



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ISI YALITIM
MALZEMELERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ
ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

İlknur ÖGETÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Haziran 2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

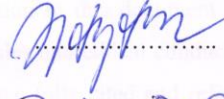
İlknur ÖGETÜRK tarafından hazırlanan “Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması 14/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

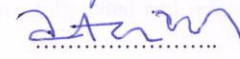
Başkan

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN



Danışman

Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN



Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Sahnaz EĞREK
FBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İlknur ÖGETÜRK

Tarih: 08.07.2019

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin
Araştırılması****İLKNUR ÖGETÜRK****Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Termodinamik Anabilim Dalı****Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN****2019, 62 Sayfa**

Binaların ısıtılmasında, enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için ısı yalıtımı tasarımı uygulamaları büyük önem kazanmıştır. Termodinamik temellere dayanılarak oluşturulmuş TS 825 ısı yalıtım standardı ile binaların ısıtılmasında enerjinin verimli kullanılması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında Diyarbakır İli Dicle Üniversitesi Kreş Binasında ısı yalıtımı hesabı yapılarak, Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisi araştırılmıştır. Enerji, enerji verimliliği ve bu açıdan binalarda ilk olarak sağlanması gereken ısı yalıtımı konusunun temeli olan termodinamik yasaları incelenmiş, bu yasaların uygulandığı TS 825 standardı hesap metodu ve hesap programı hem tanıtılmıştır, hem de uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. Yalıtım malzemeleri için yıllık ısıtma maliyeti m^2 hesabı sonucu Diyarbakır ili için en uygun yalıtım malzemesinin Fenol sert köpük olduğu görülmüştür. Ancak yalıtım malzemesinin birim fiyatı gözönüne alındığında XPS'nin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: enerji, enerji tasarrufu, ısı yalıtımı, yalıtım malzemesi

ABSTRACT

Investigation of the Effect of Thermal Insulation Materials on Energy Efficiency in Buildings

İLKNUR ÖGETÜRK

Master of Science Thesis, Department of Mechanical Engineering

Advisor: Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

2019, 62 Pages

Thermal insulation design applications have gained great importance in order to provide energy efficiency in the heating of buildings. With the TS 825 thermal insulation standard, which is formed on the basis of thermodynamic principles, it is aimed to use energy efficiently in the heating of buildings.

In this thesis, thermal insulation calculation was made in Dicle University Nursery Building in Diyarbakır province and the effect of thermal insulation materials on energy efficiency in buildings was investigated. Energy, energy efficiency and the thermodynamic laws, which are the basis of thermal insulation, which must be provided in buildings in this respect, have been examined. The annual heating cost for the insulation materials is calculated as the result of m^2 calculation for the most suitable insulation material for the province of Diyarbakır Phenol hard foam. However, considering the unit price of insulating material, XPS was found to be more advantageous.

Keywords: energy, energy-saving, thermal insulation, insulation material

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmamda her konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN ve Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY hocama, maddi manevi yardımlarıyla her zaman yanımda olan arkadaşlarıma ve hayatım boyunca her türlü fedakarlıkta bulunan sevgili aileme teşekkür ediyorum.

İlknur ÖGETÜRK
BATMAN-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	x
SİMGELER ve KISALTMA	xi
1. GİRİŞ	1
2. YALITIM	2
2.1. Isı Yalıtımı.....	3
2.2. Isı Yalıtım Malzemesi	4
2.2.1. Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri.....	6
2.2.1.1. Cam yünü	6
2.2.1.2 Taş yünü.....	7
2.2.1.3 Poliüretan	8
2.2.1.4 Genleştirilmiş polistiren (EPS) ve ekstrude polistiren (XPS).....	9
2.3. Türkiye ve Dünyada Yalıtım	10
2.4. Isı Yalıtımının Uygulandığı Yerler	12
2.5. Binalarda Isı Yalıtımı	12
2.6. Isı Yalıtımın Çevre, Enerji Tasarrufuna Etkileri	14
2.6.1. Isıl yalıtımın çevresel etkileri.....	14
2.6.2. Isı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisi	15
2.7. Yapılarda Isı Yalıtımı İle İlgili Mevzuat	16
2.8. TS. 825'in Amacı	16
3. ENERJİ.....	16
3.1. Enerji Verimliliği ve Türkiye'de Durum.....	16
3.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi	17
3.3. Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Verimliliği Açısından Önemi	17
4. LİTERATÜR TARAMASI	24
5. MATERYAL – METOD	26
5.1. Hesaplama Metodu	27

6. BİNALARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	35
6.1. TS 825'e Göre Yalıtım Yapılmış Örnek Binanın Isı Geçişi Özellikleri	36
6.1.1 Ekstrüde polistiren köpüğü (TS 11989 EN 13164'e uygun);.....	38
6.1.2. Poliüretan sert köpük (TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun);.....	39
6.1.3. Polistren-Partiküler köpük (TS 7316 EN 13163'e uygun);.....	39
6.1.4. Ahşap yünlü levhalar (TSEN 13171 Kalınlık ≤ 25 mm);	39
6.1.5. Poliüretan (PUR) (DIN 18159-1'e uygun);.....	39
6.1.6. Mantar levhalar (TS 304 EN 13170'e uygun);	40
6.1.7. Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi (Camyünü, Taşyünü vb) TS 901 EN 13162'e uygun;.....	40
6.1.8. Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları (TS EN 13168'e uygun);.....	40
6.1.9. Fenol sert köpük (TS EN 13166 uygun);	40
6.2. Malzeme kalınlığının ısı yalıtımı üzerindeki etkisi	41
6.2.1. Ekstrüde polistren köpüğü (TS 11989, EN 13164'e uygun);.....	41
6.2.2. Poliüretan sert köpük (TS 10981, TS EN 13165'e Uygun);	41
6.2.3. Polistiren-Partiküler köpük (TS7316 EN 13163'e Uygun);.....	41
6.2.4. Ahşap yünlü levhalar (TS EN 13171 $d \leq 25$ mm);	41
6.2.5. Poliüretan (PUR)(DIN 18159-1'e Uygun);.....	42
6.2.6. Mantar levhalar (TS304EN 13170'e Uygun);.....	42
6.2.7. Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi (Camyünü, Taşyünü vb) (TS 901 EN 13162'e uygun);	42
6.2.8. Ahşap lifli levhalar (TSEN13168'e Uygun);	42
6.2.9. Fenol sert köpük (TS EN 13166'a Uygun);	43
6.3. Yalıtım Yapılan Alanın Isı Yalıtımı Üzerindeki Etkisi.....	44
6.3.1. Duvarlarda, çatıda, tabanda yalıtım yapıldığında;	44
6.3.2. Dış duvarlardaki yalıtım iptal edilirse;.....	44
6.3.3. Toprak temaslı tabanda yalıtım iptal edilirse;.....	44
6.3.4. Tavanda yalıtım iptal edilirse;.....	44
6.4. Dış Duvarlara Uygulanacak Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi	45
6.4.1. İlk olarak en çok tercih edilen Ekstrüde Polistren Köpüğü (XPS) kullanıldı.46	
6.4.2. Isı yalıtım malzemesi olarak Poliüretan Sert Köpük kullanılarak optimum kalınlık hesabı yapıldığında;.....	46
6.4.3. Son olarak Mineral Lifli Isı Yalıtım Malzemesi kullanıldığında (Camyünü, Taşyünü vb.).....	47
6.5. Şimdi de Yıllık Maliyet Hesabı Yapılarak Diyarbakır İli İçin En Uygun Malzemenin Hangisi Olduğu Belirlenecektir	47
6.5.1. Yalıtım malzemesi olarak XPS kullanıldığında optimum yalıtım kalınlık tespiti.....	47
6.5.2. Poliüretan sert köpük için optimum kalınlık tespiti	49
6.5.3. Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi (Taş yünü, Camyünü gibi) için optimum kalınlık tespiti	49
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	52
KAYNAKLAR	55
EKLER	57
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	Isı yalıtım malzemesi	4
Şekil 2.2.	Cam yünü	6
Şekil 2.3.	Taş yünü	7
Şekil 2.4.	Poliüretan	8
Şekil 2.5.	Genleştirilmiş Polistren	9
Şekil 2.6.	Yapıda bulunan elemanlar.....	13
Şekil 3.1.	Yüksek katlı ve tek katlı binalarda görülen ısı kayıpları.....	19
Şekil 3.2.(a).	Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri	21
Şekil 3.2.(b).	Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri	21
Şekil 3.3.	Yalıtımlı cam kesit	22
Şekil 3.4.	Çatılarda yapılan ısı yalıtım örnekleri	23

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1.	Isı yalıtım malzemelerinden beklenen nitelikler (Kalaycı, 2016).....	5
Çizelge 2.2.	Kişi başına düşen enerji ve yalıtım malzemesi (Şen, 2006).....	11
Çizelge 2.3.	Türkiye’de ve bazı AB ülkelerinde kullanılan kişi başı ısı yalıtım malzemesi tüketimi	13
Çizelge 2.4.	Konutlarda çıkan yıl bazında toplam CO ₂ emisyonları	15
Çizelge 3.1.	Bazı ülkelerdeki enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi değerleri	17
Çizelge 5.1.	Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşıma direnç değerleri)	29
Çizelge 5.2.	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	33
Çizelge 5.3.	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü	34
Çizelge 6.1.	İzoder TS 825 ısı yalıtım programı veri giriş ekranı	38
Çizelge 6.2.	Yalıtım malzemesi kalınlığının tasarruf edilen enerji miktarına etkisi	43
Çizelge 6.3.	Yalıtım malzemesi ve birim fiyat	47
Çizelge 6.4.	Yalıtım kalınlığı U değerleri	48
Çizelge 6.5.	Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler	48
Çizelge 6.6.	Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler	49
Çizelge 6.7.	Yapı malzemesi olarak lifli yalıtım malzemesi kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler	49
Çizelge 6.8.	Yalıtım malzemesi ve yıllık ısıtma maliyeti	50
Çizelge 6.9.	Yalıtım kalınlığı ve maliyet	51
Çizelge 6.10.	Yalıtım malzemelerin Kwh/m ² değerleri	52

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 2.1.	Türkiye enerji tüketim oranları	2
Grafik 2.2.	Binalarda enerji tüketim dağılımı	3
Grafik 3.1.	Avrupa ülkelerinde duvarlarda meydana gelen ısı kayıpları	20
Grafik 3.2.	Avrupa ülkelerinin bazılarında duvarların yalıtım kalınlığı	20
Grafik 6.1.	Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık	48
Grafik 6.2.	Yapı malzemesi olarak mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler ...	50
Grafik 6.3.	XPS, poliüretan sert köpük ve mineral lifli malzeme kullanılan dıştan yalıtımlı duvar için maliyet analizi	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

R	: Isıl geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),
d	: Yapı bileşeninin kalınlığı (m),
λ_h	: Isıl iletkenlik hesap değeri ($W/m.K$)’dir.
$1/U$	: Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),
R_i	: İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$),
R_e	: Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)
$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule),
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Joule),
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K),
Θ_i	: i : Aylık ortalama iç sıcaklık ($^{\circ}C$),
Θ_e	: Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}C$),
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü (birimsiz),
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç kazançlar(sabit alınabilir) (W),
$\Phi_{s,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),
t	: Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400×30) (s)’dir.
Q'	: Bina için olması gereken en büyük ısı kaybı. (kWh/m^2)
Q	: Hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi (kWh/m^2)
U	: Isı Geçirgenlik katsayısı (W / m^2K)
H_u	: Alt ısı değer
C_f	: Fiyat
η	: Isıtma sisteminin verimi
g	: Enflasyon oranı
i	: Faiz oranı
N	: Ömür
C_f	: Yakıt birim fiyatı
k	: Isıl iletkenlik katsayısı
$C_{inş.}$	: Malzeme maliyeti
$R_{t,w}$	: Yalıtımsız duvarın toplam ısı direnci
λ	: ısı iletkenlik değeri

Kısaltmalar

GDF : Gelecek Değer Faktörü

DG = Derece Gün Sayısı

TEEM = Tasarruf Edilen Enerji Miktarı

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusu, hızla gelişen sanayileşme ve kentleşme, enerji tüketimini artıran faktörler arasındadır. Fosil enerji kaynaklarının tükenebilir olması ve bu kaynakların kullanılmasının çevre kirlenmesine yol açması, çevre ve enerji problemlerini beraberinde getirmiş ve dünyada sürdürülebilir temiz enerjinin kullanılması gündemde yer almıştır. Gelişmiş ülkeler enerji, alternatif enerji kaynakları ve enerji tasarrufu verimli kullanımı ile ilgili çeşitli politikalar üretmişlerdir. Kalkınma sürecinde olan Türkiye'de enerji ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır, ancak Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine bakıldığında, enerji üretimimizin bu ihtiyaca cevap veremediği ve aralarındaki farkın enerji ithal ederek giderildiği görülmektedir.

Dünya enerji tüketiminin 2005-2030 arasında %50'den fazla artacağı tahmin edilmektedir, bu artış sanayileşmiş ülkelerde yaklaşık %25 olurken ve gelişmekte olan ülkelerde, özellikle Asya, Orta ve Güney Amerika'da iki kat olarak gerçekleştiği öngörülmektedir.

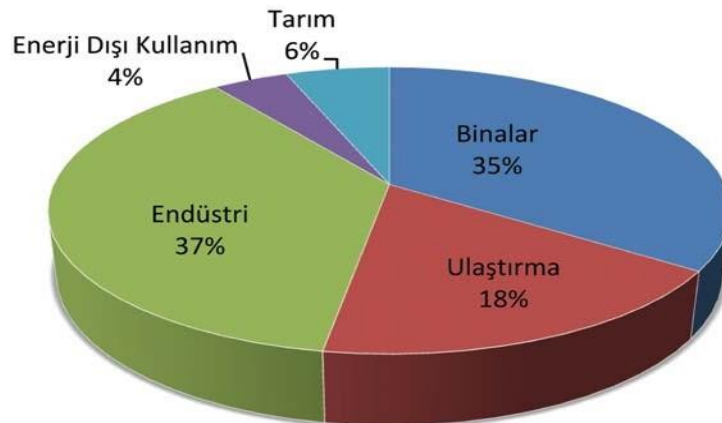
Enerji verimliliği arttırılarak daha az enerji ile daha düşük maliyetle ve çevreye zarar vermeden daha fazla iş üretilebilir. Enerji verimliliğinin arttırılması, bütün sektörler için önemli olduğu gibi, bina sektörü için de önemlidir. Isıtma amaçlı enerji tüketiminin, yaklaşık % 35-40'ı konutlarda yapılmaktadır. Bu sektörlerde yapılacak iyileştirmelerde, enerjinin geri dönüşümü o oranda yüksek olacaktır.

Binalarda ısı yalıtımına gereken önem verilmez, enerji tasarruflu binalar üretilmezse, önümüzdeki yıllarda enerji ve çevre sorunları ile karşı karşıya kalınacağı açıktır. Bu nedenle enerjinin mutlaka tüm sektörlerde verimli kullanılması gerekmektedir. Ülkemiz enerji kaynaklarının giderek azalması, buna karşın enerji tüketiminin artması, enerjinin etkin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Yapılarda ısı yalıtımı ile ısı kaçakları önlendiği için kışın ısıtma giderleri, yazın soğutma giderleri azalır ve enerji tasarrufu sağlanır. Yapı elemanı içindeki ısı tutucu malzemelerin özellikleri ve kullanım yeri binalar için önemlidir. Bunun için yapı elemanı içerisinde yoğunlaşma ve terleme olaylarının olup olmadığı analiz edilmelidir. Özellikle, homojen olmayan ve birkaç malzemenin bir araya geldiği yapı elemanlarında ortaya çıkan sorun, ısı tutucu malzemenin de yer alması ile daha büyük zararlara yol açabilmektedir. Bu amaçla ülkemizde TS.825 "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" mecburi uyulması gereken standart olarak yayınlanmış olmasına rağmen, binalarda ısı yalıtımı uygulamalarına yeterince önem verilmediği görülmektedir. Bu nedenle binalarda ısı yalıtım uygulamaları ve sorunlarının araştırılması önemli bir konudur.

