T.C.

SİNOP ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİLİĞİ ANABİLİM DALI

BİNALARDA JÜT TAKVİYELİ FİLE KULLANIMININ ISI YALITIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

BERKVEDAN BOTAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ. DR. MUSTAFA KEMAL BALKİ

SİNOP - 2025

TEZ KABUL

Berkvedan BOTAN tarafından hazırlanan **"BİNALARDA JÜT TAKVİYELİ FİLE KULLANIMININ ISI YALITIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI"** başlıklı bu çalışma, 30.05.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Dr. Öğr. Üyesi Güven DEMİRTAŞ Yozgat Bozok Üniversitesi / Akdağmadeni Meslek Yüksekokulu	İmza
Üye (Danışman)	Doç. Dr., Mustafa Kemal BALKİ Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi	İmza
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SÖYLER Sinop Üniversitesi / Gerze Meslek Yüksekokulu	İmza

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hüseyin Turan ARAT .....

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Berkvedan BOTAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARDA JÜT TAKVİYELİ FİLE KULLANIMININ ISI YALITIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

BERKVEDAN BOTAN
SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. MUSTAFA KEMAL BALKİ

Binalarda ısı yalıtım uygulaması yapılırken, uygulamada kullanılan her bir malzemenin yalıtıma katkı sağlamasını isteriz. Ayrıca, kullanılan malzemeler enerji tasarrufu sağlayabilmesi, fosil yakıt kaynaklarına bağımlı olmaması, karbon salınımına neden olmaması ve sürdürülebilir olması istenir. Yalıtım uygulaması dış duvarlara uygulanırken yapı bileşeninin katmanları; duvar, sıva, ısı yalıtım levhası, sıva, alkali kaplı cam elyaf file ve sıva şeklindedir. Yalıtım hesapları yapılırken bu yapı elemanlarının kalınlıkları ve ısıl dirençleri hesaba katılarak yapı bileşenine ait ısı geçirgenlik kat sayısı hesaplanır. Fakat yalıtım hesapları yapılırken genellikle, levhaların birleşim yerlerinde termal gerilmelerden dolayı oluşabilecek çatlamaları engellemek için kullanılan alkali kaplı cam elyaf file hesaplara katılmaz. Bu çalışmada; üretilirken yüksek enerji ve fosil yakıt kullanılan alkali kaplı cam elyaf file yerine, üretimi tamamen bitkisel olan, ısı yalıtıma katkı sağlayacak malzeme olan jüt file kullanımın ısı yalıtıma ve çevreye etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Sinop Üniversite Mühendislik Mimarlık Fakültesi binasının geleneksel ısı yalıtım malzemeleri uygulandığı durumdaki ısı yalıtım hesapları yapılmış, daha sonra hesaplara önceki çalışmalarda kalınlığı ve ısıl iletkenlik katsayısı belirlenmiş olan jüt filenin ısıl iletkenlik direnci eklenerek hesap yapılmıştır. Her iki farklı durum için, yıllık ısıtma enerjisi ve CO_2 salınımı miktarı karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Jüt file; jüt lifi; ısı yalıtım; ısı yalıtım malzemesi

Mayıs 2025, 103 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

INVESTİGATION OF THE IMPACT OF JUTE-REINFORCED MESH APPLICATION ON THERMAL INSULATION PERFORMANCE IN BUILDINGS

BERKVEDAN BOTAN
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE OF SİNOP UNIVERSITY
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
SUPERVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR MUSTAFA KEMAL BALKİ

When applying thermal insulation to buildings, we want every material used in the application to contribute to the insulation. In addition, the materials used should be able to save energy, not be dependent on fossil fuel resources, not cause carbon emissions and be sustainable. When insulation is applied to external walls, the layers of the component are: wall, stucco, thermal insulation board, stucco, alkali coated glass fibre mesh and stucco. Insulation calculations take into account the thickness and thermal resistance of these components and calculate the thermal transmittance of the component. However, the insulation calculations do not include alkali coated fibreglass mesh, which is used to prevent cracking that can occur due to thermal stress at the joints of the boards.In this study, instead of alkali coated fibreglass mesh, which uses high energy and fossil fuels in its production, the impact on thermal insulation and the environment of using jute mesh, which is an entirely vegetable material that will contribute to thermal insulation, was investigated.In the study, the thermal insulation calculations of the Sinop University Faculty of Engineering and Architecture building were carried out in the case where traditional thermal insulation materials were used, and then the thermal conductivity resistance of the jute fabric, whose thickness and thermal conductivity coefficient were determined in previous studies, was added to the calculations. The annual heating energy and CO_2 emissions were compared for the two different cases.

KEYWORDS: Jute mesh , jute fiber , thermal insulation , building insulation material

May 2025, 103 Page

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada beni bilgi ve birikimleri ile yönlendiren, yol gösteren, tecrübeleri ile farklı açılardan bakmamı sağlayan, destekteğini hiç esirgemeyen ve her davranışı ile örnek olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa Kemal BALKİ ’ye sonsuz teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman yardımcı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Murat SARIKAYA ’a ve Doç. Dr. Yunus Onur YILDIZ ‘a çok teşekkür ederim. Lisans eğitimimde beni her zaman destekleyen, bana yol gösteren ve güvenen çok değerli hocam Prof. Dr. Ahmet YARDIMEDEN ‘e çok teşekkür ederim. Bu tez çalışmasında, TS 825 standardına yönelik hesaplamaların gerçekleştirilmesine olanak sağlayan TS 825 Hesap Programı’nı geliştirerek açık erişime sunduğu için Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği’ne (İZODER) teşekkür ederim;

Her zaman yanımda olan değerli aileme, verdikleri destek ve sonsuz sevgileri için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ KABUL ..... **ii**
ETİK BEYANI ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı 2
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Binalarda Isı Yalıtımı 4
2.1.1. Binalarda ısı yalıtımın faydaları 5
2.1.2. Binalarda kullanılan ısı yalıtımı uygulamaları 5
2.1.3. Binaların dış duvarlarında ısı yalıtım uygulaması 6
2.1.3.1. Duvara dıştan ısı yalıtım uygulaması 7
2.1.3.2. İçten yalıtım uygulaması 8
2.1.3.3. Ortadan ısı yalıtım uygulaması (Sandviç duvar) 9
2.1.4. Döşemelerde ısı yalıtım uygulaması 10
2.1.5. Çatılarda ısı yalıtımı 11
2.2. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği 12
2.2.1. Binalarda ısı yalıtım standardı “TS 825” 12
2.2.2. Güncel TS 825 ısı yalıtım standardında getirilen yenilikler 13
2.3. Binalarda Kullanılan Isı Yalıtımı Malzemeleri 16
2.3.1. Isı yalıtımı malzemesi 16
2.3.2. Isı yalıtım malzemelerden beklenilen performanslar 16
2.3.2.1. Isı iletkenliği katsayısı 16
2.3.2.2. Isıl direnç (ısı iletkenlik direnci) 17
2.3.2.3. Basınç dayanımı 17

2.3.2.4. Çekme dayanımı 17
2.3.2.5. Boyutsal kararlılık 18
2.3.2.6. Su ve neme karşı dayanım 18
2.3.2.7. Kimyasal etkilere karşı dayanım 18
2.3.2.8. Biyolojik etkilere karşı dayanım 18
2.3.2.9. Parazitlere karşı dayanıklılık 19
2.3.2.10. Yanmazlık ve alev geçirmezlik (yangın sınıfı) 19
2.3.2.11. Ekolojik uyumluluk 20
2.4. Isı Yalıtım Malzemeleri 20
2.4.1. Haddelenmiş (Ekstrüde) polistren sert köpük – XPS 20
2.4.2. Genleştirilmiş (Ekspande) polistren sert köpük – EPS 21
2.4.3. Cam yünü (cam elyafı) 22
2.4.4. Taş yünü 22
2.4.5. Poliüretan köpük 23
2.4.6. Gaz beton levha 24
2.4.7. Mantar levha 25
2.5. Bina Yalıtımında Kullanılan Yardımcı Elemanlar 25
2.5.1. Yapıştırma elemanları 26
2.5.2. Sabitleme elemanı (dübeller) 26
2.5.3. Yalıtım malzemesi koruma sıvası 27
2.5.4. Son kat dekoratif kaplama 27
2.5.5. Sıva filesi 27
2.5.6. Jüt lifi 28
2.6. Literatür Özeti 31
3. MATERYAL VE METOT 35
3.1. Jüt File 35
3.2. Yalıtım Hesabı Yapılan Bina Bilgileri 36
3.2.1. Yapının fiziksel özellikleri 37
3.2.1.1. Tavan üzeri kullanılmayan çatı 37
3.2.1.2. Dış duvar 38
3.2.1.3. Toprağa temas eden döşeme 39
3.2.1.4. Isıtılmayan tavan (teshin merkezi tavanı) 39
3.2.1.5. Toprak temaslı duvar 40
3.2.1.6. Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar 41

3.2.1.7. Kapı ve pencere bilgileri 41
3.3. İzoder TS 825 Hesap Programı 42
3.4. TS 825 Isı Yalıtım Hesabı 50
3.5. TS 825 Standart Hesaplamaları 51
3.5.1. Isıl iletkenlik direnci (R) 51
3.5.2. Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U) 52
3.5.3. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) 52
3.5.4. Binanın özgül ısı kaybı (H) 53
3.5.4.1. İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) 53
3.5.4.2. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı (H_V) 53
3.5.5. Aylık ortalama iç ısı kazançları ($\phi_{i,ay}$) 54
3.5.6. Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\phi_{s,ay}$) 54
3.5.7. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü (η_{ay}) 56
3.5.8. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri (Q^I) hesabı 56
3.5.9. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) hesabı 57
3.5.10. Yıllık yakıt tüketim tutarı 57
3.5.11. Sera gazı emisyonu (CO_2) hesabı 58
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 59
4.1. Binanın Mevcut Durumdaki Isı Yalıtım Hesap Sonuçları 59
4.1.1. Özgül ısı kaybı (H) 59
4.1.2. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) 61
4.1.3. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) 62
4.1.4. Yıllık yakıt tüketim tutarı 63
4.1.5. Binanın sera gazı emisyonu (CO_2) 63
4.2. Jüt File ile Isı Yalıtım Hesabı Sonuçları 64
4.2.1. Jüt fileli özgül ısı kaybı ($H_{jüt}$) 64
4.2.2. Jüt fileli yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) 66
4.2.3. Jüt fileli yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) 67
4.2.4. Jüt fileli yıllık yakıt tüketim tutarı 68
4.2.5. Jüt fileli binanın sera gazı emisyonu (CO_2) 68
4.3. İki Farklı Yalıtım Durumlarının Karşılaştırılması 69
4.3.1. Özgül ısı kaybı (H) karşılaştırılması 69
4.3.2. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) karşılaştırılması; 70

4.3.3. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) karşılaştırılması 71
4.3.4. Yıllık yakıt tüketim tutarı karşılaştırılması 71
4.3.5. Yıllık Sera gazı emisyonu (CO_2) 71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 72
KAYNAKLAR 75
EK 1 Isı Yalıtım Hesap Raporu 80
EK 2 Jüt File ile Isı Yalıtım Hesap Raporu 84
ÖZGEÇMİŞ 88

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Güncel U ısıl geçirgenlik kat sayısı karşılaştırılması 15
Tablo 3.1 Jüt lifinin 3 farklı sıcaklık değerine göre ısı iletim katsayısı 36
Tablo 3.2 SNÜ MMF Binasına ait metrajlar 37
Tablo 3.3 Yönlere göre pencere alanları 41
Tablo 3.4 Kapı ve pencere ısıl geçirgenlik katsayıları 42
Tablo 3.5 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [θ_i (°C)] 43
Tablo 3.6 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (°C)] 44
Tablo 3.7 Yüzeysel taşınım direnç değerleri 52
Tablo 3.8 Tavsiye edilen U sınır değerleri 52
Tablo 3.9 Ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m^2] 55
Tablo 3.10 Bina kat sayısı ve bina gölge durumuna göre gölgelenme faktörü 55
Tablo 3.11 Cam türüne göre güneş enerjisi geçirme faktörü (TS 825, 2008) 55
Tablo 3.12 TS 825 Standardına göre yıllık ısıtma ihtiyacı sınır değerleri (kWh/m^2) 57
Tablo 3.13 Yakıt alt ısıl değerleri, Kalorifer verimleri ve FSEG dönüşüm katsayıları [BEPY, 2022] 57
Tablo 4.1 Yapı bileşenleri ısı kaybı miktarı (W/K) 60
Tablo 4.2 Aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı .. 61
Tablo 4.3 Aylık doğalgaz yakıt tüketimi 62
Tablo 4.4 CO_2 Salınım miktarı 64
Tablo 4.5 Jüt fileli yapı bileşenlerin ısı kaybı miktarı (W/K) 65
Tablo 4.6 Jüt file ile göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı66
Tablo 4.7 Jüt file ile yalıtımın aylık doğalgaz yakıt tüketimi miktarı 67
Tablo 4.8 Jüt file ile yalıtımın CO_2 Salınım miktarı 69
Tablo 4.9 İki farklı yalıtım durumu için özgül ısı kaybı 70
Tablo 4.10 İki farklı yalıtım durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı 70
Tablo 4.11 İki farklı yalıtım durumu için yıllık yakıt ihtiyacı 71
Tablo 4.12 İki farklı yalıtım durumu için yıllık yakıt ihtiyacı 71
Tablo 4.13 İki farklı yalıtım durumu için yıllık sera gazı emisyonu 71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Dıştan ısı yalıtım uygulama katmanı 8
Şekil 2.2 İçten yalıtım uygulaması 9
Şekil 2.3 Ortadan ısı yalıtım uygulaması 10
Şekil 2.4 Döşeme ısı yalıtım uygulama katmanları 11
Şekil 2.5 Çatılarda ısı yalıtım uygulaması 11
Şekil 2.6 Yeni derece gün bölgesi haritası 14
Şekil 2.7 Yeni standarda göre tavsiye edilen U değerleri 14
Şekil 2.8 XPS levha türleri 21
Şekil 2.9 EPS Malzemesi 21
Şekil 2.10 Cam yünü 22
Şekil 2.13 Taş yünü 23
Şekil 2.14 Poliüretan köpük 24
Şekil 2.15 Gaz beton levhası 25
Şekil 2.16 Mantar levha 25
Şekil 2.17 Çeşitli levha sabitleme dübeller 27
Şekil 2.16 Sıva filesi 28
Şekil 2.19 Jüt lifi yetiştirme aşamaları 29
Şekil 2.20 Jüt file üretim aşamaları 30
Şekil 2.21 Jüt file ve kullanım alanları 31
Şekil 3.1 Binanın mimari görünüm 36
Şekil 3.2 Tavan üzeri kullanılmayan çatı kesiti ve yapı bileşenleri 38
Şekil 3.3 Dış duvar kesiti ve yapı bileşenleri 38
Şekil 3.4 Toprağa temas eden döşeme (seramik) kesiti ve yapı bileşenleri 39
Şekil 3.5 Isıtılmayan tavan (teshin merkezi tavanı) kesiti ve yapı bileşenleri 40
Şekil 3.6 Toprak temaslı duvar kesiti ve yapı bileşenleri 40
Şekil 3.7 Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar kesiti ve yapı bileşenleri 41
Şekil 3.8 İzoder programı ana sayfa 43
Şekil 3.9 Yapı bileşenleri giriş menüsü 45
Şekil 3.10 Pencere bilgileri giriş menüsü 46
Şekil 3.11 Kapı bilgileri giriş menüsü 46

Şekil 3.12 Yönlere göre pencere alanları giriş menüsü 47
Şekil 3.13 Hesap raporu kapak sayfası oluşturma 48
Şekil 3.14 Özgül ısı kaybı hesap raporu oluşturma 49
Şekil 3.15 Yıllık ısıtma enerjisi hesaplama raporu oluşturma 49
Şekil 3.16 Kesit resimleri raporu oluşturma 49
Şekil 3.17 SNÜ MMF Bina kat planı TS 2164 ve TS 825 standardına göre bina sınırı 50
Şekil 3.18 Türkiye derece gün bölgeleri 51
Şekil 4.1 İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı grafiği 60
Şekil 4.2 Aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı ... 62
Şekil 4.3 Aylara göre yakıt ihtiyacı miktarı 63
Şekil 4.4 Karbon salınım miktarı grafiği 64
Şekil 4.5 Jüt file ile yalıtılan binanın iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı 65
Şekil 4.6 Jüt file ile yalıtımın aylara göre yıllık ısı enerjisi miktarı grafiği 67
Şekil 4.7 Jüt file ile yalıtımın aylara göre doğalgaz yakıt tüketimi 68
Şekil 4.8 Jüt file ile yalıtımın aylara göre CO_2 salınım miktarı 69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

η_{ay} : Aylık kazanç kullanım faktörü

ρ : Havanın yoğunluğu

λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri

θ_e : Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı

θ_i : Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı

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

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

Σ : Toplam simgesi

A : Alan

A_D : Dış duvarın alanı

A_d : Dış hava ile temas eden tabanın veya döşemenin alanı

A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı

A_k : Dış kapının alanı

A_T : Tavan alanı

A_P : Pencere alanı

A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı

A_{top} : Isı kaybedilen toplam yüzey alanları

A_N : Yapı kullanım alanı

c : Havanın özgül ısısı

°C : Sıcaklık

CO_2 : CO_2 Karbon dioksit

d : Yapı elemanının kalınlığı

F_w : Camlar için düzeltme faktörü

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

$g_\perp$: Yüzeye dik gelen güneş ışın enerjisi geçirme faktörü

H : Binanın özgül ısı kaybı

H_T : İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

H_V : Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı

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

K : Kelvin

KKO_{ay} : Kazanç / kayıp oranı

kN : Kilo Newton

kW : Kilowatt

kWh : Kilowatt saat

N : Newton

Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi

$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

R : Isıl iletkenlik direnci

R_e : Dış yüzey ısıl iletim direnci

R_i : İç yüzey ısıl iletim direnci

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

t : Zaman

U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı

U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı

U_{ds} : İç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısı

U_P : Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı

U_k : Dış kapının ısıl geçirgenlik katsayısı

U_T : Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı

V^I : Hacimce hava değişim debisi

$V_{brüt}$: Yapının ısıtılan brüt hacmi

V_h : Havalandırılan hacim

W : Watt

Kısaltmalar

TS : Türk Standardı

SNÜ : Sinop Üniversitesi

MMF : Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

İzoder : Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği

DG : Derece Gün

EVÇED : Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı

MMO : Makine Mühendisleri Odası

STK : Sivil Toplum Üreticileri

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

BEPY : Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Enerji türlerinden biri olan ısı enerjisi, ısıl dengeye gelene kadar sıcak ortamdan soğuk ortama doğru hareket halinde olur. Bu hareketi yavaşlatmak için iki ortam arasına ısıl iletkenlik katsayı değeri düşük olan bir yapı malzemesi uygulanır. Bu sayede ortamlar arası ısı transfer miktarı azaltılmış olur. Bu uygulama binaların duvar, tavan ve döşemelerine uygulanır. Binanın bu yapı bileşenlerine uygulanmasıyla ortamın ısısı korunmuş olur. Bu sayede insanların yaşam alanlarında ısıl konfor sağlanmış olur. Ayrıca, ısınmak için kullanılan ısı enerjisi miktarı da azalmış olur. Isı enerjisi kullanımı azaltılması sayesinde, ısı enerjisi üretmek için kullanılan fosil kaynaklı yakıtların kullanılması da azalır. Bu sayede fosil kaynaklı yakıtların neden olduğu çevre kirliliği ve doğal alanların tahribatı ve küresel ısınmanın önüne geçilmiş olur.

Toplamda kullanılan enerji miktarı arasında konutlarda ısınmak için harcanan enerji miktarı önemli bir orana sahiptir. Avrupa'da yapılan araştırmaya göre konutlarda kullanılan enerji miktarı toplamda harcanan enerji miktarının %27'sini oluşturur. Konutlarda harcanan enerjinin de %62,8'lik kısmını da ısınmak için harcandığı tespit edilmiştir (Koçak, 2022; Eurostat, 2022). 2018'de Türkiye'de yapılan araştırmaya göre de harcanan enerjinin %21'lik kısmı konutlarda kullanılmıştır (Koçak, 2022; Birol, 2021). 2023 yılında Çevre Şehircilik ve İklim değişikliği bakanlığının yayımladığı raporda ise bu oran %31'e kadar çıktığı belirtilmiştir (ÇŞB, 2023). Konutlarda harcanan enerjinin de %48'lik kısmını da ısınmak için harcanmıştır (Koçak, 2022; Birol, 2021). Bina yapı elemanlarına uygulanan ısı yalıtım uygulaması sayesinde %60'lara kadar yakıt tüketimi ve ısı kaybı minimize edilebilir (Koçak, 2022; Aydın, 2022). Bina dış duvarında yapılan ısı yalıtım uygulaması ısınmak için harcanan enerji tüketiminin %13 ile %16 oranında azaltılabilir (Koçak, 2022; Paraschiv vd. 2021). Bu istatistiklere bakılırsa enerjide dışa bağımlı olan ülkeler ısı yalıtım uygulamaları gibi uygulamalarla enerji tasarrufunda bulunabilirler.

Ülkemizde devlet tarafından enerji tasarrufu ve verimliliği için birden fazla proje ve yasal düzenlemeler hayata geçirilmiştir. Bu projelerden en bilindikleri, Enerji Verimliliği Portalı (ENVER); kampanyalar, eğitimler, kamu spotları düzenleyerek toplumsal bilinç oluşturuyor. Kamu Binalarında Enerji Verimliliği (KABEV); kamu binalarında enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edici bir projedir. Kamu ve Belediye Yenilenebilir Enerji Projesi (KAYE); kamu ve belediye binalarında güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumuna teşvik edici programlar sunar. Sanayide

Enerji Verimliliği (SENVER); sanayi tesislerinde enerji tasarrufu hedefleyerek Yüksek verimli motorlar ve baca gazı optimizasyonu gibi uygulamaları teşvik eder. Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) ise; Sanayi ve diğer sektörlerde enerji tasarrufu projelerine %30 hibe sağlayarak enerji tasarrufuna yönelen programlar düzenler.

Isı yalıtım uygulaması yapılan binalarda yalıtım malzemesi %60'ı cam ve taş yünü gibi lifli ürünlerden veya minerallerden, %27'i oranında poliüretan veya polistiren köpüklerden, %13'ü de diğer malzemelerden üretilmektedir (Koçak, 2022; Ardente, Beccali, Cellura ve Mistretta, 2008).

Isı yalıtım malzemelerinden petrol türevi malzemelerden olan XPS (Ekstrüde Polistren Köpük) ve EPS (Genleştirilmiş Polistren Köpük) üretiminde ve atığı çevreye ciddi zarar vermektedir. Bu malzemelerin üretiminde kullanılan kimyasallar kanserojen madde içerdiğinden insan sağlığına da zarar vermektedir (Koçak, 2022; Balo,2017). Ayrıca, petrol türevi ısı yalıtım malzemelerin üretilmesi için ihtiyaç duyulan hammaddeler Türkiye'de az miktarda bulunduğundan ithal edilmektedir (Koçak, 2022; Patnaik, Mvubu, Muniyasamy, Botha ve Anandjiwala, 2015). Bu nedenle ülkemizin ithalat hacminde artış göstermekle birlikte dışa bağımlılığımız artmaktadır.

Petrol türevi ısı yalıtım malzemelerin birden fazla olumsuz yönleri olduğundan dolayı; her geçen gün çevreye ve insan sağlığına yararlı malzemelere yönelim artmaktadır (Koçak, 2022). Kullanımında ve üretiminde çevreye zararlı olmayan ve doğada biyobozunur yapıda olan malzemelerden bitkisel malzemeler tercih edilmektedir.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bitkisel yapılı malzemeler çevreye zararı az, üretim maliyeti düşük ve yenilenebilir kaynaklar olması nedeniyle, bitkisel esaslı ısı yalıtım malzemesi üretimi çalışmaları her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmaların en önemli faydalarından biri de ülkemizde tarımı yapılan veya tarımı yapılabilecek bitkilerin ısı yalıtım malzemesi üretiminin tarımsal ekonomiye katkı sağlamasıdır. Dahası petrol bazlı ısı yalıtım malzemesi kullanımının azaltılması, ülkemizin dışa bağımlılığını azaltarak ekonomiye katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte fosil bazlı ürünlerin az kullanımı çevresel anlamda oldukça fayda sağlamaktadır. Bitkisel kaynaklara yönelim sayesinde çevresel kirliliğinin en önemli sorunlarından olan karbon ayak izinin etkisini azaltılabilir. Isı yalıtım malzemesi olarak kullanılan bitkilerden biri olan jüt bitkisinin gövdesinden elde edilen jüt lifleridir. Halihazırda ülkemizde jüt lifleri ağaç köklerinin kurumasını engellemek, nem ve ısı kaybını önlemek için koruyucu malzeme olarak sarılmaktadır. Bir diğer kullanım

alanlarından biri de inşaat betonarme yapılarda kolonlarda kürleme uygulamasıdır. Kolon kürleme uygulaması özellikle yaz aylarında betonu taze dökülen kolon veya kirişin hızlı sıvı kaybının önleyerek betonarmenin daha sağlam olması için kullanılmaktadır. Aynı şekilde beton mikserine sarılarak sıcaklığının muhafaza edilmesi de diğer bir uygulama alanıdır.

Jüt filenin bu faydalarından ilham alarak, bina ısı yalıtım uygulamalarında termal gerilmeler nedeniyle levhalar arasında oluşabilecek çatlamaları önlemek amacıyla çeşitli takviye malzemeleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda, alkali kaplı cam elyaf takviyeli sıva filesi yerine bitkisel esaslı jüt filelerin kullanılması daha sürdürülebilir bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, tekstil endüstrisi dışında, inşaat sektöründe kullanılmasının yaygınlaştırılması hedefiyle bitkisel esaslı ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması tarımsal sektörün gelişmesine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bitkisel kökenli ısı yalıtım malzemelerinin üretilmesi maliyeti düşük olacağından kullanımı da yaygınlaşacaktır. Bu sayede ısıtma için yapılan uygulama giderlerin azalması sağlanacaktır. Jüt liflerinin üretilmesi için ekilecek olan jüt bitkilerin ekili alanlarının artması hava kalitesini artıracağı gibi toprağın verimini de yükseltecektir. Bu sayede, karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlanması mümkün olacaktır. Ayrıca, çevreye yararlı ve sürdürülebilir ısı yalıtım malzemesi gelişimi imkânı sağlanacaktır.

Tez çalışması kapsamında ısı yalıtım uygulamalarında kullanılan ve ısı yalıtım hesaplarında önemsenmeyen sıva filesi yerine, jüt bitkisinden elde edilen, bitkisel kökenli, jüt file kullanarak ısı yalıtıma katkı sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca, bitkisel kökenli bir malzeme kullanılarak karbon ayak izi etkisi azaltılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada SNÜ MMF binasının geleneksel ısı yalıtım malzemeleri uygulandığı durumdaki ısı yalıtım hesapları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları açık erişim olan İzoder programı kullanarak TS 825 standartlarına göre hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplara önceki çalışmalarda kalınlığı ve ısıl iletkenlik katsayısı belirlenmiş olan jüt filenin ısıl iletkenlik direnci eklenerek hesap yapılmıştır. Her iki durum için , ısıtma enerjisi ve CO2 salınımı miktarı karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde tez konusu ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve yapılan önceki çalışmalar derlenerek kısa özetler halinde sunulmuştur. Dahası tezin dayandığı bazı kuramsal bilgiler anlatılmış ve gerekli açıklamalar yapılıp detaylı bir şekilde örnek gösterilerek anlatılmıştır.

2.1. Binalarda Isı Yalıtımı

Eski medeniyetlerden biri olan Mısır'da bölgelerinin çok sıcak ve kurak olmasından dolayı evlerinin dışarıdan gelen sıcaklara karşı koruma amacıyla ısı yalıtım tekniklerini uygulamışlar. Yunan ve Roma halkı da bu yönteme başvuran diğer milletler olmuştur. Kuzey Avrupalılar ve Vikingler, o dönemin yapılarında kullanılan duvarlardaki kütükler ile kesme tahtalar arsındaki çatlakları ve birleşim yerlerindeki boşlukları killi topraktan yaptıkları çamur ile doldurarak tarihteki yalıtım örneklerinden birini uygulamışlardır. Bir başka uygulamalarından biri de bina iç duvarlarında nemi emmek ve yüzeylerde oluşan hava akımlarını engellemek maksadıyla dokuma halıların duvar yüzeylerinin kaplanmasıdır (Türker, 2023). Barınma insanların temel ihtiyaçlarından biridir. Binalarda ısı yalıtım kullanılmasının aslında bir lüks değil de temel bir ihtiyaçtır.

Türkiye'de ilk seri olarak yalıtım malzemesi üretimi 1967 yılında İzocam tarafından Gebze'deki fabrikalarda camyünü üretimine başlanmıştır. Sonraki yıllarda ise sanayinin gelişmesine paralel olarak çeşitlenmeye gidilerek plastik esaslı, lif esaslı, köpükler ve sürme esaslı malzemeler üretilmeye başlanılmıştır (Türker, 2023; Çakallı, 2013). Türkiye'de ısı yalıtım yönetmenliği 1977 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından oluşturulmuştur. Daha anlaşılır ve uygulanabilir olması açısından çok kez revizyona uğrayarak, 1985 yılında düzenlenerek bir daha yayımlanmıştır (Türker, 2023).

18. yy'den sonra sanayinin gelişmesine ve gelişen teknolojide enerji ihtiyacının artmasından kaynaklı enerjinin kontrolsüz ve verimsiz bir şekilde kullanılmasından dolayı enerji ihtiyacı ortaya çıkmış ve enerjinin önemi anlaşılmıştır (Türker, 2023; Kiper Yılmaz, 2009).

Günümüzde kullanılan enerjinin büyük bir çoğunluğu insanların barınmak için kullandığı konutlarda ve sanayilerde kullanılmaktadır. Bu nedenle konutlarda kullanılan ısı enerji kayıplarını önlemek enerjinin verimli kullanması için çok önemlidir. Isı kayıplarını önlemek için ısı yalıtım uygulamaları yapılması ve geliştirilmesi çok önemli bir konudur.

Konutlarda kullanılan enerjinin %60'lık kısmı ısıtma ihtiyacı için kullanıldığını göz önüne almak gerekirse ısı yalıtım sayesinde bu oran %30'lara kadar düşmektedir. Düşen bu orana bağlı olarak çevre ve hava kirliliğinin azaltılması sağlanmakla beraber karbon ayak izinin azaltılması gibi olumlu sonuçlarını görebiliriz (Türker, 2023; Keskin ve Güven, 2012). Türkiye'de binalarda tüketilen enerjinin %35 olduğundan binalarda yapılan enerji verimliliği uygulamaları son derece önemlidir. Bu verimlilik uygulamaları sayesinde aile bütçesine ve dolayısıyla ülke ekonomisine büyük katkısı olacaktır (Türker, 2023).

