün altında olan hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek'te; TS 406 kapsamında yer alan briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri  $0,06 \text{ W/mK}$  kadar azaltılabilir.
- 6) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısı iletkenlik hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 artırılarak uygulanır.
- 7) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısı iletkenlik hesap değerine sahip malzemeden meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanın ısı iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alan/uzunlukları dikkate alınarak ısı geçirgenlik dirençleri hesaplanır, böylece yüzey yüzde (%) veya uzunluk yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısı iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurulur hesaplanır.
- 8) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, toprak temaslı perde duvar yalıtımında,  $WD^{12)}$  veya  $WS^{13)}$  tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
  - Isı yalıtım plakalarının her iki yüzünde zırlı olmalıdır.
  - Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda  $> 0,30 \text{ N/mm}^2$  (300 kPa) olmalıdır.
  - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı  $50^\circ\text{C}$  ilâ  $1^\circ\text{C}$  arasında % 3'ten az olmalıdır.
- 9) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, ters teras çatı yalıtımında,  $WD^{12)}$  veya  $WS^{13)}$  tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
  - Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda  $> 0,30 \text{ N/mm}^2$  (300 kPa) olmalıdır.
  - TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı  $50^\circ\text{C}$  ilâ  $1^\circ\text{C}$  arasında % 3'ten az olmalıdır.
  - Isı yalıtım levhalarının kenar profili binili (lâmbalı) olmalıdır.
- 10) Ses yalıtım malzemelerinin ambalajlarının üzerinde ısı iletkenlik grup değerleri verilmelidir.
- 11) Pratik buhar geçirmezliği değeri  $S_d$   $1500 \text{ m}^2$ 'dir (TS EN 12086 veya TS EN ISO 12572).
- 12) **WD:** Darbe ses yalıtımının aranmadığı yüke maruz kalan döşemelerde veya sıcak çatılarda nefes alan su yalıtım membranı altında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.
- 13) **WS:** Özel uygulamalar için yüke maruz kaldığında daha büyük dayanım değerlerine sahip olan ısı yalıtım malzemeleri (örneğin otopark katlarında).
- 14) Bu Ek'in 10'uncu maddesinde verilen ısı iletkenlik grubu tayini ile belirlenecek olan malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerinin ara değerlerde olması halinde, kendisinden büyük olan ilk grupta olduğu varsayılır ve hesaba katılır.
- 15) Sadece iki tabaka arasına püskürtme metoduyla yapılan uygulamalar için kullanılır.
- 16) Kalınlığı  $15 \text{ mm}$ 'den küçük olan ahşap yünü levhalar, ısı iletkenlik hesaplamalarında dikkate alınmaz.

**EK 10 : Derece gün bölgelerine göre illerimiz**



01- ADANA	10- BALIKESİR	19- ÇORUM	28- GİRESUN	37- KASTAMONU	46- K. MARAŞ	55- SAMSUN	64- UŞAK	73- ŞIRNAK
02- ADIYAMAN	11- BİLECİK	20- DENİZLİ	29- GÜMÜŞHANE	38- KAYSERİ	47- MARDİN	56- SIIRT	65- VAN	74- BARTIN
03- AFYON	12- BİNGÖL	21- DİYARBAKIR	30- HAKKARİ	39- KIRKLARELİ	48- MUĞLA	57- SINOP	66- YOZGAT	75- ARDAHAN
04- AĞRI	13- BİTLİS	22- EDİRNE	31- HATAY	40- KİRŞEHİR	49- MUŞ	58- SİVAS	67- ZONGULDAK	76- İĞDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIĞ	32- İSPARTA	41- KOCAELİ	50- NEVSEHİR	59- TEKİRDAĞ	68- AKSARAY	77- YALOVA
06- ANKARA	15- BURDUR	24- ERZİNCAN	33- İÇEL	42- KONYA	51- NİĞDE	60- TOKAT	69- BAYBURT	78- KARABÜK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- İSTANBUL	43- KÜTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KILIS
08- ARTVİN	17- ÇANAKKALE	26- ESKİŞEHİR	35- İZMİR	44- MALATYA	53- RİZE	62- TUNCELİ	71- KIRIKKALE	80- OSMANIYE
09- AYDIN	18- ÇANKIRI	27- GAZİANTEP	36- KARS	45- MANİSA	54- SAKARYA	63- ŞANLIURFA	72- BATMAN	81- DÜZCE

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hasan SAYEBAN

Doğum Tarihi ve Yeri : 10.05.1984 Düzce

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : hasansayeban@hotmail.com

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Tesisat Teknolojisi Öğretmenliği	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	2008
Lise		Düzce Anadolu Öğretmen Lisesi	2002