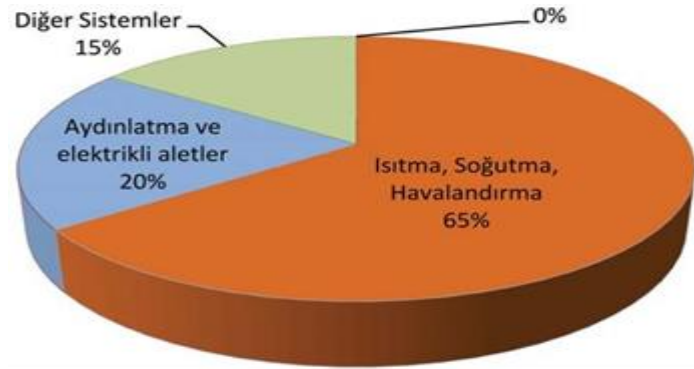
Yapılarda enerji tasarrufuna en büyük katkısı olan faktörün ve kalıcı çözümün ısı yalıtımı uygulamalarının TS 825'e uygun olmaması, bunun yol açtığı sorunları ortaya koyup öneriler getirilmiştir. Isı yalıtımı ile ısı kaçakları önlendiği için ısıtma, soğutma giderleri azaltılır ve enerji tasarrufu sağlanır.

2. YALITIM

Bugün dünyada enerji tasarrufu özellikle yapı sektöründe önemli bir konudur. Gelişmiş ülkelerin hiçbiri, ülkenin enerji darboğazına giriyor şüphesine yanıt olarak, yeni enerji santralleri üretmemiştir. Bunun yerine sektörlerde enerji verimliliğini artırmak için çaba gösterilmiştir. Günümüzde bunun daha karlı olduğu gözlenmiştir. Dahası, enerji tasarrufundaki artışla birlikte, gelişmiş ülkelerde hava kirliliği problemi olmadığı görülmektedir. Bu ülkelerin hemen hemen tamamı, 1973 yılında ilk petrol krizinden bu yana bu stratejiyi uygulayarak ülkenin ekonomilerine önemli katkılar sağlamıştır. Avrupa'da bir binanın yıllık enerji gereksinimi 100 kwh/m^2 'nin çok altına çekilmiştir. Ülkemizde bir binanın yıllık enerji gereksinimi, önceki çalışmaların sonuçlarına göre 200 kwh/m^2 'nin üzerinde yükseldiğini göstermektedir. Bunun ülke ekonomisi üzerindeki olumsuz etkisi açıktır. Buna ek olarak, ülkemizde enerji dar boğazın önemli nedenlerinden biridir. Bu aşırı tüketimi azaltmak için; binalarda, ısı yalıtımı ve doğal veya mekanik havalandırma uygulamasından kaynaklanan ısı kayıplarını azaltmak gerekir.



Grafik 2.1. Türkiye enerji tüketim oranları



Grafik 2.2. Binalarda enerji tüketim dağılımı

Grafik 2.1 ve Grafik 2.2'den de anlaşılacağı üzere enerji tasarrufunda binalarda ısı yalıtımının önemli bir yeri vardır.

2.1. Isı Yalıtımı

Yapılarda ve tesisatlarda ısı kayıp ve kazançlarının azaltılabilmesi ve istenmeyen enerji geçişlerinin önlenmesi için yapılan işlemlerin geneline denmektedir. Sıcaklık etkilerinden yeterli koruma, sağlıklı bir iç iklim ortamının oluşmasını sağlamak, ısıtma binalarında kullanılan enerji miktarını sınırlamak ve enerji tasarrufunu arttırmak la mümkündür. Sıcaklık etkilerinden yeterli koruma, hacmi çevreleyen bina bileşenlerinin yüzeylerinde su buharının yoğunlaşmasını önler. Bileşenlerdeki sıcaklık değişikliklerini azaltır ve bu nedenle yapıdaki hasarı önleyerek yakıt maliyetlerini azaltır, ayrıca binanın bakım ve onarım maliyetlerini de azaltır. Duvarın iç ve dış yüzeylerindeki ısı farklılıklarını en aza indirerek, terleme sonucu oluşan küflenme ve siyah lekelerin oluşmasına mani olur, böylece sıva, boya ve duvar kaplamaları korunmuş olur. Bu etkileri göz önünde bulundurarak, ısı yalıtımının gerekçeleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Yaz aylarında aşırı sıcaktan, kış aylarında ise aşırı soğuktan korumak.
- Bina içerisinde ve duvar yüzeyinde soğuk noktaları önlemek, homojen bir sıcaklık elde etmek.
- Binaların dışını ve yapı elemanlarını büyük ısısal gerilimlerin ve rutubetin tahribinden korumak.

- Yoğuşmayı önlemek ve terasta su yalıtımını ısısal tahribattan korumak.
- Hava kirliliğini azaltmak.
- Gerek ısıtmada gerekse soğutmada (klimada) yakıt ve enerji ve işletim masraflarından tasarruf sağlamak.
- Isı yalıtımı ile ısı kaybı ve kazancı azalacağından ilk yatırım maliyetini azaltmak için gereklidir.

2.2. Isı Yalıtım Malzemesi

Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108' e göre; Taş yünü, Extrude Polistren, Expanded Polistren, Camyünü, Polietilen, Poliüretan, Cam Köpüğü, Fenol Köpüğü gibi ısı iletkenlik değeri (λ) 0,060 kcal/mhC değerinin altında olan malzemelere ısı yalıtım malzemesi (Şekil 2.1), bu değerin üstünde kalan malzemelerin tamamına ise yapı malzemesi denmektedir. (Aydın, 2010).



Şekil 2.1. Isı yalıtım malzemesi

Isı yalıtım malzemeleri çoğunlukla heterojen yapıli malzemelerin bir karışımı olarak; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan ve sadece minimum kalınlıkta yalıtım sağlamak amacıyla üretilmiş yüksek ısıli dirence sahip ürünlerdir. Genel olarak bu ürünlerin yalıtma özelliğini ısı iletim katsayıları belirler. Isı iletim katsayısı ne kadar düşükse, o ürünün yalıtım özelliği o kadar artmaktadır. Isı iletkenlik katsayısını belirleyen en önemli özellik ise malzemelerin gözeneklilik yapısı ve gözenek sayısıdır. Bununla beraber gözeneklerin çok artması ısıli direnci değerini arttırmasına rağmen basınç dayanımını azaltmaktadır (Şen, 2006). Bu nedenle, ısı yalıtım malzemelerinden beklenen düşük ısıli iletkenlik değerinin yanı sıra, yapıda kullanmak için gerekli bir takım niteliklere de sahip olması gerekmektedir. Isı yalıtım

malzemesinin sahip olması gereken bazı performans kriterleri Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Isı yalıtım malzemelerinden beklenen nitelikler (Kalaycı, 2016)

Fiziksel işlevsellik	-Yüksek ısı tutuculuk
	-Düşük birim ağırlık
	-Koşullara uygun buhar geçirimsizliği
	-Yeterli basınç dayanımı
	-Yeterli Çekme Dayanımı
	-Boyutsal kararlılık
Dayanıklılık	-Su ve neme dayanıklılık
	-Kimyasal etkilere dayanıklılık
	-Biyolojik etkilere dayanıklılık
	-Yüksek sıcaklığa dayanıklılık
	- Yangın Emniyeti
	-Çürümezlik
	-Uzun Ömürlülük
Ekolojik açıdan uygunluk	-Çevre ve ekosistem açısından zararsızlık
	-Sağlık açısından zararsızlık
	-Az enerji tüketimi
	-Bakım gerektirmezlik ve kullanım sonrası değerlendirilebilirlik
Uygulama kolaylığı	-Kolay işlenebilirlik
	-Üzerine uygun katmanların uygulanmasına olanaklılık
Ekonomiklik	-Ucuzluk ve kolay temin edilebilirlik

Ancak yukarıda belirtilen özelliklerin tümünün bir malzemede bulunması da mümkün değildir. Bu nedenle, içinde bulunan koşullara göre ısı yalıtım sistemleri optimum çözümleri gerçekleştirmelidir.

Geçmişte günümüze daha önce belirttiğimiz performans kriterlerini sağlamak amacıyla birçok araştırma ve çalışma gerçekleştirilmiş olup farklı içerik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birçok yalıtım malzemesi üretilmiştir. Genel olarak ısı yalıtımı amacı ile kullanılan ürünleri dört grupta ayırabiliriz;

- Mineral lifli malzemeler (Cam Yünü, Taş Yünü, Seramik Yünü)
- Sert plastik köpükler: (Expanded Polistiren - EPS, Extruded Polistiren - XPS, Fenol Köpüğü, Poliüretan vs.)

- Yumuşak köpükler (Flex Malzemeler, Elastomerik Kauçuk Köpüğü ve Polietilen Köpük)
- Cam Köpüğü ve kalsiyum silikat malzemeler (Şen, 2006).

2.2.1. Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri

Yukarıda belirtildiği gibi yalıtım malzemelerinin çok geniş çapta ve çeşitli olduğu görülmektedir. Bu bölümde yalıtım malzemelerinden yaygın olarak kullanılanlar hakkında kısaca bilgilendirme yapılacaktır.

2.2.1.1. Cam yünü

İnorganik hammadde olan silis kumunun 1400 °C'de ergitilerek çapları 3-5 mikron boyutunda olan ince elyaf haline getirilmesi sonucu elde edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Cam yünü

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

- Isı iletkenlik değeri $\lambda \leq 0.040$ W/mK'dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ 'dir.
- Kullanım sıcaklığı -50/+250 °C aralığındadır. Bağlayıcısız cam yünü ürünler 500°C'ye kadar kullanılabilir.
- Kimyasal olarak nötrdür.
- Asitlere karşı (hidroflorik asit hariç) dayanıklıdır.
- Küf tutmaz ve haşerelerin yuvası olmaz.
- İşçiliği kolaydır.
- Sarsıntı ve ufalanmaya karşı dayanıklıdır (Anonim, 2017).

Cam yünleri yalıtım malzemesi olarak dış cephelerde, binalarda, giydirme cephe uygulamalarında kullanılabilir. Basınç dayanımı az olduğu için yürünen düz tavan veya teraslarda kullanımı doğru değildir (Anonim, 2017). Geleneksel sıva ile aderansı (bağı) zayıftır. Dolayısı ile tek başına kullanıldığında dıştan yalıtım ile sorunlar yaşanmaktadır. Cam yünü ekonomik yapısıyla ve yüksek ısı yalıtım özelliği ile genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alır. Malzemenin fiyatı yoğunluğuyla doğrudan ilgili olduğu için az yoğunluklu rulo malzemeler oldukça ekonomik sayılabilirken, yoğunluğun artması ile fiyat da yükselir.

2.2.1.2 Taş yünü

Bazalt veya diabaz taşının 1600 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Rengi koyu gri renkli olup şiltelerin özellikleri şekillerine bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3).



Şekil 2.3. Taş yünü

Genel olarak taş yünü aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Isı iletkenlik değeri $\lambda \leq 0.040/\text{mK}$ 'dir.
- Ses iyi yutabilen bir malzemedir.
- DIN ve EN normlarına göre yanmaz malzemeler sınıfı olan "A" sınıfından olup kullanım sıcaklığı -55/+760 °C aralığındadır.
- Çürümez, bozulmaz ve küflenmez.

- Korozyon ve paslanma yapmaz Isı, ses ve yangın yalıtımında kullanılır (Akıncı, 2007).

Taş yününde liflerin her yöne dağılmış olmasından dolayı dayanımı cam yününe göre daha fazla olup basınç dayanımı $1.5-6.5 \text{ ton /m}^2$ arasındadır. Taş yünü hacminin % 2.5-10'u arasında su emme özelliğine sahiptir. Ancak taş yünü ıslandığı zaman yalıtma özelliği kaybolur. Bu nedenle bazı taş yünü tiplerinde malzemenin içine su itici silikon sıkılır. Böylece malzeme ıslanmaya karşı korunarak yalıtım özelliğini kaybetmesi engellenir (Kalaycı, 2016).

2.2.1.3 Poliüretan

İzosiyanat bileşiğin alkol ile reaksiyonu sonucu alkolün hidrojen atomu izosiyanata kayarak poliüretan elde edilir. Genellikle levha halinde bulunmakla birlikte, prefabrik boru gibi şekil verilmiş formlarda da bulunabilirler (Akıncı, 2007). Poliüretan sarı renktedir. Hücrelerinin % 95'i kapalı gözeneklidir. Ayrıca poliüretan köpükleri açık gözenekli, yumuşak veya sert ve küçük hacim ağırlıklı olarak da üretilmektedirler $30-200 \text{ kg/m}^3$ yoğunluklarda kullanılır.



Şekil 2.4. Poliüretan

Genel olarak poliüretan aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Isı iletkenlik değeri $\lambda \leq 0.035 \text{ W/mK}$ 'dir.
- Kullanım sıcaklığı: $-200 / +110 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Yanma sınıfı: B1 - B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 30-100

- Mekanik dayanım: 100 - 400 kPa (10 - 40 ton/m²) (Kalaycı, 2016).

Poliüretan levhalar 110-120 °C sıcaklığa kadar devamlı dayanıklıdır. Petrol türevi bir ürün olduğu için bu malzemeler kolayca tutuşabilen ve yanabilen malzemelerdir. Bu malzemelerin yanması esnasında oluşan ısı yayılımı, is, zehirleyici ve aşındırıcı emisyonlar ciddi zararlara sebep olmaktadır. Bu yüzden, poliüretan malzemelerin farklı tekniklerle ısıl kararlılık ve yanma dirençleri artırılır. Bu teknikler arasında en yaygın olanı, üretim sırasında doğal mineral maddelerin ve alev geciktiricilerin ilave edilmesidir (Akıncı, 2007).

2.2.1.4 Genleştirilmiş polistiren (EPS) ve ekstrude polistiren (XPS)

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS ürünlerde (Şekil 2.5), taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz 'Pentan'dır (Demir, 2014).



Şekil 2.5. Genleştirilmiş polistiren

Polistiren sert köpük, yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olup, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya yayılmıştır. Styropor termo-plastik bir malzemedir. Bugün diğer ülkelerde olsun, Türkiye'de olsun inşaatlarda en çok kullanılan yalıtım malzemelerinin öncülerindendir. (Akıncı, 2007). EPS 'nin başlıca tercih edilme nedenleri şunlardır;

- Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0.040$ W/mK'dir.
- Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ 'dir.

- Sıcaklık dayanımı uzun sürede yoğunluğa bağlı olarak maksimum 75-85 °C'ye, minimum olarak -180 °C'ye kadar kullanılır. Bu nedenle çok soğuk tesisler için de uygun bir malzemedir.
- B1 sınıfı yanmaz malzemedir.
- Kapalı gözenekli olduğu için pratik olarak ıslanmaz, yalıtımı sürekli yapar. Kapiler ve higroskopik değildir.
- Sonsuz ömürlüdür. Bina durdukça yalıtım görevine devam eder.
- Çok hafiftir, kolay taşınır, kolay uygulanır (Kalaycı, 2016).

EPS'ler petrol türevi bir ürün olduğu için yanıcı bir malzemedir. Ancak içine özel maddeler karıştırarak zor alev alıcı veya kendi kendilerine sönen tiplerini de elde etmek mümkündür.

XPS (Ekstrüde polistren köpük) polistren sert köpüğün banttıan çekilerek üretilen tipidir. Bu malzemelerin hücre yapıları ve dağılımı homojendir. Isıl iletkenlik katsayıları EPS'lere göre daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapılarının şekilleri itibarıyla su alma durumları daha da azdır. Yoğunlukları 25-45 kg/m³ arasında değişmektedir. En önemli özelliklerinden biri basınca karşı olan dayanımının fazla olmasıdır. Ayrıca su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Isıl iletkenlikleri bakımından; 33 kg/m³ yoğunluğundaki XPS, $\lambda = 0.026$ W/mK olmaktadır. Aynı şekilde bu malzeme kullanım sıcaklığı en çok 75-80 °C'dir (Akıncı, 2007).

2.3. Türkiye ve Dünyada Yalıtım

Yalıtım konusunun, başlı başına bir uzmanlık alanı olarak ele alınması kısa bir süre önce gerçekleşebilmiştir. Ancak, uzak geçmişte, binalar yapılırken, basit barınma ihtiyaçlarının yanı sıra özellikle çevre koşulları da dikkate alınır, yalıtıma ilişkin çözümlere yer verilirdi. Ancak, dünyada, yalıtımın bir uzmanlık alanı haline gelmesi, 1920'lerden itibaren başlayan uzun bir süreçte gerçekleşmiştir. Türkiye'de ise yalıtım konusunun bir uzmanlık alanı olarak görülmeye başlaması henüz çok yenidir (Şen, 2006).