2.1.1. Binalarda ısı yalıtımın faydaları

Isı yalıtımın faydalarını maddeler halinde yazmak gerekirse;

a) Enerji tasarrufu sağlayarak ülke ekonomisine katkı,
b) Hava kirliliğini önleyerek daha temiz ve kaliteli hava oluşumu,
c) Isınma ve soğutma giderlerini azaltarak enerji maliyetinden tasarrufu,
d) Isı kaybını önleyerek kışın sıcak, yazın serin ve konforlu bir ortam oluşumu,
e) Enerji ihtiyacını azaltarak daha az CO_2 salınımı,
f) Bina içinde dengeli sıcaklıkla daha konforlu ve sağlıklı ortamlar oluşumu,
g) Duvarlarda oluşabilecek mantar, küf ve siyah lekeleri önleyerek yoğuşmayı engeller,
h) Ülkenin enerji ihtiyacında dışa bağımlılığı da düşer,
i) Betonarme ve içindeki demirin paslanmasını önleyerek binanın ömrünü uzatır. (Türker, 2023; Kaplan, 2012, Bektaş ve Ark. 2017).

2.1.2. Binalarda kullanılan ısı yalıtımı uygulamaları

Binalarda ısı yalıtım uygulamaları başta bina dış yüzeyi olmak üzere binanın neredeyse tüm bölümlerinde uygulanabilmektedir. Bina dış duvarları atmosfer ile en çok temas halinde olan yapı elemanı olduğundan dolayı ısı transferinin en çok olduğu yapı kısmıdır. Bina mahaller arasında kat aralarında da sıcaklık farkından dolayı ısı transferi olacağından kat aralarında yani döşemelerde de ısı yalıtımı uygulanmaktadır. Kat aralarında ısınan havanın kat içerisinde döşemeden tavana doğru yükseleceğinden katta döşemeye yakın alan daha soğuk tavana yakın olan daha sıcak olacaktır. Bu nedenle bir üst katta da bu kural geçerli olacağından; alt katın tavanı ile üst katın döşemesi arasında ısıl dengeye gelebilmesi için ısı transferi olacaktır. Bu ısı transferini engellemek ve

mahallin üst kat veya alt kat ile ısı transferini engellemek için döşemelerde ısı yalıtım uygulaması yapılır. Burada mahallin döşemesi ya da mahallin tavanında yalıtım yapılması yeterlidir. Bu sayede ısı transferi oluşumu engellenir ve mahallerin ısı kayıpları azaltılır. Bir diğer ısı yalıtım uygulamaları ise binanın en üst kotu olan döşemelerde yani çatılarda dış havaya ile temas halinde olduğundan ısı dış hava ile ısı transferi yaşanacaktır. Burada kış aylarında dışarıya göre daha sıcak olan binanın iç kısmının sıcaklığının dışarıya transferini engellemek için çatılarda ısı yalıtım uygulaması yapılmaktadır. Aynı zamanda sıcak yaz aylarında dışarıdan gelen sıcaklığın bina içerisindeki mahalli ısıtmaması için ısı yalıtım uygulaması yapılmaktadır. Isı yalıtım yapılmasının amacı sadece binayı ya da uygulanan mahalli sıcak tutmak değil aynı zamanda dışarıdan gelen sıcaklıklara karşı da korumaktır.

Isı yalıtım uygulaması dıştan ısı yalıtımı mantolama, sandviç yöntemi ve içten ısı yalıtımı olmak üzere üç şekilde uygulanmaktadır (Türker, 2023). En çok uygulanan uygulama tekniklerden biri dıştan uygulama (mantolama) yöntemidir. Genellikle bina dış duvarlarında, döşemelerde ve çatılarda uygulanmaktadır. Bir başka uygulama yöntemi de içten uygulama yöntemidir. Burada ısı yalıtım malzemesi yapının iç kısmından uygulanarak içerden ısı kaybını önleme de direkt olarak rol alır. Sandviç yöntemi de ise ısı yalıtım malzemesi yapı bileşeni arasına alınarak ısı yalıtımı uygulanması yapılmaktadır.

2.1.3. Binaların dış duvarlarında ısı yalıtım uygulaması

Bina yapı bölümleri arasındaki dış atmosfer ile en çok temas halinde olan bina yapı elemanı binanın dış duvarlarıdır. Bu nedenle ısı kaybı veya ısı transferinin en çok olduğu bina sınırlarından biridir. Binanın ısı kaybı bina kat sayısı artıkça atmosfer ile temas yüzeyi artacağından artar, bina kat sayısı azalacağından ısı kaybı yüksek katlı binalara göre daha az olur (Karakaş, 2018). Binanın dış yüzeyi yani dış duvarlar ısı kaybı fazla olduğundan ısı kaybını önlemek için ısı yalıtım uygulaması en çok yapılan bina yapı elemanlarından biridir. Ayrıca, ısı yalıtımın en fazla dış duvarlarda tercih edilmesinin bir diğer önemli noktası da dış duvarın gün içinde ve yıl içerisinde sıcaklık farklılıklarından dolayı dış duvar yapı bileşenlerinde sürekli büzülme ve genleşme olmaktadır. Bunun sonucunda bina dış yüzeyinde çatlamalar ve dış duvarlarda boşluklar meydana gelmektedir. Bütünlüğü bozulan bu yapının boşlukları arttığından boşluklardan ısı kaybı artmakta ve rüzgârdan daha çok etkilenmektedir. Dış yalıtımın yapılmasının bir diğer

olumlu yönü de binayı bu sıcaklık farkından dolayı oluşan çatlamaları en aza indirmek ve binayı dış etkilerden korumaktır (Karakaş, 2018). Bina dış duvarlarında ısı yalıtım uygulaması farklı şekillerde yapılmaktadır. En çok tercih edilen ısı yalıtım uygulaması dıştan kaplama yöntemi olan dıştan ısı yalıtım uygulaması aynı zamanda mantolama olarak da bilinmektedir. Diğer bir uygulama da sandviç adı ile bilinen ortadan ısı yalıtım uygulamasıdır ve son olarak bilinen ısı yalıtım uygulaması ise şu an günümüzde çok az da olsa kullanılan ilk ısı yalıtım uygulaması popüler olduğu zamanlarda çok kullanılan fakat istenilen verimi alınmadığından ve iç mimari uygulamasında istenmeyen görüntülere neden olduğundan dolayı kullanımı neredeyse azalan içten uygulanan ısı yalıtım uygulaması içten ısı yalıtım uygulaması olarak geçmektedir.

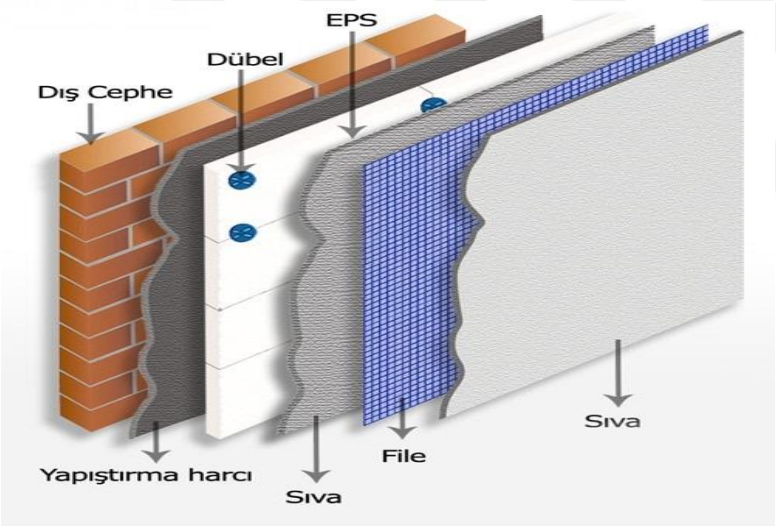
2.1.3.1. Duvara dıştan ısı yalıtım uygulaması

Bina dış yüzeyine uygulanan ısı yalıtım uygulamasıdır. En çok bilinen ve kullanılan adı ise mantolamadır. Genellikle binayı atmosfer ile olan temasını kesmek üzere atmosfer ile yalıtımı yapılmak istenen dış duvar arasında sınır olarak uygulanır. Binanın atmosfere ile arasında yapacağı ısı transferini an aza indirmek amaçlanır. Mantolama uygulaması yapılmayan binalarda ısı transferi fazla olduğundan bina içerisindeki sıcaklık korunamamaktadır. Bu neden le istenilen konfor ortamı sağlanamayacaktır. Ayrıca, ortamı istenilen sıcaklığa getirilmek istendiğinde ısıtıcıyı çalıştırmak için bir enerji ihtiyacı olacaktır. Temin edilen enerji kullanıldıktan sonra ortam ısıtıldığında veya soğutulduğunda bir süre sonra ortam ısısı tekrar kaybolacak ve tekrar enerji ihtiyacı olacaktır ve ısı kaybı veya ısı artması engellenmediği sürece hep devam edecektir. Bunun sonucu olarak yüksek enerji maliyetleri ortaya çıkacaktır. Bu da hem aile bütçesine hem de ülke ekonomisine büyük oranda zarar verecektir. Bunlara bağlı olarak enerji ihtiyacının karşılanması için enerji elde etme yöntemleri sonucu çevre kirliliği, gürültü kirliliği, karbon salınımı gibi çevreye olumsuz etkiler etki edecektir. Bu tür olumsuzlukların önüne geçmek için neredeyse tüm dünya da binalara mantolama yapılması büyük önem arz etmektedir. Ve uygulama büyük bir ilerleme sağlanmış olup çoğu gelişmekte olan ülkelerin gelişmelerine katkı sağlayan bir uygulamalardan biridir. (Gören, 2022).

Mantolama uygulaması yapılmadan önce uygulanacak alanın ısı yalıtım uygulamasına hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Mantolama yapılacak yüzeyin düz bir yüzeye sahip olması gerekmektedir. Bunun için mantolama yapılacak yüzey duvarlardan veya

betonarme yüzeylerden oluşabilir. Önce bu alan kara sıva denilen kum ve çimento karışımı bir harç ile tesviye edilir. Düz bir yüzey oluşturulur ve duvardaki yapı elemanlarının birleşim yerlerindeki boşluklar doldurulur. Daha sonra levha yapıştırıcılar ile yüzeye yapıştırılır. Ardından sabitleme dübelleri ile mantolamanın duvara sabitlenmesi sağlanır. Bu şekilde tüm yüzey mantolama malzemesi ile kaplanır ve sabitleme dübelleri ile sabitlenir.

Mantolama uygulaması yapılırken en çok kullanılan ısı yalıtım malzemesi Ekstrüde Polistren Köpük (XPS), Genleştirilmiş Polistren Köpük (EPS) ve taş yünüdür (Öngel, 2021; Tuncer, 2012). Şekil 2.1'de dıştan ısı yalıtım uygulama katmanları gösterilmiştir. Duvara sabitlenmesi yapılan mantolama levhalarının üzeri sıva yapıldıktan sonra sıcaklık farkının ve levhaların birleşim yerlerinin neden olabileceği çatlamaları engellemek için cam elyaf takviyeli file ile örtülür. Daha sonra file üzeri sıva yapılarak yüzey dekoratif kaplamaya uygun hale getirilir.



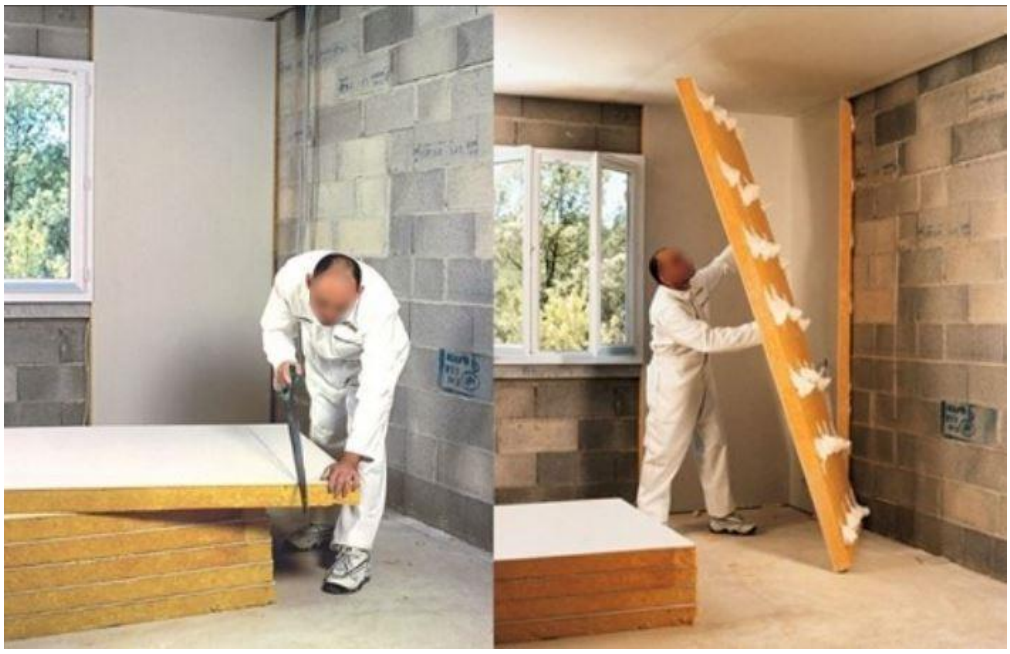
Şekil 2.1 Dıştan ısı yalıtım uygulama katmanı (URL- 1, 2025)

2.1.3.2. İçten yalıtım uygulaması

İçten ısı yalıtım uygulaması genellikle binanın dış tarafından ısı yalıtımı uygulaması yapılamadığı durumlarda tercih edilir. Bina dış cephesine uygulanamamasının nedenlerinden biri de daha çok mimari kaynaklı olmasıdır. Binanın mimarisinin bulunduğu coğrafya, konum, kullanım amacına vb. nedenlere bağlı tasarlanan mimarinin dıştan yapılan ısı yalıtım uygulamasının bina mimarisini bozabileceğinden içten ısı yalıtım uygulaması yapılması tercih edilir. Ayrıca, sürekli ısıtılması gerekmeyen

yapılarda örneğin; büro olarak kullanılan binalarda, sinema salonları ve konser salonu gibi belirli zamanlarda kullanılan yapılarda içten ısı yalıtım uygulaması yapılmaktadır (Gören, 2022; Aydın, 2010). Şekil 2.2'de İçten yalıtım uygulaması işlem adımları görünmektedir.

İçten yalıtım uygulaması buhar difüzyonu ile birlikte oluşabilecek yoğuşmanın izolasyon malzemesi içerisinde olması bir dezavantajlarından biridir (Gören, 2022; Bayer, 2006).



Şekil 2.2 İçten yalıtım uygulaması (URL- 2, 2025)

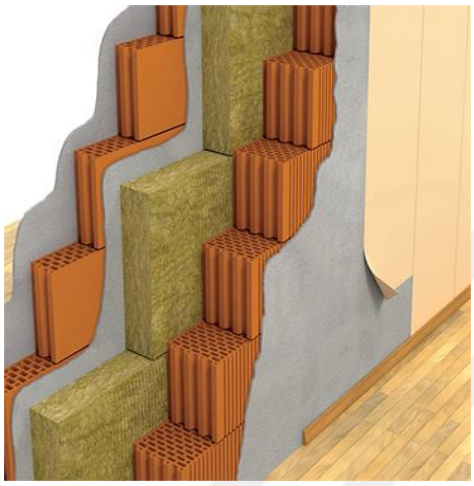
İçten ısı yalıtım uygulaması dıştan ısı yalıtım uygulamasından farklı olarak ısı yalıtım levhası malzemesi daha büyük levhalar şeklinde olmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin uygulanmadan paket içerisindeki hali darbelere karşı dayanıksız ve bütünlüğü bozulabilir olduğundan üzeri alçıpan levhalar ile montajı yapılarak yüzeyin daha sert ve darbelere karşı daha dayanıklı olması sağlanır. Duvara montaj aşamaları ise dıştan ısı yalıtım uygulamasında uygulanan yöntemlerin aynısı uygulanabilir.

2.1.3.3. Ortadan ısı yalıtım uygulaması (Sandviç duvar)

Ortadan ısı yalıtım uygulaması; Şekil 2.3'de göründüğü gibi bina dış duvarına çift sıra duvar örülüp, bu iki duvar arasına ısı yalıtım malzemesi yerleştirilerek uygulanan ısı yalıtım uygulamasıdır. Bu uygulama şeklinde bina dış duvar kalınlığı çift sıra ve arası ısı yalıtım malzemesi olduğundan normalinden daha kalın olmaktadır. Bu şekilde uygulanan yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin dış etkilerden etkilenmez bu sayede çok daha uzun

ömürlüdür.

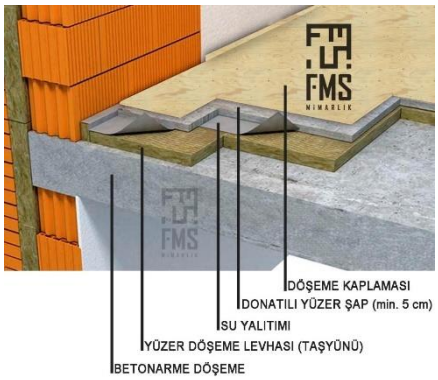
Daha çok bina dış yüzeyi basınç altında olan örneğin bodrum katı gömülü olan ve dış yüzeyi toprak baskısı altında olan yüzeylerde bu uygulama kullanılır. Toprak basıncı altında olan bu yüzeylerde toprak ısı yalıtım malzemesi önünde olan duvara baskı yaparak ısı yalıtım malzemesini koruyacaktır. Bu sayede ısı yalıtım malzemesi darbelere ve toprak baskısı altında kalmayacağından daha uzun ömürlü olacaktır (Gören, 2022).



Şekil 2.3 Ortadan ısı yalıtım uygulaması (URL- 3, 2025)

2.1.4. Döşemelerde ısı yalıtım uygulaması

Döşeme denince akla ara kat döşemeleri ve binanın toprağa oturduğu veya zemine oturduğu kısım olarak tanımlanır. Kat arası döşemelerde uygulanan ısı yalıtım uygulaması genellikle alt kattaki mahal ile üst kattaki mahal arasındaki ısı transferini engellemek için uygulanan ısı yalıtım uygulamalarından biridir. Bir de binanın oturduğu zemin ile arasında ısı transferi yapabileceğinden binanın zemine temas ettiği döşemelerde ısı yalıtım uygulaması yapılır. Döşemelerde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri genellikle basınca karşı dayanıklı malzemelerden olması gerekmektedir. Döşemelerde genellikle Ekstrüde Polistren Köpük (XPS) ısı yalıtım levhaları ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri kullanılır. Bu ısı yalıtım malzemesinin kullanılmasının amacı sürekli bir basınca maruz kaldığından dolayı dayanıklı malzeme olmasıdır. Döşemelerde ısı yalıtım uygulama aşamalarına baktığımızda temizlenmiş zemin üzerine serilen bu ısı yalıtım levhalarının üzerine su geçirimi olmayan bir örtü serilerek üzerine şap denilen tesviye betonu dökülerek isteğe göre istenilen desende zemin kaplaması yapılır (Gören, 2022). Şekil 2.4'de döşeme altı ısı yalıtım uygulamasına ait görsel verilmiştir.



Şekil 2.4 Döşeme ısı yalıtım uygulama katmanları (URL- 4, 2025)

2.1.5. Çatılarda ısı yalıtımı

Bina çatılarında ısı yalıtımı oldukça önemlidir. Çünkü sıcak havanın ısınması ile düşen yoğunluğu nedeniyle yükselir ve bu ısınan hava binanın en yüksek kısmına doğru gitmeye başlar. Binanın en yüksek kısmı olan çatılarda toplanan bu sıcak havanın ısısı çatıdan dış havaya transfer olmaya çalışacaktır. Bu nedenle ısı kaybı yaşanacak olan bu bölgede ısı yalıtımı yapılması gerekir (Gören, 2022).

Aynı şekilde yaz aylarında güneşin ısısıyla çatı altıda olan mahal güneşin ısısıyla ısınacaktır. Bu nedenle çatı ile üst mahal arasına ısı yalıtımı uygulanması ihtiyacı olacaktır. Bu sayede dışarıdan gelen ısının mahal içerisine geçişi engellenecek mahallin aşırı ısınması engellenecektir. Aynı zamanda çatı arasında uygulanacak ısı yalıtım malzemesi yangın tehlikesi göz önüne alınarak doğru seçilmesi gerekir. Bu tür yerlerde basınca çok fazla maruz kalmayacağından; en uygun malzeme olarak cam yünü kullanılabilir. Şekil 2.5‘de çatı arası ısı yalıtım uygulaması yapılmaktadır.

Şekil 2.5 Çatılarda ısı yalıtım uygulaması (URL- 5, 2025)

2.2. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği

2.2.1. Binalarda ısı yalıtım standardı "TS 825"

Binalarda ısı yalıtım kuralları ile ilgili ülkemizde yapılan ilk çalışma 1970 yılında yürürlüğe giren standart TS 825 standardıdır. O dönemin adıyla Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 1977 yılında "Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği" hazırlanmış olan yönetmelik uygulanmıştır. O yıldaki imar yönetmenliği ile arasındaki uyumsuzluğu nedeniyle bu yönetmelik 1981 yılında "Isı Yalıtım Yönetmenliği" adıyla tekrar yürürlüğe girmiştir. TS Teknik Kurulunca 29 Nisan 1998 yılında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları" adı ile yürürlüğe girmiştir. Bugünkü adıyla Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 14 Haziran 1999 tarihli ve 24043 sayılı Resmî gazetede zorunlu standart olarak yayımlanmış olup, 14 Haziran 2000 tarihinden sonra bütün binalarda uygulanması zorunlu olarak uygulanmak koşulu ile yayınlanmıştır (Türker, 2023). Daha sonra 09.10.2008 tarihli ve 27019 sayılı resmî gazetede yayımlanan yazıda "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" adında daha güncel bir yönetmelik yürürlüğe girmiştir (Türker, 2023; Bayraktar ve Bayraktar, 2016).

2019 yılı sonlarına doğru başlatılan revizyon çalışmasında TS 825 Standardına soğutma ihtiyacının hesaplanmasına yönelik kurallar eklenmesi ve enerji limitlerinde iyileştirme hedeflenmiştir. Bu hedefle TSE tarafından; T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın başkanlığında EVÇED, MMO, İZODER ve STK temsilcilerinden oluşan revizyon komitesi oluşturulmuştur. Komitenin yaptığı çalışmalar sonucunda TS 825 Standardına soğutma ihtiyacı hesabının yapılması için kurallar eklenmiştir. Bu sayede ülkemizde dört mevsim yaşanmasından dolayı soğuk iklimlerde ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılırken sıcak bölgelerde soğutma enerjisi ihtiyacı hesabı yapılmasına yönelik kurallar eklenmiştir. Soğutma enerjisini hesaplamak için yeni kurallar eklenmesiyle birlikte standartta yeni enerji limitleri eklenmiştir. Hazırlanan bu standart tasarısı 13 Aralık 2022 tarihinde irdelemek üzere TSE'ye teslim edilmiştir. Standart son halini 20 Şubat 2025 tarihli 32819 sayılı resmî gazetede yayımlanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile İlgili Tebliğ" e göre 1 Nisan 2025 tarihinde almıştır. TS 825 in amacı Türkiye'de yapılan binaların soğutulmasında ve ısıtılmasında harcanan enerji miktarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve net enerji ihtiyacının hesaplanmasında kullanılacak kuralları, hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir

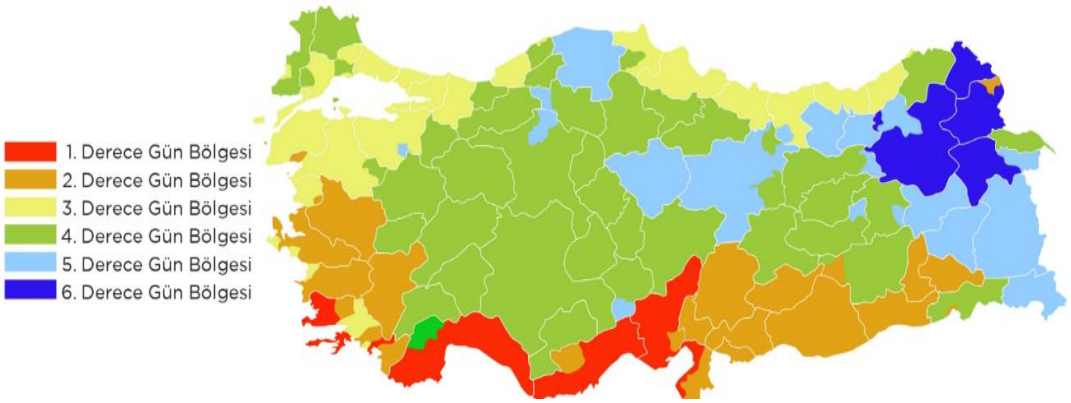
(Diz, 2025). Bu yönetmelik ve standarttın uygulanıp uygulanmadığını denetlemek için Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, valilikler, belediyeler gibi kuruluşlar görev alır (Türker, 2023; İşbilir, 2019, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı).

2.2.2. Güncel TS 825 ısı yalıtım standardında getirilen yenilikler

TS 825 standardı 20.02.2025 tarihinde Resmî Gazete 'de yayımlanan tebliğ ile 1 Nisan 2025 tarihinden sonra uyulması gereken en son standart olarak yürürlüğe girmiştir. Standardın güncellenmesinin başlıca nedenleri, sürekli artan enerji ihtiyacını azaltmak, Avrupa standartlarına yaklaşmak ve değişen iklim şartlarına göre hesap değerlerinin güncellenmesi olarak sıralanabilir. Yeni standartla beraber birden çok kuralda değişiklikler oldu. Bu kurallardan başlıcaları şunlardır;

Daha önceki standardın amacı bir binanın sadece ısıtma için kullanabileceği en fazla enerji sınırlaması var iken, yeni standartta ısıtmaya ek olarak bir binanın soğutma için kullanılabileceği en fazla enerji ihtiyacı sınırlaması getirilerek fazla enerji tüketilmesi engellemeye çalışılmıştır. Böyle bir ihtiyacın getirilmesini örnek olarak anlatmak gerekirse; ülkemizin sıcak iklim bölgelerinde olan bir il olan Adana için eski yönetmenliğe göre sadece ısıtama için kullanılabileceği enerji sınırlaması hesabı yapılırdı. Aslında Adana ili sıcak iklim bölgesinde yer aldığı için daha çok soğutma için enerji kullanıldığını biliyoruz. Bu nedenle standarda soğutma enerjisi ihtiyacı sınırları eklenerek fazla enerji tüketimini engellenmiştir. Yeni standartla beraber artık binaların net soğutma ve ısıtma enerji ihtiyacı belirlenebilecektir (İzoder, 2025).

Bir diğer önemli konu da önceki standartta iklim bölgesi 4 bölgeye ayrılırken yeni standartta Şekil 2.6'da görüldüğü gibi çok sıcaktan aşırı soğuğa doğru olmak üzere 6 iklim bölgesine ayrılmıştır (Diz, 2025). Bu ayrım yapılırken illerin sınırları değil iklim koşulları göz önüne alınarak gruplandırılmıştır. Örneğin Sinop il merkezi önceki standartta 2. Bölgede iken yeni standartta göre 3. İklim bölgesi olarak gösterilmiştir. Ama en büyük ilçesi olan Boyabat ise 4. Derece iklim bölgesinde yer almaktadır. Örnekten de anlaşıldığı gibi iklim bölgeleri illerin sınırına göre değil iklim farklılıklarına göre sınırlandırılmıştır. Bu sayede ülkemizin farklı iklim koşulları göz önüne alınarak daha doğru ve hassas ısı yalıtım hesaplamaları yaparak daha doğru çözüm önerileri sunulabilmektedir.



Şekil 2.6 Yeni derece gün bölgesi haritası (Diz, 2025)

En önemli değişiklikler arasında bulunan ve binada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin kalınlığını direkt değiştirecek olan yapı elemanlarının ısı geçirgenlik kat sayısıdır. Şekil 2.7‘de görüldüğü gibi duvarlarda %30-40, tavan-çatılarda %15-25, Döşemelerde %30-45 ve pencerelerde ise %25 ‘e kadar iyileştirme yapılmıştır.

TS 825: 2008	Duvar U_D (W/m²K)	Tavan/Çatı U_T (W/m²K)	Döşeme Ut (W/m²K)	Pencere U_{P*} (W/m²K)
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

TS 825: 2024	Duvar U_D (W/m²K)	Tavan/Çatı U_T (W/m²K)	Döşeme U_t (W/m²K)	Pencere U_P* (W/m²K)	g (-)
1. Bölge	0,45	0,35	0,4	1,8	≤ 0,45
2. Bölge	0,4	0,3	0,35	1,8	≤ 0,45
3. Bölge	0,4	0,3	0,35	1,8	≤ 0,45
4. Bölge	0,35	0,25	0,3	1,8	≥ 0,55
5. Bölge	0,25	0,2	0,25	1,8	≥ 0,55
6. Bölge	0,25	0,2	0,25	1,8	≥ 0,55

TS 825 : 2008/2024	İyileşme oranı			
	Duvar U_D	Tavan/Çatı U_T	Döşeme U_t	Pencere U_P*
1. Bölge	35,7%	22,2%	42,9%	25,0%
2. Bölge	33,3%	25,0%	41,7%	25,0%
3. Bölge	30,0%	16,7%	33,3%	25,0%
4. Bölge	37,5%	20,0%	37,5%	25,0%

Şekil 2.7 Yeni standarda göre tavsiye edilen U değerleri (Diz, 2025)

Tablo 2.1‘de her iki standarda göre ısı geçirgenlik (U) değerleri verilmiş olup Avrupa ülkelerinin U değerleri ile karşılaştırılmasını gösterilmiştir. Şekle baktığımızda; yeni standarda verilen ısı geçirgenlik U değerlerin Avrupa ülkelerinin ısı geçirgenlik U değerlerine yaklaştığını görmekteyiz. Böylelikle bina yalıtımda kullanılan malzemelerin ısıl yalıtıma katkısı artırılarak binaların enerji ihtiyacı düşürülmek istenmiştir.

Tablo 2.1 Güncel U ısıl geçirgenlik kat sayısı karşılaştırılması (Diz, 2025)

Ülke	U_{Duvar}	U_{Tavan}	$U_{Döşeme}$	$U_{Pencere}$
Türkiye 2008	0,40-0,70	0,25-0,45	0,40-0,70	2,4
Avusturya	0,35	0,20	0,40	1,4
Belçika	0,24	0,24	0,24	1,50
Danimarka	0,30	0,20	0,20	1,40-1,80
Fransa	0,31-0,45	0,19-0,25	0,19	1,90
Birleşik Krallık	0,18-0,26	0,11-0,16	0,13-0,18	1,2
İtalya	0,33	0,29	0,33	2,04
Litvanya	0,20	0,16	0,25	1,60
Hollanda	0,20	0,20	0,20	1,65
Norveç	0,18	0,13	0,10	1,2-0,8
Polonya	0,25	0,20	0,25	1,30
Çekya	0,30	0,24	0,45	1,50
Almanya	0,28	0,20	0,35	1,30
Slovakya	0,32	0,20	0,40	1,40
İsveç	0,18	0,13	0,15	1,30
Macaristan	0,45	0,25	0,3-0,5	1,6-2,0
Türkiye 2025	0,25-0,45	0,20-0,35	0,25-0,40	1,80

Pencere, kapı ve cam kaplamalarda tek cam kullanımı ve kaplamasız cam kullanımı sona erdi, yeni standarda camlardan en az biri güneşi az geçiren cam low emissivity (Low-E) kaplı cam olması gerekiyor. Cam oranı binanın yalıtılan yüzeye oranı %60 olan binalar için ise özel şart getirilerek, bu tür binalarda camın U değeri 1,6'dan fazla olamayacağı gibi bina yapı bileşenleri olan duvar, tavan, çatı, döşeme U değerlerinin bu binalar için %25 daha iyi olması gerekmektedir. Yani cam oranı %60 üzerinde olan binaların ısı yalıtım malzemesi kalınlığı normalinden daha kalın olmakta ve cam U değeri de 1,6 'nın üzerinde olmaması gerekmektedir (İzoder, 2025).