Avrupa ülkeleriyle yapılan kıyaslamalar, Türkiye'nin yalıtım konusundaki vahim durumunu göstermek açısından yararlıdır. Fransa'da yalıtım ürünleri pazarının büyüklüğü 30 milyon metreküp iken Türkiye'de bu rakam 2.5-3 milyon metreküp 'tür. Pazarın parasal büyüklüğü 300 milyon dolar; kişi başına yalıtım tüketimi ise 0.04 m³'tür. Avrupa'da kişi başına yalıtım malzemeleri tüketimi 0.4 m³, Amerika'da ise 1 m³

seviyesindedir. Kişi başına ısı yalıtım ürünleri tüketimi bakımından yapılan kıyaslama, Türkiye'nin Almanya'nın 20 kat, Fransa'nın ise 10 kat gerisinde kaldığını göstermektedir. Aynı kriterde Türkiye; İtalya, İspanya ve Portekiz'in 5 kat gerisindedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Kişi başına düşen enerji ve yalıtım malzemesi (Şen, 2006).

Bölge	Ülke	Enerji Tüketimi (KEP*/Kişi)	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi (m ³ kişi)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3985	0.66
	İsveç	3503	0.35
	Danimarka	3742	0.63
	Norveç	4748	0.84
Kuzey Amerika	Kanada	6941	0.78
	ABD	6679	0.49
Orta Avrupa	Almanya	3936	0.4
	İsviçre	2656	0.31
	Fransa	2604	0.29
	Avusturya	2813	0.37
	Hollanda	5054	0.24
	Belçika	3892	0.24
Akdeniz Ülkeleri	İngiltere	3575	0.18
	İtalya	2499	0.06
	İspanya	1474	0.06
	Yunanistan	1716	0.05
Tropik Bölgeler	Türkiye	782	0.04
	Avusturalya	4792	0.17
	Kuveyt	6434	0.12
	Arjantin	1335	0.02
	Güney Afrika	1971	0.019
	Brezilya	537	0.008

Türkiye'de yalıtım açısından 1998 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan ve 1999 yılında Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından zorunlu standart olarak yayınlanan TS-825 standardı da önemli bir dönüm noktası sayılmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, bu standardın yeni binalarda uygulanmasını sağlamak amacıyla, Haziran 2000'de Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ni hazırlamıştır. Yapı

denetim sisteminin içine dâhil edilen bu yönetmelik, 2000 yılından bu yana yeni ruhsat alınan ve inşa edilen binalarda uygulanmaktadır (Şen, 2006).

Türkiye'nin enerji kaynakları açısından panoraması, enerjinin önümüzdeki yıllarda Türkiye'nin en önemli sorunlarından biri olacağını göstermektedir. Bu noktada ısı yalıtımının önemi ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de tüketilen enerjinin %35'ine yakın kısmı konutlarda tüketilmektedir. Bu enerjinin % 80'i ısıtmada kullanılmaktadır. Bu da ısı yalıtımının enerji tasarrufu açısından önemli bir potansiyel taşıdığını göstermektedir. Günümüzde konutların ısıtılması için enerji tüketilen enerjinin parasal karşılığı 6 milyar dolar civarındadır. Yapılan hesaplamalar Türkiye'deki bina stokunun mevcut standartlara göre yalıtılması durumunda enerji tasarrufunun parasal olarak yılda 3 milyar doların üstünde olacağını göstermektedir. Isı yalıtımına yapılan harcamalar 2 ile 5 yıl arasında kendini amorti etmektedir. Tüm bunlarla birlikte, binalarda yalıtımla elde edilecek tasarrufun, binalardan kaynaklanan karbondioksit emisyonunu yarı yarıya azaltacağı tahmin edilmektedir. Bu da daha temiz bir çevre için Türkiye'nin katkısı olacaktır. Nüfus, kişi başına düşen milli gelir, coğrafi konum gibi yalıtıma doğrudan etki eden etkenler ile karşılaştırıldığında, gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen birim tüketimleri ülkemize oranla 10 ile 25 kat fazladır. Bu çerçeveden bakıldığında, Türkiye'de yalıtım sektörünün büyüme hedeflerinin, pazar yapısı, ürün çeşitliliği, standartlaşma konularını da içeren geniş bir kapsamda değerlendirilmesi ve ele alınması gerekmektedir (Şen, 2006).

2.4. Isı Yalıtımının Uygulandığı Yerler

- 1- Çatılarda Isı Yalıtımı
- 2- Duvarlarda Isı Yalıtımı
- 3- Balkon ve Konsol Çıkmalarında Isı Yalıtımı
- 4- Betonarme Döşeme Üstünde ve Altında Isı Yalıtımı
- 5- Pencere ve Kapılarda Isı Yalıtımı
- 6- Zeminde Isı Yalıtımı

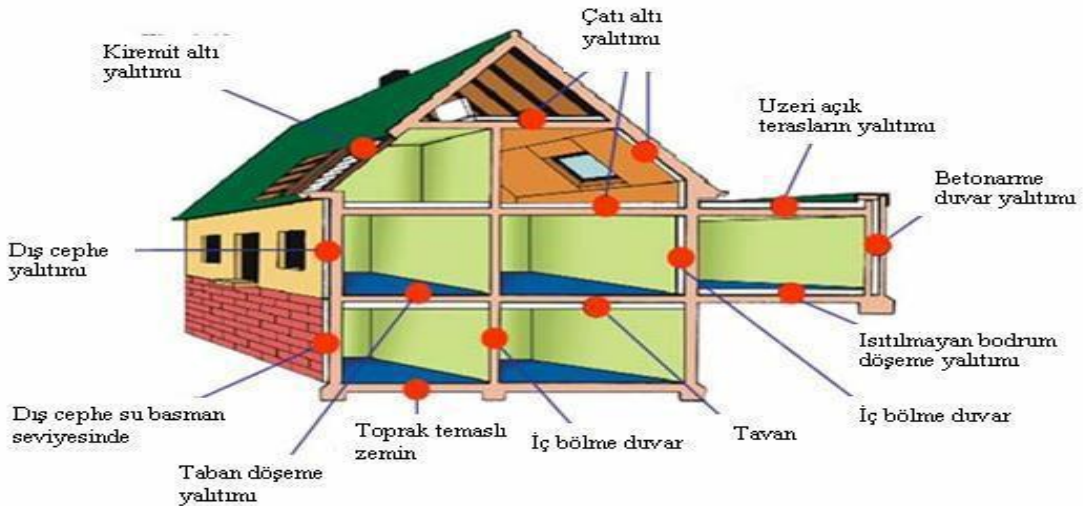
2.5. Binalarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı, binalarda iklim koşullarının olumsuz etkilerden korunma; İnsan sağlığı, onarım maliyetleri, yakıt tasarrufu ve ilk yatırım maliyetleri açısından çok önemlidir. Bu açıdan ısı yalıtımının görevi, binayı iklim koşullarından yeterli olarak koruma ile sağlıklı ve huzur verici yaşam alanlarının oluşmasının sağlamaktır. Bunu

sağlamak için yaşam hacmi, ısıtma enerjisi ihtiyaçları ve ısıtma maliyetleri, yapıyı oluşturan elemanlarının birim zamanda ısı iletme özelliklerine bağlıdır ve ısı yalıtımı ile yapının ısı iletme kabiliyeti azalmaktadır. Ayrıca dış ortamın mevsimsel ısı etkilerinden yeterli şekilde korunma ile hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzey ve iç kısımlarında yoğunlaşma olayını, tesisat borularının donmasını ve bunlara bağlı olarak meydana gelebilecek zararları önleyerek, yapının bakım, onarım ve tadilat giderlerini azaltmaktadır.

Isı, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa hareket etme ve kendisini dengeleme eğilimindedir. Soğuk kış aylarında, istenen iç sıcaklığı elde etmek için yakıt tüketen ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Isı yalıtımı olmayan yada eksik yalıtımsız yerlerde sağlanmadığından, ısıtma sistemine daha fazla çalışma düşer ve yakıt tüketimi artmaktadır. Isı yalıtımı ve ısıtma sistemi ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşmekte, enerji kaynakları açısından zayıf ve dışarıdan bağımlı olan ülkemiz için enerji tasarrufu yapılmaktadır.

Isı yalıtımı yapılmayan binalara bakıldığında; dış duvarlar, tavanlar, merdivenler, pencereler, ısıtılmamış hacimlerde döşeme, yer döşemeleri ve açık geçitler, döşemeler gibi elemanlarından ısı kaybetmekte olduğu ve bu yüzden binanın iklimlendirilmesi için tüketilen enerji miktarları artış göstermektedir. Şekil 2.6'de yapıda bulunan elemanlar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Yapıda bulunan elemanlar

Isı yalıtımı ısı kayıplarını önlediği gibi, yapı elemanlarında nem ve rutubet önlenmekte, ayrıca kolon ve kirişlerin donatılarında oluşabilecek korozyona karşı da korunmaktadır. Böylece, binadaki ısı yalıtımı, binanın ömrünü olumlu yönde etkileyerek bina ömrünü uzatır. Isı yalıtımı ile binalarda taşıyıcı sistem elemanları kolon ve kirişlerin iç ve dış yüzeylerdeki termal farklılıklara bağlı termal gerilmeler bu şekilde önlenabilir, taşıyıcı elemanlardaki termal gerilmelere bağlı olası çatlaklar önlenabilir. Bu durum; Türkiye'nin deprem kuşağında olması ve deprem riski taşımasından dolayı, dikkat ve hassasiyet gösterilmesi gereken önemli bir konudur. Bu açıdan bakıldığında ülkemizde uygulanan yalıtım ve kullanılan yalıtım malzemesinin kişi başına tüketimine Çizelge 2.3.'den bakıldığında; gelişmiş ülkelere göre çok düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.3. Türkiye'de ve bazı AB ülkelerinde kullanılan kişi başı ısı yalıtım malzemesi tüketimi

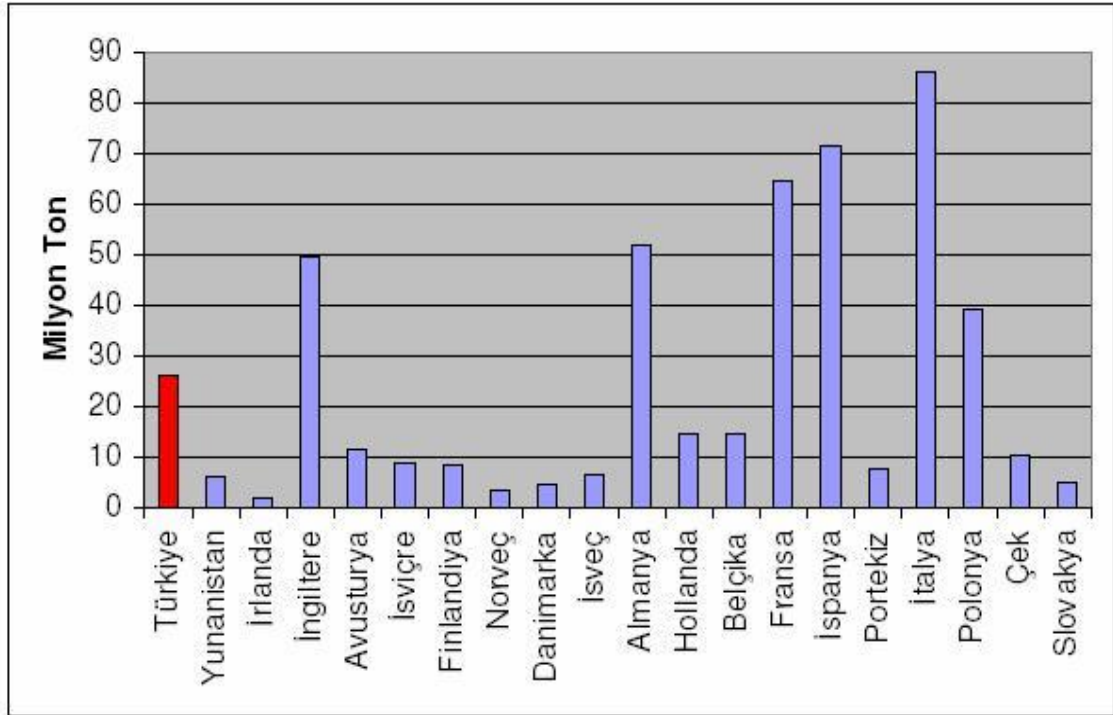
Yalıtım Malzemesi	Türkiye	Almanya	İsveç	Fransa	İngiltere	Yunanistan
Tüketim (m ³ /kişi.yıl)	0,02	1,03	0,33	0,28	0,16	0,05

2.6. Isı Yalıtımın Çevre, Enerji Tasarrufuna Etkileri

Isıl konfor, bir insanın sağlıklı ve üretken olabileceği ısı parametrelerinin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Isıl konfor elde edilemediğinde, tüketilen yakıt sadece binayı değil, aynı zamanda atmosferi ısıtır ve gerekenden daha fazla yakıt tüketilir. Aşırı yakıt tüketimi, bina kullanım maliyetini arttırırken, aynı zamanda, yakıtların atmosfere verdiği zararlı gazlar çevre kirliliğini arttırmaktadır.

2.6.1. Isıl yalıtımın çevresel etkileri

Termal konfor koşullarını sağlamak için ısıtma ihtiyacındaki artışa rağmen; ısıtmada kullanılan enerji kaynakları (kömür, yağda) azalmakta, ısıtma maliyetleri artmakta ve dış havaya atılan kirleticiler insan sağlığına zarar vermektedir. Bu sorunu çözmek için, ısıtma enerji harcamalarını en aza indirmek, ısı kayıplarını azaltmak ve bu nedenle ısı yalıtımı kullanmak gereklidir. Kullanıcının sağlığı göz önüne alındığında, ısı yalıtımı kullanımı ile binalarda ısı kayıplarını azaltmak için en önemli nedenlerinden biri enerji hava kirliliğidir. Türkiye'de enerji tüketimi, CO₂ emisyonları ve diğer partiküllerden kaynaklanan SO₂, bölgesel ölçekte büyük problemlere yol açmaktadır.

Çizelge 2.4. Konutlarda çıkan yıl bazında toplam CO₂ emisyonları

2.6.2. Isı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisi

Aynı enerji kullanımı ile kayıpları en aza indirmek için enerji akıllıca kullanımı ile aynı iş veya daha fazla iş için daha az enerji yapılması anlamına gelmektedir. Enerji kaynaklarını daha rasyonel kullanmaya izin vererek, enerji üretim yatırımlarını ve enerji maliyetlerini azaltarak çevre sorunlarını azaltmak için enerji tasarrufu büyük önem taşımaktadır.

Yapı kabuğu, yalıtım ve maliyet enerji tasarrufu önemli parametreler olarak düşünülmelidir. Yapı kabuğu için malzemelerin, kalınlığın ve inşaatın fiziksel özellikleri önemlidir. Isı yalıtım eklenmesiyle, bina kabuğundan maksimum performans beklenir, binanın ilk yatırım maliyetini artırır. Enerji ihtiyaçlarını en az maliyetle karşılamak temel kuraldır. Ekonomik analiz yaparak, ısıtma enerjisinin toplam maliyetini ve yalıtım maliyetini belirlemek gerekir. Yalıtım kalınlığı minimum maliyet için önemlidir.

2.7. Yapılarda Isı Yalıtımı İle İlgili Mevzuat

Yapı kabuğunun, amaçları doğrultusunda, içinde yaşayan insanın dış ısısal etkilerden korunması gibi önemli bir işlevi vardır. Bu korunum ile sağlığa uygun, konfor verici ortamın oluşturulması, yapının onarım giderlerinin azaltılması ve yakıt ekonomisinin sağlanması mümkündür. Isı yalıtımı ile ilgili olarak 1977 yılından sonra yürürlüğe giren T.S. 825 ‘Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları’ ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın ‘Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Şehirlerde Isıtma Tesislerinin Sebep Olduğu Hava Kirliliğinin Azalması’na ilişkin standart ve yönetmelikleri, projelendirme ve malzeme seçiminde birtakım önlemlerin alınmasını öngörmüşlerdir.

‘Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği’nin 9 Ekim 2008 tarih 27019 sayılı resmi gazetede yer almasından itibaren uygulanması zorunlu standart olarak 1 Kasım 2008 yenilenerek yürürlüğe girmiştir.

2.8. TS. 825’in Amacı

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlamak, böylece enerji tasarrufunu arttırmak ve enerji ihtiyaçlarının hesaplanması sırasında kullanılacak standart muhasebe yöntemini ve değerlerini belirlemektir.