Görüldüğü üzere yeni TS 825 Standardında binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin iyileştirilerek binaların ısınmak ve soğutmak için ihtiyacı olan enerji miktarı düşürülmek amaçlanmıştır. Bu sayede sürekli ülkede büyük oranda enerji tasarrufu yapılacaktır. Çevre ve şehircilik bakanlığının yaptığı açıklamada binalardaki konforu değiştirmeden enerji faturası tutarında %25 iyileşme görüleceği belirtilmiştir. Böylece, Atatürk Barajı'nın 3 ay içerisinde ürettiği enerji miktarı kadar tasarruf edileceği ifade edilmiştir. Bu sayede atmosfere 600 milyon tona denk gelen CO_2 salınımının engellenebileceği belirtilmiştir.

2.3. Binalarda Kullanılan Isı Yalıtımı Malzemeleri

2.3.1. Isı yalıtımı malzemesi

Birbirlerine göre sıcaklık farkı olan farklı ortamların ısıl dengeye gelebileceğinden oluşacak ısı transferini minimize etmek için iki ortam sınırlarına yerleştirilen malzemelere ısı yalıtım malzemeleri denir. Bu malzemelerin kimyasal ve fiziksel yapı özelliklerine göre ısıyı ne kadar iletebildiğini ifade eden ısı iletkenlik katsayıları vardır. Türk Standartlarından biri olan TS 825 standardına göre ve Alman standardı olan DIN 4108 göre ısı iletkenliği değerinin, 0,060 W/mK değerinin altında olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanmaktadır (Bayer, 2006; Ekinci, 2010).

2.3.2. Isı yalıtım malzemelerden beklenilen performanslar

Isı yalıtım malzemesinin tanımını yaparken ısı iletkenlik değerinin, 0,060 W/mK değerinin altında olan malzemelerdir diye tanımlanmıştır. Bir ısı yalıtım malzemesini kullanırken malzemeden sadece ısı iletim katsayısının düşük olmasını beklemek yanlış olur. Çünkü kullanılacağı yere ve kullanılacağı koşullara bağlı olarak fiziksel performans beklentisi açıdan; Yüksek ısıl dirençli, basınç karşı dayanım, çekmeye karşı dayanım, yapısal kararlılık, dayanıklılığı bakımından; malzemenin kullanılacağı yere, dışarıdan maruz kaldığı darbelere, aşınmaya, su ve neme karşı dayanıklılığı, çeşitli böcek ve mikroorganizmalar tarafından bozulmaması, yanmazlık ve alev geçirmezlik, ekolojik açıdan; çevre ve ekosisteme zararsız, sağlıklı, bakım gerektirmeyen, uygulama kolaylığı bakımından; kolay uygulanabilir ve üzerine uygulanacak katmanlara uygun yüzeyde ve yapıda olması, ekonomik açıdan da ucuz ve kolay temin edilebilir olması ısı yalıtım malzemelerinden beklenen özelliklerdir (Evcil, 2000).
Isı yalıtım malzemelerinden istenilen özellikleri kısaca açıklamak gerekirse aşağıdaki başlıklar altında inceleyebiliriz.

2.3.2.1. Isı iletkenliği katsayısı

İki ortamlar arası hava sıcaklık farkının $1\,°C$ olduğu anda iki ortama ayıran yapı malzemesinin birim alanından geçen ısı enerjisi olarak ifade edilir. Isı iletim katsayısı λ sembolüyle ifade edilir ve birimi W/mK 'dir (Öngel, 2021; Karakoç ve Ark., 2011).
Isı iletim katsayısının büyüklük ve küçüklüğüne göre o malzemenin ısı yalıtım özelliğinin derecesi hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Isı iletim katsayısı küçük olan malzeme

kullanılan yapılarda ısı geçirgenliği zor olduğu yorumu yapılabilir. Aynı şekilde ısıl iletim katsayısı büyük olan yapı bileşenleri ısı iletkenliği yüksektir şeklinde de yorum yapılabilir. Bir ortamın sıcaklığını korumak ve dışarıdan gelen sıcaklığın iç ortam sıcaklığını artmasının istenmediği durumlarda ısı iletim katsayısı düşük yapı malzemesi kullanılması gerekmektedir.

2.3.2.2. Isıl direnç (ısı iletkenlik direnci)

Isıl direnç bir malzemenin ısı geçişine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Isıl direnç, bir malzemenin belirli bir kalınlıkta ve belirli bir alan boyunca ısı transferini ne kadar engellediğini gösterir. Bir malzemenin kalınlığının o malzemenin ısı iletim katsayısına oranı olarak hesaplanmaktadır. (Öngel, 2021; Türkmen, 2016).
Bu tanıma göre kalınlığın artması ve ısı iletkenlik katsayısının azalması, ısıl direncin artmasına neden olur. Yani, yüksek ısıl direnç, malzemenin ısıyı daha az ilettiği veya daha iyi bir ısı yalıtım malzemesi olduğu anlamına gelir.

2.3.2.3. Basınç dayanımı

Isı yalıtım malzemelerinin kullanma amacı yalıtımı sağlarken dış etkilere maruz kalacağından, dışarıdan gelen darbelere ve basınca karşı direnç gösterebilir özellikte olmalıdır. Bu sayede ısı yalıtım malzemesi deformeye uğramayacak ve görevini yapmaya devam edecektir. Genellikle ısı yalıtım levhaları yatay düzlemlerde kullanıldığında üzerinde sürekli basınç mukavemetinin olduğu yüzeylerde kullanılırsa bu etkilere dayanabilecek standartlarda üretilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak ekonomik açıdan daha pahalı olabilmektedir. Düşey düzlemde kullanılan yerlerde örneğin duvarlarda kullanıldığında sürekli bir basma gerilmesi etki etmeyeceğinden yatay düzlemdeki gibi dış etkilere dayanıklı yapıda olmasına gerek yoktur. Bu sayede üretilen malzeme daha ekonomik olacaktır.

2.3.2.4. Çekme dayanımı

Isı yalıtım malzemelerin basınç dayanımı olması gerektiği kadar çekme mukavemetine de direnç gösterir özellikte olmalıdır. Özellikle tavanlarda uygulandığında gerekse kendi ağırlığı ile sabitlendiği noktada deformasyona uğramaması için çekme mukavemetine karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Aynı zamanda aynı ısı yalıtım malzemesinde her iki yüzünde farklı sıcaklık değerleri olacağından buna bağlı olarak malzemede

genleşebileceğinden oluşabilecek çekme gerilmesine karşı dayanıklı olması gerekmektedir (Ülker, 2009)

2.3.2.5. Boyutsal kararlılık

Boyutsal kararlılık, bir bütün halinde üretilen malzemenin gerektiğinde bütünlüğünün bozulması, parçalara ayrılması sırasında ve sonrasında her bir parçanın aynı fiziksel ve kimyasal özellik göstermesi ve herhangi bir değişikliğe uğramaması olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda dışarıdan etki edecek bir madde veya kuvvet etkisinden sonra fiziksel ve kimyasal yapısında herhangi bir değişikliğe uğramaması anlamında kullanılır (Ülker, 2009).

2.3.2.6. Su ve neme karşı dayanım

Isı yalıtım malzemeleri yapıları bakımından az da olsa yapısında boşluk bulunmaktadır. Bu boşlukların su ile dolması veya nemlenmesi sonucu malzemenin yapısında değişiklikler, malzemede şişme ve çürüme gibi olaylar olabileceğinden malzemeleri sudan uzak tutmak veya malzemenin su ile temas edebileceği durumlarda uygun ham madde ile üretilmesi sağlanmaktadır. Aksi taktirde ısı yalıtım malzemesinden istenilen verim alınamayacak ve malzeme görevini yerine getiremeyecektir (Ülker, 2009).

2.3.2.7. Kimyasal etkilere karşı dayanım

Isı yalıtım malzemeleri uygulandığı yere ve ısı yalıtım malzemelerini gerek uygulanacak yüzey ile yapışması gerekse de ısı yalıtım malzemelerin üzerine uygulanacak katmanlar ile kimyasal tepkimeye girmemesi gerekmektedir. Aksi halde ısı yalıtım malzemesi ile üzerine uygulanan katman ile tepkimeye girmesi halinde yapısında oluşacak değişiklikle görevini yerine getiremeyecek ve ısı yalıtım malzemesi amacından olacaktır.

2.3.2.8. Biyolojik etkilere karşı dayanım

Bazı ısı yalıtım malzemeleri yapıları gereği bitkisel veya hayvansal kökenli yapıda olabilmektedir. Isı yalıtım malzemesini korumak için üzerine veya altına uygulanan katman sayesinde dış ortam ile irtibatı kesilmektedir. Bu nedenle yapısı gereği organik kökenli malzemeler ile yapılan ısı yalıtım malzemeleri çalışmalara göre belirlenen katkı maddeleri ile üretilmesi ve yapısı bakımından biyolojik değişikliklere uğraması engellenmesi gerekmektedir.

2.3.2.9. Parazitlere karşı dayanıklılık

Yapıları bakımından organik kökenli ısı yalıtım malzemelerinde parazitlerin oluşabilmesi tehlikesi vardır. Bu parazitlerin çoğalması ile ısı yalıtım malzemesinin yapısında birtakım değişikliklere yol açabilecektir. Bunun sonucunda ısı yalıtım malzemesinde çürümeye neden olacak ve ısı yalıtım malzemesi işlevini kaybedecektir. Isı yalıtım malzemesinde parazit oluşumunun göz önüne alınması ile üretim yapılması ve kullanılacak alanın buna göre belirlenmesi gerekmektedir.

2.3.2.10. Yanmazlık ve alev geçirmezlik (yangın sınıfı)

Bina yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri neredeyse binanın her yerinde olacağından oluşabilecek yangına karşı yanmazlık özeliğinin iyi olması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemeleri içerdiği maddeler gereği yanarken oluşacak siyah duman ve gaz miktarı bakımından yanarken siyah duman ve zehirli gaz çıkarmama özelliğinin iyi olması gerekmektedir (Ülker, 2009).

Isı yalıtım malzemeleri yanma performanslarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma A1, A2, B1, B2 ve B3 olarak gruplandırılmaktadır. A1 sınıfındaki malzemeler; hiçbir şekilde alev almaz, yanmaz, ışıldamaz özellikte olan malzemeler grubudur. A2 sınıfındaki malzemeler; yanma süreci daha zordur. Aleve tutulduğu sürece yanma özelliği gösterir, alev kaynağı uzaklaştığında alev almaz. Alev tutulduğunda ışıldama yapmaz ve ateşi sürdürmez ve iletimi olmayan malzemelerdir. B grubundaki malzemeler, genellikle ateşe tutulduktan sonra, ateşi uzaklaştırsak bile yanmaya devam eden malzemelerdir. Bu yanma sonucu ortama zehirli gaz ve yoğun miktarda duman yayılır. B1, B2 ve B3 olarak sınıflandırılır. B1 sınıfı zor alevlenir, B2 sınıfı normal derecede alevlenir. B3 ise kolaylıkla alev alabilen malzemelerdir. Genel olarak yangın sınıfları bu şekilde adlandırılmaktadır (Ülker, 2009).

Yalıtım malzemesi alevden mümkün olduğunca az etkilen malzeme olması gerekmektedir. Genellikle alev sınıfları arasından minimum B1 sınıfından malzeme olmalıdır (Yılmaz, 2009; Polpan, 2007).

Isı yalıtım malzemesi kullanılacak ortamlara, ortamlarda bulunan yanıcı ve yakıcı maddelere, ortamın kullanıldığı amaçlar vb. gibi hususlar göz ününde bulundurularak ısı yalıtım malzemesi seçilmeli ve uygulanmalıdır.

2.3.2.11. Ekolojik uyumluluk

Isı yalıtım malzemeleri genellikle insanların bulunduğu yerlerde ve canlıların her zaman olduğu yerlerde kullanılan maddelerden biri olduğundan insan sağlığına doğadaki canlılara karşı zarar verici nitelikte olmaması gerekmektedir. Isı yalıtım malzemesi uygulama aşamasında ve uygulamadan sonra arta kalan ısı yalıtım atıklarının canlılara ve doğaya zarar vermemelidir.

2.4. Isı Yalıtım Malzemeleri

Binalarda kullanılan birbirinden farklı birçok ısı yalıtım malzemeleri vardır. Isı yalıtım malzemelerinin farklılıkların olmasının nedeni çeşitli uygulama alanlarının olması, birbirinden farklı malzeme özelliklerinin olması, iklimsel koşullarının farklılık göstermesi, maliyet ve verimlilik açıdan farklılık göstermesi, çevresel etkilerin farklılık göstermesi ve performans gereksinimlerine uyum sağlamak amacıyla çeşitlendirilmiştir. Bu bölümde genellikle yapılarda kullanılan yalıtım malzemelerini tanımlanmıştır.

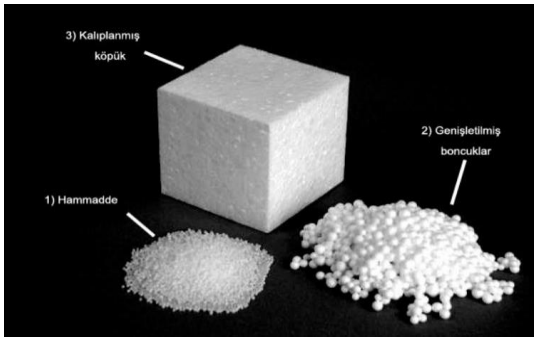
2.4.1. Haddelenmiş (Ekstrüde) polistren sert köpük – XPS

Ekstrüde polistren köpük, Polistiren granüllerinin ısı ve basınç altında bir kalıptan geçirilerek şekillendirilmesi işlemi olan ekstrüzyon ile banttan çekilmesi ile oluşan ısı yalıtım malzemesidir. Üretim yöntemleri firmalarda göre değişebilmekte ve çeşitli renkler ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Çoğunlukla mavi renk, pembe renk ve sarı renkte olabilirler. Şekil 2.8‘da bazı XPS levhaları görünmektedir. Açılımı haddelenmiş polistren köpük olan (XPS), zor alevlenen yalıtım malzeme sınıfı olan B1 sınıfındadır. Bu malzeme 50 °C ve 75 °C sıcaklıkları arasında dayanım göstermektedir. Bu malzemenin tercih nedenleri arasında en önemli özelliklerinden biri basma basıncına karşı iyi bir dayanım göstermesidir. Ayrıca, malzeme yapısı bakımından kapalı gözeneklere sahip olması nedeniyle; suyun malzeme içerisine girme miktarı hacminin %1’i kadar olması tercih nedenleri arasında en önemli özelliklerindendir. Genellikle yapıların duvarlarında, kolonlarda, kirişlerde, döşeme yüzeylerinde, çatı aralarında, soğutma amaçlı depolarda kullanılmaktadır. Bu malzemeler çoğunlukla uyulama, stoklama, nakliye ve üretim kolaylığı için levha şeklinde ve yaklaşık olarak 50 cm x 100 cm ölçülerinde olmaktadır. Bu malzeme kullanım yerlerine bağlı olarak kalınlığı 2 cm ve 10 cm arasında olmaktadır (Aydın, 2010).

Şekil 2.8 XPS levha türleri (URL- 6, 2025)

2.4.2. Genleştirilmiş (Ekspande) polistren sert köpük – EPS

EPS, Ekspande Polistiren (Expandable Polystyrene) veya genellikle köpük polistren olarak bilinen bir polimer malzemedir, Şekil 2.9 EPS, hafif, termoplasttık bir malzemedir. EPS (Expandable Polistren) ürünleri çoğunlukta beyazdır. Aynı zamanda gri renkleri de mevcuttur. Bu malzeme levhalar şeklinde üretilmektedir genellikle 50 cm x 100 cm ölçülerinde üretilmektedir. Bu malzeme kullanım yerlerine bağlı olarak genellikle kalınlığı 2 cm ve 10 cm arasında olmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri arasında en ekonomik olması bakımından daha çok tercih edilen ısı yalıtım malzemelerinden biridir. Bu malzeme esnek hale getirilerek ses yalıtım amaçlı da kullanılabilmektedir. Malzeme içeriği bakımından çok miktarda hava bulundurur. Bu miktar tarif edilmesi gerekirse yaklaşık olarak %98 oranında havadır. Hava miktarının çok olması sayesinde malzeme çok hafif bir yapıdadır. Sık kullanılan levhalarda yoğunluk 10 ile 30 kg/m^3 arasındadır. Sık olarak inşaat alanında 13 ile 20 kg/m^3 yoğunluktaki EPS kullanılır. Malzemenin en öne çıkan özelliği ısı iletkenliğinin düşük olmasıdır. Yoğunluğuna bağlı olarak değişen ısı iletim kat sayısı ortalama olarak 0,035 W/mK değerinde hesaplamalara dahil edilmektedir. Bu özellikleri sayesinde en çok tercih edilen ısı yalıtım malzemelerin başında yer alır. (Paralı, 2009).



Şekil 2.9 EPS Malzemesi (URL- 7, 2025)

2.4.3. Cam yünü (cam elyafı)

Cam yünü üretimi, başlangıçta kum, soda, kireç ve dolomit gibi malzemelerden oluşan bir ham cam karışımının yüksek sıcaklıklarda eritilmesiyle başlar. Elde edilen cam eriyiği, özel bir cihaz aracılığıyla ince liflere ayrılır. Bu lifler, daha sonra bir bağlayıcı malzeme ile karıştırılarak bir arada tutulur. İnce lifler, istenen kalınlık ve yoğunlukta levha veya rulolar halinde üretilir. Cam yünü, geniş bir kullanım yelpazesi sunan bir yapı malzemesidir. Bu malzeme, duvar, çatı ve zemin yalıtımından tesisat izolasyonuna kadar birçok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Duvarlarda ve çatılarda uygulandığında enerji verimliliğini artırarak iç mekanlarda daha istikrarlı sıcaklık koşulları sağlar. Zemin yalıtımında kullanılarak beton zemin altında veya üzerinde enerji tasarrufu sağlar (Ülker, 2009). Tesisat izolasyonunda kullanılarak su boruları ve ısıtma sistemleri gibi tesisatların enerji kayıplarını önler. Aynı zamanda, akustik yalıtım uygulamalarında da kullanılarak ses kontrolü sağlar. Yangın bariyeri olarak kullanıldığında yangının yayılmasını geciktirir. Cam yünü, bu çeşitli uygulama alanlarıyla yapı sektöründe önemli bir rol oynamaktadır. Şekil 2.10'de çatı arasında kullanılan cam yünü görmekteyiz.

Şekil 2.10 Cam yünü (URL- 8, 2025)

2.4.4. Taş yünü

Taş yünü ana madde olarak doğal kayalardan genellikle bazalt veya volkanik kayaçlardan elde edilen ince liflerin bir araya getirilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Liflerin oluşumu ham maddelerin 1400 °C ila 1600 °C sıcaklıklarda eriterek, dönen bir silindir üzerine damlatılarak uzun ipliklerin oluşumu sağlanır. Daha sonra oluşan bu iplikleri bağlayıcı malzemeler kullanarak birbirine bağlanması sağlanır. Daha sonra bu malzemelerin genleşmesi için sıcak hava veya buharla temas ederek hacminin artmasını sağlayarak istenilen yoğunluğa getirilir. Malzemenin iç yapısının stabil hale gelmesini sağlamak için ısıl işleme tabi tutulur. Taş yünümüz bu sayede oluşturulmuş olur. Belirli

uygulama alanlarına göre levha, rulo veya özel formlar halinde istenilen şekillere getirilir. Genellikle gri ve kahverengi tonlarına sahiptir. Yüzeye dokunulduğunda genellikle yumuşak ve lifli bir hissiyat verir. Isı iletkenliği yoğunluğa bağlı olacağı gibi genellikle 10 °C de 0,033 ile 0,002 W/mK arasında değişiklik gösterir. Yoğunlukları yaklaşık olarak 30 ile 200 kg/m^3 değerleri arasındadır. 100 ile 120 kg/m^3 yoğunluklarında en iyi ısı iletim performansı göstermektedir. Yangına karşı dayanırlık bakımından en çok tercih edilen malzemelerden biridir. Alman standartlardan olan DIN 4102 standardına göre A sınıf yangın grubuna girmektedir (Paralı, 2009). Bu özellikleri bakımından yangın çıkma ihtimali yüksek ve mahaller arasında yangın geçişini engellemek için en çok tercih edilen malzemelerden biridir. Şekil 2.11'da levha halinde kesilmiş piyasada kullanılan formda bir taş yünü malzemesi görmekteyiz.

Şekil 2.11 Taş yünü (URL- 9, 2025)

2.4.5. Poliüretan köpük

Poliüretan ısı yalıtım malzemesi yapısında iki bileşen bulundurur. Poliol ve izosiyanatın karıştırılmasıyla oluşturulur. Oluşan bu karışım sonucu kimyasal karışım gerçekleşir. Sıvı haldeyken sprey veya kalıplama yöntemiyle uygulanan bir ısı yalıtım malzemesidir. Püskürtme sırasında hava ile de reaksiyona girerek hacim kazanır ve bir süre sonra sertleşir. Poliüretan köpüğün su geçirmez özelliği sayesinde sudan etkilenmez bu sayede yapısında bir değişikliğe uğramaz ve görevini uzun süre sürdürür. Yapısında hava barındırdığı için hafiftir. Hafif olmasına rağmen dayanıklı bir malzemedir. Elastik bir yapıda olmasından dolayı yüzeylere iyi yapışır ve boşlukları iyi doldurur. Poliüretan -200 ºC ile +110 ºC sıcaklıkları arasında kullanılması daha uygundur (Karayiğit, 2015). Ortalama ısı iletkenlik değeri 0,035 W/mK 'dir. Yanma sınıfı B1, B2, B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan şeklinde üretilebilmektedir. Bu nedenle yangın riskinin olduğu

yerlerde kullanılması çok tercih edilmemektedir. Yoğunluk değeri 30 ile 200 kg/m^3 arasında olacak şekilde üretilebilmektedir. (Bayer, 2006).

Poliüretan yalıtım malzemesi genellikle ısı yalıtım levhalarının direkt olarak mantolama yapılamayacak şekilde olan girintili çıkıntılı yüzeylere bütün yüzey boşluğunu doldurabileceğinden bu tip yüzeylere uygulanabilmektedir. Şekil 2.12'da püskürtme yöntemi ile poliüretan ısı yalıtım malzemesi uygulandığını göstermektedir.

Şekil 2.12 Poliüretan köpük (URL- 10, 2025)

2.4.6. Gaz beton levha

Gaz beton yapısında silis kumu, kireç, çimento ve su bulundurulan karışımın gözenek oluşturması amacıyla alüminyum takviyesiyle oluşturulan %85 oranında boşluk kabarcıklarından oluşan yapılarda kullanılan malzemedir. Oluşan bu boşluklar malzemede homojen bir dağılıma sahiptir. Adını yapısında bulunan boşluklardan dolayı gaz beton olarak almıştır. Boşluklu yapısından dolayı çok iyi derecede ısı yalıtım özelliğine sahiptir. Aynı zamanda bu yapısı gereği çok hafif bir yapıdadır. Hafif olması aşırı yük oluşmasını istemediğimiz yapılarda kullanılır. Yapısında bulunan hava kabarcıkları nedeniyle yoğunluğu düşük bir malzemedir. Duvarlar arasında en hafif malzemelerden biridir. Yoğunlukları genellikle 400 ile 800 kg/m^3 değerleri arasındadır. Duvar malzemesi kategorisinde ısı yalıtım bakımından en iyi olan duvar malzemelerinden biridir. Bu nedenle binalarda en çok tercih edilen yapılardan biridir. Yangına karşı dayanım bakımından Alman standardı olan DIN 4102 standardına göre A1 sınıfı yangın grubundadır ve hiç yanmaz özelliğe sahip bir malzemedir. Bu nedenle yangın riskinin olabileceği yapılarda ve işletmelerde duvar malzemesi veya yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu özelliği bakımından en çok tercih edilen malzemelerden biridir. (Yılmaz, 2009). Şekil 2.13'de gaz beton levhanın ısı yalıtım malzemesi olarak uygulandığını görmekteyiz.

Şekil 2.13 Gaz beton levhası (URL- 11, 2025)

2.4.7. Mantar levha

Doğada mevcut halde bulunan meşe ağacı mantarlardan elde edilen ve gözenekli yapıda olan mantar granüllerinin toplanmasıyla basınç altında belirli sıcaklıklarda bağlayıcı kullanılarak veya bazılarının kendi reçineleri ile birbirlerine bağlanan açık gözenekli yapıda olan malzemelerdir. Yoğunlukları genellikle 120 kg/m^3 ile 190 kg/m^3 arasında değişmektedir. Isı iletim katsayıları yoğunluklarına bağlı olarak değişebilmekle beraber çoğunlukla 0,040 W/mK ile 0,060 W/mK değerleri arasında değişmektedir. Organik kökenli malzeme olduklarından dolayı bozulabilmekte ve çürüyebilmektedirler. Yapıları gereği kolay alevlenebilmektedirler B2 sınıfındadır. Yangın çıkması yüksek olan yerlerde kullanılması uygun değildir (Ülker, 2009). Şekil 2.14'da farklı kalınlıklara sahip mantar levhaları görmekteyiz.

Şekil 2.14 Mantar levha (URL- 12, 2025)

2.5. Bina Yalıtımında Kullanılan Yardımcı Elemanlar

Isı yalıtım malzemeleri tek başlarına kullanılamazlar. Isı yalıtım malzemelerinin görevlerini yapabilmesi için bazı yardımcı elemanlarına ihtiyaç vardır. Bunlar genellikle ısı yalıtım malzemesi ile uygulanacak yüzey arasında bağlayıcı görevini üstlenebilmekle beraber bazı yardımcı malzemelerde ısı yalıtım levhası üzerine uygulanarak ısı yalıtım

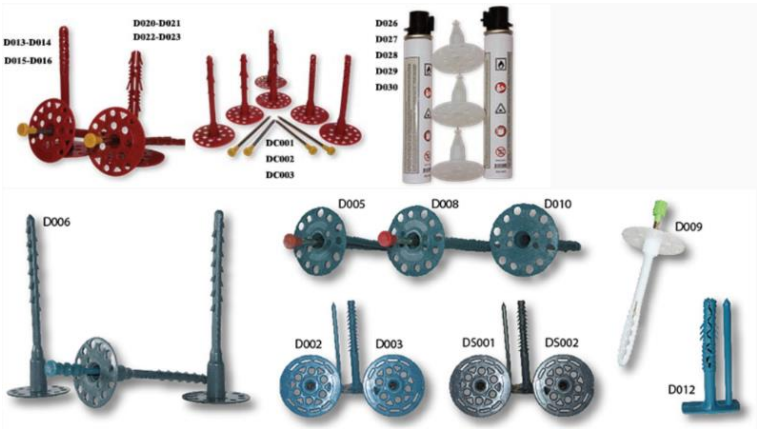
malzemesinin görevini yapabilmesi ve dış etkilerden korunmak amacıyla ısı yalıtım malzemesi üzerine katman olarak da uygulanabilmektedir. Bu yardımcı malzemeler genellikle; yapıştırıcılar, sıva donatı filesi, yalıtım levhası sıvası, köşe profili, su basman profili ve son kat dekoratif kaplama malzemeleri olarak kullanılmaktadır.

2.5.1. Yapıştırma elemanları

Isı yalıtım malzemesi ile uygulanacak yüzey arasında kalan yalıtım malzemesinin duvara yapışmasını sağlayan malzemedir. Yapısında çimento bulunduran, polimer katkılı ve mala ile uygulanabilen levha yapıştırma harcı olarak da bilinmektedir. Levhaları birleştirmek için çoğu zaman kara sıva veya geleneksel harç olarak adlandırılan ya da seramik yapıştırıcı olarak bilinen harç ile karıştırılmaması gerekir. Sadece levhalar için özel hazırlanmış ısı yalıtım levha yapıştırıcı kullanılması gerekir. Yapılan araştırmalar gereği ortalama olarak yapışma dayanımı en az 80 kPa olması gerekmektedir (Ülker, 2009).

2.5.2. Sabitleme elemanı (dübeller)

Isı yalıtım malzemeleri, harç ile duvara yapıştırıldıktan sonra dübellerle sabitlenir; bu sayede malzemenin uygulandığı yerde uzun ömürlü kalması sağlanır. Kütlece ağır olan ısı yalıtım malzemelerin uygulan yerde kalması için dübellerle ankrajı sağlanır. Dübellerin kullanılması son derece önemlidir. Levhaları duvara dübeller ile montajından sonra özellikle dış cephede hem levhanın ağırlığından hem de rüzgâr etkisiyle levhanın uygulandığı yerden ayrılmaması için iyice dübel ile sabitleme yapılması önem arz etmektedir. Yapıları bakımından plastik ürünlerden veya çelik malzemeden de olabilmektedir. 0,20 kN çekme dayanımına sahiptir. Genellikle metrekareye 6 dübel gelecek şekilde veya levhaların her bir köşesine ve ortasına bir tane gelecek şekilde montajları sağlanır. Bu sayı uygulanacak yüzeylerin büyüklülerine göre artabilmektedir. Dübellerin görevlerini yerine getirebilmeleri için duvara en az 2 cm girmesi gerekmektedir. Dübellerin uç kısmının geniş ve bir miktar et kalınlığa sahip olmasından dolayı levha yüzeyinde çıkıntı bırakabilmektedir. Bu nedenle dübelin geleceği yere havşa ile yuva açılarak dübelin çıkın oluşturmayacağı bir şekilde yerleşmesi sağlanır (Paralı, 2009). Şekil 2.15 de ısı yalıtım levhalarının montajının yapılması için kullanılan bazı dübeller gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Çeşitli levha sabitleme dübeller (URL- 13, 2025)

2.5.3. Yalıtım malzemesi koruma sıvası

Isı yalıtım levhası üzerine file ve köşe koruma profili uygulaması yapıldıktan sonra zeminin istenilen düzlüğe getirilmesi için ve ısı yalıtım malzemesini korumak ve yüzeye son şeklinin verilmesine zemin hazırlamak amacı ile son kat dekoratif kaplama öncesi yalıtım malzemesi koruma sıvası uygulanır. Islak halde işleme kolaylığı olan bu sıva malzemesi priz aldıktan sonra darbelere karşı dayanıklı olmaktadır. Yapısı gereği çimento esaslı bir yapıya sahiptir. Çatlama riskinin yüksek olduğu yerlerde, üreticinin tavsiyesine göre, akrilik esaslı veya çimento-akrilik yapıştırıcı kullanılmalıdır (Ülker, 2009).

2.5.4. Son kat dekoratif kaplama

Yukarıda yapılan işlemlerin bitmesinden sonra düz bir yüzey oluşturulan alana hem yapılan sıvanın uzun ömürlü olmasını hem de uygulanan ısı yalıtım malzemesinin görevini uzun süre boyunca devam etmesini sağlamak için korumak ve estetik bir görünüm elde etmek amacıyla son kat dekoratif sıva uygulaması yapılmaktadır. Yapısı genellikle çimento, akrilik ve silikon esaslı olabilmektedir. İsteğe göre renklendirilebilmektedir (Paralı, 2009).

2.5.5. Sıva filesi

Yapısı bakımından cam elyaf esaslı ısı yalıtım uygulamasında kullanılan yardımcı elemanıdır. Isı yalıtım levhası dübeller ile duvara sabitlendikten sonra ısı yalıtım malzemesini korumak için kaplama işlemleri gerekecektir. Kaplama işlemi yapılmadan önce yapılacak kaplamada oluşabilecek çatlamaları önlemek için kaplama sıvasından önce sıva filesi kullanılır. Sıva filesinin uygulanmasının bir diğer en önemli nedenleri

arasında levha birleşim yerlerinde oluşabilecek derzlerin önüne geçmek için kullanılır. Ayrıca, sıva öncesi yüzeyin daha düzgün hale gelmesini sağlamak için sıva filesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle sıva filesi ısı yalıtım malzemelerinin uygulanmasında kullanılan yardımcı elemanlar arasında en önemli malzemelerden biridir. Sıva fileleri ısı yalıtım malzemesi olmamakla birlikte ısı yalıtım hesaplarında ihmal edilir. Filenin örgü gözü olarak bilinen aralık ölçüleri 3.5x3.5, 4x4 veya 5x5 mm aralıklarındadır. Ortalama ağırlığı ise metrekarede 145 ile 160 gram arasında değişmektedir. Uygulama yerlerine bağlı olarak daha fazla da olabilmektedir. Yüksek darbe dayanımı gereken yüzeylerde metrekaresinde 340 gram olacak file kullanılması gerekmektedir. Şekil 2.16'de mantolama sonrası uygulanan sıva filesi görmekteyiz.

Şekil 2.16 Sıva filesi (URL- 14, 2025)

2.5.6. Jüt lifi

Jüt lifi jüt bitkisinden elde edilmektedir. Jüt bitkisi boyları 1,5 metre ve 4,5 metre arası uzunluklara sahip olan ve tepe kısmı yakınlarında yaprakları olan bir bitkidir. Jüt bitkisinin ekilme işlemleri makinelerle veya elle yapılmaktadır. Çok fazla bakım işlemleri gerektirmez, sadece sulama ve çapalama yapılmaktadır. Sulama işlemi iklimi nemli olan yerlerde 8-10 kez sulanması gerekirken, iklimi kurak olan yerlerde ise 12-15 kez sulanma ihtiyacı duymaktadır Ekilme ayları ise mart ve nisan aylarında gerçekleşir, hasatları genellikle tepelerinde yaprak açtıktan sonra yapılması gerekmektedir (Mutlu, 2011). Jüt bitkisi genellikle bir yıl içerisinde olgunlaşır ve hasada hazır hale gelir (Arslan, 2021).

Bitkisel lif üretiminde dünya sıralamasında ikinci sırada bulunan Jüt lifi, dünyada en çok üretilen bitkisel liflerden olan pamuktan sonra en çok üretilen üründür (Mutlu, 2011). Jüt bitkisi üretimi daha çok Asya ülkelerinden Nepal, Bangladeş ve Hindistan'ın doğusunda yetiştirilmektedir (Bilgili vd., 2018).

Jüt lifleri, bitkisinin yaklaşık %26'sını oluşturur. %60'lık kısmı sap ve geriye kalan %14'lük kısmı da yapraklardan oluşur (Bilgili vd., 2018).

Şekil 2.17 Jüt lifi yetiştirme aşamaları (URL- 15, 2025)

Jüt bitkisinin hasadı, kök kısmına yakın yerden kesilerek yapılır (Mutlu, 2011). Hasat işleminden sonra bitkilerde bulunan yaprakların kuruyup dökülmesi için üç gün tarlada bırakılır (Bilgili vd., 2018). Jüt bitkisinden yaprak ayırma işlemini; hasadı yapılan bitkinin toplatılıp bir tesiste bu yaprak ayırma işlemi yapılırsa aynı zamanda bitkiden ayrılan ve bitkinin %14 lük kısmını oluşturan yaprakların toplanması kolay olur ve bu yaprak biyoyakıt olarak kullanılabilir. Yapraklarından ayrılan saplar demetler halinde toplanarak bağlanır (Bilgili vd., 2018).

Jüt lif üretimi geleneksel olarak çürütme yöntemi kullanılarak yapılır (Bilgili vd., 2018). Sapların gövdesinde bulunan jüt liflerinin kolayca soyulması için jüt bitkileri en az 60-100 cm derinlikte su birikintisinde veya akan su havuzlarında 1-4 hafta arasında bekletilerek, su yüzeyine çıkmaması için de üzerlerine ağırlıklar bırakılarak çürümeleri

sağlanır. Bu biyolojik süreçte sapın gövdesinde kabuk olarak bulunan lifleri çürüyerek gövdesinden ayrılması sağlanır (Bilgili vd., 2018; ıslam,2007). Çürüme sonrası liflerin sapın gövdesinden ayrılması için demet halindeki sapların kök ucuna sopa ile vurularak gevşemesi sağlanır ve elle soyularak temiz suda yıkanır. Liflerin renginin açılması için Tamarind (demirhindi) içeren su birikintisinde 15 ile 20 dakika arasında bırakılır, daha sonra temiz su ile yıkandıktan sonra sıkma işlemi yapılarak, güneş altında 2-3 gün serilerek kurutulur (Bilgili vd., 2018; ıslam,2007). Kurutulan jüt lifleri balyalar haline getirilerek iplik yapılmak üzere fabrikalara gönderilir. Şekil 2.18'de işlem adımları tek tek gösterilmiştir.

Şekil 2.18 Jüt file üretim aşamaları (URL- 16, 2025)

Şekil 2.18'de fabrikada jüt balyaları açılıp demetler halinde gruplandırıldıktan sonra rulolara sarmak üzere demetlerden açılarak rulo sarma makinesinin yuvasına yatırıldığı görülmektedir. Diğer işlemde rulolara sarılan jüt lifleri tarak makinelerinden geçirilerek birbirine paralel gelmesi sağlanıyor ve daha sonra cer makinesinden geçirilip iplik haline gelmesi sağlanmaktadır. Eğirme makinasında iplik haline getirilen lifler ve bobin sarma makinesi ile bobinlere sarılmaktadır (Er, 1999). Jüt lifleri genellikle file, çuval, örtü

kumaşı, ip, sicim ve halat gibi ürünleri üretmek için kullanılır (Kandemir, 2022; Dayıoğlu ve Karakaş, 2007).

Üretilen jüt fileleri inşaat sektöründe çok fazla tercih edilen organik kaynaklı yapı elemanlarından biridir. Jüt liflerinin ısıyı ve nemi tutma özeliğinden yararlanarak, özellikle yaz aylarında binaların kolon ve kirişlerin betonu dökülüp kalıplarının açılmasından sonra kolon ve kirişin yüksek sıcaklık altında çabuk kurumasını engellemek için bu yapı bileşenlere sarılır. Bu sayede binanın en önemli bileşenleri olan kolon ve kirişlerin çabuk sıvı kaybederek çatlaması önlenir ve daha fazla dayanım kazanmasına olanak sağlanır. Yapılan bu işleme kürleme denir. Kürleme yapılan kolonların daha fazla dayanım gösterdiği yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır (Nour, 2016). Ayrıca, beton mikserlerin silindirlerine sarılarak betonun uzun yolculuğunda beton ısısını ve nemini koruyarak betonun bozulmasının önlenmesi sağlanmaktadır. Şekil 2.19'de jüt file ve kullanım alanları gösterilmiştir.

Şekil 2.19 Jüt file ve kullanım alanları (URL- 17, 2025)

Jüt filenin bu kullanım alanlarından esinlenerek, jüt filenin bina ısı yalıtımında kullanılabilirliğinin araştırılması ihtiyacı oluşmuştur.

2.6. Literatür Özeti

Tez içeriği ile ilgili dergi, kitap, makale, bildiri, araştırma raporları ve tezlerin incelenmesi sonucu geniş kapsamlı literatür taraması yapılarak, bitkisel liflerin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Özdemir ve Genç (2024), yaptığı çalışmada potansiyel ısı yalıtım malzemesi olarak

kullanabilecek jüt lifi, kabak lifi ve bu liflerin hibritleşmesi ile oluşturulan biyo-kompozit numunelerin ısı iletkenlik değerini Maden Teknik Arama (MTA) firmasının kullandığı deney cihazı ile ölçmüştür. Piyasada kullanılan geleneksel ısı yalıtım malzemeleri ile kıyaslanmıştır. Çalışma jüt lifinin ısı iletim katsayısını -10 °C, +10 °C ve +20 °C sıcaklıklarında sırasıyla 0,19 W/mK, 0,41 W/mK, 0,21 W/mK olarak ölçmüştür. Endüstride kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile kıyaslandığında biyo-kompozitlerin fiyat ve performans açsından olumsuz sonuç verdiğini aktarmıştır.

Asim vd. (2020), çalışmasında bitkisel liflerin beton bileşenine katılarak ısı yalıtım performansının artırılması amaçlanmıştır. Beton içerisine farklı oranlarda jüt lifi, bazalt lifleri, sisal, şeker kamışı küspesi ve hindistan cevizi lifleri katmıştır. Sonuçlara göre, bu karışımda lif miktarının artmasının termal iletkenlik değerini azalttığı belirtilmiştir. Jüt, bazalt ve şeker kamışı takviye edilen betonun diğer beton numunelerine göre daha iyi ısı yalıtım sağladığına bulunmuştur. Fakat çimento oranının %2,5 oranında jüt ve hindistan cevizi içeren numunelerin düşük termal iletkenlik özelliği gösterdiği belirtilmiştir.

Jiang vd. (2020), araştırmasında kil esaslı sıvanın bileşenlerine kenevir tozu ekleyerek hazırlanan malzeme üzerinde çalışılmıştır. Bunun için farklı oranlarda kenevir tozu, kum, ponza, kum, bağlayıcı ve katkı malzemesi eklenerek yapılan üç farklı malzemenin ısı iletim katsayısını hesaplamış olup, elde ettikleri malzemenin düşük ısıl iletkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Barbieri vd.(2020), çalışmalarında esas hammadde olarak buğday kabuğu kullanarak ısı yalıtım malzemesinin üretiminin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Buğday kabuğu kullanarak ürettiği beton bloğu ile kenevirli beton bloğunu ısı iletkenlik değerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak iki malzemenin de birbirine yakın değerde olduğu kanısına varmışlardır. Yenilenebilir yapı malzemesi hammaddesi olarak potansiyelinin yüksek olduğunu değerlendirilmiştir.

Tsapko vd. (2020), araştırmasında saz kamışlarından yapmış olduğu matın (hasır) termofiziksel özelliğini belirlemiş ve bu sonuçlara göre ürettiği numunenin ısıl iletkenlik değerini 0,056 W/mK olarak ölçmüştür.

Shon vd. (2019), araştırmasında saz kamışı liflerinden elde ettiği harcın termal özelliklerini incelemiş ve farklı oranlarda oluşturduğu numuneler hazırlamıştır. Çalışmasının sonucunda saz lifi oranı artıkça malzemenin ısı iletkenlik değerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Iwaro ve Mwasha (2019), birinde beton diğerinde ise tuğla kullanılan aynı boyutta inşa

ettiği iki yapıda beton ve tuğla bloklarının içini hindistan cevizi ile doldurmuşlardır. Bu modellerin hindistan cevizi dolgulu, yalıtımsız ve fiberglas levha ile yalıtımlı durumlarının enerji tüketim miktarını karşılaştırmıştır. Fiberglas ve hindistan cevizi ile yalıtmış durumlarındaki enerji tüketiminin sırasıyla 0,58 kWh ve 0,66 kWh azaldığını ve fiberglas malzemesinin hindistan cevizi liflerinden daha düşük performans gösterdiğini belirtilmiştir. Ayrıca, hindistan cevizi liflerinin binalarda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanımının mümkün olduğunu ifade etmişlerdir.

Özer (2019), araştırmasında akrilik reçine ile meşe mazısı atıklarından ürettiği levhanın ısıl iletkenlik değerini ölçmüş ve ısı iletkenlik değerini 0,091 W/mK olarak bulmuştur. Malzemenin yüksek yoğunluğu göz önüne alındığında yüksek karbon ayak izi olacağını belirmiş ve binaya fazladan yük olacağından tek başına kullanımının uygun olmadığı fakat kompozit olarak kullanılmasının daha iyi olacağını ifade etmiştir.

Kosiński vd. (2018), kenevir liflerinden üretilen ısı yalıtım malzemesinin kullanılabilirliği araştırılmış ve kenevir lifi ile doldurulmuş duvar yapı malzemesinin sıkıştırma miktarına göre ısı iletim değerleri kıyaslanmıştır. Sonucunda malzemenin yoğunluğunun artmasıyla ısı iletkenliğinin azaldığının sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sıkıştırma işleminin az olduğu numunelerde istenilen miktarda ısı yalıtımı yapılamayacağını belirtilmiştir.

Delannoy vd. (2017), kireç esaslı bağlayıcı ve çimento olmak üzere iki farklı bağlayıcı kullanmıştır. Kenevir katkılı ısı yalıtım malzemesinin farklı bağlayıcı ile hazırlanan ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değerlerinin benzer olduğunun kanısına varılmıştır.

Belakroum vd. (2017), çalışmasında hurma lifi kullanarak elde edilen kireç esaslı bir malzemenin termal özelliklerini araştırmıştır. İçeriğinde %50 lif içeren numunenin ısıl iletkenlik değeri 0,091 W/mK olarak ölçüldüğünden bu malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Braiek vd. (2017), araştırmasında hurma lifleri ve alçı kullanarak üretilen yalıtım malzemesinin termofiziksel davranışlarını üzerinde çalışma yapmıştır. %20 oranında hurma lifi içeren alçı esaslı yapı malzemesinin termal değerlerinin, sadece alçı içeren yapı malzemesine göre çok daha iyi olduğunu ifade etmiştir. Isı iletkenlik katsayısını 0,14 W/mK olarak ölçmüşlerdir. Bu nedenle bu yapı malzemesinin inşaat sektöründe kullanılabilir olduğu ifade edilmiştir.

Palumbo (2015), araştırmasında mısır koçanı, arpa samanı ve pirinç kabuğu olmak üzere biyo atıklardan ve doğal bağlayıcılardan olan sodyum aljinat ve mısır nişastasından

oluşan yalıtım malzemesi üretmişlerdir. Bu malzemelerin termal özellikleri incelenmiş olup aralarından aljinat ve mısır koçanı özü kompozitinin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, ısı iletkenlik değerinin de 0,044 W/mK olarak ölçmüşlerdir. Bu değerin diğer numunelerin ısı iletim değerlerinden en düşük olduğunu ifade etmiştir.

Zampori vd. (2013), yapılan çalışmalarında ısı yalıtımda uygulanmak üzere kenevir liflerinden üretilen panelin sürdürülebilirliğini araştırmıştır. Mineral katkılı ısı yalıtım malzemeleri ile mukayese ederek kenevir liflerinden yapılan panellerin sürdürülebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Rajput vd. (2012), çalışmasında yapısında pamuk atığı, kâğıt atığı ve portland çimentosunu sırsıyla %1-5, %89-95 ve %10 oranında içeren bir duvar bloğu üretmişlerdir. Bu malzemenin ısıl iletkenlik değerini 0,25-0,32 W/mK oluğunu tespit etmişlerdir.

Binici vd. (2010), çalışmalarında tekstil külü ve pamuk atığı ile duvar blok üretmişlerdir. Farklı oranlarda kül, çimento, pamuk atığı ve su bileşeni kullanarak numuneler hazırlamışlardır. Elde ettikleri numunelerin ısıl geçirgenlik katsayısını 0,291 W/m².K olarak ölçmüşlerdir. Bu blokların briketin ısıl iletkenlik değerinin %29 daha düşük olduğunu ve üretilen blokların briketlerden daha hafif olduğunu tespit edip inşaat sektöründe briketlerden daha çok tercih edilebileceğine değinmiştir.

Gil (1998), araştırmasında mantar tozunun termoplastik bağlayıcı ve polietilen bağlayıcı kullanarak iki farklı ısı yalıtım malzemesi üretmiştir. Bu malzemelerin ısı yalıtım performanslarını test etmiştir. Bu iki malzemenin ısı iletim malzemesi olarak kullanılabilir olduğunu ve tavan, duvar ve zemin yalıtımında kullanılabileceğini anlatmıştır.

Literatür taraması sonucunda, jüt lifinin binalarda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanımına dair sınırlı sayıda çalışma bulunduğu tespit edilmiştir. Doğal ve sürdürülebilir malzemelere olan ilgi artmasına rağmen, jüt lifinin yalıtım performansı ve uygulanabilirliği üzerine yapılan araştırmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu tez, jüt lifinin yapı sektöründeki potansiyelini ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında İzoder programı ile SNÜ MMF binasın geleneksel ısı yalıtım malzemeleri uygulanmış halinin ısı yalıtım hesapları yapılmıştır. Hesaplarda ısı kazanç hesabı, bina yıllık ısıtma enerji ihtiyacı hesabı, yıllık yakıt sarfiyatı değerleri çıkarılmıştır. Aynı binada ısı yalıtım uygulaması sırasında ısı yalıtım levhaları birleşim yerinde oluşacak çatlamaları engellemek için kullanılan ve ısı yalıtım hesaplarında hesaba katılmayan sıva filesi veya donatı filesi yerine; bu tezin araştırma materyali olan jüt filenin teoride bina ısı yalıtımı yapılan yüzeylere uygulanıp ısı yalıtım hesabı, ısı kazanç hesabı ve bina ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabı tekrardan yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" çerçevesinde ve İzoder 'in hazırlamış olduğu ve herkese açık olarak sunduğu İzoder ısı yalıtım programı kullanılmıştır. Hesaplarda referans alınan bina ile ilgili bilgiler bir başlık altında detaylı açıklanmıştır.

3.1. Jüt File

Jüt lifi organik kökenli kaynak olduğundan dolayı tamamen biyolojik parçalanır ve geri dönüştürülebilir bir liftir. Bu nedenle çevreye zararı olmayan bir elyaftır. Jüt lifleri hakkında detaylı bilgi bir önceki bölümde sunulmuştur. Bu bölümde daha çok fiziksel ve kimyasal özeliklerine değinilmiştir. Liflerin inceliği 15 ile 25 mikron arasında değişebilmektedir. Jüt liflerinin rengi saplarından ayrıldıklarında ilk olarak açık sarı ve kahverengi tonlarında iken zamanla bu renk tonu koyulaşır. Jüt liflerinin görünümü ipeksi ve altın rengindedir (Seki, 2016). Kırılgan bir yapıya sahiptir. Kopma uzama değeri düşük fakat kopma mukavemeti yüksek bir liftir (Seki, 2016). Jüt liflerinin yoğunluğu birçok kaynakta ortalama 1,3- 1,5 g/m^3 arasında kabul edilir (Sönmez, 2023).

Özdemir ve Genç (2024) yaptığı çalışmada; 50,75 mm çapında, 14,5 mm kalınlığında ve 30,6 gram ağırlığında bir jüt numunesinin ısı iletim katsayısını belirlemiştir. Bunun için numune Maden Teknik Arama (MTA) tarafından alınan hizmet ile lifin ısıl iletim katsayısı değerleri Tablo 3.1'de sunulmuştur. Tablo 3.1'de -10 °C, +10 °C ve +20 °C sıcaklık şartlarında ölçülen numunenin ısı iletim katsayıları standart sapmaları ile gösterilmiştir (Özdemir ve Genç, 2024).

Tablo 3.1 Jüt lifinin 3 farklı sıcaklık değerine göre ısı iletim katsayısı (Özdemir ve Genç, 2024).

Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Isı İletkenlik Kat Sayısı (W/mK)
-10,63 (± 0,18)	0,19 (± 0,01)
+10,45 (± 0,04)	0,41 (± 0,02)
+20,62 (± 0,05)	0,21 (± 0,01)

3.2. Yalıtım Hesabı Yapılan Bina Bilgileri

Yalıtım hesabı için Sinop ilinin merkez ilçesi Osmaniye mahallesi Selanik caddesi 167 ada 19 parselde bulunan SNÜ MMF binası seçilmiştir. İkinci derece gün bölgesinde bulunan etrafı açık, rüzgâr ve güneş alan 2765 m² taban alanı üzerine inşa edilmiş bir öğretim binasıdır. Bina yerleşimi olarak ayrık bina olarak inşa edilmiş bitişiğinde herhangi bir bina bulunmamaktadır. Şekil 3.1'de binanın mimari görünümü ve yerleşimi katı model olarak gösterilmiştir.

Şekil 3.1 Binanın mimari görünüşü

SNÜ MMF binası zemin ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Kat yüksekliği 4,50 metre yüksekliğinde olup toplamda bina yüksekliği temel ile 18,45 metre yüksekliğe sahiptir. Zemin kat 2765 m² brüt alanına sahip ve normal katlar ise 2690 m² brüt alana sahiptir. Havalandırma pencere ve kapılara ile doğal olarak sağlanmaktadır. Kullanılan yakıt türü

ise doğalgazdır. İç ortam sıcaklığı TS 825 Standardında öğretim binaları için belirlenen iç ortam sıcaklık değeri 20 °C olarak belirlenmiştir. Binaya ait yapı bileşenlerinin alanı Tablo 3.2'de detaylı olarak açıklanmıştır.

Tablo 3.2 SNÜ MMF Binasına ait metrajlar

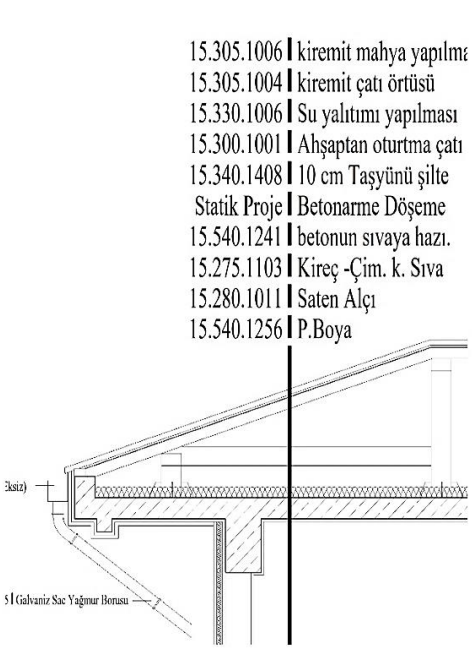
Hesaplarda Yalıtım Yapılacak Kısımlar ve Alanları	
Duvar Alanı (Dış Duvar)	2195 m²
Duvar Alanı (Kolon, Kirişler ve Perde)	1954 m²
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar Alanı	171 m²
Toprak Temaslı Duvar Alanı	279 m²
Toplam Cam Alanı (Pencere + Giydirme Cam)	1297 m²
Tavan Üzeri Kullanılmayan Çatı Alanı	2714 m²
Toprağa Temas Eden Döşeme Alanı (Seramik)	2603 m²
Isıtılmayan Tavan Alanı (Teshin Merkezi Tavanı)	246 m²

3.2.1. Yapının fiziksel özellikleri

Tez konusu olan jüt filenin ısı yalıtımına olan etkisinin incelenmesi için referans olarak alınan binanın yapı bileşenleri olan; dış duvar, ısıtılmayan iç ortama bitişik duvar, toprak temaslı duvar, tavan üzeri kullanılmayan çatı, toprağa temas eden döşeme, ısıtılmayan tavan alanı gibi yapı bileşenleri tanıtılmış, kesitleri gösterilmiş ve TS 825 Standardında tanımlı özellikler tablo halinde gösterilmiştir.

3.2.1.1. Tavan üzeri kullanılmayan çatı

Tavan üzeri kullanılmayan çatı binanın en üst tabakasını ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.2'de gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.

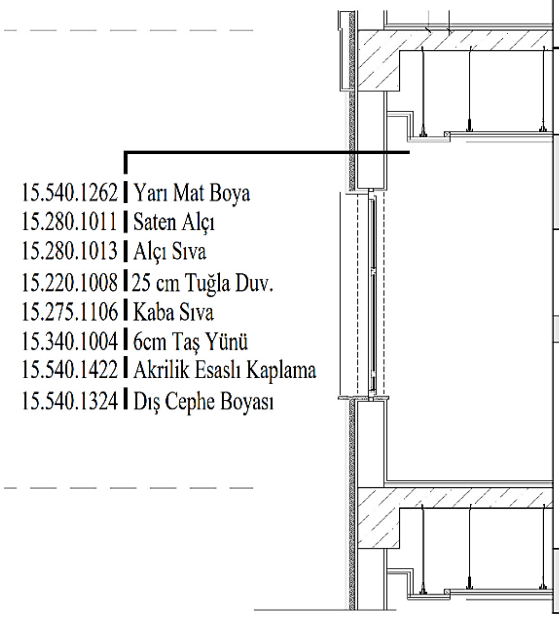


TAVAN (ÜZERİ KULLANILMAYAN ÇATI)		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARININ TS 825 KARŞILIĞI		(m)	(W/mK)
10.05.1.	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10'a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0.1	0.035
5.1.1.	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0.15	2.5
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.01	0.51

Şekil 3.2 Tavan üzeri kullanılmayan çatı kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.2. Dış duvar

Dış duvar binanın dış havaya bakan yapı bileşenlerini ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.3'de gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.

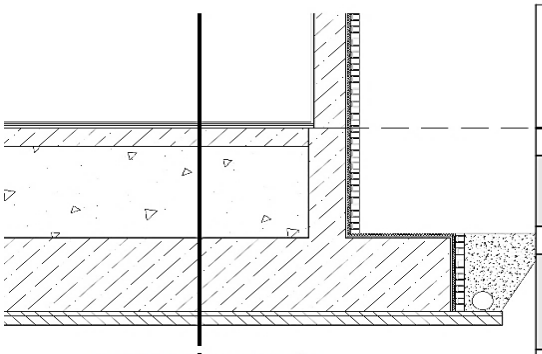


DIŞ DUVAR		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARININ TS 825 KARŞILIĞI		(m)	(W/mK)
4.4	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.02	0.51
7.1.5.4	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0.25	0.42
4.2	Çimento harcı	0.01	1.6
10.05.1.	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10'a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0.06	0.035
4.1	Kireç harcı. Kireç-çimento harcı	0.01	1

Şekil 3.3 Dış duvar kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.3. Toprağa temas eden döşeme

Toprağa temas eden döşeme kesiti binanın toprağa oturduğu taban, en alt kottaki döşeme yapı bileşenini ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.4'de gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.



15.400.1001 Karo Mozaik
15.250.1101 Şap
15.250.1001 Tesviye
15.150.1006 20 cm C 30/37 Beton
15.160.1001 Q188/188 hasır çelik
15.335.1503 5 cm XPS ısı yalıtım
15.125.1010 63 mm'ye kadar kırmataş dolgu yapılması
Statik Proje Esastır. Radye temel (Statik Esastır)
15.150.1004 Grobeton(5 cm)
15.245.1002 geotekstil keçe
15.260.1001 Su yalıtımı
15.150.1004 Grobeton(10 cm)
15.125.1010 Kırma taş dolgu yapılması (30 cm)
Sıkıştırılmış Zemin

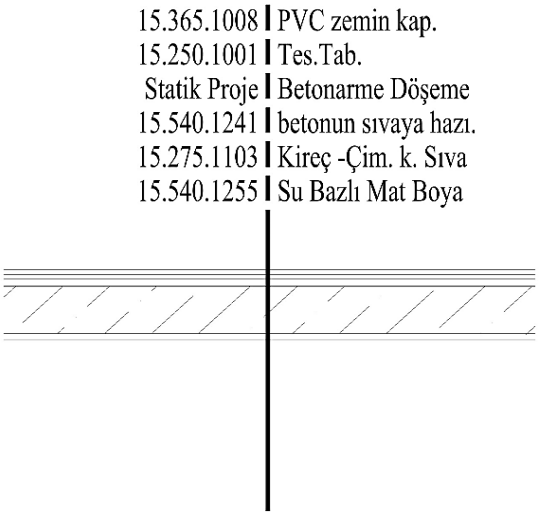
TOPRAĞA TEMAS EDEN DÖŞEME (SERAMİK)		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		(m)	(W/mK)
1.1.1.	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,02	3,5
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4
5.1.1.	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	2,5
10.3.2.1.2	Ekstrüde Polistiren köpüğü- TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥25; ısıl iletkenlik grubu 035	0,05	0,035
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,63	0,70
5.1.1.	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,8	2,5
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19
5.1.2.	Donatısız -Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65
2.1	Kum, kum- çakıl	0,2	2,0

Şekil 3.4 Toprağa temas eden döşeme (seramik) kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.4. Isıtılmayan tavan (teshin merkezi tavanı)

Isıtılmayan tavan binanın en alt katta bulunan ısıtılmayan alan olan teshin merkezi ile bir üst katta bulunan ısıtılan hacim olan derslik ile kesişen yapı bileşenini ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.5'de gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.

.

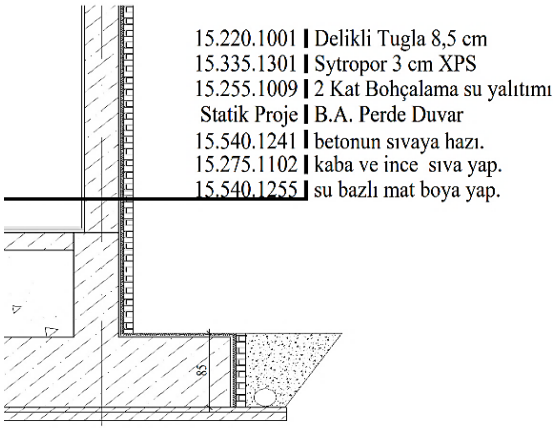


ISITILMAYAN TAVAN (TESHİN MERKEZİ TAVANI)		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		(m)	(W/mK)
9.1.3.	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	0.0015	0.23
4.6	Çimento harçlı şap	0,05	1,4
5.1.1.	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0.15	2,5
10.05.1.	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10'a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0.06	0.035
4.1	Kireç harcı. Kireç-çimento harcı	0.01	1

Şekil 3.5 Isıtılmayan tavan (teshin merkezi tavanı) kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.5. Toprak temaslı duvar

Toprak temaslı duvar binanın en alt katın yan cephesinin toprak dolguya gelen ve toprağa temas eden duvarı ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.6'da gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.

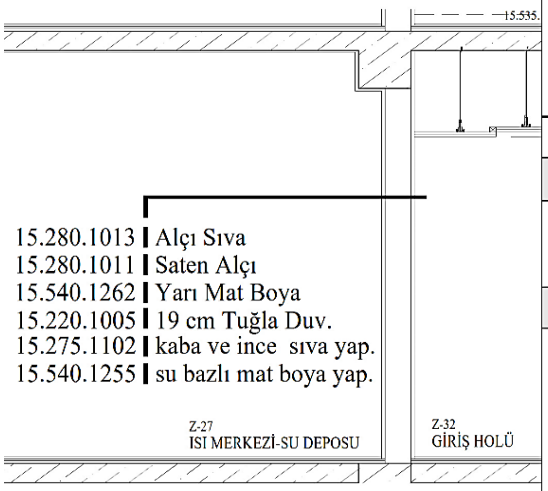


TOPRAK TEMASLI DUVAR		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		(m)	(W/mK)
7.1.5.4	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,085	0,42
10.3.2.2.2	Ekstrüde Polistiren köpüğü- TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥30; ısıl iletkenlik grubu 035	0,04	0,035
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0.002	0,19
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1,0
5.1.1.	Donatılı- Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0

Şekil 3.6 Toprak temaslı duvar kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.6. Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar

Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar binanın en alt katında bulunan ısıtılmayan mahal ile ısıtılan mahalin kesiştiği yapı bileşenini ifade eder. Yapı bileşenleri Şekil 3.7'de gösterilmiş, projedeki kalınlıkları yazılmış ve TS 825 Standardında tanımlanmış malzemeler ve ısı iletim hesap değeri yazılmıştır.