3. ENERJİ

Enerji, bir nesnenin enerjisinin ölçüsüdür. Fiziksel bir sistemin mevcut durumunu değiştirmek için gereken iş gücü olarak adlandırılır. Enerji kavram olarak işe dönüştürülebilen bir değerdir.

3.1. Enerji Verimliliği ve Türkiye’de Durum

Enerji verimliliği, üretim miktarını ve kalitesini düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden, tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesidir. Fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi ve dünyadaki enerji ihtiyaçlarının büyük bölümünü karşılayan çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması nedeniyle enerjinin verimli kullanımı daha önemli hale gelmiştir. Türkiye’de kişi başına enerji tüketimi OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) ülkeleri ortalamasının beşte biri iken enerji yoğunluğu(1000 ABD dolarlık GSYİH üretmek için gereken

enerjinin ton eşdeğer petrol (tep) cinsinden hesaplanmasıyla elde edilen rakamdır. En düşük enerji yoğunluğuna sahip ülkeler (TEP / GSYİH) enerji verimliliği açısından en başarılı ülke olarak kabul edilir.) iki katıdır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, gelişmiş ülkelerde 0,09 ile 0,19 arasında olan bu oran Türkiye’de 0,38’dir.

Çizelge 3.1. Bazı ülkelerdeki enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi değerleri

	Enerji Yoğunluğu (%)	Kişi Başına Tüketim (TEP/Nüfus)
Türkiye	0,38	1,06
Japonya	0,09	4,09
ABD	0,25	7,98
Yunanistan	0,2	2,62
OECD	0,19	4,68
Dünya	0,29	1,64

3.2. Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi

Türkiye’de üretilen enerjinin %35’i binalarda tüketilmektedir. Bu oranında %65’inin ısıtma için kullanılması enerji verimliliği ile ilgili düzenlemelerin getirilmesini gerektğini ortaya koymuştur. Bina tasarımları yapılırken yenilenebilir enerji kaynakları göz önüne alınmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde güneşten en iyi şekilde faydalanılır, sıcak iklimlerde gölgelendirme ve doğal havalandırma yapılmalıdır. Örneğin; binanın bulunduğu iklim şartları düşünülerek güneşe göre konumlandırılmaya çalışılmalıdır. Güneş enerjisi, ısıtma sistemleri için ısı enerjisi sağlayabilir. Rüzgar enerjisi aynı şekilde soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Isı pompaları da ısıtmada kullanıldığı gibi çevre kirliliğini önlemede yarar sağlar.

3.3. Binalarda Isı Yalıtımının Enerji Verimliliği Açısından Önemi

Türkiye’de enerji tüketiminin %35’i binalarda gerçekleşmekte ve bu oranın %65’i ısıtma için harcanmaktadır. Binalarda ısıtma amaçlı tüketilen enerji miktarını azaltmak, buna bağlı olarak yakıt tüketimini düşürmek ve çevre kirliliğini en aza indirmek için ısı yalıtım uygulamaları geliştirilmiştir. Sadece binalarda ısı yalıtımı yapılarak %50 enerji tasarrufu sağlanabilir. Binalarda kış aylarında iç ortamdan dış ortama ısı geçişini azaltarak soğuktan korunmak ve yaz aylarında ise dış ortamdan iç

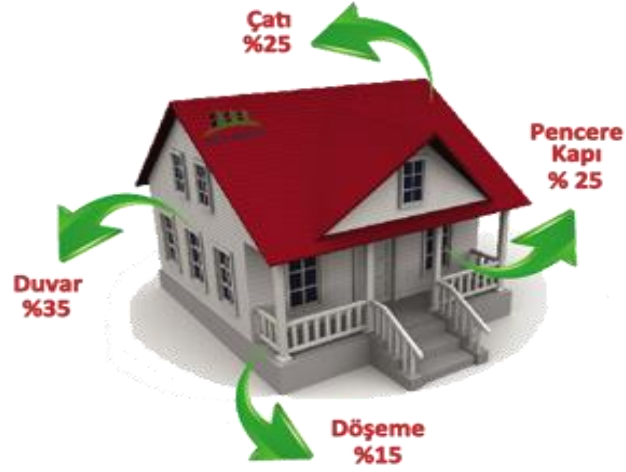
ortama ısı geçişini azaltarak sıcaktan korunmak için yapılan ısı yalıtımı ile birim zamanda olan ısı geçiş miktarı düşürülmektedir.

Kapalı ortamlardaki ısı koşulları, o ortamda yaşayan insanların konforunu ve sağlığını doğrudan etkiler. Isı yalıtımı da ısı konfor sağlamaktadır. Bir ortamdaki duyulur ısı memnuniyeti ifade eden ısı konfor kavramı; hareket ve kıyafet durumuna bağlı olarak kışın titreme veya yazın terleme gibi vücudun çevreyle ısı denge kurması, ortam sıcaklığı, nemi, hava hareketleri ve kişiyi çevreleyen yüzeylerin ortalama ısıtım sıcaklığına bağlıdır. Vücuttan kaybedilen ısı, vücudun ürettiği ısıdan fazla ise (ortam soğuk ise) vücudun sıcaklığı düşer. Böyle bir ortamda zamanla vücut iç sıcaklığı da düşer. Bu durumun tam tersi de söz konusu olabilir. O halde ortam sıcaklığı yüksek olduğunda vücut sıcaklığı da artar. Her iki durum da kişileri ısı konfordan uzaklaştırır. Eğer, vücudun ısı dengesinin sağlandığı, yani titreme veya terleme görülmeyen ortam sıcaklığına ulaşılmış ise ısı konfor koşulları sağlanmıştır denir.

Ortam koşulları sıcak olduğunda kişiler üzerinde uyku hali ve yorgunluğa sebep olabilirken, soğuk olduğunda ise dikkat dağınıklığı, bedensel ve zihinsel yorgunluk görülebilir. Isı konforu sağlamak için ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasında en fazla 3°C fark olmalıdır. İç yüzey sıcaklığı düşükse, ısı soğuk yüzeylere doğru hava akımları oluşturur. Ortaya çıkan hava akımlarını önlemek için ısı yalıtımı yapılmalıdır.

Isı konfor sağlamada bir diğer önemli parametre yoğuşma oluşmamasıdır. Su buharı, basınç farkı nedeniyle ısı akışı ile aynı yönde hareket eder ve yapı elemanının gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşır. Bu geçiş sırasında, su buharı doyma sıcaklığının altında bir sıcaklıkta yüzeye temas ederse bir kısmı yoğuşur. Yoğuşma binanın yapı bileşenlerine hasar verir. Yoğuşmanın görülmemesi için yapı bileşenlerindeki sıcaklıkların su buharı doyma sıcaklığından yüksek olması gerekir. Bunun için yapı elemanları iklim şartlarına uygun olarak yalıtılmalıdır.

Binalarda kullanılan enerji miktarı, binanın bulunduğu yerin iklimsel özelliklerine, binanın çevresindeki elemanların termal özellikleri, binanın kullanım süresine, binanın ısıtılması veya soğutulması için kullanılan sistemlerin özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler göz önünde bulundurularak dünyada enerji kullanım ihtiyacı yıllık 15 kWh/m²'yi geçmeyecek şekilde tasarlanmış, %90'a varan enerji tasarrufu sağlayan binalar yapılmaktadır. Bu tip binalar enerji tasarrufunun yanı sıra ısı konfor da sağlamaktadır.

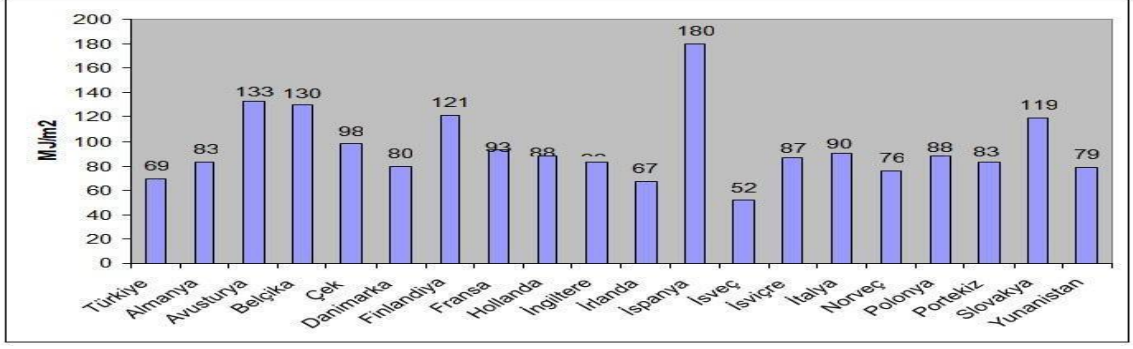


Şekil 3.1. Yüksek katlı ve tek katlı binalarda görülen ısı kayıpları

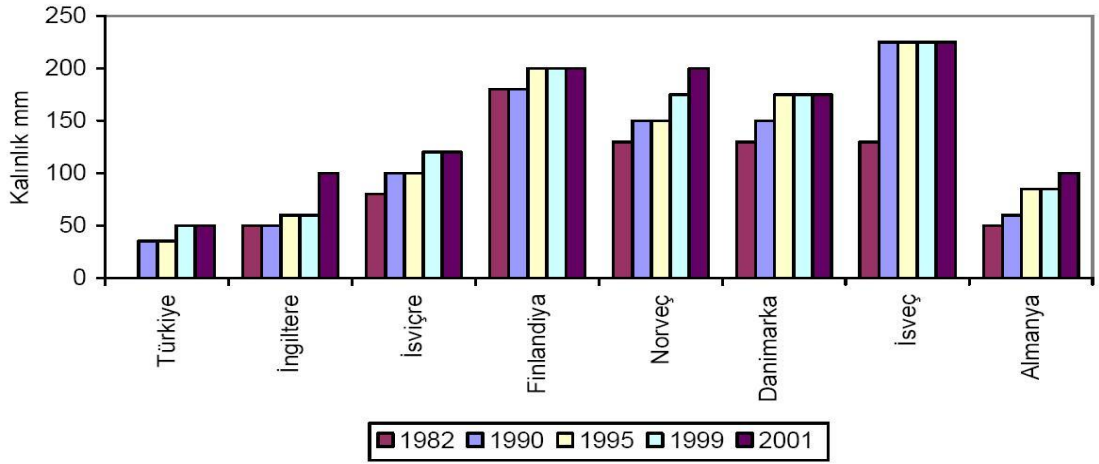
Binalarda ısı kayıpları binanın mimari projesi ve konumuna göre değişir. Bununla birlikte, genel olarak, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, yüksek katlı binalarda toplam ısı kaybının % 35'i dış duvarlardan, % 25'i pencere ve kapılardan, % 25'i çatı, % 15'i ise döşemelerden oluşmaktadır (Arısoy 2017). Bundan anlaşıldığı gibi, bir binanın ısı yalıtımını etkileyen parametreler duvarlar, pencereler, tavanlar ve zeminlerden oluşmaktadır.

Bir binanın sağlıklı bir ısı yalıtımının sağlanması ve enerjinin verimli kullanılması için bu yapı elemanlarından sadece birinde yalıtım yapılması yeterli değildir. Bina için tüm parametreler bir bütünü oluşturduğundan hepsi için iyi bir yalıtım sağlanmış olmalıdır. Örneğin; dış duvarlarda yalıtım uygulanmış ancak tavanda uygulanmamış bir binada tavadan ısı kayıpları olmakta, duvar ile tavanın kesişim noktalarında ısı köprüleri oluşmaktadır. Isı köprüleri oluştuğunda yüzey sıcaklığı düşük olacağından iç ortamdaki sıcak hava soğuk yüzey ile temas edecek ve yoğuşma görülecektir. Daha önce belirtildiği gibi yoğuşma oluşması, yapı bileşenlerine ve insan sağlığına zarar vereceğinden istenmeyen bir durumdur.

Binalarda meydana gelen enerji kayıplarının büyük bir kısmı duvarlardan kaynaklanır. Grafik 3.1 ve Grafik 3.2'te, Türkiye' de ve Avrupa'nın bazı ülkelerinde duvarlardan meydana gelen ısı kayıpları ve yalıtım kalınlığı oranı karşılaştırılmıştır. Türkiye' de duvarlardan meydana gelen azami enerji kaybı 50 J/m^2 'nin üzerindedir. Türkiye'de duvarların yalıtım kalınlığının da Avrupa ülkelerine oranla çok düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle, Türkiye'de ısıl konforun sağlanması için yalıtım konusuna gerekli önemin verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.



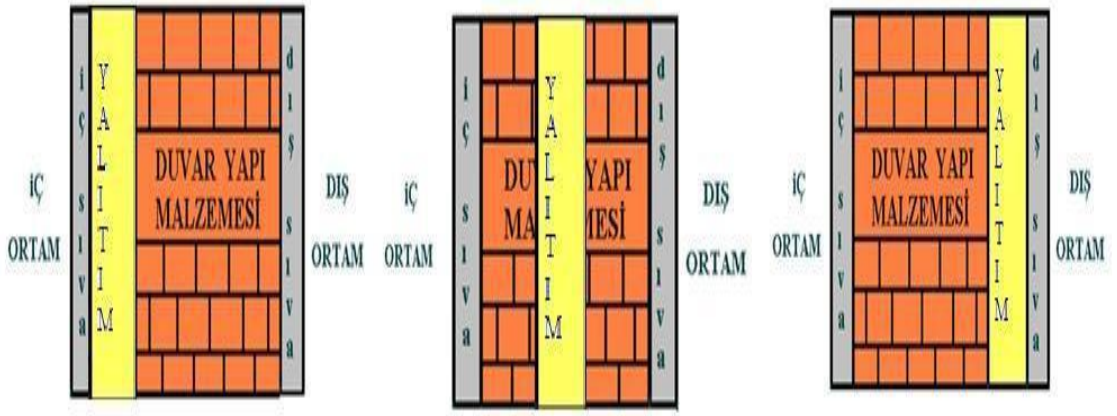
Grafik 3.1. Avrupa ülkelerinde duvarlarda meydana gelen ısı kayıpları



Grafik 3.2. Avrupa ülkelerinin bazılarında duvarların yalıtım kalınlığı

Duvarlarda yalıtım içten, ortadan ve dıştan yapılabilir (Şekil 3.2(a) ve (b)). İçten yalıtım uygulamalarıyla iç yüzeyin sıcaklığı su buharı doyma sıcaklığının üstünde tutulur ve yoğuşma engellenir. Ancak kışın içerisi çabuk ısındığı gibi duvarlar dışarıdan hava ile temas ettiğinden çabuk soğur ve ısı köprüleri oluşturur. Dıştan yapılan uygulamalarda ise duvarlar sıcak kalır, yoğuşma ve ısı köprüleri oluşmaz.

İki katlı bir binayı ele aldığımızda, içten yalıtım yapıldığında yalıtımsız duruma göre yıllık yakıt tüketiminde %60, ortadan yalıtım yapıldığında %40, dıştan yalıtım yapıldığında ise %70 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü üzere duvarlarda yapılan yalıtımda en sağlıklı ve tasarruflu olanı dıştan yapılan yalıtım şeklidir. Dış duvarlarda yapılan yalıtımın kalınlığı arttıkça, ısı kaybı aynı oranda azalmaktadır. Örneğin; yalıtılmamış duruma göre 12 cm yalıtım kalınlığı uygulandığında %90'a varan ısıl konfor sağlanabilmektedir.