ISITILMAYAN İÇ ORTAMA BİTİŞİK DUVAR		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri
		d	λ_h
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		(m)	(W/mK)
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0
7.1.5.4	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)	0,2	0,42
4.2	Çimento harcı	0,01	1,6
10.05.1.	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10'a uygun; yoğunluk 8-500; ısıl iletkenlik grubu 035	0.06	0.035
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,01	1,0

Şekil 3.7 Isıtılmayan iç ortama bitişik duvar kesiti ve yapı bileşenleri

3.2.1.7. Kapı ve pencere bilgileri

Binada kullanılan kapı, ısı yalıtımlı alüminyum doğrama olarak imalatı yapılmıştır. Kapıda kullanılan cam ise 6+16+6 mm ısı kontrollü cam olarak takılmıştır. Ayrıca, pencerelerde de aynı cam kullanılmıştır, pencere doğraması ise üç odacıklı plastik doğrama kullanılmıştır. Bina cephesinde giydirme cephe bulunmakta ve giydirme cephede pencerelere takılan cam kullanılmıştır. Giydirme cephe alanı duvar ile kesişen kısım çıkarılmış olup toplam pencere alanına eklenmiştir ve toplam pencere alanları Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3 Yönlere göre pencere alanları

Yönlere Göre Pencere Alanları					
Toplam Pencere Alanı	Doğu	Batı	Kuzey	Güney	Toplam
	394 m²	360 m²	273 m²	270 m²	1297 m²

Pencere yönleri ve alanları ısı geri kazanımı hesaplamak için çok önemlidir. Pencere alanları yönlere göre farklılık göstermekte bu nedenle Tablo 3.3'da yönlere göre pencere alanları ayrı ayrı yazılmıştır. Tablo 3.4'de TS 825 standardı tablosundan alınan projede kullanılan kapı ve pencere özelliklerine karşılık gelen ısı geçirgenlik değerleri yazılmıştır.

Tablo 3.4 Kapı ve pencere ısıl geçirgenlik katsayıları

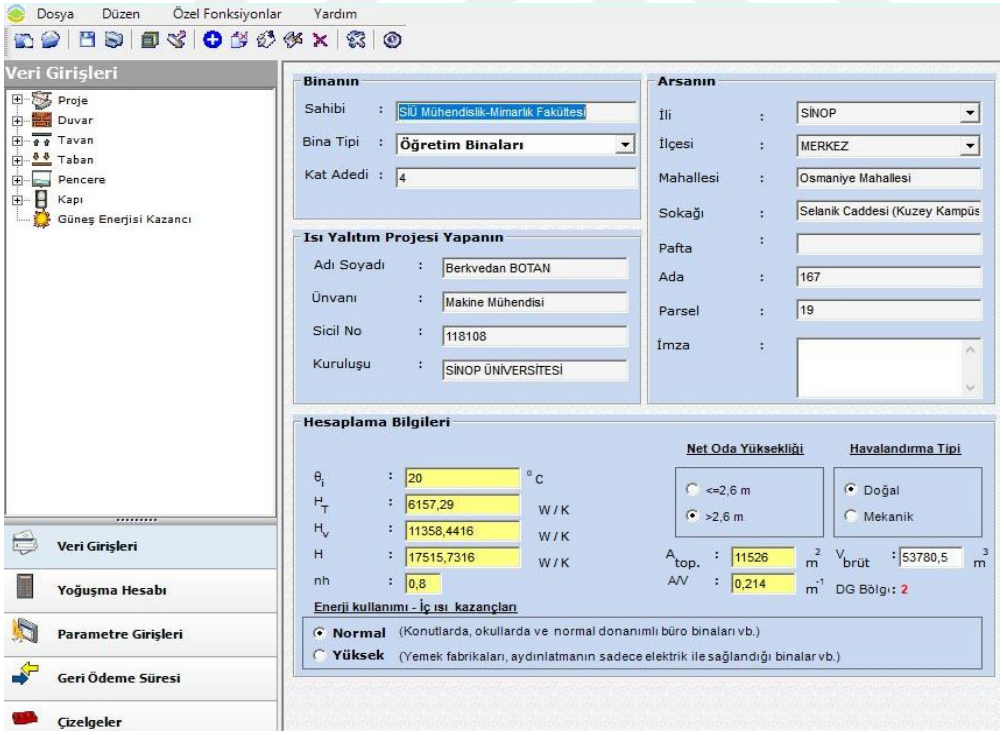
Binadaki Yapı Elemanları	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U (W/m^2K)
Pencere	2,1
Kapı	5,5

3.3. İzoder TS 825 Hesap Programı

Bu program Türkiye'de yapılan binaların enerji performansını, özgül ısı kaybını, net ısıtma ihtiyacını ve yıllık kullanabileceği en fazla enerji miktarını hesaplamaya yardımcı olan açık erişim bir hesaplama aracıdır. İzoder tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışmada İzoder TS 825 İzoder ısı yalıtım hesap programın kullanılmasının nedeni, programın TS 825 standardına göre tasarlanması, coğrafya ve iklime uyumlu içeriğinin olması, veri tabanında Türkiye'de kullanılan yapı malzemelerinin tanımlı olması, kullanımının basit, anlaşılır ve pratik bir arayüzü olmasıdır. Birden fazla enerji tasarruf ve enerji ihtiyacını belirleyen program vardır bunlar genellikle küresel standartlar çerçevesinde çalışırken TS 825 İzoder programı direkt olarak Türkiye'de yapılan binaların ısı yalıtım hesaplarını TS 825 Standardı kurallarına uyarak doğru bir şekilde hesaplar. Ülkemizde yapılan binaların TS 825 Standardına uygun yapılması zorunluğu vardır, bu program sayesinde bu eksiksiz bir şekilde yapılabilmektedir. TS 825 İzoder programı hesaplama yaparken, Türkiye'de kullanılan malzeme özelliklerini, Türkiye'nin farklı coğrafi koşullarının ve farklı iklim bölgelerinin verilerini dikkate alarak yapmaktadır. Ülkemizde sık kullanılan yapı malzemelerin özellikleri tanımlanmış ve bu yapı malzemeleri için doğru yalıtım değerlerini sağlanmıştır. Bu sayede binaların enerji performansı hesap sonuçlarının daha gerçekçi elde edilmesini mümkün olmaktadır. Programın dili Türkçe olduğundan dolayı programı kullanan Türkiye'deki teknik elemanlar için anlaşılır ve bir arayüze sahiptir (Evkaya, 2024).

TS 825 İzoder programının ana sayfası Şekil 3.8'da gösterilmiştir. Bu ekranda yalıtımı yapılacak binanın adı, bina tipi, binanın yapılacağı arsanın bilgileri, adresi, binanın brüt hacmi, net oda yüksekliği, havalandırma tipi ve ısı yalıtım hesabı yapanın bilgilerini

yazıldığı sekmedir. Bu sekmede seçilecek bina tipinin doğruluğu çok önemlidir. Çünkü TS 825 Standardına göre hesaplarda kullanılacak olan aylık ortalama iç sıcaklık değerleri konut tiplerine göre farklılık göstermektedir. Tablo 3.5'de farklı bina tiplerine göre iç sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Doğru seçilmesi önemli olan bir diğer seçenek ise binanın bulunduğu il ve ilçedir. Çünkü (TS 825,2008)'e göre ülkemiz Şekil 3.18'de görüldüğü gibi 4 derece gün bölgesine ayrılmıştır. Bu çalışmada üzerinde çalışılacak bina Sinop ili Merkez ilçesinde bulunmaktadır. Sinop 2. Derece gün bölgesinde bulunmaktadır. Şehirler, sıcaklık iklim verilerine göre bu derece gün bölgeleri altında gruplandırılmıştır. Her bir aya ait dış sıcaklık değerleri bölgelere göre belirtilmiş ve bu değerler Tablo 3.6'da gösterilmiştir. Program 2. Bölge için kabul edilen değerleri seçerek hesaplamalara başlar. Giriş ekrandan arsanın başlığı altındaki sekmede projenin bulunduğu il ilçe seçildiğinde program bu ilin bulunduğu bölgedeki verileri otomatik seçmektedir. Bu sekmede bina bürüt hacmi, net oda yüksekliği ve havalandırma tipi bilgileri girildiğinde arayüzde görülen sarı hücrelerde bu değerlere bağlı olarak otomatik olarak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları hesaplanmaktadır.



Şekil 3.8 İzoder programı ana sayfa

Tablo 3.5 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [θ_i (°C)] (TS 825, 2008)

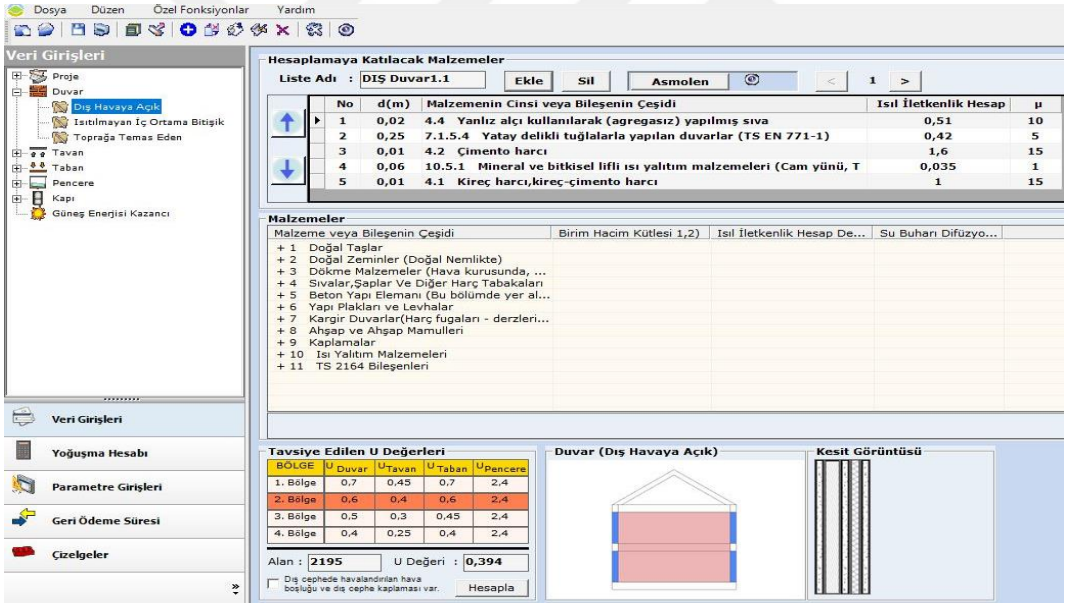
	Isıtılacak Binanın Türü	Sıcaklık (ºC)
1	Konutlar	19
2	Yönetim Binaları	
3	İş ve Hizmet Binaları	
4	Otel, Motel ve Lokantalar	20
5	Öğretim Binaları	
6	Tiyatro ve Konser Salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve Tutuk Evleri	
9	Müze ve Galeriler	
10	Hava Limanları	
11	Hastaneler	22
12	Yüzme Havuzları	26
13	İmalat ve Atölye Mahalleri	16

Tablo 3.6 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (ºC)] (TS 825, 2008)

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

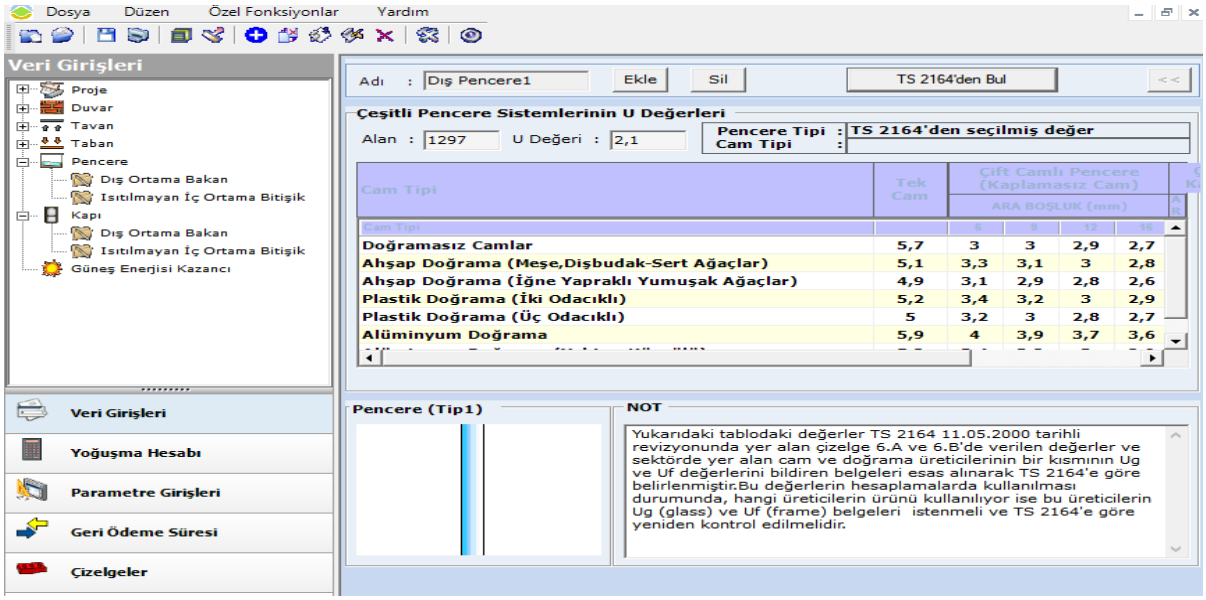
Şekil 3.8'deki veri girişi sekmesinde bulunan bir diğer menü ise duvar, tavan, taban, pencere, kapı gibi yapı bileşenlerin programa tanımlandığı yerdir. Burada duvar başlığı altında; dış havaya açık duvar, ısıtılmayan iç ortama bitişik duvar ve toprağa temas eden duvar gibi seçenekler mevcuttur. Programda bu yapı bileşenlerden hangisi projemizde mevcut ise projeden bu kısımların alanları ölçülür ve programda Şekil 3.9'da gösterildiği gibi tavsiye edilen U değeri sekmesinde alan kısmına girilmesi gerekmektedir. Şekil

3.9’da dış duvara açık duvar için programa yapı bileşenleri tanıtılmıştır. Malzemelerden sekmesinden projedeki kesitte gösterilen malzemeler bu sekmeden seçilir ve seçilen malzemeler hesaba katılacak malzemeler sekmesinde kesit detayındaki sıraya göre gösterilmektedir. Daha sonra projede duvar detayında gösterilen malzemelerin kalınlık bilgilerini programda hesaba katılacak malzemeler sekmesinde d(m) sütununa metre cinsinden girilir. Daha sonra tavsiye edilen U değerleri sekmesinde “Alan” kısmına projede ölçülen dış havaya açık duvar alanı ölçülüp girilir. Hesapla komutuna tıklanarak “U değeri” hücresinde bir hesap çıkar. Çıkan bu değer tavsiye edilen U değerleri tablosuyla karşılaştırılır. Eğer değer tablodaki değerin altındaysa kullanılan ısı yalıtım malzemesi kalınlığının uygun olduğu yorumu yapılabilir. Ancak “U değeri” tabloda gösterilen değerin üzerindeyse ısı yalıtım malzemesi kalınlığı artırılarak tekrar hesap yapılmalıdır. Nihai hedef U değeri tablodaki değerlerin altına getirilmesidir. Bu yöntem her bir yapı bölümleri için ayrı ayrı yapılır.



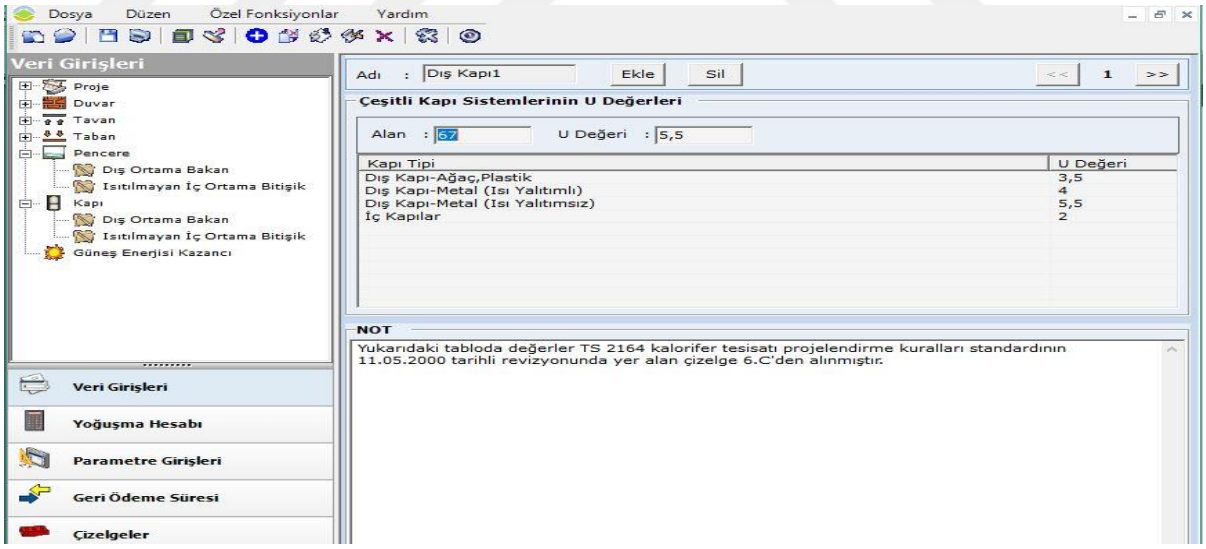
Şekil 3.9 Yapı bileşenleri giriş menüsü

Pencere bilgileri veri girişi sekmesinde pencereye tıkladıktan sonra açılan sekmede “dış ortama bakan” seçenek tıklanarak projede kullanılan pencere özelliklerine göre pencere tipi seçilir. Seçilen bu pencerenin U değeri Şekil 3.10’de görüldüğü gibi “U hücresine” yazılır ve projeden ölçülen toplam pencere alanı toplanır, alan kısmına yazılır.



Şekil 3.10 Pencere bilgileri giriş menüsü

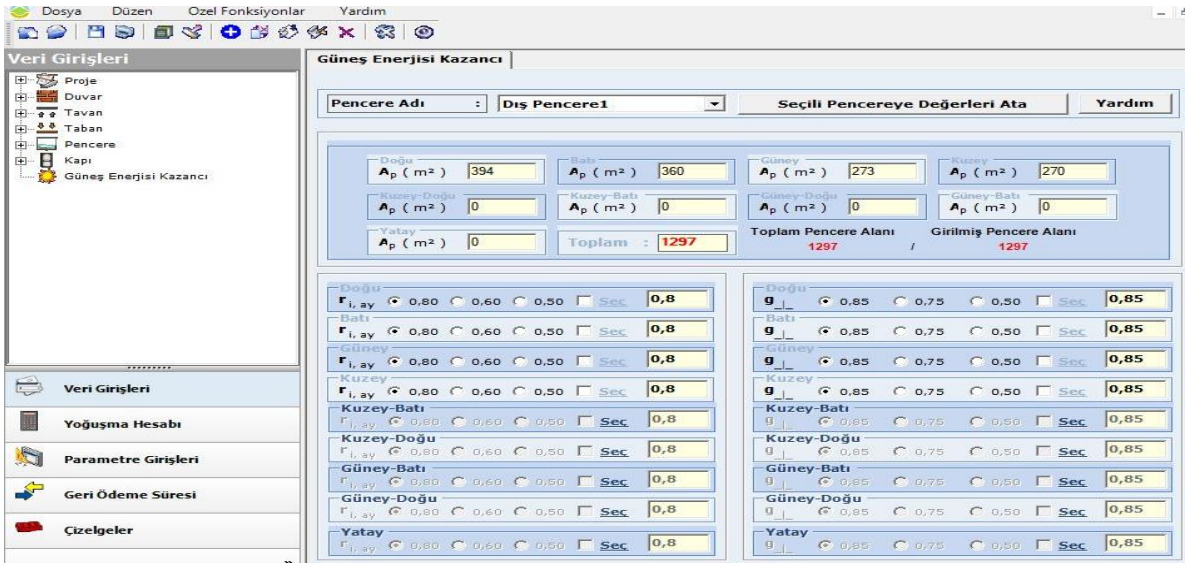
Kapı için veri girişi yaparken veri girişi sekmesinde “kapı” seçilir, daha sonra dış ortama bakan seçenek tıklanır. Projede kullanılan kapı özellikleri Şekil 3.11’de gösterildiği gibi “kapı tipi” sekmesinden seçilir ve projeden ölçülen kapı alanı bilgileri “alan” hücresine girilir. Daha sonra “güneş enerjisi” kazancı sekmesine tıklanır.



Şekil 3.11 Kapı bilgileri giriş menüsü

Güneş enerjisi kazancı sekmesinde, pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımından kaynaklanan ısı kazanç miktarını hesaplanmaktadır. (TS 825, 2008) Standardına göre aylık ortalama güneş ışınım şiddeti yönlere göre farklılık gösterdiği için Şekil 3.12’de gösterildiği gibi her bir yöne ait pencere alanları kendi hücresine yazılmalıdır. Ayrıca,

güneş enerji kazancının daha doğru hesaplanabilmesi için binanın bulunduğu yerde diğer binalara ve ağaçlara göre konumu gölgeye maruz kalıp kalmamasına göre Tablo 3.10'daki değerlere göre uygun olan değer seçilir. Güneş ışınımından kaynaklanan ısı kazançları hesaplanırken dikkat edilecek bir diğer konu da cam türüne göre güneş enerjisi geçirme faktörüdür. Binada kullanılan Cam türüne göre güneş enerjisi geçirme faktörü Tablo 3.11'deki değerlere göre belirlenir. Daha sonra bu değer işaretlenir, ardından seçili pencereye "değerleri ata" sekmesi seçilerek hesaplama tamamlanmış olur.

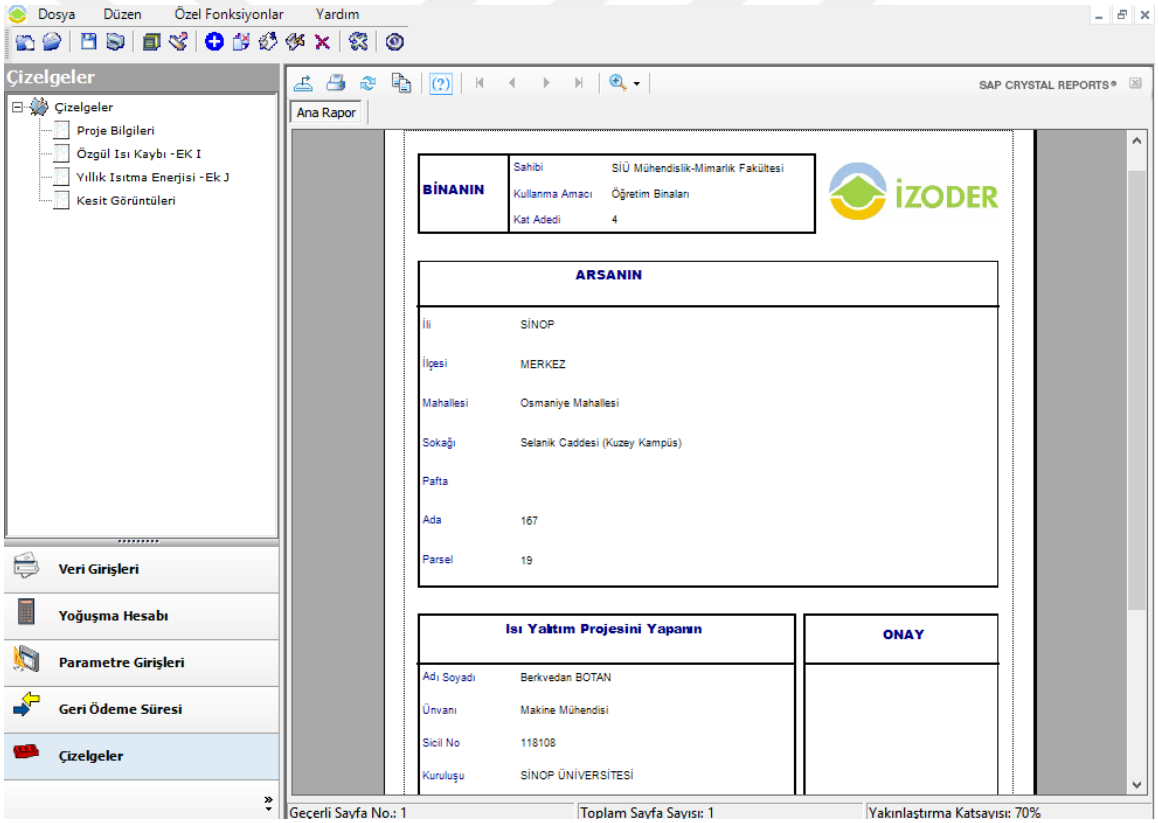


Şekil 3.12 Yönlere göre pencere alanları giriş menüsü

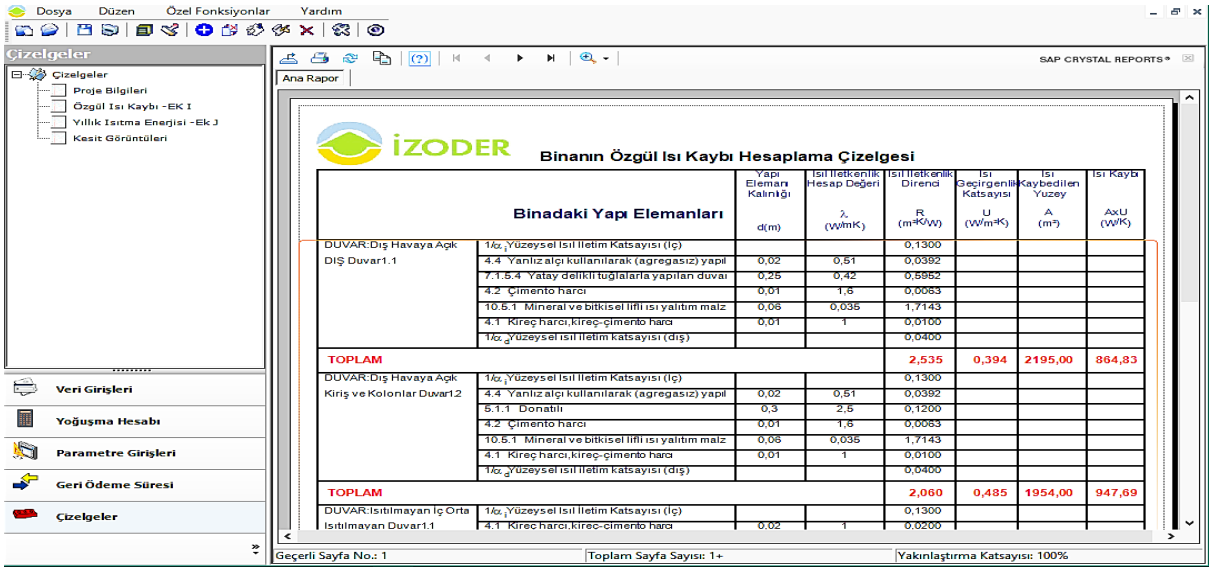
Veri girişleri tamamlandıktan sonra hesap sonuçlarını görmek için ekranın sol alt kısmında bulunan "çizelgeler" sekmesi tıklandığında Şekil 3.13'de göründüğü gibi "çizelgeler" başlığı altında proje bilgileri, özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi hesabı ve kesit görüntüleri başlıkları görülmektedir.

Proje bilgilerine tıklandığında program tarafından otomatik olarak ısı yalıtım raporu kapak sayfası oluşturulur. Kapakta binaya ait bilgiler ve ısı yalıtım yapan teknik elemanın bilgileri yazmaktadır. Bu sekmenin altında özgül ısı kaybı sekmesi yer almaktadır. Bu sekme tıklandığında Şekil 3.14'de görüldüğü üzere veri girişleri yapılan binanın, girilen verilere göre binanın özgül ısı kaybı hesap sonuçlarının verildiği rapor bulunmaktadır ve bu raporu çıktı alınabilir veya pdf olarak bilgisayara kaydedebilir. Dosyada veri girişi yaptığımız tüm yapı elemanlarının listelenerek bunlara ait ısı iletkenlik hesap sonuçları gösterilmektedir. Ayrıca, havalandırma ve iletim yolu ile oluşan özgül ısı kaybı sonuçları da raporda gösterilmektedir. Sekmelerden "yıllık ısıtma enerjisi" seçildiğinde Şekil

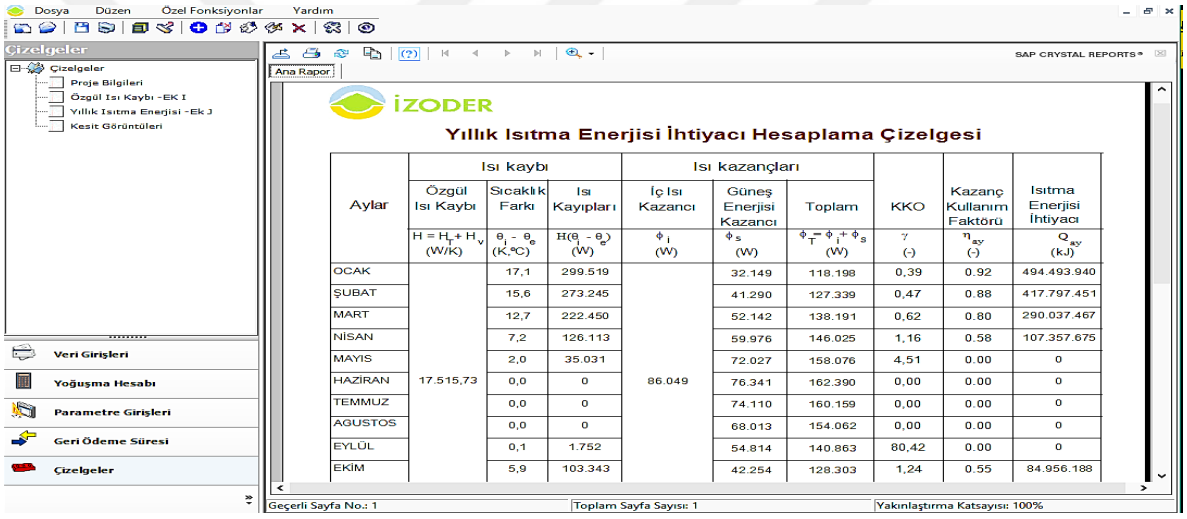
3.15'da göründüğü gibi bir rapor karşımıza çıkar. Bu raporda Tasarımı yapılan binanın yıllık net ısıtma enerjisi ihtiyacının gösterildiği rapordur. Aynı zamanda binanın dış ortam sıcaklığına bağlı olarak ısı kayıp ve kazanç miktarını göstermektedir. İç ısı kazançları ve aylık güneş ışınımı şiddetine bağlı olarak elde edilen güneş enerjisi kazançları bu raporda gösterilmektedir. Raporda aylık net ısıtma ihtiyaçları toplamı olan, binanın yıllık toplam net ısı enerjisi miktarı gösterilmektedir. Çizelgenin en alt bölümünde ise TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı" çerçevesinde hesaplanmış ısı enerjisi miktarı ile mevzuatın belirlediği değerler ile kıyaslanarak yapılan tasarımın uygun olup olmadığının gösterildiği bölümdür. Son olarak "kesit görüntüleri" sekmesine tıkladığında binanın projedeki yapı bileşenleri ile oluşturulan yapı kısımlarının kesit detayları gösterilmektedir. Örnek olarak Şekil 3.16'de gösterilmiştir.