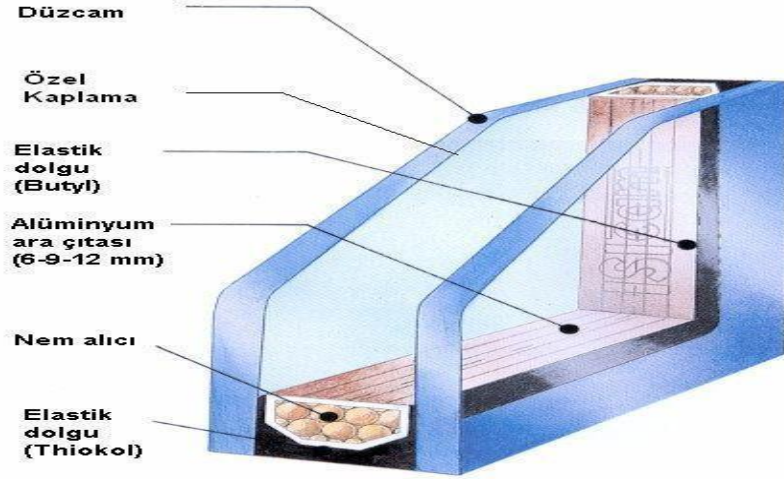


Şekil 3.2.(a). Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri



Şekil 3.2.(b). Duvarlarda yapılan yalıtım örnekleri

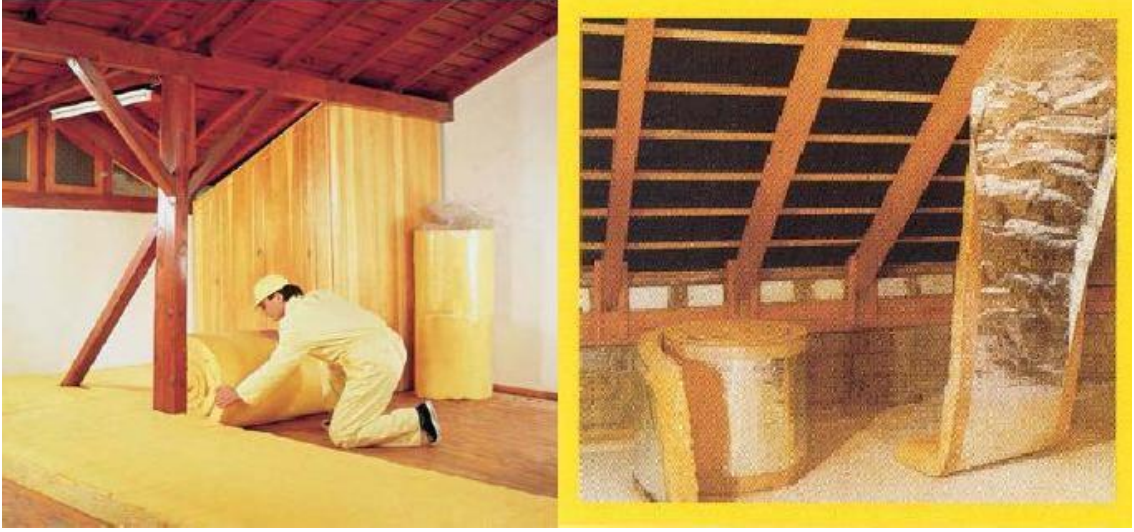
Pencereler, güneşli günlerde ısıtım ile ısı kazancı sağladıkları gibi kapalı günlerde ise dışarıya olan ısı kaybı çok büyük olur. Bu nedenle pencerelerde kullanılan cam türü önemlidir. Tek cam yüzeylerin, ısıl iletim değeri duvarların yaklaşık 5 katıdır. Isı kaybının azaltılması için iki veya üç katmanlı ve değişik kalınlıklarda, arasında değişik gaz dolgusu bulunan camlar kullanılmalıdır (Şekil 3.3). Örneğin; low- e kaplamalı camlar güneşin görünür ve görünmez ısıtım enerjisini geçirir ve odanın sıcaklığından kaynaklanan daha uzun dalgalı ısıtım enerjisinin dışarı çıkmasını önler. Pencerelerden olan ısı ve dolayısıyla enerji kayıplarının %70'i ısıtım ve %30'u iletim ile gerçekleşmektedir. Low- e kaplamalı cam bu %70'lik kaybın büyük bir kısmının önlenmesinde etkilidir. Örneğin; 12 mm ara boşluklu ısı cama kıyasla yalıtım değerini %35 oranında iyileştirmektedir.



Şekil 3.3. Yalıtımlı cam kesit

Pencere doğramaları da alüminyum, ahşap ve PVC kaplamalı olarak kullanılmaktadır. Alüminyumun ısı geçirme katsayısı, ahşap ve PVC' ye göre daha yüksektir. Cam ve doğramanın niteliğinden sonra pencerelerin konumları ile güneş alma süreleri de ısı ihtiyacının azalmasına katkıda bulunan parametrelerdir. Pencerelerin alanlarının cephelere göre dağılımları ayarlanmalıdır. Pencere kalınlıkları da buna göre seçilmeli, güneşe bakan pencereler ince, kuzeye bakanlar kalın olmalıdır.

Isınan havanın yükselerek çatıdan dışarı geçişi, çatılara da yalıtım yapılması gerektiğini gösterir. Çatıların ısı yalıtımı, kullanılmayan çatı boşluğu varsa tavan döşemesinin üzerine, kullanılan çatı arası ise çatı seviyesine yapılır (Şekil 3.4). Bunun yanı sıra çatıların yalıtımında iklim koşulları da önemlidir. Örneğin; rüzgarlı bölgelerde kiremit çatı yerine kaplama çatı ve açık renkler tercih edilmelidir.



Şekil 3.4. Çatılarda yapılan ısı yalıtım örnekleri

Isı yalıtımı tesisatlara da yapılmaktadır. Isıtma ve soğutma tesisatlarında enerji tasarrufu sağlamasının yanında buhar ve kaynar su tesisatlarında yüzey sıcaklığının yüksek olmasından dolayı ısı yalıtımı ile kazaların önüne geçilebilir. Kazan dairesinin aşırı ısınması nedeniyle diğer sistemlerin hasar görmesi ve ısı köprüsü oluşumu engellenir.

Tüm bu bahsedilen ısı yalıtım sistemlerinden başka, binalarda kullanılan yakıt türü de çok önemlidir. Kömür veya petrol gibi fosil yakıtların yanması sonucu CO_2 ve başka sera gazları açığa çıkmaktadır. CO_2 , diğer sera gazlarına oranla %55'lik bir etkiyle küresel ısınmaya sebep olur. Bunun yanında termik santrallerde, sanayide ve binalarda yakıt olarak kömür kullanılması sonucu açığa çıkan kül, civa, kurşun, arsenik ve kadmiyum elementlerini içerdiğinden kirletici etkisi yüksektir. Kömüre alternatif olarak kullanılan bir diğer yakıt türü doğal gaz giderek yaygınlaşmaktadır. Yanma veriminin diğer yakıtlara göre daha iyi olması ve yanmanın kolay kontrol edilebilmesi nedeniyle doğal gaz ısı konfor ve enerji verimliliği sağlamaktadır. Binalarda kullanılan merkezi sistemli bir doğal gaz kazanı, kömür kazanına göre %15 daha ekonomiktir ve %60 daha az CO_2 yaymaktadır.

Görüldüğü üzere binalarda ısı yalıtımı, yalıtım için kullanılan malzemelerin üretiminden uygulanmasına kadar ekonomi, inşaat, mimarlık, makine, fizik, kimya vb. pek çok bilim dalının ortaklaşa ve detaylı çalışmasını gerektirmektedir.

Binalarda enerjinin verimli ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için tasarım ve yapım aşamalarının doğru hazırlanması gerekmektedir. Bu nedenle, Türkiye'

de yönetmelik ve standartlar geliştirilmesi ve bu standartlara bağlı olarak ısı yalıtım sistemleri geliştirilmesi, eğitimler ile yetkili kişiler yetiştirilmesi, kamuoyunun bilinçlendirilmesi vb. birçok çalışmalar yürütülmektedir.

Binaların, tasarım aşamasında enerjinin verimli şekilde kullanılması için düzenlemeler yapılmalıdır. Bunun için de binanın coğrafi konumu, iklimi, rakım ve arsa durumu ile binanın yönü, formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri önemli parametrelerdir. Yapı yalıtımı ile toplam ısı iletim katsayısını azaltarak, ısı transferi azaltılabilir ve betondaki çeliğin paslanmasına ve gücünü kaybetmesine neden olan yoğuşma ve taşıma kapasitesi önlenir.

Bu bölümde tasarım aşamasından itibaren enerji verimli bina yapılmasını sağlamak için hazırlanan TS 825 standardı, binalarda harcanan yıllık ısıtma enerjisini sınırlandırılmakta, bölgelere göre ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri belirtilmekte ve yoğuşma tahkiki incelenmektedir. 4. Bölüm'de TS 825 standardı değerlendirilerek örnek bir binanın standarda uygun olarak ısı yalıtımı yapılmıştır.

4. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde dünya üzerindeki birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, enerji tasarrufu ve enerjinin verimli kullanılması üzerine yapılacak çalışmaların önemini artırmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda yalıtım ve yalıtımın öneminin daha iyi anlaşılmasına başlanmasıyla bu konunun öneminin arttığı gözlenmektedir. Böylece yapılarıdaki enerji tasarrufunun; ülkemizde de dikkate alınması için yapılan çalışmaların sayısının artırılması, öneminin bina tasarımından yapım aşamasına kadar her kademedeki benimsenmesi gerekmektedir.

Çalışmayla ilgili olarak binalarda ısı yalıtım malzemelerinin enerji verimliliği üzerine etkisinin araştırılması ile ilgili kaynaklara ulaşılmaya çalışılmış, araştırmayı yönlendiren, çalışmada yardımcı olacak kaynaklar hakkında aşağıda kısaca özetler verilmiştir.

Akıncı H., (2007), yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerini, özelliklerini, seçim kriterlerini ve yapılarda ısı yalıtımının uygulanma şekillerini incelemiştir.

Sezer Şenkal F., (2005), çalışmada ülkemizde ısı yalıtımının gelişimi hakkında bilgi vermiş ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemlerine ait mevcut uygulamaları değerlendirmiştir. Bu doğrultuda yapı fiziği açısından en uygun konfor koşullarının sağlanmasında, dış duvar ısı yalıtım sistemlerinin doğru şekilde seçilmesi ve uygulanması konusunda öneriler sunmuştur.

Koçu ve Korkmaz'a (2002) göre, ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri ve sınıflandırılması, Konya çevresindeki yapılarda ısı yalıtım uygulamalarının TS. 825'e göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca Konya çevresindeki yapılarda eksik ve hatalı ısı yalıtımının çevre kirliliğine etkisi incelenmiş sonuç olarak, yapılarda ısı yalıtımları konusunda uyulması gereken hususlar belirtilerek, alınması gereken önlemler sıralanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Koçu'ya (2000) göre, yapılarda ısı yalıtımının faydaları, Konya'da ısı kayıp ve kazançlarına etki eden parametreler, ısı yalıtımı yapılarak enerji tasarrufu yapılabileceği, kentsel hava kirliliği ve önlemleri açıklanmıştır.

Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardı'na (2008)göre, yeni inşa edilecek binaların, mevcut binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplama kurallarını ve izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ayrıca hesaplama ile ilgili bilgiler verilmiştir. Binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metot belirlenmiştir.

Altınışık'a (2006) göre, binaların ömrünü uzatmak ve değerini korumak için, binaların iç ve dış etkenlerden doğru biçimde korunması gerektiğinden bahsedilmiştir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken hususların başında, yalıtım ve doğru malzeme seçimi gelmektedir. Binalarda iç ve dış ortamı birbirinden ayıran ve bina zarfı olarak tanımlanan duvarlar, pencereler, kapılar, tavan, çatı ve döşemelerden oluşan yapı elemanlarını dış etkilere korunması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Sezer'e (2005)göre, binalarda ısı enerjisi tasarrufu, ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmektedir. Yapı fiziği açısından optimal konfor koşullarının sağlanmasında, dış duvar ısı yalıtım sistemlerinin doğru şekilde seçilmesi ve uygulanması konusunda öneriler sunulmaktadır.

Morgül (2004) yaptığı çalışmada, binalarda sık kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve ısı yalıtım uygulamalarını teknik ve ekonomik açıdan incelemiştir. Çalışmada örnek bir bina seçilmiş ve bu binaya dört farklı ısı yalıtım uygulaması yapmıştır. Binaya uygulanan dört farklı ısı yalıtım uygulamasının ısı kaybı hesapları yapmış ve yalıtım kalınlıklarını belirlemiştir. Yalıtım kalınlıkları ve yalıtım uygulamalarına göre yakıt tüketimleri baz alınarak ekonomik analizleri yapılmıştır.

Karaca H., (2007), çalışmada ısı yalıtımı ve ısı yalıtımı uygulamasının önemi üzerinde durmuş ve yapılan termal kamera çekimleri ile yalıtımlı ve yalıtımsız binalar arasındaki farkı incelemiştir.

5. MATERYAL – METOD

Günümüz de enerji ihtiyacının çoğunu karşılayan fosil yakıt rezervlerinin kullanımı devamlı artmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde fosil yakıt taleplerinde her geçen gün artış söz konusudur. Diğer taraftan, fosil yakıt rezervlerinde paralel bir artış yoktur. Mevcut kullanım seviyeleri sabit kalsa da, özellikle petrol rezervlerinin uzun süre tükenmesi tahmin edilmektedir.

Hızla tükenen fosil yakıtlar yerine alternatif enerji kaynakları aranırken, mevcut kaynaklar etkin bir şekilde değerlendirilmekte ve enerji tüketimi azalmadan konfor rahatlığını etkilemektedir.

Dünya birincil enerji kaynağı olan fosil yakıt rezervinin azalmasıyla enerjinin korunumu ve enerji verimliliğinin önemi zorunlu hale gelmiştir. Türkiye’de de enerji tüketiminin büyük bir kısmı binalarda ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle binalarda ısı yalıtımı önem kazanmıştır.

Binalarda ısıtma amaçlı tüketilen enerji miktarını azaltmak, buna bağlı olarak yakıt tüketimini düşürmek ve çevre kirliliğini en aza indirmek için standartlar ve yönetmeliklere uygunluk zorunlu hale getirilmiştir. Bu uygulamalardan biri de Termodinamik Birinci ve İkinci Yasa kullanılarak hazırlanmış TS 825 ‘Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları’ standardıdır.

Bu çalışmada Türkiye’de en çok üzerinde durulan TS 825 Isı Yalıtım Standartları kullanılarak Diyarbakır ilinde iki katlı bir binaya farklı yapıda ısı yalıtım malzemeleri (sentetik, mineral lifli, ahşap lifli, mantar levha gibi), TS 825 Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak uygulanmış ve gerekli ısıtma enerji miktarları ile yalıtımsız duruma göre tasarruf edilen enerji miktarları hesaplanarak Diyarbakır ili şartlarında hangi yalıtım malzemesinin daha uygun olduğu araştırılmıştır.

Binaya uygulanan yalıtım malzemeleri Dış duvar, Çatı ve Döşemeye ayrı ayrı uygulanarak hangi alanda yalıtımın daha önemli olduğu irdelenmiştir.

Binaya uygulanan farklı yapıda (sentetik, mineral lifli, ahşap lifli, mantar levha gibi), ısı yalıtım malzemelerinin optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılmıştır.

Bina için hangi yalıtım malzemesinin daha ekonomik olduğu araştırılmıştır.

5.1. Hesaplama Metodu

Yapılan çalışmalar, ülkemizdeki enerji tasarruf potansiyelinin en yüksek olduğu binalarda, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerjinin %50-60'ının geri kazanılabileceğini göstermektedir. Bu tasarrufun geri kazanılması ile; enerjisinin yaklaşık %75'ini ithal eden ülkemizde, binalarda kullanılan toplam enerji miktarında en az %60'lara varan tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir.

Kullandığı enerjinin büyük bir bölümünü ithal enerji ile karşılayan ülkemizde; enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olması nedeniyle, binaların ısıtılması ve soğutulması amacıyla tüketilen enerjinin azaltılması yönünde yapılan çalışmaların öncelikli konular arasında yer alması gerekmektedir.

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır:

- **Bina özellikleri:** İletim , taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısı kapasite,
- **Isıtma sisteminin karakteristikleri:** Özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin , ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişmelere cevap verme süresi,
- **İç iklim şartları:** Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri , binanın farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişimler,
- **Dış iklim şartları:** Dış hava sıcaklığı , hakim rüzgârın yönü ve şiddeti, - İç ısı kazanç kaynakları: Isıtma sistemi dışında , ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları , yemek pişirme , sıcak su elde etme , aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar,
- **Güneş enerjisi:** Pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Bu standardda belirtilen hesap metotunda, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır.

Tek tabakalı yapı bileşenleri

Isıl geçirgenlik direnci (R) , yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin , ısıl iletkenlik hesap değerine (λ) bölünmesi ile hesaplanır.

$$R = \frac{d}{\lambda_h}$$

Burada;

R : ısı geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),

d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),

λ_h ısı iletkenlik hesap değeri ($W/m.K$)'dir.

Çok tabakalı yapı bileşenleri

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısı geçirgenlik direnci (R) , tek tek yapı elemanı kalınlıkları ($d_1, d_2, \dots, d_n$) ve bu yapı elemanlarının, ısı iletkenlik hesap değeri ($\lambda_{h_1}, \lambda_{h_2}, \dots, \lambda_{h_n}$) kullanılarak hesaplanır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h_2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{h_n}}$$

Toplam ısı geçirgenlik direncinin ($1/U$) hesaplanması :

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/U$) , yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençlerine (R) , yüzeysel ısı iletim direnç değeri (R_i , R_e) eklenerek hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e$$

Burada;

$1/U$: Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),

R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$),

R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)

Toplam ısı geçirgenlik katsayısının (U) hesaplanması

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e}$$

Burada ; U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)'dir.

Yüzeysel ısı iletim direnci (taşınım):

Yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısı iletim direnç değeri için, Çizelge 1'de verilen R_i ve R_e değeri kullanılmalıdır.

Çizelge 5.1 - Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşıma) direnç değerleri

Sıra No	Yapı bileşeni tipi	Yüzeysel ısıl iletim direnci 1) 2)	
		R _i m ² K/W	R _e m ² K/W
1	Dış duvar (Sıra no 2 ‘de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde	0,13	5)
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0
1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda R _i =0,13 m ² K/W ve 4 ve 10’uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere R _e = 0,04 m ² K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.			
2) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 ‘de verilen değerler kullanılır.			
3) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısıl iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.			

Tek hacimli bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı:

Binalarda tek bina bölümü için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$$

$$Q_{ay} = [H(\Theta_i - \Theta_e) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} - \Phi_{s,ay})] \cdot t$$

Burada;

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı(Joule),

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı(Joule),

H : Binanın özgül ısı kaybı (W/K),

Θ_i : i : Aylık ortalama iç sıcaklık..... (°C),

Θ_e : Aylık ortalama dış sıcaklık (°C),

η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü..... (birimsiz),

$\Phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar(sabit alınabilir)..... (W),

$\Phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),

t : Zaman , (saniye olarak bir ay = 86400 x 30)..... (s)'dir.

NOT: Köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı :

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. Bu eşitlikte yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre bileşimi değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür.

$$H_T = \sum AU + I.U_I$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_P A_P + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds}$$

Burada;

U_D : Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/ m²K),

U_P : Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/ m²K),

U_k : Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K),

U_T : Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı(W/m²K),

U_t : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m²K),

U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı(W/m²K),

U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı(W/m²K),

A_D : Dış duvarın alanı (m²),

A_P : Pencerenin alanı(m²),

A_k : Dış kapının alanı(m²),

A_T : Tavan alanı (m²),

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı (m²),

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı(m²),

A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı (m²),

NOT : Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa , eşitlikte yer alan U_T 'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

Doğal havalandırma:

$$H_V = \rho . c . V' = \rho . c . n_h . V_h = 0.33 . n_h . V_h$$

Burada ;

ρ : Havanın birim hacim kütlesi (kg/m³),

c : Havanın özgül ısısı (J/kgK),

- V' : Hacimce hava deęişim debisi (m^3/h),
 n_h : Hava değişim oranı (h^{-1}),
 V_h : Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{\text{brüt}}$) (m^3)'dir.

“ ρ ” ve “ c ” sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşığıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler $20\text{ }^\circ\text{C}$ ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşıtlik aşığıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho \cdot c / 3600) = (1,184 \cdot 1006 / 3600) = 0,33 \text{ Jh} / \text{m}^3 \text{ K}_S = \text{Wh} / \text{m}^3 \text{ K}$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabında havalandırma sayısı “ n_h ” değeri 0,8 (h^{-1}) olarak alınır.

Aylık ortalama iç kazançlar ($\Phi_{i,ay}$):

İç kazançlar aşığıda verilenleri kapsar:

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminde kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.

Ortalama değerler ile çalışılması hâlinde , aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standardda aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşığıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim kullanım alanı başına en fazla $5 \text{ W}/\text{m}^2$ alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar, tekstil atölyeleri, vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla $10 \text{ W}/\text{m}^2$ değeri alınır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda;

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \text{ (W)}$$

Yüksek iç enerji kazançlı binalarda;

$$\Phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n \text{ (W)}$$

A_n : Bina kullanım alanı (m^2)

$$A_n = 0.32 \times V_{brüt}$$

$V_{brüt}$: Binanın ısıtılan brüt hacmi (m^3)

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\Phi_{s,ay}$):

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışıınının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\Phi_{s,ay}$); TS EN 832’de verilen ayrıntılı hesaplama metodu uygulanarak hesaplanabileceği gibi , binanın durumuna bağlı olarak Çizelge 5’te verilen gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) değerleri doğrudan alınıp aşağıdaki eşitlik kullanılarak da hesaplanabilir.

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

$$\Phi_{s,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$$

Çizelge 5.2 - Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$)

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

Burada;

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

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

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

A_i : “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2) ‘dır.

NOT: $I_{i,ay}$ değerleri Ek C’den alınır.(Ek tablolar tez sonunda verilmiştir.)

Güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) :

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp}$$

Burada;

F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür.

$g_{\perp}$: Lâboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda “ $g_{\perp}$ ” için aşağıdaki değerlerler kullanılabilir.

Çizelge 53 - Lâboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{\perp}$)

Cam türü	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
*Isıl geçirgenlik katsayısı $2W/m^2K$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

* Isıl geçirgenlik katsayısı $2\text{W/m}^2\text{K}$ ’den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için imalatçı firma tarafından belgelendirilmiş geçirme faktörü ($g_{\perp}$) varsa, beyan edilen bu değer alınarak hesaba katılır.

Kazanç kullanım faktörü (η) :

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağlı büyüklüğüne ve binanın ısıl kütlesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü , aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{-1/KKO_{ay}}$$

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

Burada;

$\Theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),

$\Theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),

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

$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W) ‘dır.

KKOay oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

6. BİNALARDA ISI YALITIMI UYGULAMALARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Binaların ısıtılmasında enerjinin verimli kullanılması amacıyla TS 825 “Binaların Isı Yalıtım Kuralları” standardı, binanın tasarım aşamasından başlayarak,

enerji tasarruflu, enerjinin verimli kullanımı için yalıtımın gerekli olması gerekmektedir.

Bu standart binalar, ofisler ve idari binalar, eğitim binaları, hastaneler vb. binalar için geçerlidir.

6.1. TS 825'e Göre Yalıtım Yapılmış Örnek Binanın Isı Geçişi Özellikleri

Isı yalıtımı hesabı için kullanılacak olan yapı, Dicle Üniversitesi Kreş Binasıdır. Bina Diyarbakır ilinde inşa edilmiş olup iki katlı bir yapıdır.

Isı kaybı hesabında iklim şartları için, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü bültenlerinden Diyarbakır ili için dış hava şartları yıllık ortalama dereceleri;

Kış için; -12, Yaz için; 48 derecedir.

Bu çalışmada; İzoder TS825 Isı Yalıtım Programı kullanılarak bitkisel ve hayvansal kökenli malzemeler, mineral kökenli malzemeler, sentetik malzemelerden oluşan 9 farklı ısı yalıtım malzemesi uygulanarak ısı yalıtım hesabı yapılmış ve Diyarbakır ili için hangi ısı yalıtım malzemesinin daha uygun olabileceği değerlendirilmiştir.

Dış Duvar 1 için;

Alçı harcı, kireçli alçı harcı : 0.02 m

Doğal bims betondan dolu bloklarla duvar : 0.2 m

Ekstrüde polistren köpük : 0.05 m

Çimento harcı : 0.02 m

Alan : 343 m²

U : 0.386 W / m²K

Dış Duvar 2 için;

Alçı harcı, kireçli alçı harcı : 0.02 m

Donatılı : 0.4 m

Ekstrüde polistren köpük : 0.05 m

Çimento harcı : 0.02 m

Alan : 94 m²

U : 0.491 W / m²K

Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası) için;

Donatılı : 0.2 m

Polimer bitümlü su yalıtım örtüsü : 0.001 m

Ekstrüde polistren köpük : 0.05 m

PIB polyisobitülen örtü : 0.001 m

Alan : 242 m²

U : 0.509 W / m²K

Taban (Toprağa Temas Eden) için;

Sentetik kaplama : 0.002 m

Kireç harcı, kireç – çimento harcı : 0.02 m

Donatısız : 0.1 m

Donatılı : 0.1 m

Ekstrüde polistren köpük : 0.05 m

Donatısız : 0.05 m

Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri : 0.001 m

Alan : 202 m²

U : 0.998 W / m²K

Pencere için;

Alan : 67.5 m

U : 2.4 W / m²K

Kapı için;

Alan : 2 m

U : 4 W / m²K

Isı yalıtımı yapılan bina için; İzoder TS825 Isı Yalıtım Programında yukarıdaki değerler girilmiş ve bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değer, $Q' = 58,24 \text{ kWh/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Isı yalıtımı sonucunda bulunacak olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q < Q'$ olmalıdır. TS 825 standartlarına uygun olmalıdır.

(Q' : Bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi miktarı)

İlk olarak Sentetik malzemelerden olan Ekstrüde polistiren köpük (XPS) uygulanmış ve ısı yalıtım hesabı yapılmıştır.

6.1.1 Ekstrüde polistiren köpüğü (TS 11989 EN 13164'e uygun);

İzoder TS825 Isı Yalıtım Programında;

Çizelge 6.1. İzoder TS 825 ısı yalıtım programı veri giriş ekranı

The screenshot displays the 'Veri Girişleri' (Data Entry) screen of the İzoder TS 825 ısı yalıtım programı. The interface is divided into several sections:

- Veri Girişleri (Data Entry):** A sidebar on the left contains icons for 'Proje' (Project), 'Dosya Aç' (Open File), 'Yeni Proje Oluştur' (Create New Project), 'Proje Bilgileri' (Project Information), 'Duvar' (Wall), 'Tavan' (Ceiling), 'Taban' (Floor), 'Pencere' (Window), 'Kapi' (Door), and 'Güneş Enerjisi Kazancı' (Solar Energy Gain).
- Binanın (Building):**
 - Sahibi : Dicle Üniversitesi
 - Bina Tipi : Konutlar
 - Kat Adedi : 2
- Arsanın (Plot):**
 - İli : DİYARBAKIR
 - İlçesi : MERKEZ
 - Mahallesi :
 - Sokağı :
 - Pafta :
 - Ada :
 - Parsel :
 - İmza :
- Isı Yalıtım Projesi Yapanın (Person):**
 - Adı Soyadı :
 - Ünvanı :
 - Sicil No :
 - Kuruluşu :
- Hesaplama Bilgileri (Calculation Information):**
 - Net Oda Yüksekliği (Net Room Height):**
 - ☒ ≤ 2,6 m
 - ☐ > 2,6 m
 - Havalandırma Tipi (Ventilation Type):**
 - ☒ Doğal
 - ☐ Mekanik
 - Temperatures and Heat Fluxes:**
 - θ_i : 19 °C
 - H_T : 219,4 W / K
 - H_v : 415,2192 W / K
 - H : 634,6192 W / K
 - nh : 0,8
 - Area and Volume:**
 - $A_{top.}$: 892 m²
 - A_v : 0,453 m⁻¹
 - $V_{brüt}$: 1966 m³
 - DG Bölgesi : 2
 - Enerji kullanımı - İç ısı kazançları (Energy use - Internal heat gains):**
 - ☒ Normal (Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı büro binaları vb.)
 - ☐ Yüksek (Yemek fabrikaları, aydınlatmanın sadece elektrik ile sağlandığı binalar vb.)
 - Geri Ödeme Süresi Hesap Bilgileri (Payback Period Calculation Information):**
 - U_p : 1,2 W / m² K
 - Yalıtımsız durumdaki pencerenin ısıl geçirgenlik değeri

İlk önce bina bilgileri girilir. Diyarbakır 2.derece gün bölgesinde yer alır.

Sırasıyla dış duvarlar, tavan, taban, pencere bilgileri girilerek veri girişleri tamamlanır.

$Q = 52,90 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi).

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Q' : Bina için olması gereken en büyük ısı kaybı.

Daha sonra Geri Ödeme Süresi ekranından tasarruf edilen enerji değerleri alınır.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerjisi ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 33,283 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 55,140 kWh

Daha sonra 8 farklı malzeme daha uygulanarak ısı yalıtım hesabı yapılmıştır.

6.1.2. Poliüretan sert köpük (TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun);

$$Q = 50,08 \text{ kWh/m}^2$$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 31,504 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 56,19 kWh

6.1.3. Polistren-Partiküler köpük (TS 7316 EN 13163'e uygun);

$Q = 52,01 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 32,723 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 55,700 kWh

6.1.4. Ahşap yüklü levhalar (TSEN 13171 Kalınlık $\leq 25 \text{ mm}$);

$$Q = 93,26 \text{ kWh/m}^2$$

$Q > Q'$ olduğundan (Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacından büyük olduğu için) standartlara uygun değildir.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 58,672 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 29,751 kWh

6.1.5. Poliüretan (PUR) (DIN 18159-1'e uygun);

$Q = 52,01 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 32,723 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 55,700 kWh

6.1.6. Mantar levhalar (TS 304 EN 13170'e uygun);

$$Q = 57,75 \text{ kWh/m}^2$$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 36,334 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 52,089 kWh

6.1.7. Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi (Camyünü, Taşyünü vb) TS 901 EN 13162'e uygun;

$$Q = 52,01 \text{ kWh/m}^2$$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 32,723 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 55,700 kWh

6.1.8. Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları (TS EN 13168'e uygun);

$$Q = 52,01 \text{ kWh/m}^2$$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 32,723 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 55,700 kWh

6.1.9. Fenol sert köpük (TS EN 13166 uygun);

$Q = 48,95 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 30,796 kWh olarak hesaplanmıştır.

Bu malzemeyle tasarruf edilen enerji miktarı = 57,627 kWh

9 farklı ısı yalıtım malzemesi binaya uygulanarak değerlendirme yapılmıştır.

Sonuç olarak; Diyarbakır şartlarında, birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerji ihtiyacının en az, tasarruf edilen enerji miktarının ise en fazla olduğu ısı yalıtım malzemesinin Fenol Sert Köpük olduğu görülmüştür.

6.2. Malzeme kalınlığının ısı yalıtımı üzerindeki etkisi

Isı yalıtımında malzeme çeşidi değerlendirildikten sonra, malzeme kalınlığının ısı yalıtımı üzerindeki etkisini değerlendirmek için dokuz farklı malzemenin kalınlığı artırılarak enerji üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

6.2.1. Ekstrüde polistren köpüğü (TS 11989, EN 13164'e uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 38,10 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 23,967 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 64,456 kWh

6.2.2. Poliüretan sert köpük (TS 10981, TS EN 13165'e Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 36,00 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 22,645 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 65,778 kWh

6.2.3. Polistiren-Partiküler köpük (TS7316 EN 13163'e Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 40,02 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 25,178 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 63,245 kWh

6.2.4. Ahşap yünlü levhalar (TS EN 13171 $d \leq 25\text{mm}$);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 71,57 \text{ kWh/m}^2$

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 45,026 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 43,397 kWh

6.2.5. Poliüretan (PUR)(DIN 18159-1'e Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 40,02 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 25,178 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 63,245 kWh

6.2.6. Mantar levhalar (TS304EN 13170'e Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 43,72 \text{ kWh/m}^2$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 27,505 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 60,918 kWh

6.2.7. Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemesi (Camyünü, Taşyünü vb) (TS 901 EN 13162'e uygun);

Kalınlık 0,1'e m iken;

$Q = 40,02 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 25,178 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 63,245 kWh

6.2.8. Ahşap lifli levhalar (TSEN13168'e Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 40,02 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 25,178 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 63,245 kWh

6.2.9. Fenol sert köpük (TS EN 13166'a Uygun);

Kalınlığı 0,1 m iken;

$Q = 38,10 \text{ kWh/m}^2$ (hesaplama yapılan binada birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerjisi)

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 23,967 kWh olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen enerji miktarı = 64,456 kWh

Çizelge 6.2. Yalıtım malzemesi kalınlığının tasarruf edilen enerji miktarına etkisi

Yalıtım Malzemesi	Kalınlık(0,05)iken TEEM(kwh)	Kalınlık(0,1)iken TEEM(kwh)
Ekstrüde Polistren Köpük	55,140	64,456
Poliüretan Sert Köpük	56,919	65,778
Polistiren-Partiküler Köpük	55,700	63,245
Ahşap Yünlü Levhalar	29,751	43,397
Poliüretan(PUR)	55,700	63,245
Mantar Levhalar	52,089	60,918
Mineral ve Bitkisel Lifli Yalıtım Malz.	55,700	63,245
Ahşap Lifli Malz.	55,700	63,245
Fenol Sert Köpük	57,627	64,456

Sonuç olarak;

Malzeme kalınlığı iki katına çıkartıldığında; birim alana düşen yıllık ısıtma enerjisinde azalma, tasarruf edilen enerji miktarında ise artma görülmüştür.