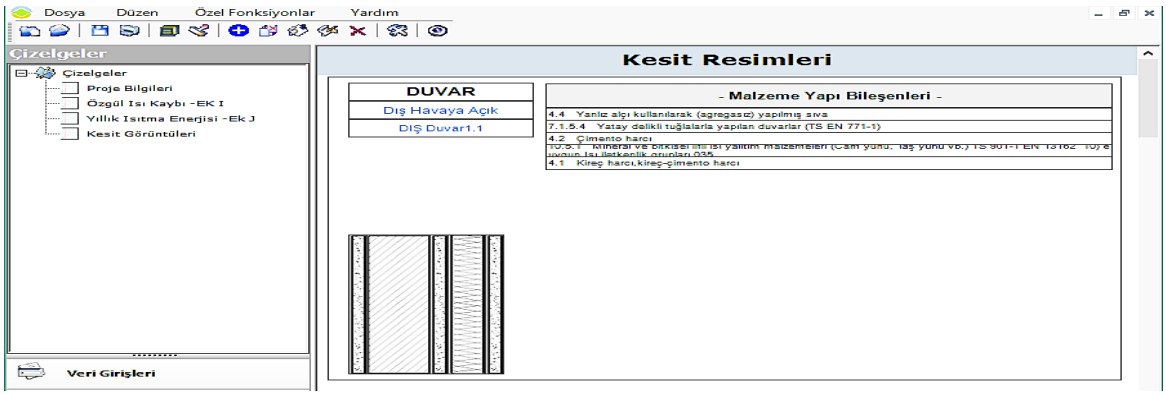
Şekil 3.13 Hesap raporu kapak sayfası oluşturma



Şekil 3.14 Özgül ısı kaybı hesap raporu oluşturma



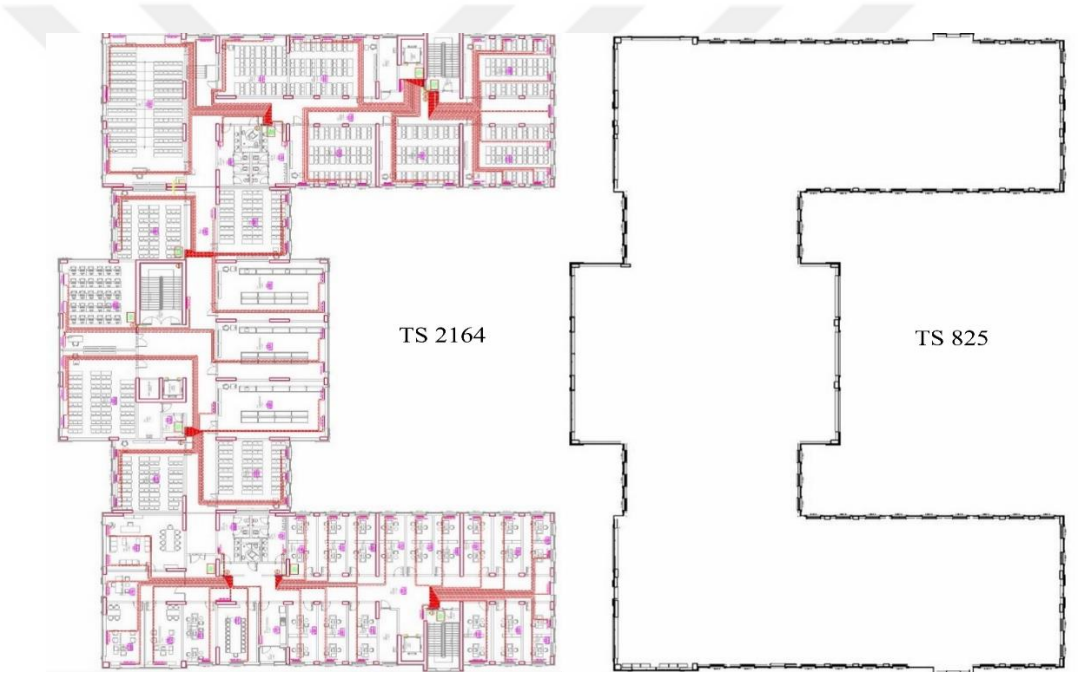
Şekil 3.15 Yıllık ısıtma enerjisi hesaplama raporu oluşturma



Şekil 3.16 Kesit resimleri raporu oluşturma

3.4. TS 825 Isı Yalıtım Hesabı

TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları) Standardından bahsetmeden önce birbiri ile karıştırılan TS 2164 (Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları) Standardının farklılığından bahsetmek gerekirse; TS 2164 Standardı Şekil 3.17'de gösterildiği gibi binanın her bir mahalin ısı kaybı hesabını yapmakta ve binanın ısıtma sistemine ait cihaz kapasitesini belirlemek için kabul edilen kurallardır. TS 2164 Standardında her bir mahalin kullanım amacına göre belirlenen sıcaklık değerine göre hesap yapılmaktadır. TS 825 Standardı ise Şekil 3.17'da Sinop Üniversitesinin mimari plan projesi ile anlatılmaya çalışıldığı gibi binayı bir bütün olarak ele alarak binanın net ısı ihtiyacı hesabı yapılması için belirlenen kurallardır (Altun, 2018).

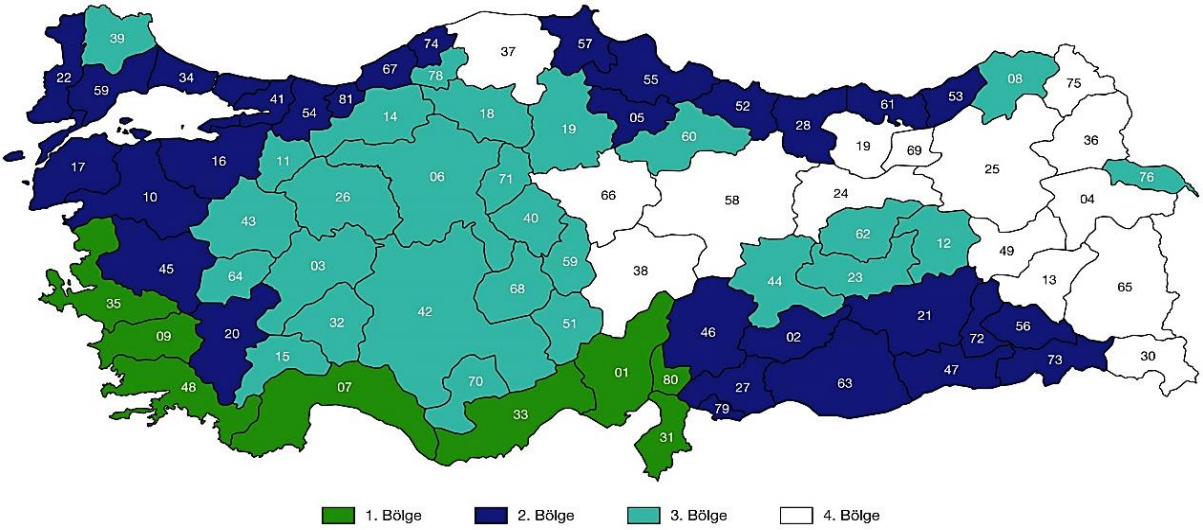


Şekil 3.17 SNÜ MMF Bina kat planı TS 2164 ve TS 825 standardına göre bina sınırı

TS 825 Standardının 20 Şubat 2025 tarihli 32819 sayılı resmî gazetede yayımlanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile İlgili Tebliğ" i 1 Nisan 2025 tarihinde yürürlüğe giren TS 825 Standardından sonra bu değerler güncellenmiştir. Referans olarak alınan bina 1 Ocak 2025 ten önce yapıldığı için bu tezde yapılmış olan ısı yalıtım hesaplamalar 1 Nisan 2025 öncesi yürürlükte olan TS 825 2008 Standardına göre yapılmıştır.

TS 825 Standarda Türkiye'nin son yirmi yıllık meteorolojik değerleri referans alınarak belirlenen sıcaklık değerlerine göre hesap yapmaktadır. Şekil 3.18'da görüldüğü gibi TS

825 Standardına göre Türkiye 4 farklı dg (derece gün bölgesi) ‘ne ayrılmıştır. Bölgeler sıcaklık durumlarına göre en sıcak bölge 1. Bölge ve en soğuk bölge 4. Bölge olacak şekilde bir sıralama yapılmıştır. Binalarda ısı yalıtım hesabı ve enerji ihtiyacı hesabı yapılırken DG bölgeleri dikkate alınarak yapılmaktadır. Üzerinde hesap yapacağımız bina Şekil 3.18’de göründüğü gibi 2. Bölgede yer almaktadır (TS 825, 2008).



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 - SİİRT	65 - VAN	74 - BARTIN
03 - AFYON	12 - BİNGÖL	21 - DİYARBAKIR	30 - HAKKARİ	39 - KIRKLARELİ	48 - MUĞLA	57 - SİNOP	66 - YOZGAT	75 - ARDAHAN
04 - AĞRI	13 - BİTLİS	22 - EDİRNE	31 - HATAY	40 - KIRŞEHİR	49 - MUŞ	58 - SİVAS	67 - ZONGULDAK	76 - IĞDIR
05 - AMASYA	14 - BOLU	23 - ELAZIĞ	32 - ISPARTA	41 - KOCAELİ	50 - NEVŞEHİR	59 - TEKİRDAĞ	68 - AKSARAY	77 - YALOVA
06 - ANKARA	15 - BURDUR	24 - ERZİNCAN	33 - MERSİN	42 - KONYA	51 - NİĞDE	60 - TOKAT	69 - BAYBURT	78 - KARABÜK
07 - ANTALYA	16 - BURSA	25 - ERZURUM	34 - İSTANBUL	43 - KÜTAHYA	52 - ORDU	61 - TRABZON	70 - KARAMAN	79 - 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

Şekil 3.18 Türkiye derece gün bölgeleri (TS 825, 2008)

3.5. TS 825 Standart Hesaplamaları

3.5.1. Isıl iletkenlik direnci (R)

Isıl iletkenlik direnci hesaplanırken; kullanılan malzemenin kalınlığının, bu malzemenin TS 825 Standardında yapı malzemelerin belirlenen ısıl iletkenlik hesap değerine bölünmesiyle elde edilen değerdir. (3.1) eşitliği ile hesaplanmaktadır. Birimi “m²K/W” dir. “R” ile gösterilir.

$$R = \frac{\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{\lambda_h}} \qquad (3.1)$$

Çok katmanlı yapı bileşenlerin ısıl iletkenlik direnci hesaplanırken; her bir katmanın ısıl iletkenlik direnci hesaplanır ve toplanır. (3.2) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \cdots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \qquad (3.2)$$

3.5.2. Toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U)

Isı geçirgenlik kat sayısı "U" sembolü ile gösterilir. Eşitlik (3.3) de belirtildiği gibi yapı bileşeninin bütün katmanlarının ısıl iletkenlik direncinin hesaplanmasından sonra toplanan değerin çarpma işlemine göre tersi ile hesaplanmaktadır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \tag{3.3}$$

TS 825 Standardına göre hesaplamalarda R_i (iç yüzey ısıl iletim direnci) ve R_e (dış yüzey ısıl iletim direnci) değerleri; Tablo 3.7'de verilen değerler kullanılmaktadır.

Tablo 3.7 Yüzeysel taşınım direnç değerleri (TS 825, 2008)

		Yüzeysel ısıl iletim direnci	
No	**Yapı bileşeni tipi**	**R_i (m²K/W)**	**R_e (m²K/W)**
1	Dış duvar	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Toprak temaslı dış duvar		0
4	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
5	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
6	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları	0,17	0,04
7	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı	0	0
Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda R_i =0,13 m²K/W ve 4 ve 7'nci sıradaki durumlar hariç olmak üzere Re = 0,04 m²K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.			

TS 825 Standardında derece gün bölgelere göre değişkenlik gösteren her bir yapı bileşen kısımları için U sınır değeri bulunmaktadır, bu sınır değerler Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Tavsiye edilen U sınır değerleri (TS 825, 2008)

	U_D (W/m²K)	**U_T (W/m²K)**	**U_t (W/m²K)**	**U_P (W/m²K)**
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

3.5.3. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$)

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \tag{3.4}$$

$$Q_{ay} = \left[H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}\left(\varphi_{i,ay} + \varphi_{s,ay}\right)\right] \cdot t \quad (3.5)$$

$Q_{yıl}$; bir yıl içerisindeki bütün ayların ısıtma enerjisi ihtiyacının toplamıdır.

Q_{ay} eşitlik (3.5) ile hesaplanır. Birimi "Joule "dür.

Eşitlik (3.5)'de hesaplama yapıldığında köşeli parantez içerisi negatif çıkarsa o ay için hesaplanan Q_{ay} (Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı) değeri sıfır olarak alınır. Bu hesaplamada sonuç pozitif çıkan değerler alınır.

3.5.4. Binanın özgül ısı kaybı (H)

Ortamlar arası sıcaklık farkından dolayı binanın dış yüzeyinden iç ortama doğru iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla taşınan ısı miktarı toplamıdır. Birimi "Watt/Kelvin "dir. Formülü eşitlik (3.6) belirtilmiştir.

$$H = H_T + H_V \quad (3.6)$$

3.5.4.1. İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T)

$$H_T = \Sigma A_U + I \cdot U_I \quad (3.7)$$

$$\Sigma A_U = U_D \cdot A_D + U_P \cdot A_P + U_k \cdot A_k + 0{,}8 \cdot U_T \cdot A_T + 0{,}5 \cdot U_t \cdot A_t + U_d \cdot A_d + 0{,}5 \cdot U_{ds} \cdot A_{ds} \quad (3.8)$$

3.5.4.2. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı (H_V)

Isı kaybının havalandırma yoluyla gerçekleştiği durumdur. Isı kayıp miktarı eşitlik (3.9) ile bulunabilir. Tezimizde referans olarak aldığımız binada havalandırma doğal havalandırma yapılmıştır. Burada doğal havalandırma ile ısı kaybı hesabını eşitlik (3.10) ile hesaplanmaktadır.

$$Hv = \rho \cdot c \cdot V_i \quad (3.9)$$

$$H_v = \rho \cdot c \cdot V_i = \rho \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0{,}33\, n_h \cdot V_h \quad (3.10)$$

Havalandırılan hacim miktarı ise eşitlik (3.11) ile hesaplanmaktadır.

$$V_h = 0{,}8 \cdot V_{brüt} \quad (3.11)$$

Eşitlik (3.10) 'de; "ρ" ve "c" sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat eşitlik (3.12) de bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20 °C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik (3.12) de verilmiştir.

$$0{,}33 = (\rho \cdot c/3600) = (1{,}184 \cdot 1006/3600) = 0{,}33\, Jh/m^3Ks = Wh/m^3K \quad (3.12)$$

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

3.5.5. Aylık ortalama iç ısı kazançları ($\phi_{i,ay}$)

İç ısılardan kasıt; binada ısı üretme potansiyeli olan kaynaklardır. Bunlar insanların vücut sıcaklıkları, ortamda bulunan elektrikli aletler, ısıtıcılar, aydınlatmalar, yemek pişirme sistemleri ve sıcak su sistemleri sayesinde iç ısı kazançları elde edilir.

Binalarda iç ısı kazancı hesabı yapılırken binanın kullanım amacı dikkate alarak yapılmaktadır. Okul veya üniversitelerde, konutlarda ve büro binalarında ısı kazanç miktarı eşitlik (3.13) de belirtildiği gibi birim bina kullanım alanı başına en fazla 5 W/m^2 eşit veya fazla olamaz. Etrafa ısı yayan cihazların çok ve büyük olduğu binalardan; yemek fabrikaları, aydınlatma için yüksek miktarda enerji harcayan binalar ve tekstil fabrikaları gibi binalarda iç ısı kazanç miktarı (3.14) birim döşeme alanı başına 10 W/m^2 ye eşit veya altında olmalıdır.

Üniversite, okul veya normal binalar için iç ısı kazan miktarı;

$$\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \ (W) \tag{3.13}$$

Yemek fabrikası, tekstil fabrikası vb. binalar için iç ısı kazanç miktarı;

$$\phi_{i,ay} \leq 10 \cdot A_n \ (W) \tag{3.14}$$

Eşitlikleri ile hesaplanır.

Binanın kullanım alanı olan (A_n) hesaplanırken, standarda göre; eşitlik (3.15) de gösterildiği gibi binanın ısıtılan bürüt hacminin %32'si olacak şekilde hesaplanır.

$$A_n \ = \ 32 \cdot V_{brüt} \tag{3.15}$$

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

Bina içerisine güneşten yayılan güneş enerjisi miktarıdır. Birimi "Watt" tır. Bir binanın güneş enerjisi kazancı hesabı eşitlik (3.16)'de belirtildiği gibi; binanın baktığı yönlere, binanın diğer binalara göre konumuna yani gölgeye maruz kalma durumuna, binada kullanılan pencere alanına, saydam yüzeylerin güneş geçirme faktörüne ve dik yüzeylere gelen ortalama güneş ışınım şiddetine bağlıdır.

$$\phi_{s,ay} \ = \ \Sigma r_{\ i,ay} \cdot \ g_{i,ay} \ \cdot I_{\ i,ay} \cdot \ A_i \tag{3.16}$$

Tablo 3.9 Ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m^2] (TS 825, 2008)

	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

$r_{i,ay}$: "i" yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü, binanın kat sayısına ve diğer binaların konumuna göre Tablo 3.10'da belirtilen durumlara göre alınmaktadır.

Tablo 3.10 Bina kat sayısı ve bina gölge durumuna göre gölgelenme faktörü (TS 825, 2008)

Bina Kat Sayısı ve Bina Gölge Durumu	ri,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

$g_{i,ay}$: "i" yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü, ise eşitlik (3.17) ile hesaplanmaktadır.

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp} \tag{3.17}$$

Bu eşitlikte,

F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür. $F_w = 0,8$ alınır

$g_{\perp}$: yüzeye dik gelen güneş ışın enerjisi geçirme faktörü olarak ifade edilmektedir. Cam türüne bağlı olarak değişmektedir. TS 825 Standardına göre Tablo 3.11'da cam türüne göre katsayıları belirtilmiştir.

Tablo 3.11 Cam türüne göre güneş enerjisi geçirme faktörü (TS 825, 2008)

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

3.5.7. Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü (η_{ay})

Güneşten kaynaklanan ısı enerjisi kazanları ve bina içerisindeki iç ısı enerji kazançları toplamı, ısıtma için ihtiyaç duyulan enerjinin düşürülmesine direkt olarak katkı sağlamamakta, çünkü bu ısı kazançlarının fazla olduğu zamanlarda, ısı kazançları bazen ısıtılmaya ihtiyaç olmayan durumlarda oluşabilmekte veya ısı kazançları kayıplardan yüksek olabilmektedir. Bu nedenle yapı bileşenlerinde ısı depolandığından dolayı, ısı kazançlarının bir yararlanma faktörü ile azaltılmaktadır. Bu faktörün değeri eşitlik (3.18) belirtildiği gibi binanın ısıl kütlesi ve ısı kaybı ile ısı kazancı miktarına bağlıdır.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \tag{3.18}$$

Bu eşitlikte,

KKO_{ay} ; Kazanç / kayıp oranı olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik (3.19) ile hesaplanmaktadır.

$$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})/H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay}) \tag{3.19}$$

3.5.8. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri (Q^I) hesabı

TS 825 Standardına göre (3.4) eşitliğinde hesaplanan ($Q_{yıl}$) yıllık ısıtma enerjisi değeri Tablo 3.12'de gösterilen sınır değerlere uygun olması gerekmektedir. Bu sınır değeri hesaplanırken binanın kat yüksekliğine bakılır. Kat yüksekliği 2,6 metrenin altında olan binalar için A_N ifadesi hesaplamalara dahil edilirken 2,6 metrenin üzerinde olan binalar için $V_{brüt}$ ile gösterilen binanın brüt hacmi kullanılır. Buna göre A_{top}/ $V_{brüt}$ bina kullanım alanının bina brüt hacminin oranına göre Tablo 3.12'de gösterilen sınır değerleri altında olması gerekmektedir. TS 825 Standardında A_{top}/ $V_{brüt}$ oranı 0,2 ve 1,05'in altında, üstünde ve arasında olma durumuna göre alınacak sınır değerleri Tablo 3.12'de gösterilmiştir. Hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi miktarı bu sınır değerlerini aşması durumunda kullanılan malzemeler değiştirip ısı yalıtım performansı daha iyi olan malzeme kullanılması gerekmektedir. Hesaplarda kullanılacak bina için 2. Derece gün bölgesi ve bina kat yüksekliği 2,6 metrenin üzerinde olduğu sınır değerlerine göre hesaplama yapılacaktır. Daha sonra Sinop Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nin mevzuata göre kullanabileceği yıllık enerji sınır değerleri hesaplanacaktır.

Tablo 3.12 TS 825 Standardına göre yıllık ısıtma ihtiyacı sınır değerleri (kWh/m^2) (TS 825, 2008)

	Bina Kat Yüksekliği H (m)	$A_{top}/V_{brüt} \leq 0,2$	$0,2 \leq A_{top}/V_{brüt} \leq 1,05$	$A_{top}/V_{brüt} \geq 1,05$
1. Bölge	H ≤2,6 m ise A_N ile bağlantılı	19,2	$44,1 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 10,4$	56,7
	H>2,6 m ise $V_{brüt}$ ile bağlantılı	6,2	$14,1 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 3,4$	18,2
2. Bölge	H ≤2,6 m ise A_N ile bağlantılı	38,4	$70 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 24,4$	97,9
	H>2,6 m ise $V_{brüt}$ ile bağlantılı	12,3	$22,4 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 7,8$	31,3
3. Bölge	H ≤2,6 m ise A_N ile bağlantılı	51,7	$76,3 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 36,4$	116,5
	H>2,6 m ise $V_{brüt}$ ile bağlantılı	16,6	$24,4 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 11,7$	37,3
4. Bölge	H ≤2,6 m ise A_N ile bağlantılı	67,3	$82,8 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 50,7$	137,6
	H>2,6 m ise $V_{brüt}$ ile bağlantılı	21,6	$26,5 \cdot A_{top}/V_{brüt} + 16,3$	44,1

3.5.9. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) hesabı

Yıllık yakıt miktarı; bir binayı istediğimiz bir sıcaklıkta tutmak için eşitlik (3.4) ile hesaplanan yıllık enerji miktarı ihtiyacını karşılamak için yakılan yıllık yakıt miktarıdır. Eşitlik (3.20) ile hesaplanmaktadır.

$$B_y = Q_{yıl}/(H_u \cdot n_k) \tag{3.20}$$

Referans olarak aldığımız bina yakıt türü olarak doğalgaz kullanılmıştır. Kazan türü ise tam yoğuşmalı yer tipi doğalgazlı kazan kullanılmıştır. Tablo 3.13'de kazan verimi, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği 'nden alınan doğalgaz yakıtının alt ısıl değeri ve birincil enerji cinsinden FSEG (CO_2) dönüşüm katsayıları gösterilmiştir (Ulaş, 2010).

Tablo 3.13 Yakıt alt ısıl değerleri, Kalorifer verimleri ve FSEG dönüşüm katsayıları [BEPY, 2022]

Yakıt Türü	Yakıtın Alt Isıl Değeri	Kazanı Verimleri (%)	FSEG (CO_2) Dönüşüm Katsayısı (kg eşd.CO_2/kWh)
Doğalgaz	34 535 kJ/m^3	0,92	0,234

3.5.10. Yıllık yakıt tüketim tutarı

Yıllık yakıt maliyet tutarı kullanılan yakıtın miktarına, türüne ve yakıtın tedarik edileceği yerdeki yakıtın birim fiyatına bağlı olarak değişmektedir. Eşitlik (3.21) ile hesaplanmaktadır (Elhuveydi, 2010).

$$M_y = B_y \cdot C_{fyak} \tag{3.21}$$

3.5.11. Sera gazı emisyonu (CO_2) hesabı

Bina ısıtma ihtiyacını karşılamak için yakılan yakıt sonucunda açığa çıkan emisyonlar içerisinde yaklaşık %85'ini CO_2 emisyonu oluşturur (Ulaş, 2010). Bu nedenle yanma sonucu açığa çıkan CO_2 emisyonu miktarının hesaplanması ve bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Yapılan değişikliklerle en son halini alan, 19 Şubat 2022 tarihli 31755 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde; binalarda kullanılan yakıt türüne bağlı olarak atmosfer salınan CO_2 emisyonu miktarının tespiti için (FSEG) emisyon dönüşüm katsayıları belirlenmiştir. Bu katsayılar Tablo 3.13'de gösterilmiştir.

CO_2 emisyonu miktarı hesabı; yakılan yakıt miktarı, yakılan yakıtın alt ısıl değeri ve emisyon dönüşüm katsayısına bağlı olarak değişir. Eşitlik (3.22) 'a göre hesaplanır (Ulaş, 2010).

$$SEGM_y = 0{,}278 \cdot 10^{-3} \cdot B_y \cdot H_u \cdot FSEG \qquad (3.22)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, TS 825 İzoder Isı Yalıtım Hesap Programı kullanılarak SNÜ MMF binasının ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi miktarı hesaplanmış, böylece yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Bina 1 Ocak 2025'ten önce inşa edildiğinden, bu tez kapsamında yapılan ısı yalıtım hesaplamaları, 1 Nisan 2025 öncesinde yürürlükte olan TS 825 2008 Standardına göre gerçekleştirilmiştir. Daha sonra binanın yapı bileşenlerine hesaplamalarda kullanılmayan cam elyaf takviyeli file yerine organik olan jüt file kullanılarak binanın ısı kaybı hesabı ve yıllık ısıtma enerjisi miktarı hesaplanmış ve sonuçlar mukayese edilmiştir. Ayrıca, yıllık enerji ihtiyacını elde etmek için yakılması gereken yıllık yakıt ihtiyacı her iki durum için hesaplanmış olup bulunan sonuçlar yorumlanmıştır. Daha sonra her iki durum için CO_2 emisyonu hesabı yapılmış olup sonuçlar mukayese edilmiştir.

4.1. Binanın Mevcut Durumdaki Isı Yalıtım Hesap Sonuçları

Bu bölümde referans olarak aldığımız Sinop Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi 'nin uygulamada kullanılan malzemeler ile özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yıllık yakıt tüketimi miktarı ve sera gazı emisyonu miktarı hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar grafiklerle gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

4.1.1. Özgül ısı kaybı (H)

İzoder TS 825 Isı yalıtım programı ile hesaplanan binanın her bir yapı bileşenlerine ait ısı kaybı hesabı ve binanın özgül ısı kaybı hesap raporu EK 1 ısı yalıtım hesap raporunda gösterilmiştir. Bu raporda iletim yoluyla ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı hesabı toplamı 17 515,73 W/K olarak hesaplanmıştır.

EK 1 ısı yalıtım hesap raporundan alınan yapı bileşenlerine ait ısıl iletkenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı hesabı değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. R_i ve R_e değerleri ise Tablo 3.7'dan alınmıştır. Örnek olarak dış duvar yapı bileşeninin ısıl iletkenlik direnci eşitlik (3.2) ile ve ısı geçirgenlik katsayısı eşitlik (3.3) kullanılarak hesaplanmıştır. Yapı elemanlarına ait kalınlık ve ısıl iletim kat sayıları ise Şekil 3.3'de belirtilen değerlerden alınmıştır. Buna göre Dış duvar ısıl iletkenlik direnci;

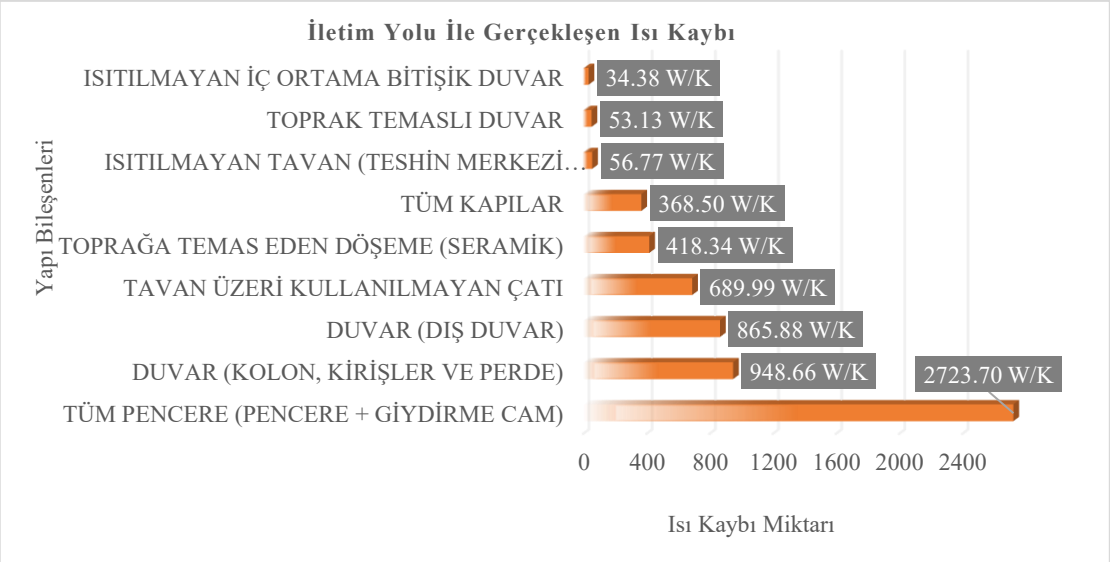
$$R = \frac{0{,}02}{0{,}51} + \frac{0{,}25}{0{,}42} + \frac{0{,}01}{1{,}6} + \frac{0{,}06}{0{,}035} + \frac{0{,}01}{1} = 2{,}365\,\frac{m^2K}{W} \qquad (4.1)$$

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} = \frac{1}{0{,}13 + 2{,}365 + 0{,}04} = 0{,}394 \frac{W}{m^2K} \quad olarak\ bulunur. \qquad (4.2)$$

Şekil 4.1'deki grafikte yapı bileşenlerinin ısı kayıp miktarı görmekteyiz. Bu grafiğe göre yapı bileşenleri arasında en fazla ısı kaybı pencerelerden kaynaklanmakta, bu grafik sayesinde ısı yalıtım yapmak için önlem alınacak en önemli yapı bileşeninin tüm pencereler (pencere ve giydirme cam) yapı bileşeni olduğunu görmekteyiz. sonra bunu duvar ve çatı takip etmektedir.