6.3. Yalıtım Yapılan Alanın Isı Yalıtımı Üzerindeki Etkisi

Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistren köpük kullanılarak duvar, çatı ve tabandaki yalıtım iptal edilerek hangi alanda yapılan yalıtımın daha etkili olduğu değerlendirilmiştir.(Malzeme kalınlığı 0.5 m olarak girilmiştir.)

6.3.1. Duvarlarda, çatıda, tabanda yalıtım yapıldığında;

Ekstrüde Polistren Köpüğü (TS 11989 EN 13164'e uygun) kullanılarak program sonuçları;

$$Q = 52,90 \text{ kWh/m}^2$$

$Q < Q'$ olduğundan standartlara uygundur.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 33,283 kWh olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Tasarruf edilen enerji miktarı} = 55,140 \text{ kWh}$$

6.3.2. Dış duvarlardaki yalıtım iptal edilirse;

$$Q = 89,80 \text{ kWh/m}^2$$

$Q > Q'$ olduğundan standartlara uygun değildir.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 56,492 kWh olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Tasarruf edilen enerji miktarı} = 31,913 \text{ kWh}$$

6.3.3. Toprak temaslı tabanda yalıtım iptal edilirse;

$$Q = 69,30 \text{ kWh/m}^2$$

$Q > Q'$ olduğundan standartlara uygun değildir.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 43,597 kWh olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Tasarruf edilen enerji miktarı} = 44,826 \text{ kWh}$$

6.3.4. Tavanda yalıtım iptal edilirse;

$$Q = 98,74 \text{ kWh/m}^2$$

$Q > Q'$ olduğundan standartlara uygun değildir.

Yalıtımsız durumda net ısıtma enerji ihtiyacı 88,423 kWh iken, yalıtımdan sonra 62,122 kWh olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Tasarruf edilen enerji miktarı} = 26,301 \text{ kWh}$$

Bu sonuçlara göre; Yalıtımlı durum ile iptal edilen durumlar karşılaştırıldığında, U değerleri (m^2 'deki enerji kayıpları değerlendirildiğinde)'ne bakılarak en çok ısı kayıplarının yaşandığı alanların sırasıyla tavan, dış duvarlar ve toprak temaslı taban olduğu görülmüştür.

6.4. Dış Duvarlara Uygulanacak Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Binaya uyguladığımız ısı yalıtım malzemeleri içinden en çok tercih edilen iki malzeme için optimum yalıtım kalınlığı tespiti yapıldı.

Optimum yalıtım kalınlığını hesaplamak için kullanılan parametreler;

Parametre Değerleri

Yakıt (Doğalgaz);

Alt ısııl değer (H_u): $34,526.10^6 \text{ J/m}^3$,

Fiyat (C_f): 1.25 TL/m^3

Isıtma sisteminin verimi (η): 0,93

Finansal parametreler;

Enflasyon oranı (g): 0,078

Faiz oranı (i):0,045

Ömür (N): 10 yıl olarak alındı.

Gelecek Değer Faktörü (GDF):

$$\text{Eğer } i > g \text{ ise; } r = \frac{i-g}{1+g}$$

$$i < g \text{ ise; } r = \frac{g-i}{1+i} \text{ ve}$$

$$GDF = \frac{(1+r)^N - 1}{r(1+r)^N} \text{ (şimdiki değer faktörü)}$$

Yalıtımın toplam maliyeti ($C_{t,ins}$) aşağıda verilen denklemle bulunur.

$$C_{t,ins} = C_{ins} . X$$

Toplam ısıtma maliyeti (C_t);

$$C_t = \frac{86400 D G . C_f . GDF}{(R_{t,w} + x/k) H_u . \eta} + C_{t,ins}$$

Toplam ısıtma maliyeti yalıtım kalınlığına (x) göre türev olarak alınır ve sıfıra eşitlenirse, optimum yalıtım kalınlığı elde edilir.

$$X_{opt} = 293,94 \left(\frac{D G . C_f . k . GDF}{H_u . C_{ins} . \eta} \right)^{1/2} - k . R_{t,w}$$

DG = Derece Gün Sayısı

C_f = Yakıt birim fiyatı

k = Isıl iletkenlik katsayısı

GDF = Günümüz Değer Faktörü

C_{inş.} = Malzeme maliyeti

H_u = Yakıt alt ısı değeri

η = Yakıt verimi

R_{t,w} = Yalıtımsız duvarın toplam ısı direnci

6.4.1. İlk olarak en çok tercih edilen Ekstrüde Polistren Köpüğü (XPS) kullanıldı.

Yalıtım malzemesi (Ekstrüde polistren köpük)

Isı iletim katsayısı (k): 0,030 W/mK

Fiyatı (C_{inş.}): 218 TL/m³ (2014 verileri)

Yoğunluğu (ρ): 16 kg/m³

H_u = 34,526.10⁶ J/m³,

C_f = 1.25 TL/m³

DG = 951 (meteoroloji verileri Diyarbakır ili için)

GDF = 8,40

η = 0.93

R_{t,w} = 0.935

X_{opt.} = 0.04 m

6.4.2. Isı yalıtım malzemesi olarak Poliüretan Sert Köpük kullanılarak optimum kalınlık hesabı yapıldığında;

Isı iletim katsayısı (k): 0,025 W/mK

Fiyatı (C_{inş.}): 409 TL/m³ (2014 verileri)

Yoğunluğu (ρ): 40 kg/m³

H_u = 34,526.10⁶ J/m³

C_f = 1.25 TL/m³

DG = 951 (meteoroloji verileri Diyarbakır ili için)

GDF = 8,40

η = 0.93

R_{t,w} = 0.935

X_{opt.} = 0.030 m

6.4.3. Son olarak Mineral Lifli Isı Yalıtım Malzemesi kullanıldığında (Camyünü, Taşyünü vb.)

Isı iletim katsayısı (k): 0,035 W/mK

Fiyatı ($C_{inş}$): 409 TL/m³ (2014 verileri)

Yoğunluğu (ρ): 150 kg/m³

$H_u = 34,526.10^6$ J/m³

$C_f = 1.25$ TL/m³

DG = 951 (meteoroloji verileri Diyarbakır ili için)

GDF = 8,40

$\eta = 0.93$

$R_{t,w} = 0.935$

$X_{opt.} = 0.02$ m

Diyarbakır ilinde yer alan binaya dıştan; XPS, Poliüretan Sert Köpük ve Mineral Lifli yalıtım malzemeleri uygulandığı takdirde gerekli optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Sırasıyla 0.040, 0.035, 0.020 m kalınlığında yalıtım malzemesi gerektiği görülmüştür.

Çizelge 6.3. Yalıtım malzemesi ve birim fiyat

Yalıtım Malzemesi	Optimum Kalınlık(m)	Birim Fiyat (TL/m ³)
XPS	0.040	218
Poliüretan Sert Köpük	0.035	409
Mineral Lifli Yalıtım Malzemesi	0.020	409

6.5. Şimdi de Yıllık Maliyet Hesabı Yapılarak Diyarbakır İli İçin En Uygun Malzemenin Hangisi Olduğu Belirlenecektir

6.5.1. Yalıtım malzemesi olarak XPS kullanıldığında optimum yalıtım kalınlık tespiti

$$\text{Yalıtım maliyeti:} = C_{inş} \cdot X \quad \text{Yakıt maliyeti:} = \frac{86400DG.Cf.GDF.U}{Hu.\eta}$$

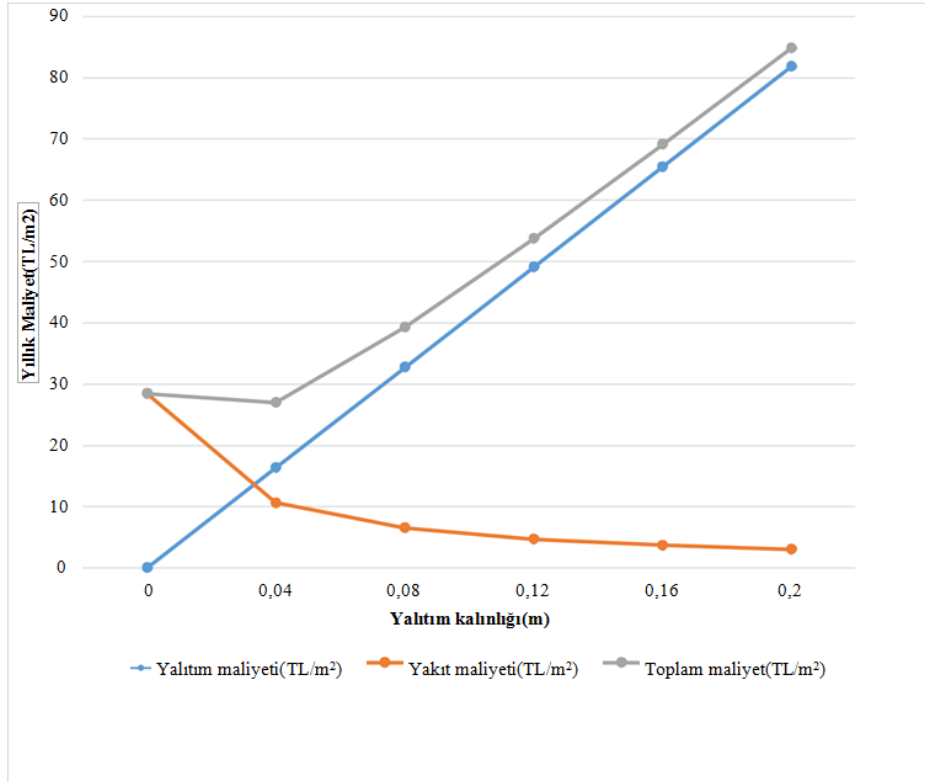
$$\text{Toplam maliyet:} \frac{86400DG.Cf.GDF.U}{Hu.\eta} + C_{inş} \cdot X$$

Çizelge 6.4. Yalıtım kalınlığı U değerleri

Yalıtım kalınlığı(m)	U değerleri (ısı geçirgenlik katsayısı) (m ² K/W)
0	1,06
0,04	0,441
0,08	0,278
0,12	0,203
0,16	0,160
0,20	0,132

Çizelge 6.5. Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler.

Yalıtım kalınlığı (m)	Yalıtım maliyeti (TL/m ²)	Yakıt maliyeti (TL/m ²)	Toplam maliyeti (TL/m ²)
0	0	28,455	28,455
0,04	8,72	11,760	20,480
0,08	17,44	7,455	24,895
0,12	26,16	5,355	31,515
0,16	34,88	4,200	39,080
0,20	43,66	3,465	47,125

**Grafik 6.1.** Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler

6.5.2. Poliüretan sert köpük için optimum kalınlık tespiti

Çizelge 6.6. Yapı malzemesi olarak XPS kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler

Yalıtım kalınlığı (m)	U değerleri (ısı geçirgenlik katsayısı) (m^2K/W)
0	1,06
0,04	0,394
0,08	0,242
0,12	0,174
0,16	0,136
0,20	0,112

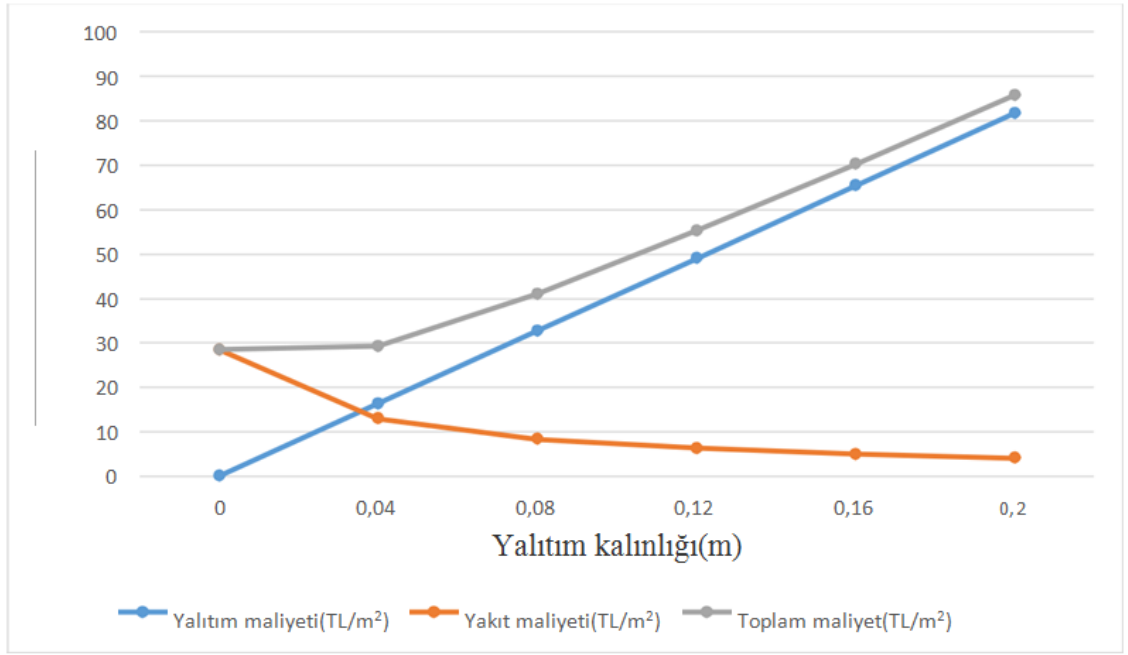
Yalıtım kalınlığı(m)	Yalıtım maliyeti(TL/m ²)	Yakıt maliyeti(TL/m ²)	Toplam maliyeti(TL/m ²)
0	0	28,455	28,455
0,04	16,36	10,58	26,94
0,08	32,72	6,50	39,22
0,12	49,08	4,67	53,75
0,16	65,44	3,65	69,09
0,20	81,8	3,00	84,8

6.5.3. Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi (Taş yünü, Camyünü gibi) için optimum kalınlık tespiti

Çizelge 6.7. Yapı malzemesi olarak lifli yalıtım malzemesi kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler

Yalıtım kalınlığı (m)	U değerleri (ısı geçirgenlik katsayısı) (m^2K/W)
0	1,06
0,04	0,481
0,08	0,31
0,12	0,229
0,16	0,182
0,20	0,15

Yalıtım Kalınlığı (m)	Yalıtım Maliyeti (TL/m ²)	Yakıt Maliyeti (TL/m ²)	Toplam Maliyeti (TL/m ²)
0	0	28,455	28,455
0,04	16,36	12,92	29,28
0,08	32,72	8,32	41,04
0,12	49,08	6,15	55,23
0,16	65,44	4,89	70,33
0,20	81,8	4,03	85,83



Grafik 6.2. Yapı malzemesi olarak mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemesi kullanılan dıştan yalıtımlı duvar modeli için oluşan yıllık maliyetler

Bina üzerinde üç farklı yalıtım malzemesi uygulanarak yıllık ısıtma maliyeti hesabı yapıldı ve sonuç olarak optimum yalıtım kalınlığı belirlendi. XPS, Poliüretan sert köpük ve mineral lifli yalıtım malzemesi için sırasıyla 0.04, 0.035, 0.020 m optimum yalıtım kalınlığı olduğu görüldü.