Tablo 4.1 Yapı bileşenleri ısı kaybı miktarı (W/K)

Binadaki Yapı Elemanları	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı kaybı A x U (W/K)
Duvar (Dış Duvar)	2,535	0,394	2195	2723,70
Duvar (Kolon, Kirişler ve Perde)	2,060	0,485	1954	948,66
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	2,487	0,402	171	865,88
Toprak Temaslı Duvar	2,626	0,381	279	689,99
Tavan Üzeri Kullanılmayan Çatı	3,147	0,318	2714	418,34
Toprağa Temas Eden Döşeme (Seramik)	3,111	0,321	2603	368,50
Isıtılmayan Tavan (Teshin Merkezi Tavanı)	2,167	0,462	246	56,77
Tüm Pencere (Pencere + Giydirme Cam)		2,100	1297	53,13
Tüm Kapılar		5,500	67	34,38
İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı Toplamı = H_T				6157,29



Şekil 4.1 İletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı grafiği

Binanın havalandırma yolu ile kaybedilen ısı miktarı mekanik havalandırma olmadığından eşitlik (3.10) kullanılır. Doğal havalandırma olduğundan "n_h" = 0,8 h^{-1} alınır. Binanın havalandırma hesabında kullanılacak olan hacmi eşitlik (4.1) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte;

$(V_h = 0{,}8 \cdot V_{brüt}) = 0{,}8 \cdot 53780{,}5\ m^3 = 43024{,}4\ m^3$ bulunur. Eşitlik (4.1)'de yazılırsa;

$$H_v = 0{,}33\ n_h \cdot V_h;\ 0{,}33 \cdot 0{,}8\ h^{-1} \cdot 43024{,}4 = 11358{,}44\ W/K \quad (4.3)$$

SNÜ MMF binasının toplam özgül ısı kaybı toplamı; iletim yoluyla gerçekleşen ısı kabı toplamı ile havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı ile sağlanır.

$$H = H_t + H_v; 6157.29 + 11358{,}44 = 17515{,}73\ W/K \quad (4.4)$$

Toplamda SNÜ MMF binasının özgül ısı kaybı 17515,73 W/K 'dir.

4.1.2. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$)

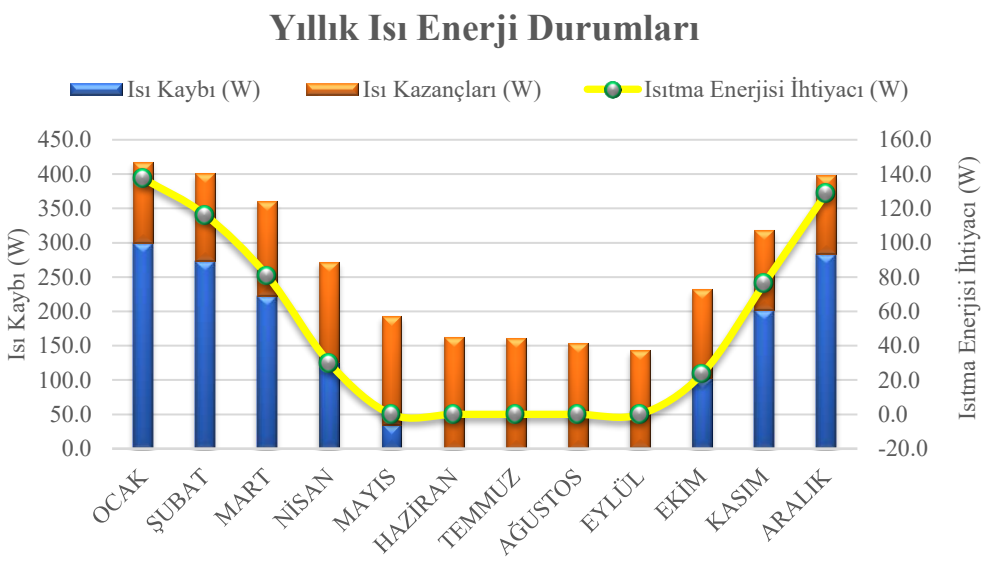
SNÜ MMF binasının yıllık ısıtma enerjisi TS 825 İzoder programı ile hesaplanmış EK 1 ısı yalıtım hesap raporunda gösterilmiştir. Tablo 4.2'de aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı gösterilmiştir. Şekil 4.2'de bu değerler grafiksel olarak gösterilmiştir. SNÜ MMF binasının yıllık ısıtma ihtiyacı miktarı EK 1 ısı yalıtım hesap raporunda gösterildiği gibi;

$1\ KJ = 0{,}278 \cdot 10^{-3}\ kWh\ olduğundan;$

$$Q_{yıl} = 2132273{,}847 \cdot 0{,}278 \cdot 10^{-3} = 592772\ kWh \quad (4.5)$$

Tablo 4.2 Aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı (W)	Isı Kazançları (W)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (W)
Ocak	299,519	118,198	137,469
Şubat	273,245	127,339	116,148
Mart	222,45	138,191	80,63
Nisan	126,113	146,025	29,845
Mayıs	35,031	158,076	0
Haziran	0	162,39	0
Temmuz	0	160,159	0
Ağustos	0	154,062	0
Eylül	1,752	140,863	0
Ekim	103,343	128,303	23,618
Kasım	201,431	116,782	76,143
Aralık	283,755	113,962	128,918
Toplam			592 772



Şekil 4.2 Aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı

4.1.3. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y)

SNÜ MMF binasında yakıt olarak doğalgaz kullanılmakta. Bir binanın yıllık yakıt ihtiyacı miktarı eşitlik (3.20) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki yakıt alt ısıl değeri Tablo 3.13'den alınmıştır. Kazan verimi de yine Tablo 3.13'den alınmıştır. $Q_{yıl}$ ise eşitlik (4.3)'den alınmıştır.

Buna göre B_y;

$$B_y = Q_{yıl}/(H_u \cdot n_k)\,;$$

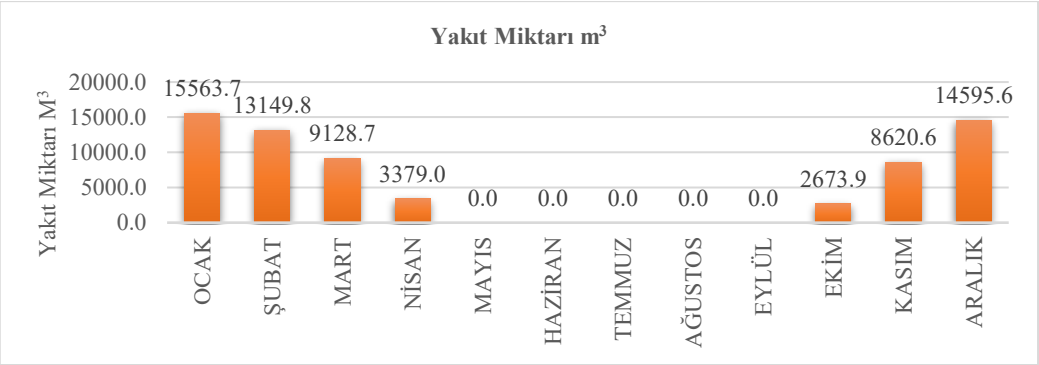
$$B_y = 2132273{,}847/(34535 \cdot 0{,}92);\ B_y = 67111{,}3\ m^3 \qquad (4.6)$$

Eşitlik (4.4)'e göre SNÜ MMF binasının yıllık yakıt miktarı 67111,3 m^3 doğalgazdır.

Tablo 4.3'de aylara göre yakıt ihtiyacı miktarı hesaplanmış olup Şekil 4.3'de aylara göre ne kadar yakıt harcandığı grafiksel olarak anlatılmıştır. Şekil 4.3'e bakıldığında en fazla yakıt tüketimi; kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 4.3 Aylık doğalgaz yakıt tüketimi

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yakıt Miktarı m^3	15 563,7	13 149,8	9 128,7	3 379,0	0	0	0	0	0	2 673,9	8 620,6	14 595,6	67 111,3



Şekil 4.3 Aylara göre yakıt ihtiyacı miktarı

4.1.4. Yıllık yakıt tüketim tutarı

Yıllık yakıt tutarı eşitlik (3.21) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte C_{fyak} yakıtın birim fiyatı (TL/Birim) olarak tanımlanmaktadır. Birim fiyat, SNÜ MMF binasının olduğu ilde doğalgaz arzını sağlayan kurumdan alınan nisan ayı için KDV hariç 1 m^3 fiyatı; 18,4084 TL olarak belirlenmiştir (URL-18, 2025). Eşitlik (4.4)'de bulduğumuz yıllık yakıt miktarı ile çarparsak SMÜ MMF Binasının yıllık ısıtma enerjisini karşılamak için harcanan yakıt tüketim tutarını hesaplamış oluruz. Burada;

$$18{,}4084\ \frac{TL}{m^3} \cdot 67111{,}3\ m^3 = 1235411{,}6\ TL \tag{4.7}$$

Eşitlik (4.5)'de SNÜ MMF binasının nisan ayı doğalgaz birim fiyatına göre bir yıl içerisinde ısınmak için harcanan yakıt tutarı 1 235 411,6 TL olarak hesaplanmıştır.

4.1.5. Binanın sera gazı emisyonu (CO_2)

SNÜ MMF Binasının CO_2 sera gazı salınımını hesaplamak için eşitlik (3.22) kullanılır. Bu eşitlikte; Yıllık CO_2 miktarı yakıt cinsine göre değişmektedir Tablo 3.13'de yakıt cinsine göre CO_2 emisyonu dönüşüm kat sayısı doğal gaz için 0,234 olarak alınmaktadır. Eşitlik (3.22) de değerleri yerine yazdığımızda;

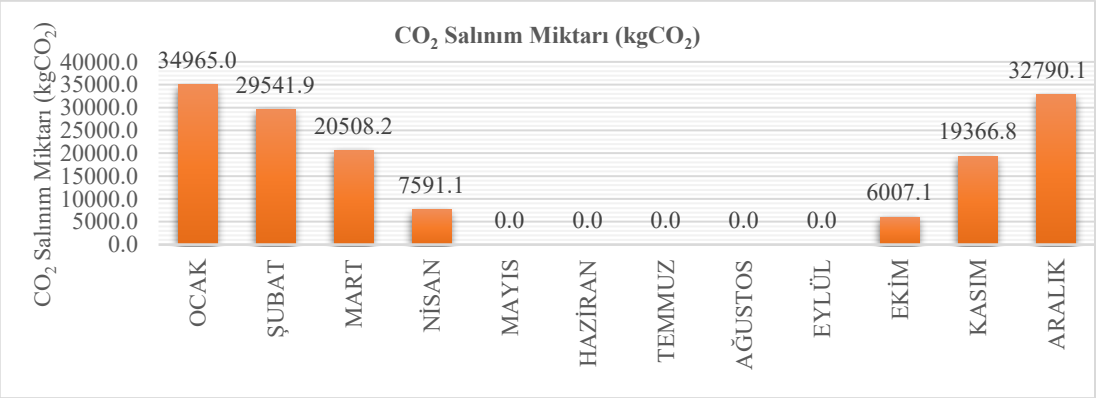
$$SEGM_y = 0{,}278 \cdot 10^{-3} \cdot 34535\,\frac{kJ}{m^3} \cdot 6111{,}31 m^3 \cdot 0{,}234\,\frac{CO_2}{kWh} \tag{4.8}$$

$$SEGM_y = 150770{,}29\ kgCO_2\ salınımı\ gerçekleşmektedir.$$

Aylara göre CO_2 salınım miktarına bakmak gerekirse Tablo 4.4'de ayalara göre CO_2 salınım miktarları verilmiştir. Şekil 4.4'de aylara göre CO_2 salınım miktarı gösterilmiştir.

Tablo 4.4 CO_2 Salınım miktarı

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
CO_2 Salınım Miktarı ($kgCO_2$)	34 965	29 541,9	20 508,2	7 591,1	0	0	0	0	0	6 007,1	19 366,8	32 790,1	150 770,29



Şekil 4.4 Karbon salınım miktarı grafiği

4.2. Jüt File ile Isı Yalıtım Hesabı Sonuçları

Bu bölümde SNÜ MMF binasının ısı yalıtım hesaplarında hesaba katılmayan file yerine, jüt file kullanılarak özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yıllık yakıt tüketimi miktarı ve sera gazı emisyonu miktarı hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar grafiklerle gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

4.2.1. Jüt fileli özgül ısı kaybı ($H_{jüt}$)

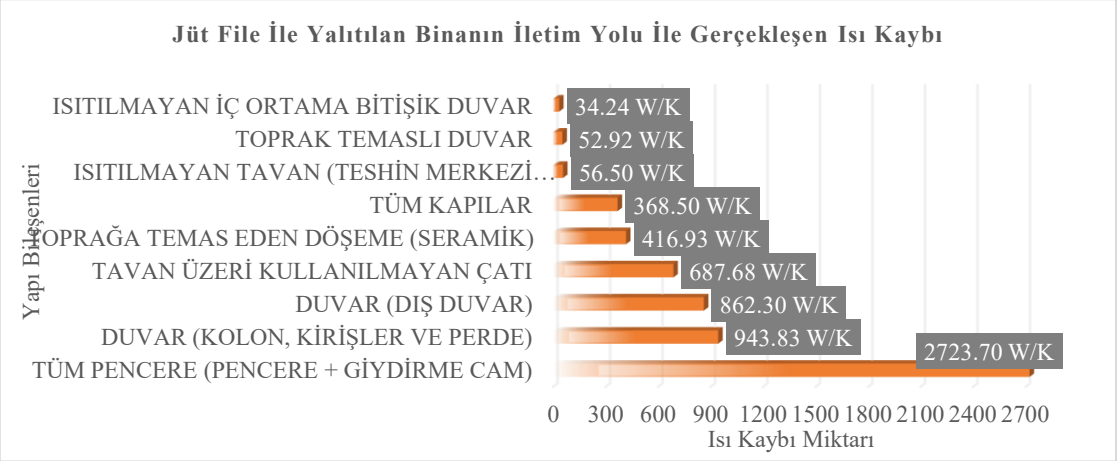
İzoder TS 825 Isı yalıtım programı ile hesaplanan binanın her bir yapı bileşenlerine jüt file eklenerek ısı kaybı hesabı ve binanın özgül ısı kaybı hesap raporu EK 2 ısı yalıtım hesap raporunda gösterilmiştir. Bu raporda iletim yoluyla ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı hesabı toplamı 17505,33 W/K dir.

EK 2 ısı yalıtım hesap raporundan alınan yapı bileşenlerine ait ısı kaybı hesabı ve özgül ısı kaybı özeti Şekil 4.5'de verilmiştir. Şekil 4.5'daki grafikte yapı bileşenlerinin ısı kayıp miktarı görmekteyiz. Bu grafiğe göre yapı bileşenleri arasında en fazla ısı kaybı pencerelerden kaynaklanmakta, bu grafik sayesinde ısı yalıtım yapmak için önlem

alınacak en önemli yapı bileşeninin tüm pencereler (pencere ve giydirme cam) yapı bileşeni olduğunu görmekteyiz. Daha sonra bunu duvar ve çatı takip etmektedir.

Tablo 4.5 Jüt fileli yapı bileşenlerin ısı kaybı miktarı (W/K)

Binadaki Yapı Elemanları	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı kaybı A x U (W/K)
Duvar (Dış Duvar)	2,535	0,394	2 195	862,30
Duvar (Kolon, Kirişler ve Perde)	2,060	0,485	1 954	943,83
Isıtılmayan İç Ortama Bitişik Duvar	2,487	0,402	171	34,24
Toprak Temaslı Duvar	2,626	0,381	279	52,92
Tavan Üzeri Kullanılmayan Çatı	3,147	0,318	2 714	687,68
Toprağa Temas Eden Döşeme (Seramik)	3,111	0,321	2 603	416,93
Isıtılmayan Tavan (Teshin Merkezi Tavanı)	2,167	0,462	246	56,50
Tüm Pencere (Pencere + Giydirme Cam)		2,100	1 297	2723,7
Tüm Kapılar		5,500	67	368,50
İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı Toplamı = H_T				6 146,59



Şekil 4.5 Jüt file ile yalıtılan binanın iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı

Binanın havalandırma yolu ile kaybedilen ısı miktarı mekanik havalandırma olmadığından eşitlik (3.10) kullanılır. Doğal havalandırma olduğundan "n_h" = 0,8 h^{-1} alınır. Binanın havalandırma hesabında kullanılacak hacim eşitlik (3.11) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte;

$(V_h = 0{,}8 \cdot V_{brüt}) = 0{,}8 \cdot 53780{,}5m^3 = 43024{,}4\ m3$ *bulunur. Eşitlik (3.10) da yerine yazılırsa;*

$$H_v = 0.33 \cdot n_h \cdot V_h\ ; 0{,}33 \cdot 0{,}8\ h^{-1} \cdot 43024{,}4 = 11358{,}44\ W/K \qquad (4.9)$$

SNÜ MMF binasının toplam özgül ısı kaybı toplamı; iletim yoluyla gerçekleşen ısı kabı toplamı ile havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı ile sağlanır. Toplamda SNÜ MMF binasının özgül ısı kaybı 17 515,73 W/K 'dir.

$$H = H_T + H_v; 6146{,}89 + 11358{,}44 = 17505{,}33\ W/K \quad (4.10)$$

4.2.2. Jüt fileli yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$)

SNÜ MMF binasının yıllık ısıtma enerjisi İzoder programı ile hesaplanmış EK 2 ısı yalıtım hesap raporunda gösterilmiştir. Tablo 4.6'da aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı gösterilmiştir. Şekil 4.6'de bu değerler grafiksel olarak gösterilmiştir.

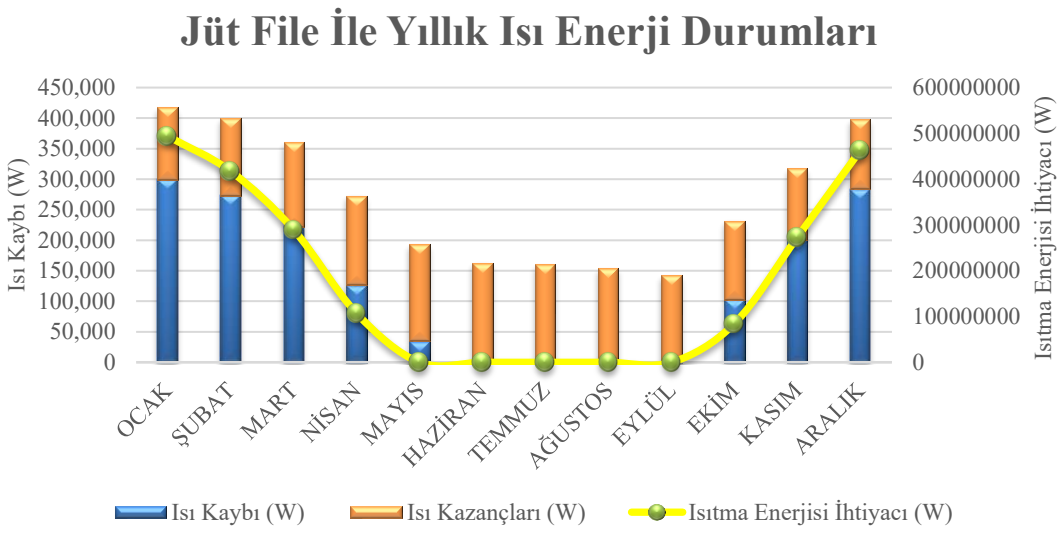
SNÜ MMF binasının yıllık ısıtma ihtiyacı miktarı EK 2 ısı yalıtım hesap raporunda gösterildiği gibi;

$$1\ KJ = 0{,}278 \cdot 10^{-3}\ kWh\ olduğundan;$$

$$Q_{yıl} = 2\,129\,950{,}17 \cdot 0{,}278.10^{-3} = 592126\ kWh \quad (4.11)$$

Tablo 4.6 Jüt file ile aylara göre ısı kayıpları, güneş enerjisi kazancı ve ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı (W)	Isı Kazançları (W)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (W)
Ocak	299,519	118,198	137,469
Şubat	273,245	127,339	116,148
Mart	222,450	138,191	80,630
Nisan	126,113	146,025	29,845
Mayıs	35,031	158,076	0
Haziran	0	162,390	0
Temmuz	0	160,159	0
Ağustos	0	154,062	0
Eylül	1,752	140,863	0
Ekim	103,343	128,303	23,618
Kasım	201,431	116,782	76,143
Aralık	283,755	113,962	128,918
Toplam			592 126



Şekil 4.6 Jüt file ile yalıtımın aylara göre yıllık ısı enerjisi miktarı grafiği

4.2.3. Jüt fileli yıllık yakıt ihtiyacı (B_y)

SNÜ MMF binasında yakıt olarak doğalgaz kullanılmakta. Bir binanın yıllık yakıt ihtiyacı miktarı eşitlik (3.20) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikteki yakıt alt ısıl değeri Tablo 3.13'den alınmıştır. Isıtma sisteminin değeri yine Tablo 3.13'den alınmıştır. $Q_{yıl}$ ise eşitlik (4.9)'dan alınmaktadır. Buna göre B_y;

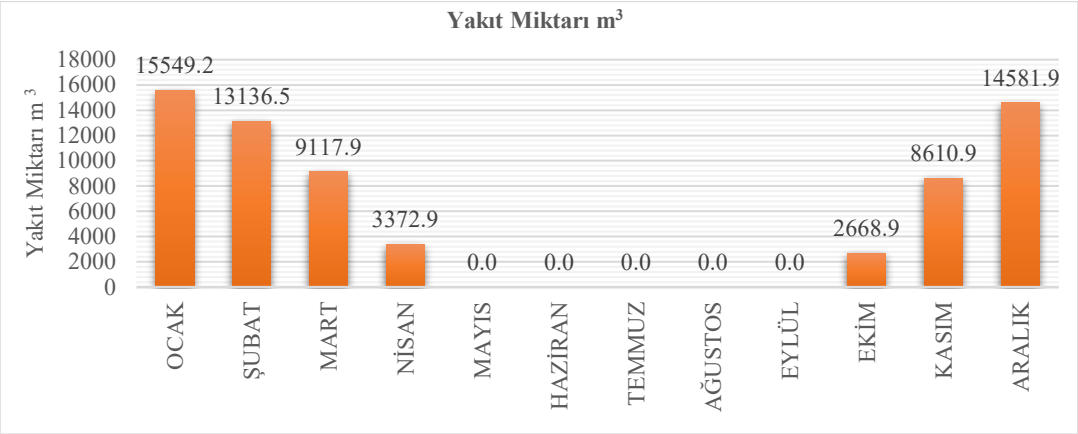
$$B_y = Q_{yıl}/(H_u \cdot n_k)\,;$$

$$B_y = 2129950{,}17/(34535 \cdot 0{,}92); B_y = 67038{,}17\ m^3 \qquad (4.12)$$

Eşitlik (4.10)'a göre SNÜ MMF binasının Yıllık yakıt miktarı 67111,3 m^3 doğalgazdır. Tablo 4.7'de aylara göre yakıt ihtiyacı hesaplanmış olup, Şekil 4.7'de aylara göre ne kadar yakıt harcandığı grafiksel olarak anlatılmıştır. Şekil 4.7'de bakıldığında en fazla yakıt tüketimi Aralık, ocak ve şubat aylarında gerçekleşmiştir.

Tablo 4.7 Jüt file ile yalıtımın aylık doğalgaz yakıt tüketimi miktarı

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yakıt Miktarı m^3	15 549,2	13 136,5	9 117,9	3 372,9	0	0	0	0	0	2 668,9	8 610,9	14 581,9	67 028,17



Şekil 4.7 Jüt file ile yalıtımın aylara göre doğalgaz yakıt tüketimi

4.2.4. Jüt fileli yıllık yakıt tüketim tutarı

Yıllık yakıt tutarı eşitlik (3.21) ile hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte C_{fyak} yakıtın birim fiyatı (TL/Birim) olarak tanımlanmaktadır. Birim fiyat, SNÜ MMF binasının olduğu ilde doğalgaz arzını sağlayan kurumdan alınan nisan ayı için KDV hariç 1 m^3 fiyatı; 18,4084 TL olarak belirlenmiştir (URL-18, 2025). Eşitlik (4.10)'da bulduğumuz yıllık yakıt miktarı ile çarparsak SMÜ MMF Binasının yıllık ısıtma enerjisini karşılamak için harcanan yakıt tüketim tutarını hesaplamış oluruz. Burada;

$$18{,}4084\ \frac{TL}{m^3} \cdot 67038{,}1 m^3 = 1234064{,}2\ TL \qquad (4.13)$$

Eşitlik (4.11)'de SNÜ MMF binasının nisan ayı doğalgaz birim fiyatına göre bir yıl içerisinde ısınmak için harcanan yakıt tutarı 1 234 064,2 TL olarak hesaplanmıştır.

4.2.5. Jüt fileli binanın sera gazı emisyonu (CO_2)

SNÜ MMF Binasının CO_2 sera gazı salınımını hesaplamak için eşitlik (3.22) kullanılır. Bu eşitlikte; Yıllık CO_2 miktarı yakıt cinsine göre değişmektedir. Tablo 3.13'de yakıt cinsine göre CO_2 emisyonu dönüşüm kat sayısı doğal gaz için 0,234 olarak alınmaktadır. Eşitlik (3.22) de değerleri yerine yazdığımızda;

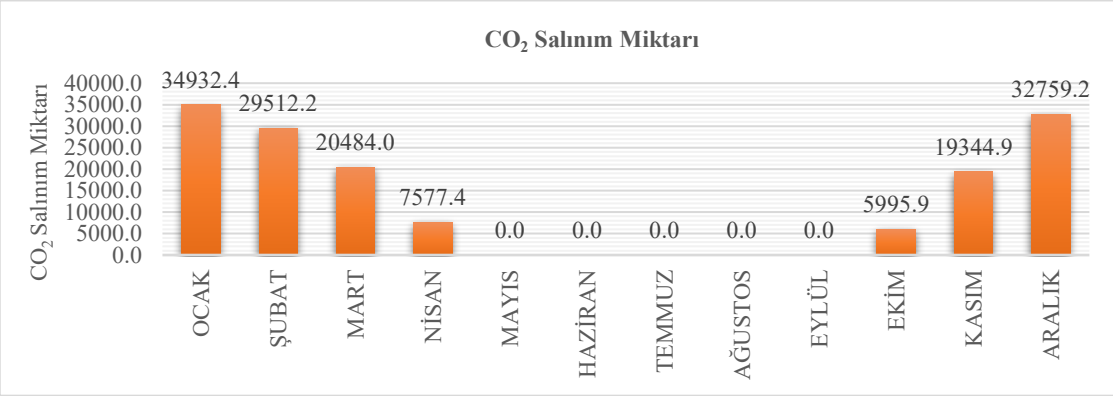
$$SEGM_y = 0{,}278 \cdot 10^{-3} \cdot 34535 \frac{kJ}{m^3} \cdot 6111{,}31 m^3 \cdot 0{,}234 \frac{CO_2}{kWh} \qquad (4.5)$$

$$SEGM_y = 150606\ kgCO_2\ salınımı\ gerçekleşmektedir.$$

Aylara göre yakıt salınım miktarına bakmak gerekirse Tablo 4.8'de ayalara göre CO_2 salınım miktarları verilmiştir. Şekil 4.8'de aylara göre CO_2 salınım miktarı gösterilmiştir.

Tablo 4.8 Jüt file ile yalıtımın CO_2 Salınım miktarı

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
CO_2 Salınım Miktarı ($kgCO_2$)	34 932,4	29 512,2	20 484	7 577,4	0	0	0	0	0	59 95,9	19 344,9	32 759,2	150 606



Şekil 4.8 Jüt file ile yalıtımın aylara göre CO_2 salınım miktarı

4.3. İki Farklı Yalıtım Durumlarının Karşılaştırılması

Bu araştırmada organik kaynaklı malzemelerin binalarda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmasının araştırılması üzerine, yetiştirilmesi ucuz ve elde edildiğinde çevreye zarar vermeyen bilakis doğadaki karbon emilimini sağlayan bitki olan jüt bitkisinden elde edilen jüt lifleri ile üretilen jüt filelerin bina ısı yalıtımda kullanıldığında ısı yalıtım hesapları üzerinde etkisi incelenmiştir. SNÜ MMF binasının ısı yalıtım hesapları, geleneksel ısı yalıtım malzemeleri ile ve bu malzemelere ek olarak jüt file uygulandıktan sonra hesaplanmıştır. Bu hesaplar; Binanın Özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yılık yakıt enerjisi ihtiyacı, yıllık yakıt maliyeti ve yıllık CO_2 salınım miktarı hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

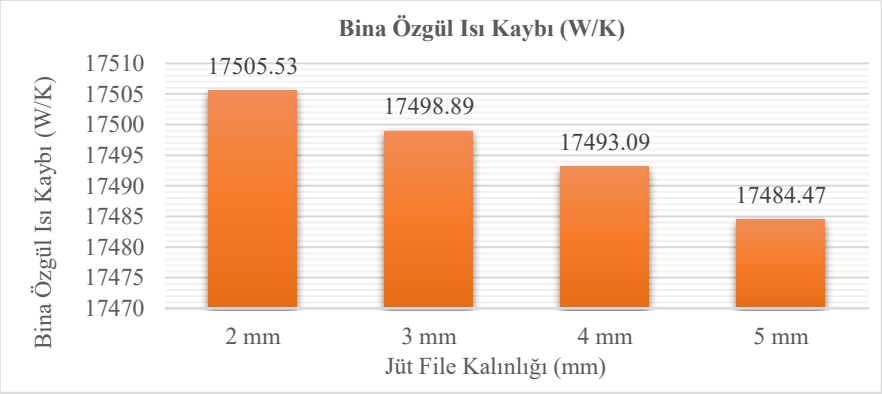
4.3.1. Özgül ısı kaybı (H) karşılaştırılması

Tablo 4.9'a bakıldığında her iki durum için özgül ısı kayıplarını kıyasladığımızda jüt file ile yalıtım durumunda 10,4 W/K daha az özgül ısı kaybı gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 4.9 İki farklı yalıtım durumu için özgül ısı kaybı

	Normal yalıtım	Jüt File ile Yalıtım	Fark
Özgül ısı kaybı (H) (W/K)	17515,73	17505,33	-10,40

Jüt file kalınlığı 2 mm için fark çok az çıktığı düşünülmektedir. Aynı hesaplamalar jüt file kalınlığı 3 mm 4 mm ve 5 mm yapılarak tekrar hesaplandığında bina özgül ısı kaybının azaldığı dolayısıyla farkın arttığı görülmektedir. Şekil 4.9'a jüt file kalınlığına göre bina özgül ısı kaybı miktarları görülmektedir. Grafikten de anlaşıldığı gibi jüt file kalınlığı arttıkça kayıp azalmaktadır.



Şekil 4.9 Jüt file kalınlığına göre bina özgül ısı kaybı miktarı

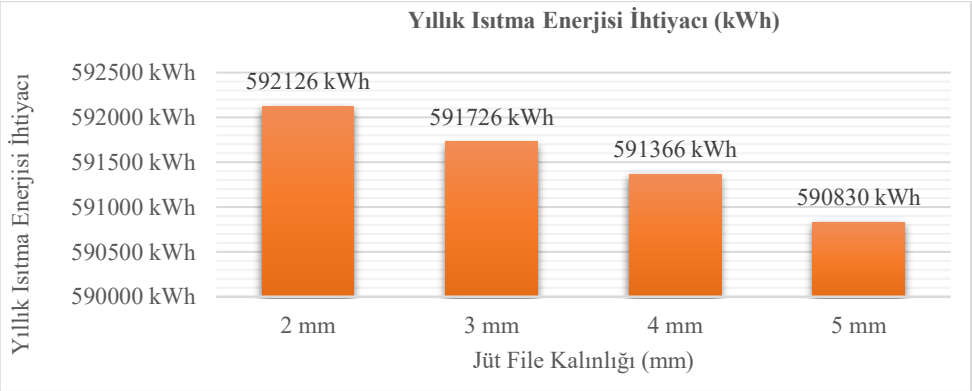
4.3.2. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) karşılaştırılması;

Tablo 4.10'a bakıldığında her iki durum için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını kıyasladığımızda jüt file ile yalıtım durumunda 646 kWh daha az enerji ihtiyacı olduğunu görmekteyiz.

Tablo 4.10 İki farklı yalıtım durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

	Normal Yalıtım	Jüt File ile Yalıtım	Fark
Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) kWh	592 772,00	592 126,00	-646,00

Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı azaltmak için jüt file kalınlığı artırılarak kalınlıklar 3 mm, 4 mm ve 5 mm yapılarak tekrar hesaplandığında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı azaldığı dolayısıyla farkın arttığı anlaşılmaktadır. Şekil 4.10'a jüt file kalınlığına göre bina özgül ısı kaybı miktarları görülmektedir. Grafikten de anlaşıldığı gibi jüt file kalınlığı arttıkça kayıp azalmaktadır.



Şekil 4.10 Jüt file kalınlığına göre yıllık ısıtma enerjisi miktarı

4.3.3. Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) karşılaştırılması

Tablo 4.11'a bakıldığında her iki durum için yıllık yakıt ihtiyacı kıyasladığımızda jüt file ile yalıtım durumunda 73,13 m^3 daha az doğalgaz harcanmaktadır.

Tablo 4.11 İki farklı yalıtım durumu için yıllık yakıt ihtiyacı

	Normal Yalıtım	Jüt File ile Yalıtım	Fark
Yıllık yakıt ihtiyacı (B_y) m^3	67 111,30	67 038,17	73,13

4.3.4. Yıllık yakıt tüketim tutarı karşılaştırılması

Tablo 4.12'a bakıldığında her iki durum için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını kıyasladığımızda jüt file ile yalıtım durumunda 1 347,40 TL daha az yakıt maliyeti olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12 İki farklı yalıtım durumu için yıllık yakıt ihtiyacı

	Normal Yalıtım	Jüt File ile Yalıtım	Fark
Yıllık yakıt tüketim tutarı TL	1 235 411,60	1 234 064,20	1 347,40

4.3.5. Yıllık Sera gazı emisyonu (CO_2)

Tablo 4.13'e bakıldığında her iki durum için yıllık sera gazı emisyonunu kıyasladığımızda jüt file ile yalıtım durumunda kg başına 164,29 $kgCO_2$ daha az CO_2 gazı salınımı olduğunu görmekteyiz.

Tablo 4.13 İki farklı yalıtım durumu için yıllık sera gazı emisyonu

	Normal Yalıtım	Jüt File ile Yalıtım	Fark
Sera gazı emisyonu (CO_2) $kgCO_2$	150 770,29	150 606,00	164,29

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın ana konusu hammadde elde edilmesi sırasında fosil yakıt kullanılarak elde edilen, CO_2 salımına neden olan, daha çok geleneksel ısı yalıtım uygulamasında kullanılan alkali kaplı cam elyaf file yerine, hammadde elde edilmesi sırasında herhangi bir fosil yakıl kullanılmayan, çevreye zararlı olmayan, tamamen ekolojik olan, hatta atmosferdeki CO_2 emilimine katkı sağlayan, enerji verimliliği şartlarını sağlayan, sürdürülebilir, ekonomik ve ülkemizde üretimi mümkün olan bitkisel kökenli ısı yalıtım malzemelerin kullanılabilirliği konusunda araştırma yapılmıştır. Üzerinde çalışma yaptığımız jüt liflerinden dokunan, jüt filelerinin ısı yalıtımda uygulanmasının, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına, yıllık yakıt miktarına yıllık yakıt tutarına ve CO_2 salınımına etkisi araştırılmıştır.

Bina özgül ısı kaybı değerlendirildiğinde, bitkisel esaslı jüt file kullanılarak yapılan yalıtım uygulamasının başlangıçta yaklaşık %0,059 oranında bir azalma sağladığı tespit edilmiştir. Bu azalma oranı, mutlak olarak düşük seviyede olsa da bitkisel esaslı jüt filenin ısı yalıtımı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Jüt filenin kalınlığı 5 mm'ye çıkarıldığında ise azalma oranının %0,12'ye kadar yükseldiği görülmektedir. Bu sonuç, jüt file kalınlığındaki artışın bina özgül ısı kaybını azaltmada etkili olduğunu ve malzemenin ısıl iletkenlik direncinin arttığını göstermektedir.

Yalıtım uygulamaları karşılaştırıldığında, jüt file kullanılan yalıtım senaryosunda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında yaklaşık %0,11 oranında bir azalma sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu azalma, jüt file malzemesinin ısı iletim direncine katkı sunduğunu ve binanın toplam enerji tüketimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ancak söz konusu etkinin sınırlı olduğu ve daha belirgin enerji tasarrufu sağlanabilmesi için malzeme kalınlığının artırılması gerektiği anlaşılmaktadır. Gerçekten de jüt file kalınlığı artırıldığında, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacındaki azalma oranı %0,22'ye kadar çıkmakta, bu da kalınlığın iki katına çıkarılmasının enerji verimliliğini artırma potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu durum, doğal elyaf esaslı yalıtım malzemelerinde performansın büyük ölçüde kalınlığa bağlı olduğunu göstermektedir. Yalıtım malzemesi kalınlığının artırılmasıyla daha yüksek düzeyde enerji tasarrufu sağlanabileceği anlaşılmaktadır.

Yıllık yakıt ihtiyacı karşılaştırıldığında, geleneksel yalıtım uygulamaları ile sağlanan enerji tüketimi 67111,30 m^3 iken, bitkisel esaslı jüt file kullanılan yalıtım durumunda bu miktarın 67038,17 m^3'e düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durum, jüt file uygulamasının ısı

kaybını azaltarak bina enerji performansını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Yaklaşık %0,11 oranındaki bu azalma ilk etapta sınırlı görünse de jüt file kalınlığının 5 mm'ye çıkarılması durumunda azalma oranı %0,22'ye ulaşmakta, bu da malzeme kalınlığının ısı yalıtım performansı üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

Yıllık yakıt maliyeti olarak değerlendirildiğinde, geleneksel yalıtım uygulamalarıyla bina için hesaplanan yıllık maliyet 1.235.411,60 TL iken, bitkisel esaslı jüt file ile yapılan yalıtım durumunda bu tutar 1.234.064,20 TL'ye düşmektedir. Bu durumda, yıllık yakıt maliyetinde 1.347,40 TL'lik bir azalma gerçekleşmiştir, bu da yaklaşık %0,11 oranında bir tasarrufa işaret etmektedir. Ayrıca, jüt file kalınlığının 5 mm'ye çıkarılması durumunda bu azalma oranı %0,22 seviyelerine ulaşmakta, bu da malzeme kalınlığının enerji verimliliği üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Yıllık sera gazı emisyonu olarak değerlendirildiğinde, geleneksel yalıtım uygulamalarında 150.770,29 kg CO_2 olarak hesaplanan emisyon, bitkisel esaslı jüt file ile yapılan yalıtım durumunda 150.606,00 kgCO_2 düşmüştür. Bu da yaklaşık 164,29 kg CO_2'lik bir azalma anlamına gelmektedir. Oransal olarak değerlendirildiğinde, emisyonlarda %0,11'lik bir düşüş yaşanmıştır. Ayrıca, jüt file kalınlığının 5 mm'ye çıkarılması durumunda, bu azalma oranı %0,22'ye kadar artacak ve emisyon yaklaşık 328,58 kgCO_2 düşecektir. Bu bulgular, jüt file gibi bitkisel esaslı yalıtım malzemelerinin kullanımının, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli bir katkı sağladığını göstermektedir.

Hesap sonuçları incelendiğinde, geleneksel ısı yalıtım uygulamalarında kullanılan alkali kaplamalı cam elyaf takviyeli file yerine jüt liflerinden üretilmiş file kullanımının, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yıllık yakıt tüketim miktarı, buna bağlı yakıt maliyeti ve yıllık CO_2 salınımı üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Bu sonuca dayanarak, cam elyaf file yerine jüt liflerinden dokunmuş file kullanımı teknik açıdan mümkün ve uygulanabilir görünmektedir. Ayrıca, jüt file üretiminde atmosfere CO_2 salımı gerçekleşmezken, jüt bitkisinin yetiştirilmesi sürecinde fotosentez yoluyla atmosferdeki CO_2'i absorbe etmesi, çevresel açıdan önemli bir avantaj sunmaktadır. Cam elyaf file üretiminin aksine, jüt file üretimi daha düşük karbon ayak izi ile gerçekleşmekte ve ekolojik dengeye olumlu katkı sağlamaktadır. Her iki malzemenin yalıtım performansı benzer olmakla birlikte, çevresel etkiler göz önüne alındığında jüt file kullanımı, sürdürülebilir malzeme tercihleri açısından daha uygun bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Isı yalıtım malzemelerinde bitkisel kökenli kaynaklara yönelmenin bir diğer önemli avantajı, dışa bağımlılığı azaltarak yerli üretim potansiyelini artırmasıdır. Türkiye'nin geniş tarım arazilerine sahip olması sayesinde, jüt bitkisi yerli topraklarda yetiştirilebilir ve bu yolla jüt lifleri iç kaynaklarla temin edilebilir. Bu durum, yalnızca ekonomik anlamda katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda taşıma ve üretim süreçlerinden kaynaklanan karbon salımını azaltarak ekolojik ayak izinin düşmesine de katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, jüt liflerinden ayrılan saplar da farklı sanayi kollarında bitkisel ham madde olarak değerlendirilerek kaynak verimliliği artırılabilir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, sürdürülebilir ve çevre dostu ısı yalıtım malzemelerinin üretiminin mümkün olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar, jüt liflerinin ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak, bu malzemenin performansının daha net ortaya konabilmesi ve uygulama alanlarının genişletilebilmesi için kapsamlı deneysel ve uygulamalı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Jüt filenin ısı yalıtımı üzerindeki etkisinin daha sağlıklı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilebilmesi için, önceki çalışmalarda olduğu gibi numune duvarlar hazırlanarak deneysel analizler yapılabilir. Bu kapsamda, biri yalnızca geleneksel ısı yalıtım malzemeleriyle, diğeri ise aynı uygulamanın üzerine ilave olarak jüt file ile kaplanan iki farklı duvar örneği oluşturulabilir. Hazırlanan bu numunelerin ısı iletkenlik katsayıları "hot box" yöntemiyle ölçülerek, jüt filenin ısı yalıtımına katkısı doğrudan ve karşılaştırmalı olarak belirlenebilir. Bu sayede elde edilen verilerle daha doğru ve kesin hesaplamalar yapılması mümkün olabilir.

Bina ısı yalıtımını iyileştirmenin bir diğer yöntemlerinden biri de mevcut çalışmamıza ek olarak, ısı yalıtım uygulaması yapılırken kullanılan sıvanın ısı iletim performansının yüksek olan bir malzeme ile yapılmasıdır. Bu önerinin temel amacı, ısı yalıtımı uygulamalarında her bir bileşenin ısı yalıtımına olumlu etki sağlamasını temin etmektir. Ayrıca, bu uygulama sayesinde, ısı yalıtım sürecinde işçilik verimliliği artırılabilir ve iş gücü daha etkili bir şekilde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Altun, E. 2018. Konutlarda Isıtma Enerji Performansının ve İyileştirme Potansiyellerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 105 s.

Arslan, E. 2021. Farklı Boyuttaki Poliamid, Poliester ve Jüt Liflerin Betonun Mekanik Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak, 102 s.

Asim, M., Uddin, G. M., Jamshaid, H., Raza, A., Rehman Tahir, Z. ul, Hussain, U., ... Arafat, S. M. (2020). Comparative experimental investigation of natural fibers reinforced light weight concrete as thermally efficient building materials. Journal of Building Engineering, 31, 101411. doi:10.1016/j.jobe.2020.101411

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

Barbieri, V., Lassinantti Gualtieri, M. ve Siligardi, C. (2020). Wheat husk: a renewable resource for bio-based building materials. Construction and Building Materials, 251, 118909. doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.118909

Belakroum, R., Gherfi, A., Bouchema, K., Gharbi, A., Kerboua, Y., Kadja, M., ... Lachi, M. (2017). Hygric buffer and acoustic absorption of new building insulation materials based on date palm fibers. Journal of Building Engineering, 12, 132-139. doi:10.1016/j.jobe.2017.05.011

Bilgili, M. E., Süllü, S., & Sevilmiş, U. (2018). Jüt Tarımı ve Mekanizasyonu. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 7(2), 66-75.

Binici, H., Gemci, R., Aksogan, O. ve Kaplan, H. (2010). Insulation properties of bricks made with cotton and textile ash wastes. International Journal of Materials Research, 101(7), 894-899. doi:10.3139/146.110348

Braiek, A., Karkri, M., Adili, A., Ibos, L. ve Ben Nasrallah, S. (2017). Estimation of the thermophysical properties of date palm fibers/gypsum composite for use as ınsulating materials in building. Energy and Buildings, 140, 268-279. doi:10.1016/j.enbuild.2017.02.001

ÇŞB (2023). Çevresel Göstergeler 2023. Erişim:18.04.2025, https://l24.im/ifeyj3

Delannoy, G., Marceau, S., Glé, P., Gourlay, E., Gueguen Minerbe, M., Diafi, D., ... Farcas, F. (2017). A multi-scale analysis of hemp-based ınsulation materials. 2nd International Conference on Bio-based Building Materials, 1st Conference on Ecological Valorisation of Granular and Fibrous Materials (35),(474-479) ICBBM, ECOGRAFI, sunulmuş bildiri, Clermont-Ferrand, France: AJCE.

Emre, S. 2010. Sanayi Yapılarında Isı, Ses ve Yangın Yalıtımının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 111 s.

Evkaya, B. 2024. Tarihi Konut Yapılarında Isıl Performansın Artırılmasına Yönelik Isı Yalıtım Sıvalarının Kullanılması: Ankara Beypazarı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Konya, 88 s.

Elhuveydi, A. (2020). Enerji verimliliği bakımından Bitlis Eren Üniversitesi kampüs binalarının enerji etüdü. Bitlis Eren Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, 103s).

Er, M. 1999. Taşköprü Jüt İpliği Fabrikası İşçilerinde Bissinozis ve Diğer Solunum Yolu

Hastalıklarının Sıklığı. Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, 62 s.

Evcil, N. 2000. Isı İzolasyonu ve Dış Duvarların Enerji Etkin Yenilenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 146 s.

Geçgel, A. 2010. Bağ Budama Artıklarından Elde Edilen Yonga Levhaların Çeşitli Malzemeler ile Güçlendirilerek Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 115 s.

Gil, Luis. (1998). New cork based materials for building. 1297-1299. World Renewable Energy Congress V, sunulmuş bildiri, Florence, ABD.

Gören, B. 2022. Gazbeton Isı Yalıtım Levhasının, Taş Yünü Isı Yalıtım Malzemesi ile Karşılaştırılarak, Bina Enerji Performansı ve Isınma Maliyetine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 64 s.

Iwaro, J., & Mwasha, A. (2019). Effects of using coconut fiber–insulated masonry walls to achieve energy efficiency and thermal comfort in residential dwellings. Journal of Architectural Engineering, 25(1), 04019001. doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000341

İzoder, (2025). Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımı Dergisi (sayı 172), Erişim: https://l24.im/FRBZQ

Jiang, Y., Phelipot-Mardele, A., Collet, F., Lanos, C., Lemke, M., Ansell, M., Lawrence, M. (2020). Moisture buffer, fire resistance and ınsulation potential of novel bio-clay plaster. Construction and Building Materials, 244, 118353. doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.118353

Kandemir, S. 2022. Doğal Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Vakum Destekli Reçine Transfer Kalıplama Yöntemiyle Üretilerek Mekanik ve Metalografik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli, 131 s.

Karakaş, İ.Y. (2018). Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Maliyet Yönünden Karşılaştırması. (Uzmanlık Tezi). İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara, 104 s.

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

Kosiński, P., Brzyski, P., Szewczyk, A. ve Motacki, W. (2018). Thermal properties of raw hemp fiber as a loose-fill ınsulation material. Journal of Natural Fibers, 15(5), 717730. doi:10.1080/15440478.2017.1361371

Koçak, A.B. 2022. Borlu Bileşikler ile Katkılanmış Kenevir Liflerinin Yalıtım Amaçlı Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Sakarya, 156 s.

Mutlu, S. (2011). Jüt Lifi ve Tekstil Hazır Giyim Sektöründe Kullanım Alanları. Akdeniz Sanat, 4(8).

Nour, M. M. (2016). Kürleme ve hava şartlarının beton basınç dayanımına etkisi (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 86 s.

Öngel, B. 2021. Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Malzemelerinin Performans Karşılaştırması ve Maliyet Analizi Adana Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 157 s.

Özer, G. (2019). Meşe Mazısı Atığının Yerel Yapı Stoğunda Yalıtım Malzemesi Olarak Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne,

110 s.

Özenç, A. 2007. Edirne'deki Isı Yalıtım Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 137 s.

Özdemir, M. R., ve Genç, G. (2024). Bitkisel Lif Takviyeli Biyokompozit Malzemelerin Isı İletim Katsayısı Tayini. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 23(45), 199-208.

Palumbo, M. (2015). Contribution to the development of new bio-based thermal insulation materials made from vegetal pith and natural binders: hygrothermal performance, fire reaction and mould growth resistance. (Yayımlanmış Doktora Tezi). Katalunya Politeknik Üniversitesi. Barselona, İspanya.

Paralı, D. 2009. Bina Duvarlarında Uygulanan Isı Yalıtım Sistemlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 259 s.

Rajput, D., Bhagade, S. S., Raut, S. P., Ralegaonkar, R. V. ve Mandavgane, S. A. (2012). Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material. Construction and Building Materials, 34, 470-475. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.02.035

Shon, C.S., Mukashev, T., Lee, D., Zhang, D. ve Kim, J. (2019). Can common reed fiber become an effective construction material? Physical, mechanical, and thermal properties of mortar mixture containing common reed fiber. Sustainability, 11(3), 903. doi:10.3390/su11030903

Seki, Y. 2016. Doğal Lif Takviyeli Kompozit Liflerin Üretim ve Kullanım Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 170 s.

Sönmez, S. 2023. Jüt Fiber Takviyeli Grafen Destekli Kompozit Malzeme Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, 81 s.

Tsapko, Y. V., Tsapko, A. Y. ve Bondarenko, O. P. (2020). Modeling of thermal conductivity of reed products. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 907(1), 012057. doi:10.1088/1757-899X/907/1/012057

TS 825, (2008) T.C. Resmî Gazete. Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği (TS 825). 9.10.2008. Sayı:27019, Başbakanlık Basımevi, Ankara. (T.C. Resmî Gazete, 9 Ekim 2008, sayı: 27019 -TS 825).

Türker, S. 2023. Bina İzolasyonunda En Uygun Yalıtım Malzemesinin Deneysel Olarak Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 171 s.

Ulaş, A. (2010). Binalarda TS 825 Hesap Yöntemine Göre Isı Kaybı, Yakıt Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu Hesabı ve Maliyet Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 134 s.

URL- 1,(2025) https://l24.im/byw8I2 Erişim:18.04.2025

URL- 2,(2025) https://l24.im/um0q Erişim:18.04.2025

URL- 3,(2025) https://l24.im/XvLK9Og Erişim:18.04.2025

URL- 4,(2025) https://l24.im/pmO Erişim:18.04.2025

URL- 5,(2025) https://l24.im/rfnB Erişim:18.04.2025

URL- 6,(2025) https://l24.im/Y4rj Erişim:18.04.2025

URL- 7,(2025) https://l24.im/YsjBhy Erişim:18.04.2025

URL- 8,(2025) https://l24.im/DL7A3 Erişim:18.04.2025

URL- 9,(2025) https://l24.im/xkHhr Erişim:18.04.2025

URL- 10,(2025) https://l24.im/4XVD Erişim:18.04.2025

URL- 11,(2025) https://l24.im/fAnZ Erişim:18.04.2025

URL- 12,(2025) https://l24.im/rMJ4s Erişim:18.04.2025

URL- 13,(2025) https://l24.im/NXgR Erişim:18.04.2025

URL- 14,(2025) https://l24.im/fLSjTNs Erişim:18.04.2025

URL- 15,(2025) https://l24.im/1R4bG Erişim:18.04.2025

URL- 16,(2025) https://l24.im/1R4bG Erişim:18.04.2025

URL- 17,(2025) https://l24.im/EmxsCyX Erişim:18.04.2025

URL-18,(2025).https://akmercansinopgaz.com.tr/musteri-hizmetleri/dogalgaz-tarifeleri Erişim:18.04.2025

Ülker, S. 2009. Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 223 s.

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

Yanık, R. 2017. Farklı Karışım İçeriklerine Sahip Sıvaların Duvar Isı İletimine Etkisinin Hot Box Yöntemiyle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum, 89 s.

Zampori, L., Dotelli, G. ve Vernelli, V. (2013). Life cycle assessment of hemp cultivation and use of hemp-based thermal insulator materials in buildings. Environmental Science & Technology, 47(13), 7413-7420. doi:10.1021/es401326a

EKLER

EK 1 Isı Yalıtım Hesap Raporu

BİNANIN	Sahibi	SNÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
	Kullanma Amacı	Öğretim Binaları
	Kat Adedi	4

ARSANIN	
İli	SİNOP
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	Osmaniye Mahallesi
Sokağı	Selanik Caddesi (Kuzey Kampüs)
Pafta	
Ada	167
Parsel	19

Isı Yalıtım Projesini Yapanın		**ONAY**
Adı Soyadı	Berkvedan BOTAN	
Ünvanı	Makine Mühendisi	
Sicil No	118108	
Kuruluşu	SİNOP ÜNİVERSİTESİ	
İmza		

EK 1 Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yuzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık DIŞ Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapılı	0,02	0,51	0,0392			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,25	0,42	0,5952			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				**2,535**	**0,394**	**2195,00**	**864,83**
DUVAR:Dış Havaya Açık Kiriş ve Kolonlar Duvar1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapılı	0,02	0,51	0,0392			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				**2,060**	**0,485**	**1954,00**	**947,69**
DUVAR:Isıtılmayan İç Orta Isıtılmayan Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,2	0,42	0,4762			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1300			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,487**	**0,402**	**171,00**	**34,37**
DUVAR:Toprağa Temas E toprak temaslı Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0.01	1	1,0000			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,0105			
	10.3.2.2.2 Ekstrüde Polistiren Köpüğü - TS 1	0,04	0,035	1,1429			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,085	0,42	0,2024			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,626**	**0,381**	**279,00**	**53,13**
TAVAN:Çatılı Kullanılmaya Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapılı	0,01	0,51	0,0196			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,1	0,035	2,8571			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0800			
TOPLAM			**0,8 x A x U**	**3,147**	**0,318**	**2714,00**	**690,44**
TABAN:Toprak Temaslı Temel Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700			
	1.1 (*) Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	3,5	0,0057			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,0800			
	10.3.2.1.2 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11	0,05	0,035	1,4286			
	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (mıcır)	0,63	0,7	0,9000			

EK 1 Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yuzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
	5.1.1 Donatılı	0,8	2,5	0,3200			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,0105			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,0606			
	2.1 Kum,kum-çakıl	0,2	2	0,1000			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**3,111**	**0,321**	**2603,00**	**417,78**
TABAN:Isıtılmayan İç Ortar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700			
ISITILMAYAN HACİM TAV	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar (örne	0,0015	0,23	0,0065			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1700			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,167**	**0,462**	**246,00**	**56,77**
Dış Pencere1					2,1	1297	2723,7
Dış Kapı1					5,5	67	368,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						**6.157,29**	

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8\ U_T.A_T + 0.5\ U_t A_t + U_d A_d + ...$

$\Sigma AU =$ **6.157,29**

Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ;
$H_T = \Sigma AU + l\ Ul$

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_v = 0,33\ .\ n_h\ .\ V_h$ = **11.358,44** W/K

$H = H_i + H_h$ = ...**17.515,73**.... W/K

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

EK 1 Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK		17,1	299.519		32.149	118.198	0,39	0.92	494.493.940
ŞUBAT		15,6	273.245		41.290	127.339	0,47	0.88	417.797.451
MART		12,7	222.450		52.142	138.191	0,62	0.80	290.037.467
NİSAN		7,2	126.113		59.976	146.025	1,16	0.58	107.357.675
MAYIS		2,0	35.031		72.027	158.076	4,51	0.00	0
HAZİRAN	17.515,73	0,0	0	86.049	76.341	162.390	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		74.110	160.159	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		68.013	154.062	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	1.752		54.814	140.863	80,42	0.00	0
EKİM		5,9	103.343		42.254	128.303	1,24	0.55	84.956.188
KASIM		11,5	201.431		30.733	116.782	0,58	0.82	273.896.109
ARALIK		16,2	283.755		27.913	113.962	0,40	0.92	463.734.528

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10^{-3} KWh $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 2.132.273.847

Toplamısı kaybı Qyıl = 0,278x10^{-3} x x 2.132.273.84 (kj) = 592.772 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5.\ A_n$ (W)

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

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

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

A_{toplam} = 11.526 m^2

$V_{brüt}$ = 53780,5 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya

Q = $Q_{yıl}$/ Vbrut 11.02 *kWh/m* ^{3} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 17.209,76 m^2

$A_{top}/V_{brüt}$= 0,21 oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan Q' = *22,4x A/V + 7,8* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 12,60 kWh/m^{3}bulunur.

Q < Q' (1102<12.60) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

EK 2 Jüt File ile Isı Yalıtım Hesap Raporu

BİNANIN	Sahibi	SNÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
	Kullanma Amacı	Öğretim Binaları
	Kat Adedi	4

ARSANIN	
İli	SİNOP
İlçesi	MERKEZ
Mahallesi	Osmaniye Mahallesi
Sokağı	Selanik Caddesi (Kuzey Kampüs)
Pafta	
Ada	167
Parsel	19

Isı Yalıtım Projesini Yapanın		**ONAY**
Adı Soyadı	Berkvedan BOTAN	
Ünvanı	Makine Mühendisi	
Sicil No	118108	
Kuruluşu	SİNOP ÜNİVERSİTESİ	
İmza		

EK 2 Jüt File ile Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yuzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık DIŞ Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapıln	0,02	0,51	0,0392			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,25	0,42	0,5952			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				**2,546**	**0,393**	**2195,00**	**862,30**
DUVAR:Dış Havaya Açık Kiriş ve Kolonlar Duvar1.2	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapıln	0,02	0,51	0,0392			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				**2,070**	**0,483**	**1954,00**	**943,83**
DUVAR:Isıtılmayan İç Ortaı Isıtılmayan Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,2	0,42	0,4762			
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,0063			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1300			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,497**	**0,400**	**171,00**	**34,24**
DUVAR:Toprağa Temas E toprak temaslı Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	1	1	1,0000			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,0105			
	10.3.2.2.2 Ekstrüde Polistiren Köpüğü - TS 1	0,04	0,035	1,1429			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	7.1.5.4 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarla	0,085	0,42	0,2024			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,636**	**0,379**	**279,00**	**52,92**
TAVAN:Çatılı Kullanılmaya Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.4 Yanlız alçı kullanılarak (agregasız) yapıln	0,01	0,51	0,0196			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,1	0,035	2,8571			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0800			
TOPLAM			**0,8 x A x U**	**3,157**	**0,317**	**2714,00**	**687,68**
TABAN:Toprak Temaslı	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700			

EK 2 Jüt File ile Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yuzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
Temel Taban1.1	1.1 (*) Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,02	3,5	0,0057			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	5.1.1 Donatılı	0,2	2,5	0,0800			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	10.3.2.1.2 Ekstrüde polistren köpüğü - TS 11	0,05	0,035	1,4286			
	3.1 Kum,çakıl,kırma taş (mıcır)	0,63	0,7	0,9000			
	5.1.1 Donatılı	0,8	2,5	0,3200			
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,0105			
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,0606			
	2.1 Kum,kum-çakıl	0,2	2	0,1000			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**3,122**	**0,320**	**2603,00**	**416,93**
TABAN:Isıtılmayan İç Ortar	$1/\alpha_i$ Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,1700			
ISITILMAYAN HACİM TAV	9.1.3 Sentetik malzemeden kaplamalar (örne	0,0015	0,23	0,0065			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,0600			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malze	0,06	0,035	1,7143			
	(*) JUT FILE	0,002	0,19	0,0105			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,01	1	0,0100			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1700			
TOPLAM			**0,5 x A x U**	**2,177**	**0,459**	**246,00**	**56,50**
Dış Pencere1					2,1	1297	2723,7
Dış Kapı1					5,5	67	368,5
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =						**6.146,89**	

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8\ U_T.A_T + 0.5\ U_t A_t + U_d A_d + ...$

$\Sigma AU =$ **6.146,89**

Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ;
$H_T = \Sigma AU + l\ Ul$

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_v = 0,33\ .\ n_h\ .\ V_h$ = **11.358,44** W/K

$H = H_i + H_h$ = ...**17.505,33**.... W/K

(*) Kullanıcı tarafından tanımlanan bileşenlerdir.

EK 2 Jüt File ile Isı Yalıtım Hesap Raporu Devamı

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK		17,1	299.341		32.149	118.198	0,39	0.92	494.032.979
ŞUBAT		15,6	273.083		41.290	127.339	0,47	0.88	417.376.924
MART		12,7	222.318		52.142	138.191	0,62	0.80	289.695.116
NİSAN		7,2	126.038		59.976	146.025	1,16	0.58	107.163.586
MAYIS		2,0	35.011		72.027	158.076	4,52	0.00	0
HAZİRAN	17.505,33	0,0	0	86.049	76.341	162.390	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		74.110	160.159	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		68.013	154.062	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,1	1.751		54.814	140.863	80,47	0.00	0
EKİM		5,9	103.281		42.254	128.303	1,24	0.55	84.797.143
KASIM		11,5	201.311		30.733	116.782	0,58	0.82	273.586.105
ARALIK		16,2	283.586		27.913	113.962	0,40	0.92	463.297.828

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10^{-3} KWh $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 2.129.950.171

Toplamısı kaybı Qyıl = 0,278x10^{-3} x x 2.129.950.17 (kj) = 592.126 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5.\ A_n$ (W)

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

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

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

A_{toplam} = 11.526 m^2

$V_{brüt}$ = 53780,5 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya

Q = $Q_{yıl}$/ Vbrut 11.01 *kWh/m* ^{3} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 17.209,76 m^2

$A_{top}/V_{brüt}$= 0,21 oranı 2. bölge için EK A.2' den alınan Q' = *22,4x A/V + 7,8* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 12,60 kWh/m^{3}bulunur.

Q < Q' (11.01<12.60) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:	Berkvedan BOTAN
Yabancı Dili	:	İngilizce

Eğitim Durumu

Lise	:	Kurtalan Anadolu Lisesi, 2012
Ön Lisans	:	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi, 2025
Lisans	:	Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği 2016

Mesleki Deneyim

İş Yeri	:	Famer Uluslararası A.Ş. & Mega Mühendislik Müşavirlik A.Ş. İş Ortaklığı