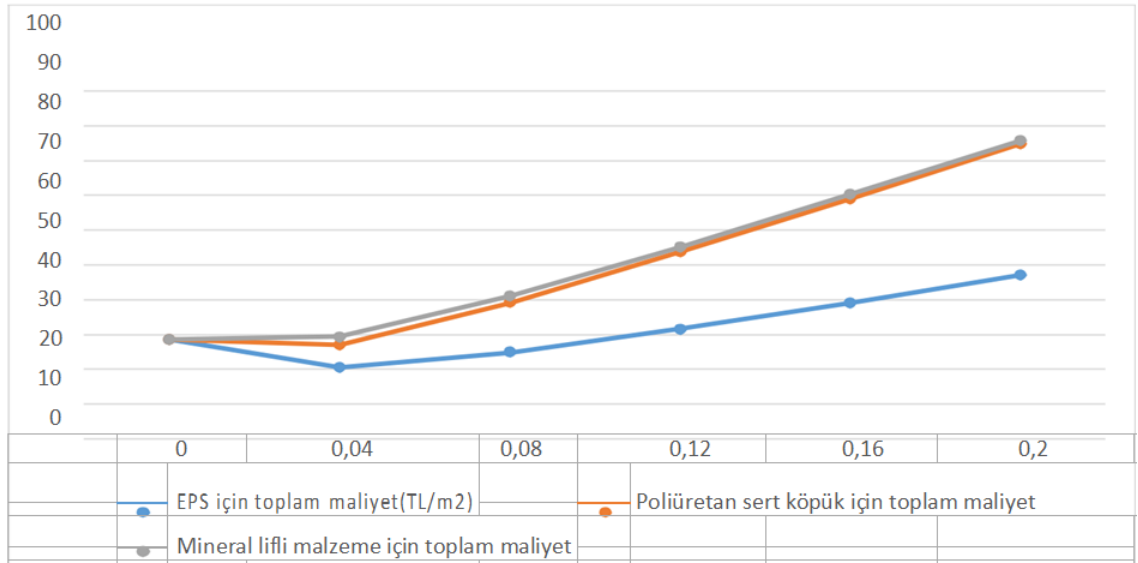
Çizelge 6.8. Yalıtım malzemesi ve yıllık ısıtma maliyeti

Yalıtım malzemesi	Yıllık ısıtma maliyeti (TL/m ²)
XPS	0,98
Poliüretan sert köpük	0,87
Mineral lifli yalıtım malzemesi	1,08

Yalıtım malzemeleri için yıllık ısıtma maliyeti m^2 hesabı sonucu Diyarbakır ili için en uygun yalıtım malzemesinin Fenol sert köpük olduğu görülmüştür. Ancak yalıtım malzemesinin birim fiyatı gözönüne alındığında XPS'nin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.9. Yalıtım kalınlığı ve maliyet

Yalıtım Kalınlığı (m)	XPS için toplam maliyet (TL/ m^2)	Poliüretan köpük için maliyet	Mineral lifli malzeme için toplam maliyet
0	28,455	28,455	28,455
0,04	20,480	26,94	29,28
0,08	24,895	39,22	41,04
0,12	31,515	53,75	55,23
0,16	39,080	69,09	70,33
0,20	47,125	84,8	85,83



Grafik 6.3. XPS, poliüretan sert köpük ve mineral lifli malzeme kullanılan dıştan yalıtımlı duvar için maliyet analizi

Yalıtım malzemelerini son olarak kWh/m² cinsinden değerlendirecek olursak;

Çizelge 6.10. Yalıtım malzemelerin Kwh/m² değerleri

Isı Yalıtım Malzemesi	kWh/m²
Ekstrüde Polistren Köpük	52,90
Poliüretan Sert Köpük	50,08
Polistiren-Partiküler Köpük	52,01
Ahşap Yünlü Levhalar	93,26
Poliüretan(PUR)	52,01
Mantar Levhalar	57,75
Mineral ve Bitkisel Lifli Yalıtım Malzemesi	52,01
Ahşap Lifli Levhalar	52,01
Fenol Sert Köpük	48,95

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminin en zorlayıcı ve temel ihtiyaçlarından biridir. Enerji politikalarımızın belirlenmesinde, tedarik güvenliği açısından, kendi kaynaklarımızın geliştirilmesine ek olarak, en dikkatli değerlendirmenin, hem enerji kaynağı türü hem de bu kaynakların sağlandığı ülkeler açısından ithal edilecek kaynakların çeşitliliğini sağlamaktır.

Bilindiği gibi, Avrupa Birliği, enerji tüketiminin dünyanın en yüksek olduğu bölgelerinden birini oluşturmakla birlikte, enerji kaynakları açısından yeterli imkanları bulunmamaktadır. Bu bağlamda, AB'nin enerji açısından ithalata bağımlılığı, beşinci genişlemenin bir sonucu olarak, üye sayısı 25 olmakla birlikte daha belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu, AB için enerji kaynağı güvenliği açısından yeni girişimler ve yaklaşımlar gerektirmektedir. Çok kanallı politikanın AB'nin politika seçenekleri içinde uygulanması, dolayısıyla enerji ithalatında bir kaynak seçeneği oluşturulması vurgulanan konular arasındadır. Türkiye'nin AB üyeliğinin önemli katkılarından biri enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi konusu olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde istenen ısı yalıtım uygulamaları seviyesinde olmamanın yanı sıra, uygulamalarda önemli hatalar yapılır ve sistemin performansı önemli ölçüde azaltılmaktadır. Doğru tekniğin uygulanmasında uzmanlardan oluşan bir ekip tarafından ısı yalıtımı, bu sorunu önlemek için yeterli malzeme ve ekipman kalitesinin önüne

geçilebilecektir. Ayrıntılarda ise, kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin ekonomik yalıtım kalınlığı minimum yatırım maliyeti ve maksimum enerji tasarrufu kalınlığıdır. Bu malzeme, uygulama maliyeti, iklim ve enerji fiyatlarının termal özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir.

Yayımlandığı tarihten bugüne kadar yapılan yeni binalarda sağladığı enerji tasarrufunun ülke ekonomisine katkısı ciddi boyutlarda olan TS 825 standardının hazırlanması ve zorunlu olarak uygulamaya konulması, binalarda ısı verimliliği açısından Türkiye’de bir dönüm noktası olarak kabul edilmekte ve oluşturacağı da düşünülmektedir. Sadece TS 825 standardı ile değil, aynı zamanda ‘en ekonomik üretim standartlarına uygun üretim, en ekonomik tüketim standartlara uygun tüketim’ anlayışı ve enerji verimliliği ve enerji tasarrufu ile ilgili malzemelerin, ürünlerin, yöntemlerin ve hizmet standartlarının kamu kullanımı ve Türk Standartları Enstitüsü’nün sorumluluğunun bilincindedir. Bununla birlikte, toplumun değişen ve artan ihtiyaçları çerçevesinde enerji ihtiyaçlarının hızla arttığı günümüz dünyasında, "tasarruf" un toplumun tüm kesimleri tarafından gerçekleştirilmemesi ve dolayısıyla tasarruf" un "eğitim" ve "tanıtım" olması zayıf bir şans olduğu unutulmamalıdır.

Binaların ısıtılmasında, enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için ısı yalıtımı tasarımı uygulamaları büyük önem kazanmıştır. Termodinamik temellere dayanılarak oluşturulmuş TS 825 ısı yalıtım standardı ile binaların ısıtılmasında enerjinin verimli kullanılması amaçlanmıştır.

Bu yüksek lisans tezinde; enerji, enerji verimliliği ve bu açıdan binalarda ilk olarak sağlanması gereken ısı yalıtımı konusunun temeli olan termodinamik yasaları incelenmiş, bu yasaların uygulandığı TS 825 standardı hesap metodu ve hesap programı hem tanıtılmıştır, hem de uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir.

Diyarbakır şartlarında, birim alan başına düşen yıllık ısıtma enerji ihtiyacının en az, tasarruf edilen enerji miktarının ise en fazla olduğu ısı yalıtım malzemesinin Fenol Sert Köpük olduğu görüldü.

U değerleri (m^2 ’deki enerji kayıpları değerlendirildiğinde)’ne bakılarak en çok ısı kayıplarının yaşandığı alanların sırasıyla tavan, dış duvarlar ve toprak temaslı taban olduğu görülmüştür.

Malzeme kalınlığı iki katına çıkartıldığında; birim alana düşen yıllık ısıtma enerjisinde azalma, tasarruf edilen enerji miktarında ise artma görülmüştür.

Diyarbakır ilinde yer alan binaya dıştan; XPS, Poliüretan Sert Köpük ve Mineral Lifli yalıtım malzemeleri uygulandığı takdirde gerekli optimum yalıtım kalınlığı

hesaplanmıştır. Sırasıyla 0.040, 0.035, 0.020 m kalınlığında yalıtım malzemesi gerektiği görülmüştür.

Yalıtım malzemeleri için yıllık ısıtma maliyeti m² hesabı sonucu Diyarbakır ili için en uygun yalıtım malzemesinin Fenol sert köpük olduğu görülmüştür. Ancak yalıtım malzemesinin birim fiyatı göz önüne alındığında XPS'nin daha avantajlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr
- Eurima, European Insulation Manufacturers Association, www.eurima.org
- İzoder, Isı- Su- Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği, “Isı Yalıtımı”, İzoder Yayınları, www.izoder.org.tr
- Altınışık K., “Isı Yalıtımı”, Nobel Yayını, Ankara, 2006
- Toydemir N., “Cam Yapı Malzemeleri”, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic.
- Akyürek Y., “Enerjinin Verimli Kullanımı ve Cam”, www.trakyacam.com.tr
- Ayçam İ., vd. Utkuğ G.S., “Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Etkin Pencere Seçimi1”, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 1999
- Dosider, Doğal Gaz Cihazları Sanayicileri ve İşadamları Derneği, www.dosider.org A.Ş., Eskişehir, 1990
- İzocam, “Multi Konfor Binalar”, Multi Konfor Kitap, www.izocam.com.tr
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal web sayfası: (<http://www.enerji.gov.tr>).
- EET, European Energy and Transport: Trends to 2030- Update 2007, (<http://www.trb.org/main>).
- Akıncı, H., 2007, Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri Ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 35-45.
- Aksoy, T. ve Aytaç, A. , 2006, Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 (4), 753-758.
- Bilal, F. , 2010, Enerji Verimliliği ve Yalıtım, *İzolasyon Dünyası Dergisi*. Temmuz Sayısı, 54-57.
- Erdabak, M., 2010, Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas
- Özel, M ve Pıhtılı, K., 2007, Duvar Yönünün Yalıtım Kalınlığına Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 95-101.
- Onur, M., 2010, Enerji Verimliliği Ve Yalıtım, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 81, 30-31.

- Sipahioğlu, Ö., 2010, BEP (Binalarda Enerji Performansı) Yönetmeliği, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 82, 42-43.
- Rubacı, E. 2006, Konutlarda Enerji Tasarrufu, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 58, 55.
- Sipahioğlu, Ö. , 2007, Enerji'nin Verimli Kullanılması ve Yapılarda Isı Yalıtımı, *İzolasyon Dünyası Dergisi* 67, 39.

EKLER

Ek A

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

A.2 Bölgelere ve ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q' 'nin hesaplanması

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

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

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

* : Pencerelerin ısı geçirgenlik katsayıları (U_p) Madde A.3'te ve Madde A.4'te verilmiş olup pencerelerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından U_p değerinin kaplamalı camlar kullanılarak 1,8 W/m²K'e kadar düşürülecek şekilde tasarlanması tavsiye edilir. Diğer kapı ve pencere türleri için TS 2164'te verilen 11.05.2000 revizyon tarihli Çizelge 6a ve Çizelge 6b kullanılarak ısı geçirgenlik katsayıları bulunur ve hesaba katılır. Bazı pencere tipleri için TS 2164'ten faydalanılarak bulunan U_p değerleri Madde A.4'te verilmiştir.

A.4 Bazı pencere sistemlerinin Up değerleri

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısıl 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

Açıklamalar

- Bu çizelge 11 Mayıs 2000 tarihinde revize edilen TS 2164 Çizelge 6a ve Çizelge 6b esas alınarak hazırlanmıştır.
- Bu çizelgede yer almayan diğer pencere sistemlerine ait ısıl geçirgenlik katsayıları TS 2164'te verilen Çizelge 6a ve Çizelge 6b'den yararlanılarak bulunabilir.

Ek B

B.1 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [θ_i (°C)]

	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

B.2 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (°C)]

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	-0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
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 C

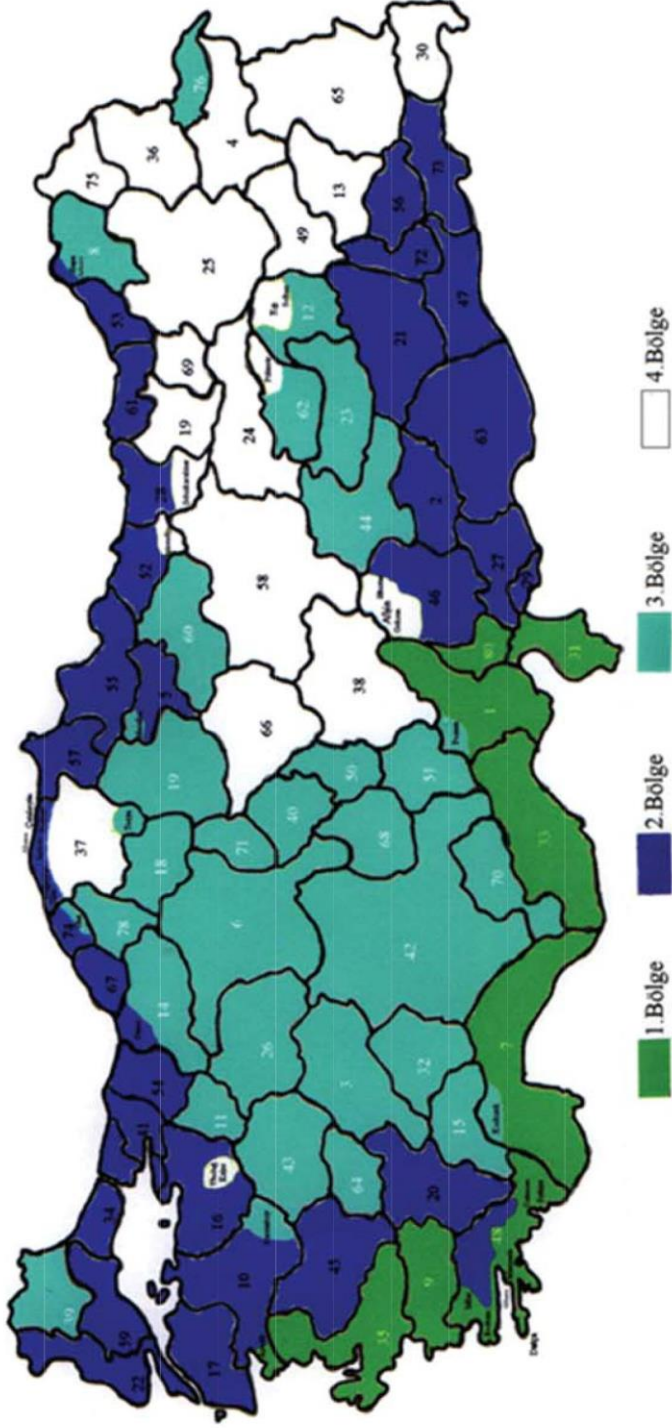
Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıını şiddeti değerleri [W/m^2]

	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

Not - Ara yönlerin aylık ortalama güneş ışıını şiddeti değerleri olarak, hakim yönlerin değerleri, yatay camlamalarda ise Güney yönü için verilen değerler alınır.

Ek K (Bilgi için)

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- AGRI	13- BITLİS	22- EDİRNE	31- HATAY	40- KIRSEHIR	49- MUŞ	58- SIVAS	67- ZONGULDAK	76- IĞDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIĞ	32- ISPARTA	41- KOCAELİ	50- NEVSEHIR	59- TEKİRDAĞ	68- AKSARAY	77- YALOVA
06- ANKARA	15- BURDUR	24- ERZINCAN	33- İÇEL	42- KONYA	51- NİĞDE	60- TOKAT	69- BAYBURT	78- KARABÜK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- İZANBUL	43- KÜTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KİLİS
08- ARTVİN	17- ÇANAKKALE	26- ESKİŞEHİR	35- İZMİR	44- MALATYA	53- RİZE	62- TUNCELİ	71- KIRIKKALE	80- OSMANİYE
09- AYDIN	18- ÇANKIRI	27- GAZİANTEP	36- KARS	45- MANİSA	54- SAKARYA	63- ŞANLIURFA	72- BATMAN	81- DÜZCE

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İlknur ÖGETÜRK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Siirt – 29.07.1988
Telefon : 0537 255 81 89
Faks :
e-mail : ogeturk_88@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ziya Gökalp Lisesi, Merkez, Diyarbakır	2005
Üniversite	: Dicle Üniversitesi, Merkez, Diyarbakır	2013
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	Devam ediyor
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-Halen	Kredi ve Yurtlar Kurumu	Yurt Yönetim Personeli

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce (Orta Seviye)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR*