ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATIK ODUN TALAŞI KULLANILARAK ISI YALITIMLI DIŞ CEPHE KAPLAMA ELEMANININ GELİŞTİRİLMESİ

Ali CEVİZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK

2008, 80 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK

Yrd. Doç. Dr. Faruk KÖSE

Yrd. Doç. Dr. Selçuk DARICI

Bu çalışmada, atık odun talaşları ile perlit çeşitli oranlarda karıştırılarak sıcak olarak preslendi. Bağlayıcı olarak üre-formaldehit, sertleştirici olarak amonyum sülfat, levhanın bünyesine su almasını önlemek için parafin kullanıldı. Değişik üretim şartlarında ve farklı karışım oranlarında üretilen bu levhaların ısı iletim katsayıları, su emme oranları ve basma dayanımları incelendi. En düşük ısı iletim katsayısı değeri 0,06761 W/mK, %10 bağıl deformasyonda basınç dayanımı maksimum 1936 kPa ve kısa süreli su *absorpsiyonu* miktarı minimum 0,631 kg/m^2 olarak bulundu.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım, yalıtım malzemeleri, ısı iletim katsayısı, perlit, atık odun talaşı, dış cephe kaplama

ABSTRACT

Master Thesis

DEVELOPING OF OUTSIDE COATING ELEMENT ISOLATED HEAT BY USING WASTE WOOD SHAVINGS

Ali CEVİZ

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK

2008, 80 Page

Jury: Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK

Assist. Prof. Dr. Faruk KÖSE

Assist. Prof. Dr. Selçuk DARICI

In this study, waste wood shaving was pressed with perlite by mixing at different rates heatly. Urea formaldehyde as glue, ammonium sulfate as hardener, were used in addition, paraffin was used to prevent from leaking water to plate's body. The heat conduction coefficient, water absorption rates and pressing resistance of the plate produced were examined in various conditions and different mixing rates. It has been discovered that the value of lowest heat conduction coefficient is 0,06761 W/mK, lasting pressure in %10 percent deformation maximum is 1936 kPa and that the value of short period water absorption minimum is 0,631 kg/m^2.

Key Words: Isolation, isolation materials, heat conduction coefficient, perlite, waste wood shaving, outside coating

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimimde danışmanlığımı yapmasından onur duyduğum saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK'a bu tezi hazırlarken bana göstermiş olduğu sabır ve emeğinden dolayı teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Yardımlarından dolayı, değerli hocalarım Öğr. Gör. İsmail SARITAŞ'a, Öğr. Gör. Osman Sami GÜVEN'e, atölye sorumlusu Halit TUTAR beye arkadaşım Mak. Müh. Osman KÜÇÜKSUCU'ya teşekkür ederim. Ayrıca ısı iletim katsayısını ölçmek için laboratuarlarını kullanmama izin veren Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi değerli hocam Prof. Dr. İbrahim UZUN'a ve Arş. Gör. Zühtü PEHLİVANLI'ya, pres işlemlerinde yardımcı olan Ali UZÇELİK beye ve tüm UZ-ÇELİK çalışanlarına teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen anneme, babama, kardeşime ve abime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
TABLOLAR DİZİNİ ix
BÖLÜM 1 1
YALITIM 1
1.1 Giriş 1
1.2 Yalıtım Nedir? 3
1.3 Yalıtımın Ekonomiye Katkıları 4
1.4 Yalıtım Çeşitleri 6
1.4.1 Isı Yalıtımı 6
1.4.2 Ses Yalıtımı 12
1.4.3 Yangın Yalıtımı 13
1.4.4 Su Nem Yalıtımı 17
1.4.5 Tesisat Yalıtımı 18
1.5 Yalıtım Malzemelerinin Genel Yapısı Ve Özellikleri 19
1.5.1 Fiziksel Şekilleri 19
1.5.2 İç Yapısı 20
1.5.3 Genel Özellikleri 22
1.6 Günümüzde Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri 22
1.6.1 Ekspande polistren köpük (EPS) 22
1.3.1 Ekstrude polistren köpük (XPS) 25
1.3.2 Taşyünü 27
1.3.3 Cam Yünü 28
1.3.4 Polietilen Köpük 29
1.3.5 Vermikulit 30
1.3.6 Genleştirilmiş Perlit 32
BÖLÜM 2 35
KAYNAK ARAŞTIRMASI 35
2.1 Giriş 35
2.2 Kaynak Taraması 35
BÖLÜM 3 38
MATERYAL VE METOT 38
3.1 Giriş 38
3.2 Materyal 38
3.2 Metot 41
BÖLÜM 4 42
TEORİ 42
4.1 Giriş 42
4.2 Fourier Isı İletim Yasası 42
4.3 Isı İletim Katsayısının Tayini İle İlgili Yöntemler 44
4.3.1 Isı Akış Ölçer Cihazı Metodu 45

4.3.2 Mahfazalı Sıcak Plaka Metodu 49
BÖLÜM 5 53
DENEYSEL ÇALIŞMA 53
5.1 Pres Ve Kalıbın Hazırlanması 53
5.2 Yalıtım Levhasının Üretimi 54
5.3 Levhanın Isı İletim Katsayısının Ölçülmesi 55
5.3 Levhanın Basma Dayanımının Ölçülmesi 57
5.3 Levhanın Su Absorpsiyonunun Ölçülmesi 58
BÖLÜM 6 60
DENEY SONUÇLARI 60
6.1 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Isı İletim Katsayısına Etkisi 60
6.2 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Basma Dayanımına Etkisi 64
6.3 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Su Absorpsiyon Miktarına Etkisi 68
BÖLÜM 7 73
SONUÇ VE ÖNERİLER 73
7.1 Sonuç 73
7.2 Öneriler 74
BÖLÜM 8 75
KAYNAKLAR 75
EK 1 Isı Akış Ölçer Cihazı İçin Belirsizlik Analizi 79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

k	Isı iletim katsayısı, W/mK
L	Levha kalınlığı, m
T	Sıcaklık, ^{o}C
T_1	Sıcak yüzey sıcaklığı ^{o}C
T_2	Soğuk yüzey sıcaklığı ^{o}C
db	Ses şiddeti birimi
μ	Su buharı difüzyon direnç katsayısı
m^3	Hacim
kg/m^3	Yoğunluk
P	Basınç, kPa
max	Maksimum
f	Isı akış sayacının kalibrasyon faktörü, W/mV.m2
e	Isı akış sayacının çıktısı, mV
W_p	Kısmi daldırma sonucu kısa süreli su absorpsiyonu, kg/m^2
m_0	Deney numunesinin başlangıç kütlesi, kg,
m_{24}	24 saat kısmi daldırma sonrası deney parçasının kütlesi, kg,
Ap	Deney parçasının alt yüzey alanı, m^2

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Türkiye'deki enerji tüketiminin sektörel dağılımı 4
Şekil 1.2 Binalardaki ısı kayıpları 7
Şekil 1.3 Isı Yalıtımlı Dış Duvar (Dıştan Mantolama Uygulaması) 9
Şekil 1.4 Ortadan ısı yalıtımı uygulaması (sandviç duvar) 10
Şekil 1.5 Yangında ateş üçgeni 14
Şekil 1.6. EPS'nin yoğunluğa göre ısı iletim katsayısı 23
Şekil 1.7.EPS'nin sıcaklığa bağlı ısı iletim katsayısı değişimi 24
Şekil 1.8. Taşyünü ara bölme levhası 27
Şekil 1.9 Camyünü çatı şiltesi 29
Şekil 1.10. Çeşitli polietilen köpük yalıtım malzemeleri 30
Şekil 1.11. Genleştirilmiş vermikulit 31
Şekil 1.12. Genleştirilmiş perlit 32
Şekil 3.1 Termokupl 38
Şekil 3.2 Sıcaklık kontrol cihazı 39
Şekil 3.3 Çubuk rezistanslar 39
Şekil 3.4 Isı akış ölçer cihazının şematik gösterimi 40
Şekil 3.5 Basma/Çekme test cihazı 41
Şekil 4.1 Düzlemsel levhada ısı geçişi 44
Şekil 4.2 Tipik ısı akış sayacı konfigürasyonları 47
Şekil 4.3 Harici sıvı ikmalli ısıtma ve soğutma ünitelerinin şematik tasarım örnekleri 48
Şekil 4.4 Termopillerin örnek şematik gösterimi 49
Şekil 4.5 Mahfazalı sıcak plakanın şematik gösterimi 51
Şekil 5.1 Kalıbın altına yerleştirilen ısıtıcı çubuklar 53
Şekil 5.2 Üretimi tamamlanan yalıtım levhası 54
Şekil 5.3 Yalıtım levhasının cihaza yerleştirilmiş hali 55
Şekil 5.4 Nem alıcı cihaz 56
Şekil 5.5 Basma dayanımı deneyinin yapıldığı cihaz ve numune 58
Şekil 5.6 Su absorpsiyonu deneyinin yapıldığı su kabı ve numuneler 59

Şekil 6.1.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi 61
Şekil 6.1.2 9,47 kg/cm2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi 62
Şekil 6.1.3 15,17 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi 63
Şekil 6.1.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi 64
Şekil 6.2.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi 65
Şekil 6.2.2 9,47 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi 66
Şekil 6.2.3 15,17 kg/cm2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi 67
Şekil 6.2.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi 68
Şekil 6.3.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi 69
Şekil 6.3.2 9,47 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi 70
Şekil 6.3.3 15,17 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi 71
Şekil 6.3.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi 72

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1 EPS ısı yalıtım levhalarının özellikleri 25
Tablo 1.2 XPS ısı yalıtım levhalarının özellikleri 26
Tablo 1.3 Taşyünü ısı yalıtım levhalarının özellikleri 28
Tablo 1.4 Perlitin kimyasal analizi 33
Tablo 6.1.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi 60
Tablo 6.1.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi 61
Tablo 6.1.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi 62
Tablo 6.1.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi 63
Tablo 6.2.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi 65
Tablo 6.2.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi 66
Tablo 6.2.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi 67
Tablo 6.2.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi 68
Tablo 6.3.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi 69
Tablo 6.3.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi 70
Tablo 6.3.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi 71
Tablo 6.3.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi 72

BÖLÜM 1

YALITIM

1.1 Giriş

Yalıtım; malzemeyi istenmeyen dış etkilerden korumaktır. Genel olarak yalıtım yangın güvenliği, istenmeyen sesin önlenmesi ve tasarruf amaçlı (ısı kaybı ve kazancını önlemek için) yapılır.

İlk insanlar kendilerini doğanın olumsuz etkilerinden korumak için avladıkları, hayvan postlarına sarınmakla ilk ısı yalıtımı önlemlerini almışlardı. Fakat gerçek anlamda ısı yalıtımı, 19. yüzyılda gelişen sanayi devrimi sırasında kendilerini buhar kazanlarının sıcaklığından korumak için yapılmıştır. 1882 yılında Cari Von Linde'nin ilk soğutma makinesini yapmasıyla soğuk hava deposu yapımı başlamıştır. Bu kez, soğuk hava depolarında elde edilen soğukluğun uzun süre muhafazası için ısı yalıtım malzemelerine ihtiyaç olduğu, geleneksel inşaat malzemeleri ile bu görevin yerine getirilemeyeceği anlaşılmıştır. Bu malzemelere genel olarak, "Yalıtım Malzemesi" denilmiş, ancak zamanla her yalıtım malzemesinin hem soğuk hava depoları için hem de buhar kazanlarında kullanılamayacağı ortaya çıkmıştır [1].

20. yüzyılın başlarında Almanya'da seri halde ısı yalıtım malzemeleri üretilmeye başlanmış ve araştırıcılar bu malzemeleri çeşitli yönlerden araştırmaya ve böylelikle bunlar hakkında bilgi toplamaya başlamışlardır.

Yalıtım denilince akla tasarruf gelir. Yalıtım eşittir tasarruf denilebilir. Yalıtımla enerjinin etkin kullanımı sağlanır. Enerjinin etkin kullanımı, genel olarak, istenilen performans düzeyi, kalite ve konfor koşullarından taviz verilmeksizin, bir hizmet elde etmek için gerekli olan enerji miktarının azaltılması olarak tanımlanır [2].

Enerji kaynakları bakımından dışa bağımlı olan ülkemiz, ısıl konfor için milyarlarca YTL harcamaktadır. Dışa giden bu milyarlarca YTL ülkenin dış ticaret dengesini bozmakta, ekonomisini zaafa uğratmakta, en önemlisi ülkeyi dışa bağımlı kılmaktadır.

Binaların uygun yalıtım malzemeleri ile yalıtılması, hem milyarlarca YTL'nin ülkede kalmasını sağlayacak, hem daha az yakıt kullanımı ile çevre kirliliğini azaltacak, hem de binaların kullanım ömrünü artıracaktır. Ses yalıtımı ile kişilerin konfor düzeyi ve verimliliği artacak, yangın yalıtımı ile insanların can güvenliği sağlanmış olacaktır. Binaların yalıtımı ile binaların kullanma ömrü uzayacak, bakım ve onarım maliyetleri düşecektir. Yalıtımın, amortisman süresi çok kısadır. Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanarak uygulanan yalıtım malzemelerinin amortisman bedeli 3–4 yıldır.

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de özel sektörün Ar-Ge çalışmalarına önemli bir kaynak ayırması, kendi ihtiyaçları ve kamu yararı doğrultusunda üniversitelerin de kalkınmasını sağlayacak proje taleplerinde bulunması gerekmektedir. Ayrıca özel sektör ile üniversite işbirliğine dayalı ve kamunun doğru yönlendirilmesini sağlayacak projelere öncelikli teşvik sağlanmalıdır [2].

Ülkemizde yalıtım uygulamalarının doğru detay, doğru malzeme, doğru uygulama ve etkin denetim şeklinde yapılması ekonomik problemlerin çözümünde önemli bir adım atılmasını sağlayacaktır. Bu konuda yönetmelik ve standartlar aracılığı ile yaptırımların zorunlu olması önem taşımaktadır.

Ülkemizde, tüm enerji kullanım alanlarında olduğu gibi bina ısıtmasında da, enerji verimi, batı ülkelerinden yaklaşık 2 kat daha kötüdür. Ülkelerin enerji tüketimi arttıkça, enerjiyi verimli kullanma ve tasarruf düşüncesinde aynı oranda artmaktadır. Yürürlükte olan ısı yalıtım yönetmeliğine göre, 1990 yılında yeni yapılmış binalarda yönetmeliğe uymayan bina oranı İstanbul'da % 53, İzmir'de % 84, Bursa'da % 84, Kocaeli'de % 84 dür. Yürürlükteki yönetmelik ile İsveç yönetmeliğini

karşılaştırırsak yaklaşık olarak İstanbul için 3 kat Ankara için 4 kat daha fazla enerjiyi, aynı ısınma ihtiyacı için harcamakta, aynı oranda da çevreyi kirletmekteyiz [3].

Bu tezin amacı, mobilya sektörünün atıkları olan ve geri dönüşümü az miktarda gerçekleşen atık talaşların, ısı iletim katsayısı düşük olan perlit ile karıştırılarak, binaların dış cephelerinde kullanılmak üzere, yalıtım özellikli dış cephe kaplama elemanı olarak üretime kazandırılmasıdır.

1.2 Yalıtım Nedir?

Türk Dil Kurumu Bilim ve Sanat Terimleri Ana Sözlüğü'nde yalıtım, "Bir nesnenin ya da bir yerin çevresi ile her türlü terke ya da özdek alışverişini yâda etkileşimini engelleme işlemi" olarak tarif edilmiştir [4].

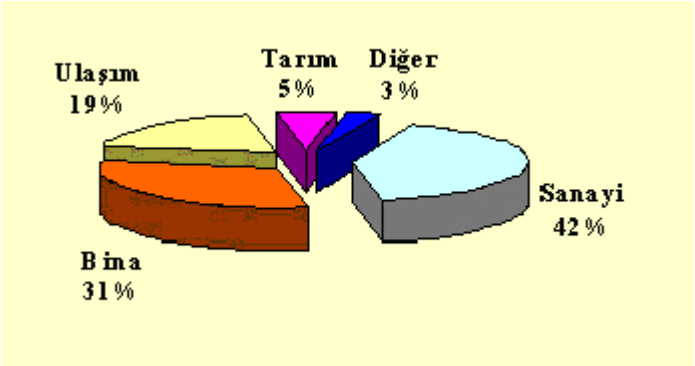
Yalıtım, kelime anlamına göre dış etkilerden ayırmak veya tecrit etmektir. Bina yalıtımı ise; 'yapıyı kendi bünyesi ile içindeki eşya ve canlılara zarar verici etkilerden korumak için alınan önlemler paketi' olarak tanımlanmaktadır [5].

Isı yalıtım projelerinde gerekli hesaplamaların alınacağı TS 825 no.lu Türk Standardı binalarda ısı yalıtımını "İç hacimlerle dış hava ve değişik sıcaklıktaki hacimler arasında ısı akışını azaltıcı önlemlerin tümüdür" diye tanımlamaktadır [6].

Tariflerden de anlaşılacağı üzere yalıtım, binalardan, tesisatlardan meydana gelen ısı kaybı veya kazançlarını önlemek (ısı yalıtımı), binaları istenmeyen dış etkilerden korumak (su-nem yalıtımı), insanların can güvenliğini sağlamak ve olumsuz dış etkilerden korumaktır (yangın ve ses yalıtımları).

1.3 Yalıtımın Ekonomiye Katkıları

Türkiye'nin 2002 yılı sektörel enerji tüketimi % 31'i konutlarda % 42'si sanayide % 19'u ulaşım da % 5'i tarımda % 3'ü de diğer alanlarda gerçekleşmiştir [7].



Şekil 1.1 Türkiye'deki enerji tüketiminin sektörel dağılımı

Ülkemiz enerji kaynakları yönünden zengin değildir. Tüketilen enerjinin karşılama oranı 2000'de % 34 olup 2010'da % 30'a, 2020'de % 25'e düşeceği hesaplanmıştır. Dışa bağımlılığı %70'leri geçen ülkemizde enerjiden tasarruf çok büyük önem arz etmektedir. Bunun sağlanabilmesi için yalıtıma gereken önem verilmelidir. Bir örnek olmak üzere, % 15'lik elektrik tasarrufu geri kazanıldığı takdirde; 6,5 milyar YTL'lik doğal gazlı santral yatırımından vazgeçilebilir. Bina ve işletmelerin ısıtma ve soğutmasında %35 ve ulaşımda % 15 tasarruf sağlanırsa, yılda 1.4 milyar dolarlık petrol ve doğalgaz ithal edilmeyebilir [8].

Yalıtım yapmakla;

- Yakıt tasarrufu yapılması dolayısıyla ucuza ısınma (daha az yakıt ve elektrik sarfiyatı)
- Isıtma ve soğutma tesisat maliyetlerinin azaltılması

Örneğin; daha küçük kazan, daha küçük dolaşım pompası, daha az radyatör grubu vb.

- Binanın, ısıtma ve soğutma tesisatlarının kullanma ömrünü uzatması ve bakım maliyetlerini azaltması
- Hava kirliliğinde azalma

Buna bağlı olarak toplum sağlığının müspet yönde etkilenmesi, daha az sağlık harcamaları, konforlu, uzun yaşam ve hava kirliliği mücadelesinin maliyetinin düşmesi gibi birçok avantaj elde edilir [9].

Yapılan bir çalışma da İstanbul'da yapılacak, tuğla duvarlı, betonarme karkas yapıda, 180 m^2 taban alanına ve 10,4 m yüksekliğe sahip yalıtımlı ve yalıtımsız iki bina modelinin bir yıllık ısı kaybı incelenmiştir. Yalıtımsız binanın yıllık ısı kaybı 93772 kWh olarak, TS 825'e göre yalıtılmış binanın yıllık ısı kaybı 38361 kWh olarak bulunmuştur. Bu çalışmaya göre yıllık ısı kaybı yalıtımlı binada yaklaşık %60 daha az olmuştur.

Gelişmiş ülkelerde, ısı yalıtımı konuşunda çeşitli hedefler saptanmıştır. Örneğin; İngiltere, binaların ısı yalıtım seviyelerini arttırarak, iki yeni enerji santrali yatırımından tasarruf etmeyi planlamaktadır. Almanya, 2000 yılına kadar binalarda % 30 oranında ısı giderlerinde yeni bir azaltmayı planlamıştır, bunun için ısı yalıtım yönetmeliğinde değişikliler yaparak ısı yalıtım kalınlıklarını arttırmaktalar. Eski binalar içinde kredi vererek ısı yalıtım seviyesi yükseltilmektedir [3].

Yalıtım maliyetlerinin amortisman süresi çok kısadır. Çoğunlukla bir iki senede yapılan harcamaların bedelini geri kazandırır. Özellikle bu konuda toplum bilinçlendirilmeli ve yasalarla konutlarda, işyerlerinde ve fabrikalarda yalıtım yapılması mecburi hale getirilmelidir.

1.4 Yalıtım Çeşitleri

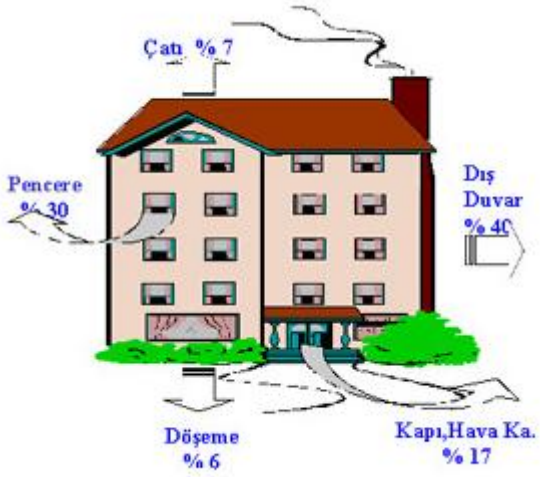
Yalıtımı beş farklı grupta ele almak mümkündür. Isı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın yalıtımı, su-nem yalıtımı ve tesisat yalıtımı [5].

1.4.1 Isı Yalıtımı

Binalarda ısı yalıtımı, mevsim şartlarına göre binayı ısıtmak veya soğutmak için sağlanan sıcak yâda soğuk havanın dışarıya kaçmasını / içeri girmesini önleyerek ısı ekonomisi ve ısıl konfor sağlamak amacıyla yapılır [5]. Isı yalıtımı, farklı sıcaklıktaki iki ortam arasındaki ısı transferini azaltmak için yapılan işlemdir [10].

Binanın ısı yalıtımı, yapının gerek kışın gerekse yazın karşılaşacağı dış şartları güvenle karşılayabilecek şekilde düşünülmelidir. Binanın ısı etkilerine karşı yalıtılmasında amaç, yapının zararlı boyutlarda ısı hareketleri ve buhar yoğuşması sonucu zaman içinde yapı hasarlarının (don hasarı, nem hasarı, küflenme, bozulma, demir aksamının çürümesi' korozyon vs.) ortaya çıkmasını önlemektir. Bu yüzden ısı iletim katsayısı düşük yalıtım malzemeleri seçilir [5].

Yapılarda ısı kayıpları; dış duvarlar, çatı, döşeme, pencereler ve hava kaçakları olmak üzere beş yoldan olmaktadır.



Şekil 1.2 Binalardaki ısı kayıpları

1.4.1.1 Dış duvarlarda ısı yalıtımı

Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek olması, üzerine doğrudan sıva uygulanabilir olması basınç ve darbeye karşı dayanımının yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yoğuşma sorununun önlenmesi için gerekli hesapların mutlaka yapılması gerekir.

Duvarlarda ısı yalıtımının temel prensipleri şunlardır [5].

- Duvarlarda dışarıdan ısı yalıtımı tercih edilmelidir. Böylece hem duvar malzemesinin ısı depolama kapasitesinden yararlanılır hem de ağır kütlenin yüksek sıcaklıkta kalması nedeniyle duvar iç yüzeyi birlikte duvar kesiti içinde de yoğuşma riski azalır.
- Kısa sürede ısıtmanın söz konusu olduğu yerlerde içten yalıtım tercih edilir.
- Isı yalıtım malzemesi sudan etkilenmeyecek şekilde kapalı gözenekli ve yeterli basınç dayanımı olmalıdır. Örneğin haddeden çekilmiş polistren köpük, poliüretan, cam ve mineral köpük bu özelliklerdedir. Mineral yün durumunda silikonlu olanlar tercih edilmelidir.

- Bodrum iç duvarlarında su yalıtımı var ise, ısı yalıtımı bunun üzerine konulur. Isı yalıtım malzemesi dış basınca karşı ½ tuğla kalınlığında bir duvar veya özel koruma levhalarıyla korunmalıdır.
- Duvar yüzeyinde ıslanma ve yoğuşmanın olduğu nemli iklim bölgelerinde ve özellikle kuzeye bakan cephelerde havalandırmalı duvar yapılmalıdır.

Duvarlarda ısı yalıtımı uygulamaları üç şekilde olmaktadır.

- Dıştan ısı yalıtımı
- Ortadan ısı yalıtımı
- İçten ısı yalıtımı

Dıştan ısı yalıtımında**,** yalıtım binayı çevreleyen dış duvarın dış yüzeyine uygulanır. Bina dış kabuğunu ısıl gerilmelerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor şartlarının devamını sağlar.

Dıştan ısı yalıtımında en çok uygulaması yapılan sistem, mantolama sistemidir. Mantolama'da önce yalıtım yapılacak yüzeydeki toz, yağ gibi yapışmayı azaltan maddelerden arındırılır, döküntülü ve kabarmış yüzeyler fırçalanarak temizlenir. Yalıtım levhalarının duvara gelen kısmına belli aralıklarda yapıştırma harcı sürülür. Yalıtım levhası duvara terazili biçimde yapıştırılır yirmi dört saatlik kurumaya bırakılır. Levhalar homojen olarak duvara dübelle monte edilir**.** Genelde metrekareye 6 dübel atılır. Yalıtım levhalarının üzerine astar sıva atılır. Astar sıvanın üzerine sıva taşıyıcı file yerleştirilir. Sıva taşıyıcı filenin üzerine tekrar astar sıva, onun üzerine de son kat hazır sıva uygulaması yapılır. Son olarak isteğe göre hazır sıva boyanabilir.



Şekil 1.3 Isı Yalıtımlı Dış Duvar (Dıştan Mantolama Uygulaması) [11].

İki masif yapı kabuğu ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının oluşturduğu çift kabuk dış duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dış duvar" olarak adlandırılır. Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar iki değişik şekilde uygulanabilir. Bunlar; birbirinden düşey hareketli bir hava katmanıyla ayrılmış iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan çift kabuk dış duvar sistemi (havalandırmalı-soğuk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından oluşan hava boşluğu içermeyen çift kabuk duvar sistemidir (havasız-soğuk) [5].



Şekil 1.4 Ortadan ısı yalıtımı uygulaması (sandviç duvar) [12]

Duvarların içten yalıtılması, yoğuşma riskinin yüksek olduğu uygulamalar olup yoğuşma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sağlanmalı, tespit elemanları ile delinmemelidir. Isı yalıtım malzemesi sürekli uygulanmalı, ısı köprüsü oluşturacak profil vb. tespit elemanlarından kaçınılmalıdır [5].

İçten ısı yalıtım uygulamalarında genellikle bir yoğuşma sorunu yaşanır. Bu açıdan yoğuşma sorununun çözümlenmesi durumunda uygulanmalıdır. Dıştan ısı yalıtım uygulamalarına nazaran daha ekonomik olup ısıl tutuculuğu daha düşüktür. Kısa sürede ısınılması istenilen yerlerde içten ısı yalıtımı uygulanır [5].

1.4.1.2 Pencerelerde ısı yalıtımı

Pencereler, binaların ışık almasını sağlayan ve gerektiğinde havalandırmada da kullanılabilen bir cephe elemanıdır.

Pencereler malzeme türlerine göre; ahşap doğramalı, plastik doğramalı ve alüminyum doğramalı pencereler olarak ele alınmaktadır ve ısı iletim katsayıları birbirinden farklıdır. Pencerelerdeki ısı kayıplarını azaltmak için çift camlı, yansıtmalı (reflektif) pencereler kullanılır. Pencerelerin önüne takılan hem ışığı gerektiğinde geçirmemesi hem de süs olarak kullanılan perdelerin peteklerin önünü kapatmayacak şekilde montaj edilmeleri de ısı kayıplarını azaltmaktadır. Ayrıca yazın ısı kazançlarını önlemek için pencerelerin güneş ışığını direkt almaması da sağlanmalıdır.

1.4.1.3 Döşemelerde ısı yalıtımı

Zemin kat döşemelerindeki ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunu başlıca nedeni zemine oldukça yakın ya da doğrudan zeminle ilişkili olmasıdır. Zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır [5].

Döşemelerin altından yapılan ısı yalıtımı genellikle döşeme elemanı boyunca yatay olarak uzanır. Burada kullanılacak yalıtım malzemesi yüksek nem direncine sahip ve basınca dayanıklı sert bir tabaka olmalıdır. Isı yalıtımının döşeme betonunun altında olması, ısı depolama kapasitesinden yararlanılmasını, döşeme betonunun üstünde bulunması halinde ise hacmin daha çabuk ısınmasını ve yerden ısıtma yapılmasını sağlar [5].

1.4.1.4 Teras ve çatılarda ısı yalıtımı

Çatı yıl boyunca değişen atmosfer sıcaklık etkisinde kaldığı gibi, bir gün boyunca da önemli sıcaklık değişimlerine maruz kalmaktadır. Yaz ve kış mevsimlerinin sıcaklık

farkları teras çatı konstrüksiyonlarını etki altına alarak konstrüksiyonlarda form değişikliğinin yanı sıra basınç ve çekme gerilmelerinin oluşmasına neden olur. Bu yüzden çatılarda yapılan yalıtım sadece ısı tasarrufu ve iç iklimsel konforu sağlamak ve terlemeye engel olmak için değil, aynı zamanda beton çatı döşemesinin maruz kalacağı sıcaklık farklarının azalmasına ve konstrüksiyonun form değişmesini önleyerek yapının sağlamlığını korur [5].

1.4.2 Ses Yalıtımı

Ses hakkında " her çeşit ortamda moleküllerin titreşimi yoluyla yayılan bir tür mekanik enerjidir" denilebilir. Ses bir enerji türüdür ve biri desibel'dir. Evler, konutlar, hastaneler ve sağlık kuruluşlarında kabul edilen ses düzeyi 60 db, eğitim ve öğretim yapıları ile büro ve ticari yapılarda 65 db'dir. Gürültü seviyesine ulaşan ses insanlarda davranış bozukluğuna ve işitme kaybına neden olmaktadır [5].

Ses, bir hacimden diğer bir hacme dört ayrı yoldan geçmektedir.

- Açıklıklardan geçme
- İletim ile geçme
- Cidar titreşimi ile geçme
- Dolaylı geçme

Açıklıkları yok etmek açıklıklardan ses geçmesini önler. İletim ile geçme ise çok önemsizdir ve hesaba katılmayabilir. Dolaylı geçmede ise ses en az 50 db kayba uğrar. Çok özel durumlar dışında bu tür geçiş için önlem almaya gerek yoktur. Sesin en önemli geçiş biçimi cidar titreşimi ile olandır.

Yaklaşık 1920'lerden itibaren sanayinin gelişmesiyle birlikte "gürültü" sorunu çıkmaya başlamış ve gürültüye karşı korunma çareleri aranmaya başlamıştır. Bir taraftan yapılar gittikçe hafif malzemelerden inşa edilmeye başlanırken, diğer taraftan bu hafif yapı malzemelerinin gürültüyü daha kolay geçirdiği saptanmıştır. Böylece yapılarda gürültüye karşı yeni malzemeler arayışı içine girilirken, bilinen

bazı ısı yalıtım malzemelerinin aynı zamanda ses yalıtım malzemesi olarak da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Kuşkusuz, her ısı yalıtım malzemesinin aynı zamanda ses yalıtım malzemesi olarak kullanılamayacağı açıktır. Fakat hemen hemen tüm ses yalıtım malzemeleri aynı zamanda ısı yalıtım malzemesi olarak görev yapabilirler [1].

Ses yalıtımında kullanılan malzemeler şunlardır [5];

- Polietilen esaslı malzemeler
- Mineral esaslı malzemeler
- Taşyünü esaslı malzemeler
- Camyünü esaslı malzemeler
- Poliüretan esaslı malzemeler

1.4.3 Yangın Yalıtımı

Yangın, kontrolden çıkmış bir yanma olayıdır. Müdahale edilmediğinde bulunduğu her ortamda mutlaka az ya da çok zarar veren, çoğu zaman maddi hasarlara bazen de can kaybına yol açan istenmeyen bir olaydır.

Yangın yalıtımının temel amaçları kısaca şöyledir [13].

- Taşıyıcı sistemin stabilitesini koruyarak belirli bir süre ayakta kalmasını sağlamak
- Yangına dayanıklı malzemelerle yatayda veya düşeyde bölmeler yaparak yangının yayılmasını önlemek
- Yangın ortamında belli bir süre yangından kaçış yollarının kullanılabilmesi için temiz hava, elektrik vb. sistemler açısından güvenli ortamlar sağlamaktır.
- Yangının başlangıcını ve yayılışını yeterince geciktirmek
- Yangının söndürme işlemine başlama olanağı vermek
- Yangının yaratacağı her türlü maddi kayıp ve hasarı en alt düzeyde tutmak

Yapı malzemeleri DIN 4102 standardına göre ateşe ve ısıya karşı dayanaklılıklarına göre şöyle sınıflandırılmaktadır:

- Yanmayan malzemeler

A1: Hiç yanmaz

A2: Zor yanıcı

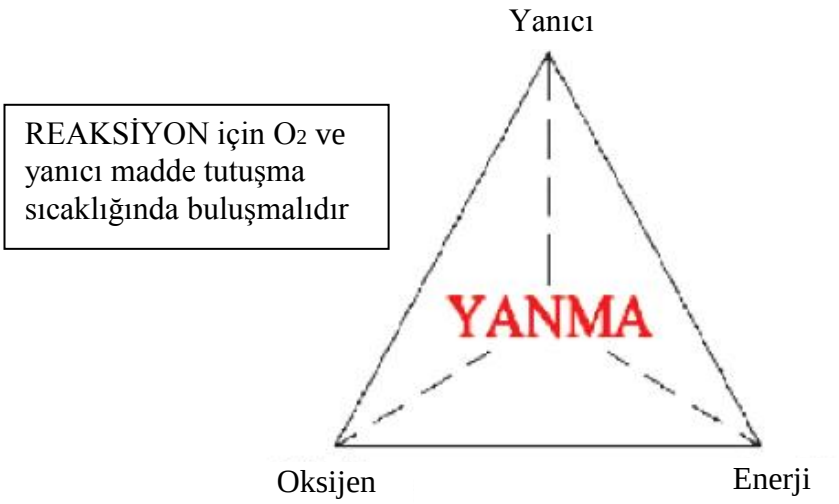
- Yanıcı Malzemeler

B1: Zor alevlenici

B2: Normal alevlenici

B3: Kolay alevlenici

Yangına karşı etkili bir korunum için yangın olayının iyi anlaşılması gerekir. Bir maddenin yanıcılık derecesinin çözümü o maddenin kimyasında gizlidir. Bir yangının başlaması, yanıcı madde ile birlikte oksijen (genelde hava) ve tutuşmayı sağlayacak bir enerji kaynağının varlığını gerektirir. Bu üç bileşen, yanıcı-oksijen-ısı "yangın üçgeni" olarak adlandırılır [5].



Şekil 1.5 Yangında ateş üçgeni

Yangın üçgenine dayanarak bir yangının aşağıda belirtilen yollardan herhangi biriyle söndürülebileceği sonucu çıkartılabilir. Bunlar;

- Yanıcının uzaklaştırılması veya üzerlerinin örtülmesi
- Yanıcı için gerekli olan oksijenin kesilmesi veya miktarının azaltılması
- Isının yangından ve yanıcıdan uzaklaştırılmasıdır. (Yeterli soğutma sağlayarak yanma reaksiyonlarının sürekliliğini önlemek veya yanıcının buharlaşmasını önlemek)

Bir de yukarıdaki üç klasik yönteme ek olarak bir dördüncü yaklaşım vardır. Bu yaklaşımda kimyasallar kullanarak yanma zincirleme reaksiyonlarının alev kimyası, serbest atomları ve atom gruplarının uzaklaştırılması yoluyla kesintiye uğratılır [5].

Yapılarda yaşayan insan ve hayvanların can güvenliği ve eşyanın kurtarılabilmesi bakımından, yapı malzemeleri seçilirken, bunların yanıp yanmadığı veya yangına ne kadar süre direnç gösterdiği hesaba katılmalıdır. Buna karar verirken yapının büyüklüğü ve yüksekliği de göz önünde bulundurulur. Çünkü yangın söndürme ve kurtarma çalışmalarında en önemli faktörlerden biri de yapının boyutlarıdır.

Yüksek sıcaklıkta görevini sürdürebildikleri sürenin belirlenmesi, yapı malzemelerinin yanmazlık niteliği yanında daha fazla önem kazanmaktadır. Bu bakımdan yapı elemanlarının yangına direnç süreleri, yönetmeliklerde yarımşar saatlik zaman dilimleri esas alınarak gruplandırılmıştır. Yapı elemanlarını yangının etkisinden korumak ve yangına direnç sürelerini artırmak amacı ile çevrelerini alçı, beton, mineral yün (taşyünü, camyünü) gibi yanmayan, yangın sırasında bozulsa bile kolayca onarılabilen malzemeler ile kaplama yoluna gidilebilmektedir. Böylece yangın sırasında taşıyıcı sistem, kendisi için zararlı olacak sıcaklık seviyesine belirli bir süre sonra erişecek ve bu sırada yangında mahsur kalmış kişiler yangından kurtulabilecek, söndürme için zaman bulunabilecektir. Isı yalıtımı ve akustik nedenlerle kullanılan malzemeler, yangının çıkmasındaki rolü ve yangın sırasında çıkardıkları gazlar nedeniyle dikkatle incelenmelidir [14].

Yanabilen bir madde tutuştuğunda, bulunduğu mahalde bulunan diğer yanıcı malzemeleri yakarak söndürülünceye kadar ilerleme ve yayılma eğilimindedir. Bu aşamada söndürülmemiş ise, bundan sonraki gelişme, mekanı çevreleyen duvarları, döşemeyi ve tavanı etkilemek yönündedir. Eğer duvarlarda ve döşemede açıklık var ise yangın, binanın diğer hacimlerine yayılır ve hatta yapı elemanları korunmamışsa, yapının kendiside yanabilir [14].

Yangın hollerden, merdivenlerden geçebilir ve hatta bitişik hacimlerdeki döşeme ve tefriş malzemelerini yakacak kadar sıcaklığı oluşturacak ısı, duvarlar ve döşemeler tarafından iletilebilir. Yangın anında kolay kaçış için bütün kapılar kaçış yönünde dışarı doğru açılmalı ve yangına karşı yalıtılmış olmalıdır [14].

Çatılarda duman bacaları yapılmalıdır. Çünkü; yangın esnasında çıkan dumanın bütün iç hacmi kaplamadan dışarı çıkması gerekmektedir. Yangın sonucundaki ölümlerin % 95'i dumandan zehirlenerek meydana geldiğini düşünürsek, duman denetiminin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Duman ve zehirli gazlar, yangından kaçanların önlerini görememelerine, zehirlenip boğulmalarına ve paniğe kapılmalarına neden olmaktadır. Ayrıca itfaiyenin içeri girip yangın söndürme çalışmalarını engellemektedir. Bu nedenle duman ve zehirli gazların yayılmasını önlemek zor olduğu gibi çokta önemlidir [14].

Bir yalıtım malzemesinin yüksek sıcaklıkta kullanılabilmesi için ısı iletim kabiliyetinin yanı sıra en önemli özelliği ısıya dayanıklılığıdır. Yüksek ısı yalıtımı için genel kural: Yalıtım malzemeleri işletme koşullarında görev yapabilmeli ve fonksiyonları sürekli olmalıdır. Öngörülen, yeterli şekil, boyut ve yapı stabilitesi, yeterince yük taşıyabilmesi, aleve dayanıklılık, yalıtım fonksiyonunun sürekliliği işletme koşullarında rizikosuz ve tehlikesiz gerçekleyebilmesidir [15].

Kagir yapı malzemelerinin dışında, yapılarda ve tesisatta, yangın durdurucu olarak bilinen ve en çok kullanılan malzeme taşyünüdür. Yangın duvarı ve kapısı gibi elemanlarda bu amaçla taşyünü sıkça kullanılmaktadır. Yüksek yapılarda ısı ve ses yalıtım malzemesi olarak, aynı zamanda yangın durdurucu özelliği olan bu

malzeme kullanılmalı, özellikle çelik iskeletli yapıların taşıyıcı kısımları bu tür malzemelerle korunmalıdır [5]. Yangın yalıtımı amacıyla, Cam Yünü, Taş Yünü, Seramik Yünü, Perlit vb. yangına dayanıklı yalıtım malzemeleri kullanılabilir.

1.4.4 Su Nem Yalıtımı

Su Nem Yalıtımı Yapılarda su-nem yalıtımı, nereden, ne şekilde, hangi şiddette gelirse gelsin suyun veya nemin yapının bir kısmına veya kapsadığı hacimlere zarar vermesini önlemek amacıyla yapılır. Bu yalıtım nemin ahşap, metal, taş, tuğla gibi gereçler üzerindeki olumsuz etkilerine karşı uygulanır [5]. Nem ve nemin meydana getirdiği kötü kokular o ortamda yaşayan insanları rahatsız eder. Yalıtım sayesinde bu kötü kokuların önlenmesi sağlanarak konforu etkileyen bu durum yok edilir.

Bir yapının sudan korunması o yapının kullanma ömrünün uzatılması demektir. Bu yüzden tasarım aşamasında yapının işlevine ve konumuna bağlı olarak yapı elemanlarının su ile etkileşimi dikkate alınmalıdır. Suyun gaz, sıvı veya katı halde oluşu sıcaklığı, basıncı, içinde taşıdığı iyonların türü ve miktarı malzeme özelliklerine bağlı olarak gözenekli cisimlerde nemlenme, ıslanma, erime, çatlama vb. olaylara metallerde ise korozyona neden olur. Yapı elemanında hasarlar meydana getirir. Hasarların önlenmesi ya da geciktirilmesi için malzeme özelliklerinin, akışkan özelliklerinin ve cisim ile akışkan arasındaki etkileşiminin iyi bilinmesi buna göre önlem alınması ve yalıtımın doğru yapılması gerekir.

Su yalıtımında su ve buhar geçişine karşı direnci yüksek olan organik veya inorganik kökenli malzemeler kullanılır. Su yalıtımında kullanılan doğal polimerlerden hidrokarbonlu bağlayıcılar asırlardan beri bilinen ve kullanılan büyük moleküllü termoplastik polimerlerdir. Bunlar asfalt ve katran olmak üzere ikiye ayrılırlar. Su yalıtımı uygulamalarında asfalt ve katrandan başka bitüm emülsiyonları, okside asfaltlar ve plastik esaslı yalıtım malzemeleri de kullanılır [5].

1.4.5 Tesisat Yalıtımı

Tesisat Yalıtımı Isıtma ve soğutma tesisatlarında, vana, çek valf, pislik tutucu, damperli vana ve flanşlar gerek tesisat içindeki maliyetleri, gerekse toplam tesisat içindeki ısı kaybı yüzeyi olarak dikkate değer bir yer tutmaktadır. Tesisatlar sıcak, ılık ve soğuk olarak sınıflandırılabilir. Tesisatlarda ısı yalıtımı, sıcak hatlarda ısı kayıplarını soğuk hatlarda ise ısı kazancını önlemek üzere yapılır.

Tesisat ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri genel olarak [5],

1- Mineral malzemeler; camyünü, taşyünü, seramik yünü
2- Sert Plastik Köpükler; Polistren, Poliüretan, Fenol vs. köpükler
3- Yumuşak Köpükler; Polietilen köpük, Elastomerik kauçuk köpüğü
4- Cam Köpüğü; Kalsiyum Silikat

gibi malzemelerdir.

Tesisat yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemelerinde aranan temel özellikler şunlardır.

- Isı iletkenlik katsayısı
- Buhar difüzyon direnç katsayısı
- Dayanım sıcaklığı
- Uygulama kolaylığı
- Ekonomikliliktir

Tesisat yalıtımında, hangi yalıtım malzemesinin kullanılacağı, tesisattan geçecek akışkanın maksimum sıcaklığına bağlıdır. Örnek olarak polietilen köpük, kalorifer ve soğutma tesisatlarında ideal olmasına rağmen buhar tesisatında kullanılması halinde eriyecektir. Sıcak hatlarda yüksek sıcaklık dayanımı nedeniyle 200°C ’ye kadar cam yünü, 700°C ‘ye kadar taşyünü daha yüksek sıcaklıklarda seçim olmaksızın seramik yünü kullanılmalıdır. Ilık hatlarda tüm yalıtım malzemeleri kullanılabilir olmasına rağmen genellikle polietilen, camyünü ve kauçuk köpüğü kullanılmaktadır.

Soğuk hatların yalıtımında, ılık ve sıcak hatlara ilave olarak dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Nasıl ısı sıcak taraftan soğuk tarafa geçerse, su buharı da sıcaklığa ve bağıl neme bağlı olarak, kısmi buhar basıncı yüksek olan yerden düşük olan yere doğru ilerler ve ilerlerken de bir dirençle karşılaşır. Bu dirence su buharı difüzyon direnci denir. Her yapı malzemesi kalınlığına bağlı olarak su buharı difüzyonuna karşı bir direnç gösterir. Bu direncin havanın buhar difüzyon direncine oranlanmasına "Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı" (μ) denir. Su buharının tamamen geçmesi halinde $\mu = 1$, hiç geçmemesi halinde $\mu = \infty$ ile ifade edilir.

Soğuk hatlarda buhar difüzyonuna gösterdiği yüksek direnç nedeniyle Elastomerik kauçuk köpüğü kullanılır. Şayet ısı yalıtım malzemesi bünyesine su alırsa zamanla bozulur ve ısı iletim katsayısı yükselir.

1.5 Yalıtım Malzemelerinin Genel Yapısı Ve Özellikleri

1.5.1 Fiziksel Şekilleri

Isı yalıtım malzemeleri; üretildiği malzeme türüne göre, bünye yapısına göre ve uygulama sistemine göre olmak üzere değişik türlerde sınıflandırılabilir [5].

Üretildiği malzeme türüne göre ısı yalıtım malzemeleri iki gruba ayrılırlar. Bunlar;

- Doğada var olan malzemelerden üretilen ısı yalıtım malzemeleri
- Doğada var olmayan ve sentetik olarak üretilen ısı yalıtım malzemeleri

Fiziksel şekillerine göre ısı yalıtım malzemeleri;

- Levha yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri (EPS, XPS, Taşyünü)
- Şilte (rulo) yapıdaki ısı yalıtım malzemeleri (Camyünü)
- Yerinde köpük oluşturulan ısı yalıtım malzemeleri (Poliüretan köpük)

- Harca katılarak kullanılan yalıtım malzemeleri (Hafif agregalı malzeme)
- Dolgu (dökme) olarak kullanılan ısı yalıtım malzemeleri (Genleştirilmiş perlit)
- Blok halinde örülerek kullanılan ısı yalıtım malzemeleri (Polistren köpüklü tuğla)
- Gazların ısı taşınımına engel olacak şekilde tasarlanan ısı yalıtım malzemeleri (Isıcamlar) vb...

olarak sıralanabilir [16].

1.5.2 İç Yapısı

Yalıtımda kullanılan malzemeleri içyapı olarak dört gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Taneli olanlar
- Lifli olanlar
- Hücreli olanlar
- Reflektif olanlar

1.5.2.1 Taneli olanlar

Bu gruptaki malzemelerin içyapısı taneciklidir. Tanecikler arasında hava boşlukları bulunmaktadır. Taneciklerin gelişi güzel sıralanması nedeniyle, tanecikler arasında havanın hareketi oldukça azdır. Bu nedenle tanecikle arasında konveksiyon yoluyla ısı transferi azdır [17].

Genleştirilmiş mantar, fosil silisli taneler, perlit ve vermikülit taneli yapılı yalıtım malzemeleridir.

1.5.2.2 Lifli olanlar

İçyapıları lifli olan bu malzemelerin, lifleri arasındaki serbest hava kanallarının genişliği ve sayısı nedeniyle, yoğunlukları azdır. Lifler arasında oluşan hava filmleri, konveksiyon yoluyla oluşacak ısı transferine bir direnç oluşturur. Bu sebeple konveksiyon yoluyla oluşan ısı transferi minimumdur. Lifli yalıtım malzemelerinde serbest hava kanallarının sayısını ve genişliğini azaltmak için dolgu yoğunluğunu artırmak gerekir. Bu tür malzemeler öncelikle ses yalıtımında tavsiye edilir [17].

Bu gruba bütün bitkisel ve hayvansal kökenli lifsel malzemeler girmektedir. (Pamuk, yün, saman, yosun lifleri vb.). Ayrıca mineral kökenli lifsel malzemelerde (asbest lifi, cam lifi, taş yünü vb.) bu grupta yer almaktadır.

1.5.2.3 Hücreli olanlar

Bu gruptaki ısı yalıtım malzemeleri kapalı ya da açık gözenekli hücrelerden oluşur. Hücreli yapıya sahip olan yalıtım malzemelerinde taşınım yoluyla ısı geçişinin minimum olması için, bu hücrelerin mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir. Hücreli yapıya sahip yalıtım malzemeler öncelikle ısı yalıtımında tercih edilmektedir [17]. Gaz beton türleri, süngertaşı, cam köpüğü gibi mineral kökenli köpüklerle, tüm sentetik köpükler (Polistren, Poliüretan, Polivinilklorür, Polietilen ve Fenolformaldehit) hücreli yapıya sahiptir.

1.5.2.4 Reflektif olanlar

Bu gruptaki malzemeler düşük yutma katsayısına sahip olmaları nedeniyle, ısının büyük kısmını yansıtırlar [17]. Pencere yalıtımında çift pencere uygulamalarında kullanılırlar.

1.5.3 Genel Özellikleri

Yalıtım amaçlı kullanılan malzemelerin genel özellikleri şunlardır [17].

a) Yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısı küçük olmalıdır.
b) Hafif olmalıdır.
c) Kokusuz olmalıdır.
d) Suyu ve nemi absorbe etmemelidir.
e) Bakteri ve mikropların yuva yapmasına uygun olmamalıdır.
f) Çürüme ve fermantasyona dayanıklı olmalıdır.
g) İlk özelliklerini kaybedip toz haline gelmemelidir.
h) Yanıcı olmamalı ve yanarken de zehirli gaz çıkarmamalıdır.
i) Ömürleri uzun, taşımaya elverişli ve sağlığa zarar vermemelidir.
j) Ucuz ve kolay temin edilebilir olmalıdır.

Bir yalıtım malzemesinde, yukarıda istenen şartların bütününün bir arada bulunması çok zordur. Bu nedenle, yalıtım malzemesini seçerken, yalıtılacak ortama uygun ve maksimum ortak şartları sağlayan malzemenin seçilmesi gerekir [17].

1.6 Günümüzde Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri

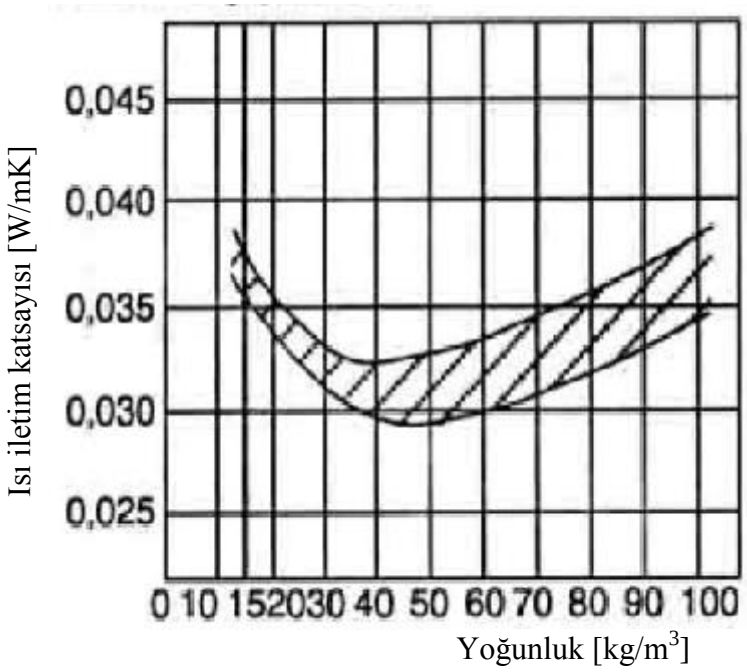
1.6.1 Ekspande polistren köpük (EPS)

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS (Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük) ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz ‘Pentan’dır. Pentan, tanecikler içinde çok sayıda küçük gözeneklerin oluşmasını sağladıktan sonra, üretim sırasında ve üretimi takiben çok kısa sürede hava ile yer değiştirir. Böylece EPS levhaların bünyesinde

bulunan çok sayıdaki (1 m^3 EPS'de 3-6 milyar) küçücük kapalı gözenekli hücreler içinde durgun hava hapsolur. Malzemenin % 98'i hareketsiz ve kuru havadır.

EPS üretiminde son aşama olan şekil verme (Kalıplama) aşamasında, taneciklerin birbirleri ile sıkıca kaynaşması sağlanır. Bu uygulamanın başarısı, ürünün yüzeyindeki taneciklerin bal peteği şeklindeki görüntüsünden anlaşılır.

EPS istenilen yoğunluklarda üretilir. Özellikleri yoğunlukla istenilen yönde değiştirilebildiğinden malzeme israfına ve gereksiz maliyet artışlarına sebep olmaz. Yalıtım amacıyla genellikle 15–30 kg/m^3 yoğunluklarda kullanılan EPS levhalar, çok hafiftirler, diğer malzemelerle kaplanarak bitmiş kompozit elemanlar halinde de üretilebilirler [12].

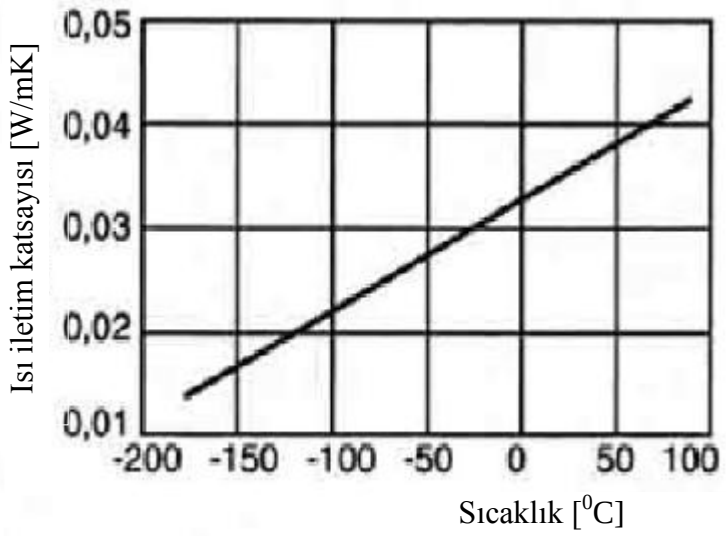


Şekil 1.6. EPS'nin yoğunluğa göre ısı iletim katsayısı [18].

Expanded Polistiren Sert Köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük), petrolden elde edilen, köpük halindeki, termoplastik, kapalı gözenekli, tipik olarak beyaz renkli bir ısı yalıtım malzemesidir.

TS 7316 EN 13163 standardına göre TSE belgeli ve TS 825'e uygun kalınlıkta, yoğunluğu en az 15 kg/m3, kapalı ortamda boyutsal kararlılığı oluşuncaya dek blok halinde dinlendirilmiş, yanma sınıfı B1 olan genleştirilmiş (ekspande) polistiren köpük levhalar.

Isı iletkenlik hesap değeri: ortalama 0,04 W/mK
Kullanım sıcaklığı: -180 °C / +75 °C
Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan bir ısı yalıtım malzemesidir
Yoğunluk: 15 – 30 kg/m^3
Buhar difüzyon direnç katsayısı: 20-80
Su emme: Hacimce %0-5 arası
Mekanik dayanım: 50-150 kPa (5-15 ton/m^2) max. basma dayanımı



Şekil 1.7.EPS'nin sıcaklığa bağlı ısı iletim katsayısı değişimi [18]

Tablo 1.1 EPS ısı yalıtım levhalarının özellikleri

Karakteristik Özellikler	**Gereklilikler**	
	Değer	**Sınıf/Seviye/ Sınır Değer**
Beyan edilen Isıl Direnç	$R_D \geq 1{,}00$ m^2K/W	Sınır değer
Yüzeye Dik Çekme Mukavemeti -Yapıştırıcı veya dübeller ile tespit edilen EPS levhalar -Raylar ile tespit edilen EPS levhalar[1]	 ≥ 100 kpa ≥ 150 kpa	 TR100 TR150
Boyutsal kararlılık	± 0,2 %	DS (N) 2
Gönyeden sapma toleransı	± 2 mm/m	S2
Düzlük toleransı	± 5 mm	P4
Uzunluk toleransı	± 2 mm	L2
Genişlik toleransı	± 2 mm	W2
Kalınlık toleransı	± 1 mm	T2
Uzun süreli kısmi daldırma ile su emme	≤ 0,5 kg/m^2	Sınır değer
1-Yapıştırıcı ile birlikte dübellenir veya raylarla tespit edilen EPS levhalar, yapıştırıcının kullanılmadığı sistemler gibi ele alınacaktır.		

1.3.1 Ekstrude polistren köpük (XPS)

XPS levha, polistren hammaddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir. Malzemenin hammaddesi olan tanecikler halindeki polistren, üretim hattına girdikten sonar eritilir, başka katkı maddeler ilave edildikten sonar köpük yapısının sağlanabilmesi için şişirme ajanı ilave edilir. Bu karışım belirli ısı/basınç koşulları altında bir hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Hattan çıkan malzemenin boyunun ve yüzey yapısının ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesiyle son ürün elde edilir.

Bu üretim sonucunda bal peteği formunda hücre çeperlerinden oluşmuş, daha bilinir tabirle kapalı gözenekli hücre yapısına sahip malzeme elde edilmiş olur. Bu

özellikler (düzenli hücre yapısı ve kapalı gözeneklilik) XPS'i suya ve zamana dayanıklı kılar.

TS 11989 EN 13164 standardına göre TSE belgeli ve TS 825'e uygun kalınlıkta, yanma sınıfı B1 olan pürüzlü veya pürüzlü ve kanallı yüzeye sahip ekstrüde polistren köpük levhaların özellikleri,

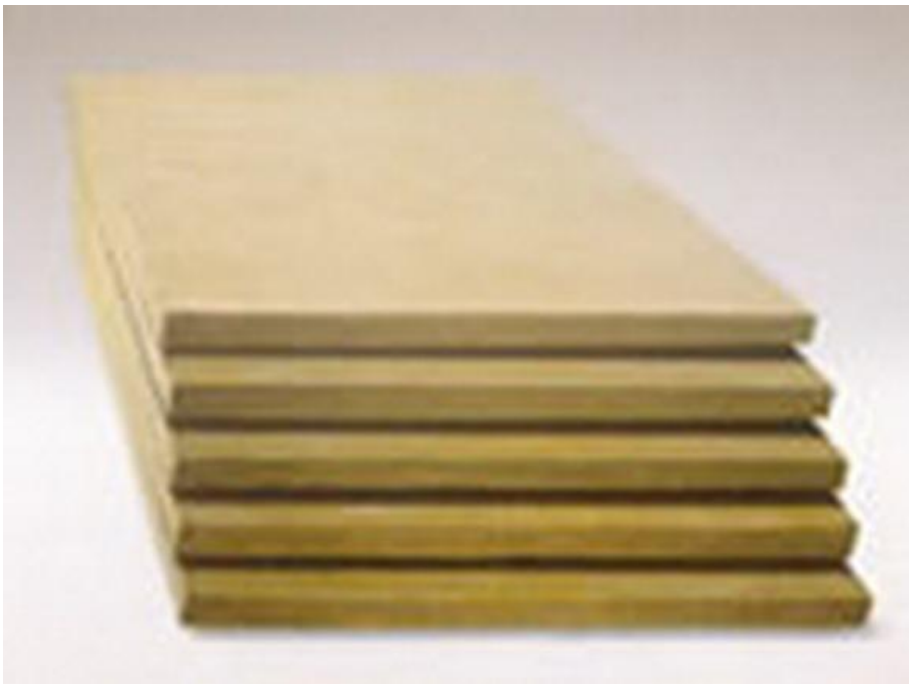
- Isı iletkenlik hesap değeri: Yüzeyi pürüzsüz iken 0,028 W/mK, yüzeyi pürüzlü iken 0,031 W/mK
- Kullanım sıcaklığı : -50 °C ila +75 °C /+80 °C
- Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2
-Yoğunluk: 25 – 45 kg/m³
- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 80-250
- Su emme: Hacimce %0-5 max.
- Mekanik dayanım: 100-500 kPa (10-50 ton/m²) max. basma dayanımı

Tablo 1.2 XPS ısı yalıtım levhalarının özellikleri

Karakteristik Özellikler	**Sağlanması Gereken Şartlar**	**TS 11989 EN 13164'teki sınıfı**
Yüzeye dik çekme dayanımı -Yapıştırıcı ve mekanik sistemle tespit edilmiş	≥ 200 kpa	TR200
EN 1604 – Boyut kararlılığı (23±2) ^{0}C ve % (90 ± 5) 48 saat beklemeden sonra	≤ % 2	
Düzlük toleransı	± 5 mm	
Uzunluk toleransı	± 2 mm	
Genişlik toleransı	± 2 mm	
Uzunluk ve genişliğin gönyeden sapma toleransı	± 5 mm/m	S_0
Kalınlık toleransı	± 1 mm	
Tam daldırmayla uzun süreli su emme (Hacimce)	≤ 1.5	WL(T) 1.5

1.3.2 Taşyünü

Taşyünü, volkanik kayalardan elde edilir. Hammadde kireçtaşı ile karıştırılır ve 1600 °C'da eritilir. Eriyik kaya, çok hızlı dönen disklerin üzerine damlatılır. Buradan uzun iplikler halinde çıkar. İplikler toplandıktan sonra yapıştırıcı özellikteki sentetik reçine ve yağ ilavesi ile kaya yünü malzemeleri şilte şekline getirilir.



Şekil 1.8. Taşyünü ara bölme levhası [19].

TS 825'e uygun kalınlıkta ve TS 901-1 EN 13162 standardına göre TSE belgeli, yoğunluğu 150 kg/m³ ve üzerinde olan, üretici tarafından sıva altı uygulamaları için özel üretilen taşyünü levhalar veya en az 90 kg/m³ yoğunluklu ve üretici tarafından özel üretilen lamel taşyünü.

- Isı iletkenlik hesap değeri: ortalama 0,04 W/mK
- Kullanım sıcaklığı: max +75 °C
- Yanma sınıfı: DIN 4102'e göre A sınıfı yanmaz
- Yoğunluk: 30 – 200 kg/m3

- Buhar difüzyon direnç katsayısı: 1
- Su emme: Hacimce %2,5- 10
- Mekanik dayanım: 15-65 kPa (1,5-6,5 ton/m^2) max. basma dayanımı

Tablo 1.3 Taşyünü ısı yalıtım levhalarının özellikleri

Karakteristik Özellikler	**Gereklilikler**	
	Değer	**Sınıf/Seviye/ Sınır Değer**
Beyan edilen Isıl Direnç	$R_D \geq 1,00$ m^2K/W	Sınır değer
Yüzeye Dik Çekme Mukavemeti		
-Sadece Yapıştırıcı ile tespit	≥ 80 kpa	TR80
-Raylar ile tespit	≥ 15 kpa	TR15
-Dübeller ile tespit	≥ 7,5 kpa	TR7.5
-Taşıyıcı üzerine dübellerle tespit[1]	≥ 5 kpa	TR5
Boyutsal kararlılık	≤ 1 %	Sınır değer
Gönyeden sapma toleransı	≤ 5 mm/m	Sınır değer
Düzlük toleransı	< 6 mm	Sınır değer
Uzunluk toleransı	± 2 %	Sınır değer
Genişlik toleransı	± 1.5%	Sınır değer
Kalınlık toleransı	±3/-1 mm	T5
Basma dayanımı	≥ 10 kpa	CS (10/Y) 10
Uzun süreli kısmi daldırma ile su emme	≤ 3kg/m^2	Sınır değer
1-Yapıştırıcı ile birlikte dübeller veya raylarla tespit edilen Taşyünü levhalar, yapıştırıcının kullanılmadığı sistemler gibi ele alınacaktır.		

1.3.3 Cam Yünü

Camyünü yerli olarak temin edilen, inorganik hammadde olan silis kumunun 1200°C -1250°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilebilmektedir. Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve

akustik düzenleme ile birlikte yangın güvenliği de sağlamaktadır. Isı iletim katsayısı beyan değeri λ≤0,040 W/mK'dir. Su buharı difüzyon direnç faktörü μ=1'dir- Kullanım sıcaklığı -50 / +250°C aralığındadır. Bağlayıcısız cam yünü ürünler 500°C'ye kadar kullanılabilmektedir. Ayrıca -200 / +400ºC aralığında kullanılan özel cam yünü ürünler de üretilebilmektedir. Sıcağa ve rutubete maruz kalması halinde dahi, boyutlarında bir değişme olmaz. Zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve pas yapmaz. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilmez. Higroskopik ve kapiler değildir. Alman Normu olan DIN 4102'ye ve Türk Standardı TS EN 13501-1'e göre "yanmaz malzemeler" olan A sınıfındandır.



Şekil 1.9 Camyünü çatı şiltesi

1.3.4 Polietilen Köpük

Kullanım yeri amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde boru ve levha olarak üretilebilmektedir. Isı yalıtımı ve yoğuşma kontrolü maksadıyla kullanılmaktadır. Isı iletkenlik beyan değeri λ ≤ 0,040 W/mK'dir. Su buharı difüzyon direnç faktörü μ > 5000'dir. Kullanım sıcaklığı -45/+80°C aralığındadır. Esnek ve kapalı gözeneklidir.

Güneşin mor ötesi ışınlarına karşı hassastır. İngiliz Normu BS 476'ya Class 0 ve Class 1 sınıfındadır.

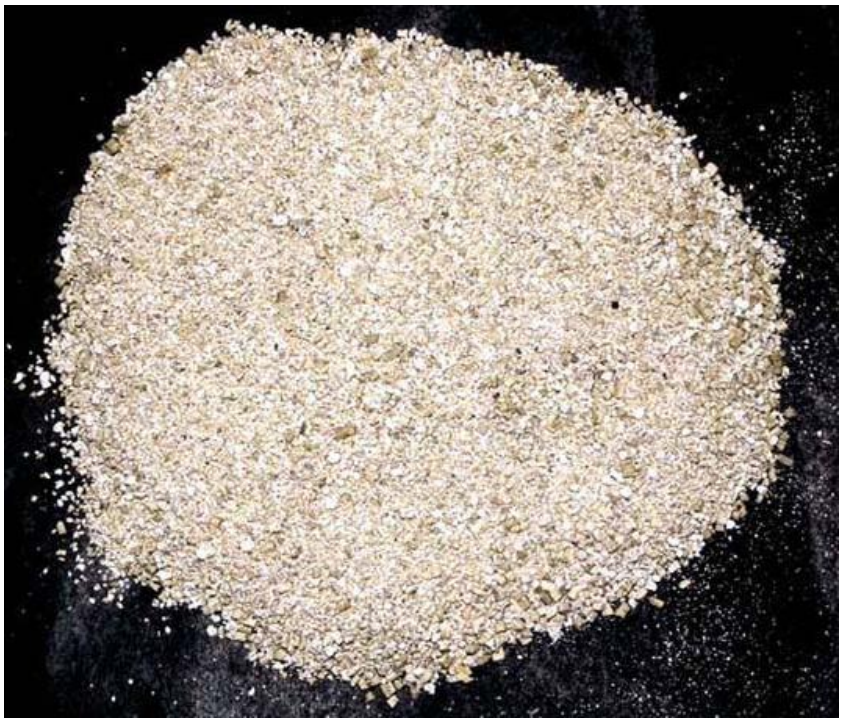


Şekil 1.10. Çeşitli polietilen köpük yalıtım malzemeleri

1.3.5 Vermikulit

Mineralojik olarak tek başına farklı bir grubu temsil eden vermikulit, endüstriyel olarak genleşme özelliğine sahip tüm mika grubu minerallerini de (flogopit, biotit ve hidrobiotit) genel bir terim olarak kullanılmaktadır. Vermikulit'i sulu magnezyum, alüminyum, demir silikat olarak da tarif etmek mümkündür.

Vermikulit, genleşme sonucunda malzemenin yığın yoğunluğu, yaklaşık10 kat azalarak, 0,8g/cm^3'den 0,08g/cm^3'e düşmektedir. Yığın yoğunluğundaki düşüş, vermikülit'in kalitesine ve genleştirmenin yapıldığı fırın performansına bağlı olmakta ve ısıl işlem sonucunda yaklaşık 30 katlık bir genleşme sağlanabilmektedir. Genleştirme işlemi genelde fırın sıcaklığı 1000^{o}C ile 1800^{o}C arasında, alıkonma süresi ise 4 ile 8 saniye olacak şekilde ayarlanmaktadır.



Şekil 1.11. Genleştirilmiş vermikulit [20]

Genleşmiş vermikulit en çok ısı ve ses yalıtımı amaçlı malzeme olarak kullanılmaktadır. Vermikulit bütün killerle son derece iyi kompozit malzeme oluşturduğundan genleşmiş malzeme içeren alçı ve diğer karışımlardan, yapılarda ateşe dayanıklı eleman, ses yalıtkanı, nem ve su yoğuşmalarına karşı koruyucu, panel duvar, beton duvar ve tavanlarda dekoratif malzeme olarak kullanılmaktadır.

Tane boyutuna göre kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

- 12.5 - 0.74 mm :Konutlarda izolasyon malzemesi, akustik sıvalar, tavan kubbe kaplamaları, boru kaplamaları, tecrit edici çimentolar.
- 0.74 – 0.37 mm :Buzdolabı, otomobil ve uçaklarda izolasyon malzemesi, yangın söndürücüler, filtreler, soğutucu depolar.
- 0.37 – 0.12mm :Yer muşambaları, çatı kaplamaları

1.3.6 Genleştirilmiş Perlit

Perlit asidik karakterli volkanik bir camdır. Perlit ismi bazı perlit tiplerinin kırıldığında inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile inci anlamına gelen perle kelimesinden türetilmiştir.

Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genleştirildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayaçtır. Perlit 750-1200 C° arasında ani olarak ısıtıldığında bünyesinden çıkan buharın etkisiyle genleşerek camsı tanelerden oluşan bir köpük agregasına dönüşür. İlk hacminin 20 katına kadar genleşebilir. Perlitin gevşek yoğunluğu 32-400 kg/m^3 ve ısı iletim katsayısı 0,04 W/mK'dir.



Şekil 1.12. Genleştirilmiş perlit [21]

Perlitin fiziksel özellikleri:

Tanım: Konkoidal, sferoidal kırıklı camsı volkanik kayaç

- Renk: Beyaz, gri ve tonları, genleşince tümüyle beyaz
- Sertlik (Mohs): 5-6
- Özgül ağırlık: 2200-2400 kg/m3
- Gevşek yoğunluk: 32-400 kg/m3
- Yumuşama noktası: 871-1093 C°
- Erime noktası: 1260-1343 C°
- Özgül ısı: 0,2 cal/g C°

- Isı iletkenliği: 0,04 W/mK
- Refraktif indeks: 1,5
- PH: 6,5-8
- Serbest nem (%): Maksimum 0,5

Perlit, özel dokulu, içyapısında belli oranda su içeren, asit bileşimli esas itibariyle volkanik camdır. Fibrik yapılı değildir. Nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermez. Dolayısıyla kimyasal olarak oldukça saftır. Tipik bir perlitin kimyasal analizi aşağıda gösterilmiştir [22].

Tablo 1.4 Perlitin kimyasal analizi

SiO_2	71.0-75.0
Al_2O_3	12.5-18.0
Na_2O	2.9-4.0
K_2O	0.5-5.0
Ca0	0.5-2.0
Fe_2O_3	0.1-1.5
MgO	0.02-0.5
TiO_2	0.03-0.2
H_2O	2.0-5.0
MnO_2	0.0-0.1
SO_3	0.0-0.2
FeO	0.0-0.1
Cr	0.0-0.1
Ba	0.0-0.05
PbO	0.0-0.03
NiO	Eser
Cu	Eser
B	Eser
Be	Eser
Serbest Silis	0.0-0.2
Toplam Klorürler	0.0-0.2

Genleşmiş perlite ticari değer kazandıran en önemli özellik; az hacimdeki düşük yoğunluğu, fiziksel esnekliği, kimyasal sabitliği, düşük ses geçirgenliği, ateşe karşı

dayanıklılığıdır. Perlitin yalıtım özelliğinden faydalanmak için binalarda farklı şekillerde kullanılabilir. Bazı kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

a) Şekillendirilmiş izolasyon malzemeleri (çatı ve zemin izolasyonlarında)
b) Perlitli Sıvalar
c) Perlit agregalı hafifi yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcı)
d) Perlit agregalı hafifi yapı elemanları tavan kiremitleri, boru izolasyonları vs.
e) Gevşek dolgu malzemesi olarak (tavan araları zemin ve duvar boşluklarında yalıtım malzemesi olarak; silikonla özel bir işleme tabi tutularak köpük halinde)
f) Yüzey döşemelerinde (ısı ve ses yalıtıcı olarak)
g) Çimento ve alçı dışındaki bağlayıcılarla yapılan özel amaçla perlit betonları

Bu çalışmada odun talaşı içerisine değişik oranlarda perlit, üre formaldehit, amonyum sülfat, parafin ve susuz boraks katılarak cephe kaplaması için ısı yalıtım levhası amaçlandı.

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Giriş

1973 ve 1978'de enerji krizinin küresel anlamda tüm dünyayı sarsması sonucu enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar başta üniversiteler olmak üzere, kamu ve özel sektörde yoğunluk kazandı.

Bu çalışmada 1970'den günümüze konuya ilişkin çalışmalar literatür taramasına yansıtıldı.

2.2 Kaynak Taraması

Binici **(23),** harman atığı olarak bilinen samandan ısı iletim katsayısı düşük malzeme üretilebilirliğini araştırdı. (Saman+ponza)/çimento oranı en yüksek olan numunenin ısı iletim katsayısının diğer numuneler göre daha düşük olduğunu belirtti.

Devecioğlu **(24),** gözenekli taşın ısı iletim katsayısının hesaplanmasında kullanılacak matematiksel bir model geliştirdi.

Atmaca **(25),** tek numuneli plaka metodunu kullanarak, ısı iletim katsayısını ölçen bir cihazın tasarım ve imalatını yaptı. Sunta ve strafor gibi ısı iletim katsayısı bilinen malzemelerin ısı iletim katsayısı ölçümünü yaparak düzeneğin güvenirliliğini inceledi.

Altınışık **(26),** ponza taşından yüksek ısı ve ses yalıtım özelliği olan hafif beton blok tasarımı yaptı. Yapı elemanının Phoenics programı yardımıyla simülasyonunu yaparak ısıl köprüleri belirledi ve optimum şartları oluşturmaya çalıştı.

Göker ve Akbulut **(27),** dış hava koşullarına maruz kalan yerlerde kullanılan ve yalıtım amaçlı olmayan yonga levhalar için fenolik tutkallar ile izosiyanat tutkalı kullanılmasını uygun gördü.

Nemli **(28),** yonga levhalarda su alma miktarı ve şişme oranlarını azaltmak için, odun yongalarının su itici maddelerle muamele edilmesi ve suya karşı dayanıklı tutkal çeşidinin kullanılmasını tavsiye etti.

Lee **(29)**, kontrplak, yonga levha ve lif levha (MDF) malzemeler üzerine fırçalama tekniği kullanarak, 1, 2, 3 kat yangın geciktirici özelliğe sahip klorlu kauçuk boyayı sürdü ve daha sonra bu levhalar yanma testine tabi tutuldu. Sonuç olarak, üç kat boya uygulanan yonga levhada yanma direnci en fazla görülürken bir kat boya uygulanan MDF'nin yanmaya karşı en az direnç gösterdiği görüldü.

Yalınkılıç **(30),** odunu biyotik ve abiyotik zararlılarına karşı koruması amacıyla kullanılan emprenye maddelerinin, doglas köknarı odununda yanma özelliklerini ne ölçüde etkilediğini araştırdı. Bu çalışmaya göre borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli derecede yanmayı önleyici etki gösterdiği, PEG-400'de çözündürülen borik asidin yanmayı önleyici etki göstermediği, görüldü. Bunun dışında yanmayı artırıcı özelliği bilinen çeşitli su itici maddelerin ise borlu bileşiklerle emprenye edilmiş oduna ikinci işlem olarak uygulanmaları durumunda yanmada oluşturdukları olumsuz etkinin azaltıldığı anlaşıldı.

Örs vd. **(31),** sarıçam odununu yanma özelliklerine bazı borlu bileşikler ve su itici maddelerin etkilerini araştırdı.

Aslan vd. **(32),** farklı kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ahşap esaslı levhaların yanma mukavemetini araştırarak, yanmaya başlama süresi en geç tespit edilen Wolmanit-CB kimyasalının alevli yanma süresi en uzun olarak belirlediler.

Hafızoğlu ve ark. **(33),** çeşitli borlu bileşikler ve su itici maddelerle kızılçam ve duglas odununu emprenye etmişler; su itici maddelerin, borlu tuzların odundan yıkanmasını önemli ölçüde engellediğini ve odunun su alma oranını düşürerek boyut stabilizasyonunu önemli düzeyde olumlu etkilediğini belirttiler.

Var ve ark. **(34),** çeşitli emprenye maddelerinin yonga levhanın eğilme direnci (ED), elastikiyet modülü (EM) ve levha yüzüne dik çekme direnci (ÇD) üzerine etkilerini incelediler ve emprenye edilmiş yongalardan üretilen yonga levhaların mekanik özelliklerinin, emprenye edilmemiş yonga levhaların mekanik özelliklerinden daha yüksek değerler verdiğini bildirdiler. Aynı çalışmada nemli ortamlarda kullanılacak yonga levhaların kolofan ve alkid reçinesi gibi su itici maddelerle emprenye edilmesini tavsiye ettiler.

Keskin **(35),** poliüretan verniğin Etiket Yongalı Levha'da (WFB) su buharı difüzyonunu azalttığını bildirdi.

Gündüz ve Masraf **(36),** üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretiminde pres faktörleri ve talaş oranlarının etkisini fiziksel ve mekaniksel özellikler bakımından inceledi. Yonga levhaların fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerinde pres faktörlerinin, dış ve orta tabakaların içerdiği yonga oranlarının büyük ölçüde etkili olduğunu belirtti.

Altınışık, K., **(37)** Niğde yöresinde bulunan ponza taşının ısı, ses ve dış cephe kaplama elemanı olarak kullanılması üzerinde deneysel çalışma yapıldı. Deneysel çalışmalar için ISO 8990 standartları esas alınarak Dengeli Sıcak Oda kuruldu ve deneyler bu oda da yapıldı.

Biçer, Y., Pıhtılı, K., Ayhan, T., **(38)** gözenekli katı malzemelerde ısı iletim hesabı için kuramsal bir model oluşturdular.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 Giriş

Çalışma esas olarak deneysel temellere dayanmaktadır. Deneysel çalışmalar TS ISO 8301, TS EN 1609, TS EN 826'dan yararlanılarak yapıldı. Teorik çalışmalar için ise Fourier ısı iletim yasası kullanıldı. Isı iletim katsayısı deneyleri "Isı Akış Ölçer Cihazı" ile yapıldı.

3.2 Materyal

Deney için kullanılan malzemeler ve özellikleri şu şekildedir.

- Termokupl; J tip (Demir-Konsantan), ölçme aralığı 0^0C / 750^0C'dir. **(Şekil 3.1).**



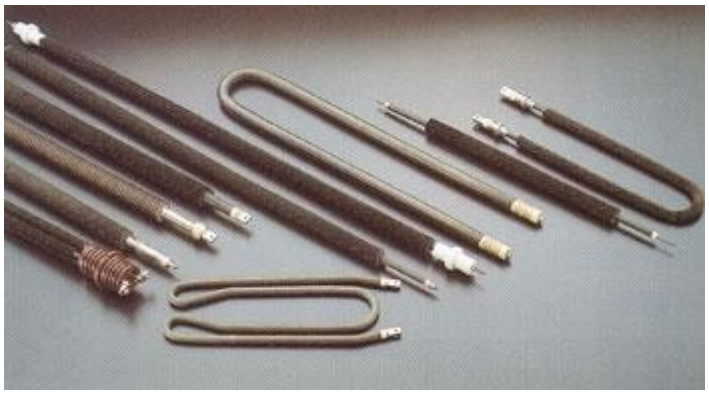
Şekil 3.1 Termokupl

- Auto-tune pid sıcaklık kontrol cihazı; Gemo firmasının üretmiş olduğu bir cihazdır (DT107). Mikro işlemci tabanlı, PID sıcaklık kontrol cihazıdır. Sensör tipi seçilebilmektedir (J, K, T, S, R, Pt100). Ölçme skalası J tipi termokupl için 0^0C/+750^0C, duyarlığı ±1^0C'dir ve ± %0,3 doğruluğa sahiptir. **(Şekil 3.2).**



Şekil 3.2 Sıcaklık kontrol cihazı

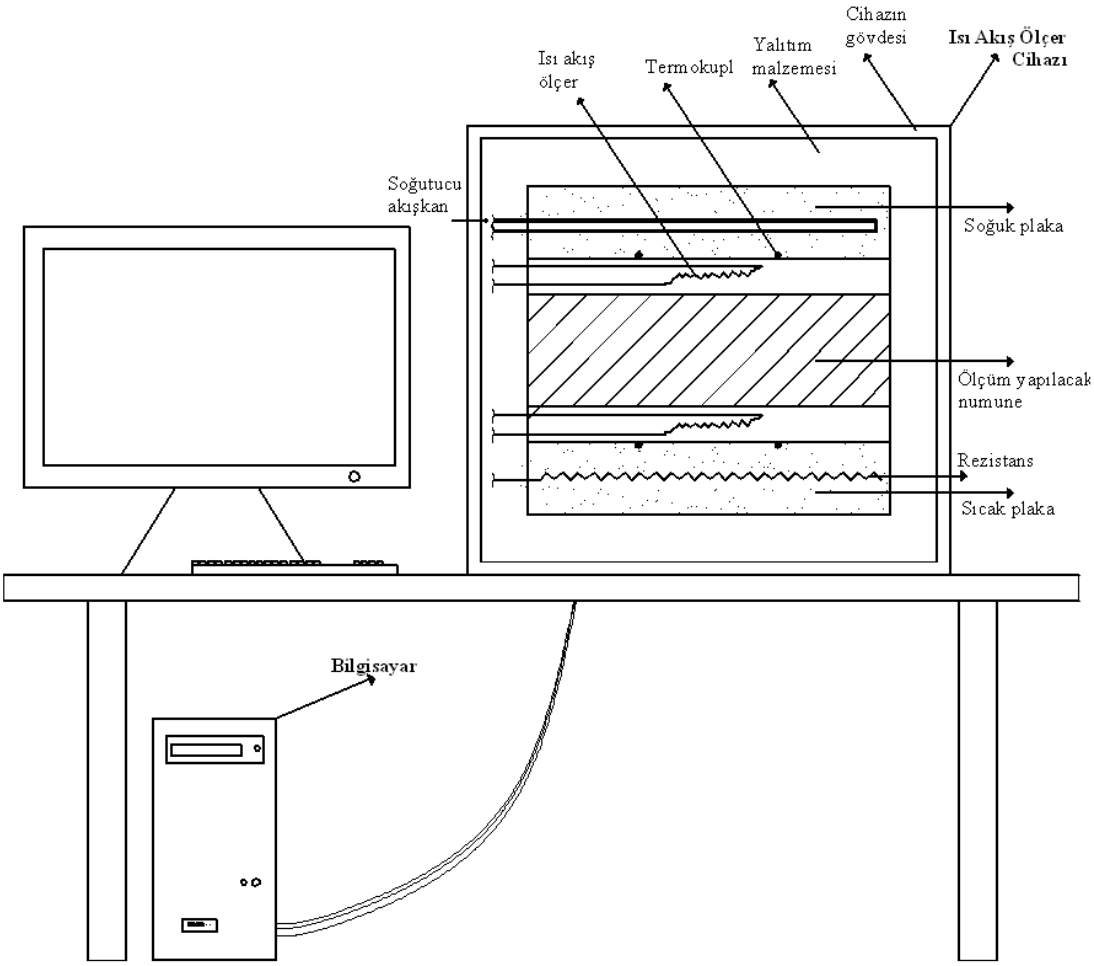
- Rezistans; 6,5 mm boru çapında, 70cm uzunluğunda, 700Watt gücünde, demir borulu ve soket çıkışlıdır. **(Şekil 3.3).**



Şekil 3.3 Çubuk rezistanslar

- Pres: 400 mm strok, maksimum 150 ton yük uygulayabilen, analog göstergeye sahip bir pres makinesidir.

- Isı akış ölçer: Lazercomp firmasının ürünüdür. ISO8301 standardına göre ölçüm yapmaktadır. Mikroişlemci tabanlıdır. Elektronik kontrol duyarlığı 0,6 mV, sıcaklık kontrol duyarlığı $0{,}01^{0}$C dır. Cihaz 0-10 cm kalınlığında, 30x30cm boyutlarındaki numuneyi ölçebilmektedir. Cihaz bilgisayar kontrollü olup Wintherm32 adlı programla kontrol edilmektedir. **(Şekil 3.4).**



Şekil 3.4 Isı akış ölçer cihazının şematik gösterimi

- Çekme, Koparma, Basma Test Cihazı: Elista firmasının üretmiş olduğu bir cihazdır. Yük değeri ve uzama değeri cihaz üzerinde okunabilmektedir. Travers hareketi motor sürücü ile sağlanır. Motor sürücü bilgisayara bağlı olup bilgisayar tarafından kontrol edilebilmektedir. Maksimum 4500kg yük uygulanabilir. Cihazda, otomatik konumlama ve test hızı seçimi yapılabilir. Cihaz, hassas

uzama ölçümü için elektronik ekstentometreye (iki çizgi arası uzama ölçüsü) sahiptir. **(Şekil 3.5).**



Şekil 3.5 Basma/Çekme test cihazı

3.2 Metot

Odun talaşı perlit karışımını levha haline getirmek için içerisine tutkal olarak yüksek sıcaklıkta sertleşen üre formaldehit ve sertleştirici olarak amonyum sülfat homojen olarak katılarak 150 ^{0}C'de 5 dk preslendi. Levhaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde standartlara uygun olarak dizayn edilen cihaz ve deney düzeneklerinden yararlanıldı.

Isı iletim katsayısı için, "TS ISO 8301 - Isı Yalıtımı - Kararlı Halde Isıl Direncin Ve İlgili Özelliklerin Tayini – Isı Akış Sayacı Cihazı", basma dayanımı için "TS EN 826 - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Basınç Dayanımının Tayini", su absorpsiyonunun tayini için "TS EN 1609 - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Kısmi Daldırma İle Kısa Süreli Su Absorpsiyonunun Tayini" adlı standartlardan yararlanıldı.

BÖLÜM 4

TEORİ

4.1 Giriş

İletimle ısı transferini azaltmak için sıcaklık gradyantı ve yüzey sabit ise ancak ısı iletim katsayısını iyi seçmekle mümkündür. Isı iletim katsayısı yüksek ise ısı transferi de buna bağlı olarak artacaktır. Yalıtım amaçlı kullanımda ısı iletim katsayısının düşük seçilmesi gerekir. Bu da deneysel yollarla olur.

Bu çalışmada ısı iletim katsayısının tayini Fourier ısı iletim yasasından yararlanılarak yapılmıştır.

4.2 Fourier Isı İletim Yasası

Şekil 4.1' de gösterilen ve iki boyutu L kalınlığına göre oldukça büyük olan düz bir levha göz önüne alınsın. A levhanın yüzey alanı, T_1 ve T_2 levha yüzey sıcaklıkları ($T_1 > T_2$) olsun. Termodinamiğin 2. yasasına göre ısı geçişi, T_1 sıcak yüzeyinden T_2 soğuk yüzeyine doğru olacaktır. Sıcaklık zamanla değişmemektedir [39]. Deneyler ısı geçişinin

$$q = \frac{A(T_1 - T_2)}{L} \tag{4.1}$$

şeklinde olduğunu göstermiştir. (4.1) ifadesinde görüldüğü gibi, katı bir cisimde ısı geçiş hızı (T_1-T_2) sıcaklık farkı ve A yüzeyi ile doğru, levha kalınlığı L ile ters orantılıdır. Orantı katsayısı k (4.1) ifadesi içine yerleştirilirse;

$$q = -\frac{kA(T_2 - T_1)}{L} \tag{4.2}$$

şeklinde elde edilir. Burada k malzemenin bir özelliği olup, ısı iletim katsayısı olarak tanımlanır. Termodinamiğin 2. yasası gereği ısı iletimi sıcaklığın azaldığı yönde olacaktır. Bu nedenle, sıcaklık farkı ile ısı akısı ters işaretlidir. Pozitif yönde ısı geçişi elde etmek için (3.1) ifadesinin önüne (-) işareti konulmuştur. Verilen ifade gerçekte aşağıda gösterildiği gibi, ısı iletim katsayısının bir tanımı olup,

$$k = \frac{qL}{A(T_2 - T_1)} \tag{4.3}$$

şeklinde yazılabilir. **k** ısı iletim katsayısının boyutu **SI** birim sisteminde W/mK veya W/m^{o}C'dır.

Eşitlikte;

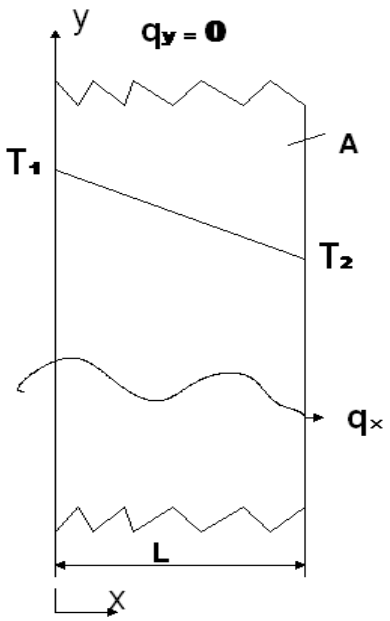
k= Isı iletim katsayısı (W/mK)

q= Birim zamanda geçen ısı miktarı

L= Levha kalınlığı

A= Levhanın yüzey alanı

T_2-T_1= Yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı'dır.



Şekil 4.1 Düzlemsel levhada ısı geçişi

Isı iletim katsayısı birim kalınlıkta sıcaklık artışı için iletilen ısı transfer hızıdır ve malzemeden malzemeye değişir. Basınca göre değişimi sıcaklığa göre değişiminden daha az olması nedeniyle ihmal edilir. Bu nedenle, ısı iletim katsayısı sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kabul edilebilir.

4.3 Isı İletim Katsayısının Tayini İle İlgili Yöntemler

Yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenliği çeşitli yöntemlerle ölçülebilmektedir. Isı iletim katsayısı yöntemleri, numune içerisindeki sıcaklık dağılımının zamanla değişimine bağlı olarak statik ve dinamik yöntemler olarak ikiye ayrılır. Genel olarak her iki yöntemde de sıcaklığın belli bir mesafeye kadar yayılması için geçen zaman ölçülür ve ısı yayımının katsayısı belirlenir. Statik (kararlı) durumda ölçme yönteminde, ısı iletim katsayısının düşük olduğu veya deney sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda dengeye ulaşmak için geçen toplam zaman çok uzun olmasına rağmen hassasiyet oldukça yüksektir. Modern deney aletleri, dinamik yöntemle

yapılan ölçümlerin hassasiyetini artırmasına rağmen statik yöntem kadar hassasiyet sağlayamamaktadır. Son yıllarda, yüksek sıcaklıkta verilerin hızlıca elde edilmesi ihtiyacı, dinamik yönteme ilgiyi artırmıştır. Ölçme yöntemlerinin seçimi, çalışılan sıcaklık aralığına, elde edilecek ısı iletim katsayısının büyüklüğüne ve numune boyutuna bağlı olmaktadır [40].

4.3.1 Isı Akış Ölçer Cihazı Metodu

"Isı akış sayacı cihazı" ile yapılan ölçüm sürekli rejimde ölçümü yapılacak malzemeden ısı geçişi sağlanarak yapılır. Ölçümler, ASTM C518-91 (TS ISO 8301) standardına uygun olarak yapılır. Standart, düz, levha halindeki deney parçalarında kararlı hal ısı aktarımını ölçmek için ısı akış sayacının kullanılmasını ve deney parçalarının ısı aktarım özelliklerinin hesaplanmasını kapsar.

Tek ısı akış sayaçlı konfigürasyondaki deney parçasının ısıl direnci, R, aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$R = \frac{\Delta T}{ef} \tag{4.4}$$

Burada;

f = Isı akış sayacının kalibrasyon faktörü, W/mV.m^2

e = Isı akış sayacının çıktısı, mV

dır.

Isıl iletkenlik, k, veya ısıl öz direnç, r, ise aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$k = \frac{1}{r} = fe\frac{d}{\Delta T} \tag{4.5}$$

Burada;

d: Deney parçasının ortalama kalınlığıdır.

Eşitlik (4.4) ve (4.5)'de verilen formüller iki ısı akış sayaçlı konfigürasyona da uygulanır. Ancak, bu konfigürasyonda $''f.e''$ yerine 0,5($f^{'}e^{1}+ f^{'}e^{2}$) yazılmalıdır. Bu ifadede yer alan 1 ve 2 indisler, yüzey sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan birinci ve ikinci ısı akış sayaçlarını temsil eder.

Çift deney parçalı konfigürasyonda, toplam ısıl direnç, Rt, aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

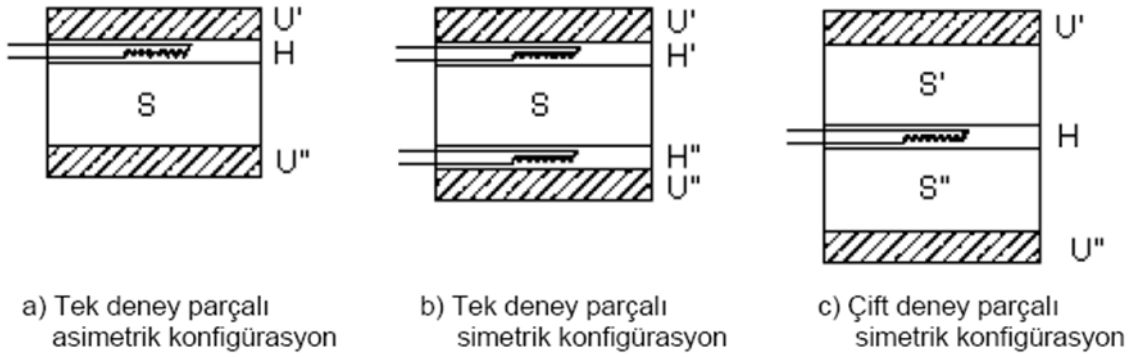
$$R_t = \frac{1}{ef} = (\Delta T^{'} + \Delta T^{''}) \tag{4.6}$$

ve ortalama ısıl iletkenlik, k_{avg}, veya ortalama ısıl öz direnç, r_{avg}, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$k_{avg} = \frac{1}{r_{avg}} = \frac{fe}{2} = (\frac{d^{'}}{\Delta T^{'}} + \frac{d^{''}}{\Delta T^{''}}) \tag{4.7}$$

Bu eşitlikte yer alan sembollerin tanımı eşitlik (4.4) ve (4.5)'de verilenlerle aynı olup, alt indisler ise iki deney parçasını (birinci deney parçası için (′) ve ikinci deney parçası için (″) işareti) tanımlar.

Isı akış sayacı deney parçasının iki yüzeyi arasındaki ısı akış hızı yoğunluğunu ölçer. Isı akış hızı yoğunluğu deney parçasının yüzeyleri ve sayacın ilgili parçaları arasında sıcaklık farkı doğurur. Akış ölçülürken bu farktan yararlanılır. Isı akış sayaçlarının farklı tipleri mevcuttur.

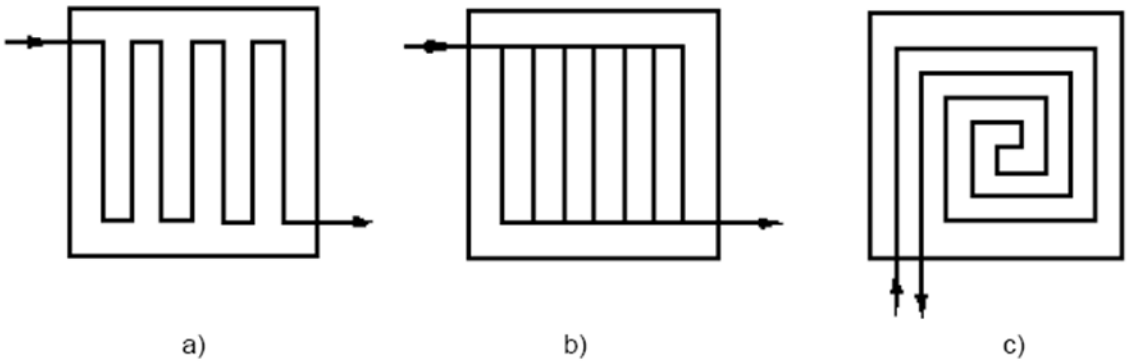


U′ U″: Isıtma ve soğutma üniteleri
H, H′, H″ : Isı akış sayaçları

Şekil 4.2 Tipik ısı akış sayacı konfigürasyonları

Şekil 4.2.a "tek deney parçası - asimetrik" tabir edilir ve ısı akış sayacı, her iki birimin de karşısına yerleştirilebilir. Şekil 4.2.b "tek deney parçası - simetrik" tabir edilir, Şekil 4.2.c ise "çift deney parçası -simetrik" olarak adlandırılır ve bu durumda deney parçaları tam olarak birbirinin eşleniği olmalı ve bir malzemeye ait aynı numuneden kesilmelidir. Bu standardda verilen metot kullanılmak ve verilen sınırlamalara uyulmak şartıyla, her üç konfigürasyonla da eş değer sonuçlar elde edilir.

Isıtma ve soğutma üniteleri, izoısıl çalışma yüzeyleri elde edilecek şekilde yapılmış olmalıdır. Bu imalât, iki metal plâka arasına yeknesak özgül elektrik güç bobinajı yerleştirilerek veya plâkalar arasında sabit sıcaklıkta sıvı dolaştırılarak veya bu alternatiflerin her ikisini de uygulayarak veya diğer uygun yollarla gerçekleştirilebilir. Sıvı ısıtmalı metal plâkaların tasarımı özel dikkat gerektirir. En zor çalışma şartlarındaki yük önceden belirlenmeli, sonra yaklaşık sıvı akış hızı tayin edilmeli ve bu durumda sıvı akış hızının doğru ayarlanması için plâka girişi ile çıkışı arasındaki sıvının sıcaklık farkı hesaplanmalıdır. Sıvı akış yollarının çoğu için bu sıcaklık farkı plâkanın sıcaklık dağılımındaki düzensizliklerden büyüktür. En iyi sonuçlar, sıvı için helezonik ters akış kanalları ile elde edilir.

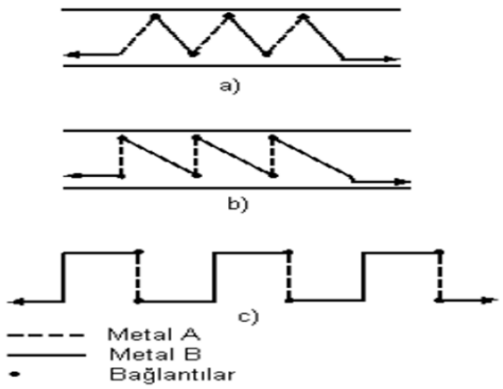


Şekil 4.3 Harici sıvı ikmalli ısıtma ve soğutma ünitelerinin şematik tasarım örnekleri

Nüve malzemesi boyunca sıcaklık farklılığı, hassas ve kararlı sıcaklık dedektörleri ile ölçülür. Çok bağlantılı termopiller bu amaçla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Şekil 4.4'de bunlarla ilgili örnekler sunulmuştur. Bağlantılar, nüvenin yüzeylerine yerleştirilerek sayaç nüvesi boyunca sıcaklık farkı ölçülür. Nüve içinde termopilin varlığının doğuracağı sinyal, termopil çıktısı (e) dır. Bu çıktı ile ısı akış hızı yoğunluğu (q) doğru orantılıdır ve orantı katsayısı kalibrasyon faktörü (f) olarak adlandırılır. İlgili bağıntı (4.8)'te verilmiştir.

$$q = f.\, e \tag{4.8}$$

Buradaki f parametresi tam olarak bir sabit değildir, sıcaklıkla ve daha sınırlı bir ölçüde ısı akış hızının yoğunluğu ile değişir. Bir yüzeyi ötekine bağlayan herhangi bir eleman üzerinde kondüksiyonla ısı aktarımı etkilerinden kaçınmak için, termopildeki iletken elemanın kesit alanının, 0,2 mm çaplı bir telin kesit alanından daha küçük olması tavsiye edilir.



Şekil 4.4 Termopillerin örnek şematik gösterimi

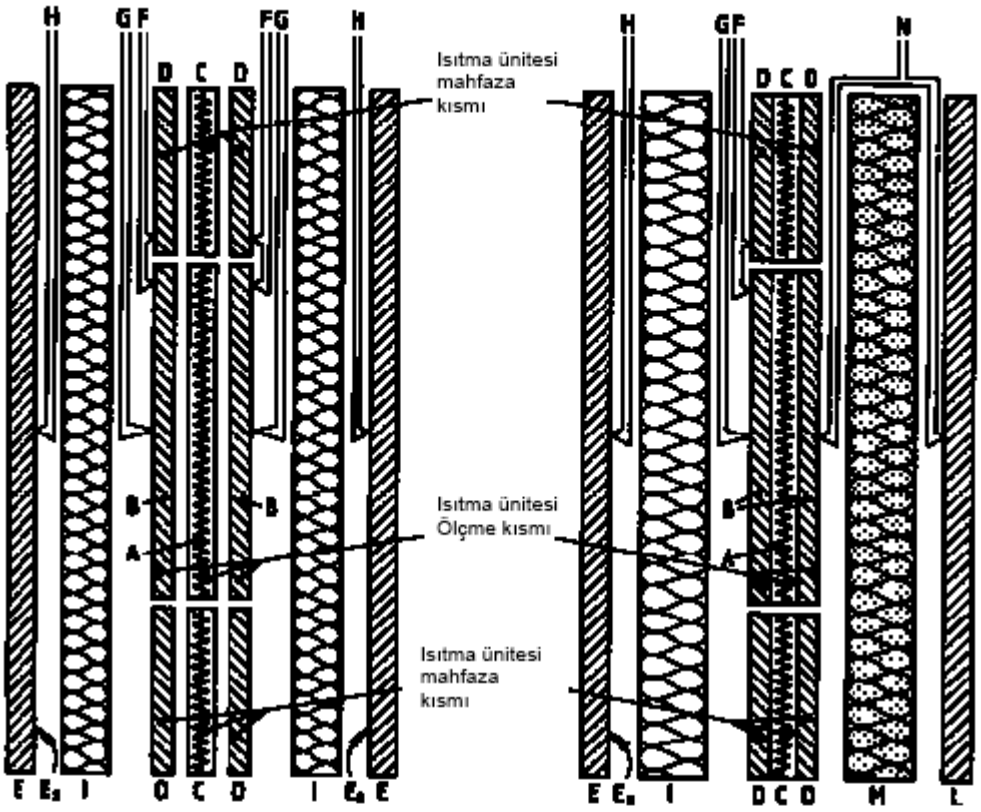
Cihazın ve gerekiyorsa ısı akış sayacının deney parçası ile temas halinde olan ısıtma / soğutma yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkını % 1 doğrulukla ölçebilen herhangi bir onaylanmış sıcaklık ölçme tekniği, cihazda sıcaklık ölçmeleri amacıyla kullanılabilir. Isıtma ve soğutma ünitelerinin çalışma yüzeylerinin sıcaklıkları, genellikle çalışma yüzeyindeki oluklara gömülmüş veya çalışma yüzeylerinin hemen altına tutturulmuş termoçiftler gibi kalıcı sıcaklık algılayıcıları ile ölçülür. Her bir yüzeydeki termoçiftlerin sayısı $10\sqrt{A}$ veya 2'den az olmamalı, hangisi daha büyükse, (burada A, ölçme bölgesinin m^2 cinsinden alanıdır). Termoçiftin düzenli aralıklarla değiştirilmesi ve kalibrasyonunun düzenli aralıklarla kontrol edilmesi şartıyla, alanı 0,04 m^2'den daha küçük yüzey alanına sahip plâkalar için her yüzeyde bir termoçiftin yeterli olduğu bulunmuştur. Yeni cihazların hepsinde en az iki termoçift kullanılmalıdır.

4.3.2 Mahfazalı Sıcak Plaka Metodu

Mahfazalı sıcak plaka cihazı "Çift deney parçalı cihaz" ve "Tek deney parçalı cihaz" olarak iki şekilde yapılabilmektedir. Çift deney parçalı cihazlarda ısıtma ünitesi olarak adlandırılan bir ısıtıcı plaka aynı iki deney parçası arasına sandviç yapılır. Isı

akışı deney parçalarının içinden soğutucu plakaya doğru gerçekleştirilir. Tek deney parçalı cihazlarda, ikinci deney parçası yerine yalıtım parçası ve koruma plakası konur. Böylece yalıtım parçası ve koruma plakasının bir yüzeyi ile diğer yüzeyi arasında sıcaklık farkı sıfır olur. Mahfazalı sıcak plaka cihazı, ısıtma ünitesi, soğutma ünitesi, ölçüm cihazları ve mahfazadan oluşmaktadır.

Isıtma ünitesi bir merkezî ölçme kısmından ve mahfaza kısmından ibarettir. Ölçme kısmı bir ölçme kısmı ısıtıcısı ve ölçme kısmı yüzey plâkalarından oluşur. Mahfaza kısmı ise bir veya daha fazla mahfaza ısıtıcılarından ve mahfaza yüzey plâkalarından oluşur. Yüzey plâkaları genellikle yüksek ısıl iletkenliğe sahip metallerden yapılır. Isıtma ünitesi, aynı zamanda, çalışma sıcaklığında iki yüzeyde çarpılma olmayacak ve düzlemsellikten sapmayacak şekilde tasarımlanmalı ve yapılmalıdır.



a) Çift deney parçalı cihaz

b) Tek deney parçalı cihaz

Açıklama

A	Ölçme kısmı ısıtıcısı
B	Ölçme kısmı yüzey plâkaları
C	Mahfaza kısmı ısıtıcısı
D	Mahfaza kısmı yüzey plâkaları
E	Soğutma ünitesi
E_s	Soğutma ünitesi yüzey plâkası
F	Diferansiyel termometre
G	Isıtma ünitesi yüzey termoçiftleri
H	Soğutma ünitesi yüzey termoçiftleri
I	Deney parçası
L	Mahfaza plâkası
M	Mahfaza plâkası yalıtımı
N	Mahfaza plâkası diferansiyel termoçiftleri

Şekil 4.5 Mahfazalı sıcak plakanın şematik gösterimi

Soğutma ünitelerinin boyutları, mahfaza ısıtıcıları dahil olmak üzere en az ısıtma ünitesinin yüzeyinin boyutları kadar olmalıdır. Üniteler, deney parçaları yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının %2 sınırları içinde ve ısıtma ünitesinin sıcaklığından daha düşük olmak üzere sabit ve yeknesak bir sıcaklıkta tutulabilen metal plâkalardan oluşur. Bu durum, sabit sıcaklık sıvısının kullanılmasıyla, elektrikli ısıtıcıların kullanılmasıyla, ısıtma ünitesinin dış yüzeyleri ile uygun yardımcı soğutma plâkaları arasına uygulanan ısıl direncin, ısıl yalıtımı kullanılarak ya da istenen soğutma ünitesi sıcaklığı için uygun olacak şekilde bunların bir terkibi kullanılarak sağlanabilir.

Yüzey sıcaklıkları, genellikle yüzey plâkalarındaki olukların içine veya deney parçalarıyla temas halindeki yüzeyin hemen altına yerleştirilen, termoçiftler gibi, sürekli ölçme sistemleri vasıtasıyla ölçülür. Her iki taraftaki sıcaklık algılayıcılarının sayısı $N\sqrt{A}$ veya 2'den (hangisi büyükse) az olmamalıdır. Burada N=10 m^{-1}, A ise ölçme plâkalarının bir yüzeyinin alanı (m^2) dır. Ölçme alanının ortasına bir sıcaklık algılayıcısının yerleştirilmesi ve karşı taraftaki soğutma ünitelerinde karşılık gelen konumlara sürekli olarak ve benzer şekilde çok sayıda sıcaklık algılayıcısının yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

Deney parçası kalınlığını ölçmekte kullanılan araçların hataları %0,5 sınırları içinde olmalıdır. Isıl genleşmenin veya plâkaların sıkıştırılması sonucu oluşabilen deney parçası kalınlığındaki değişmeler nedeniyle, mümkünse, deney parçası kalınlığının mevcut deney sıcaklığında ve sıkıştırma şartlarında cihazın içinde ölçülmelidir.

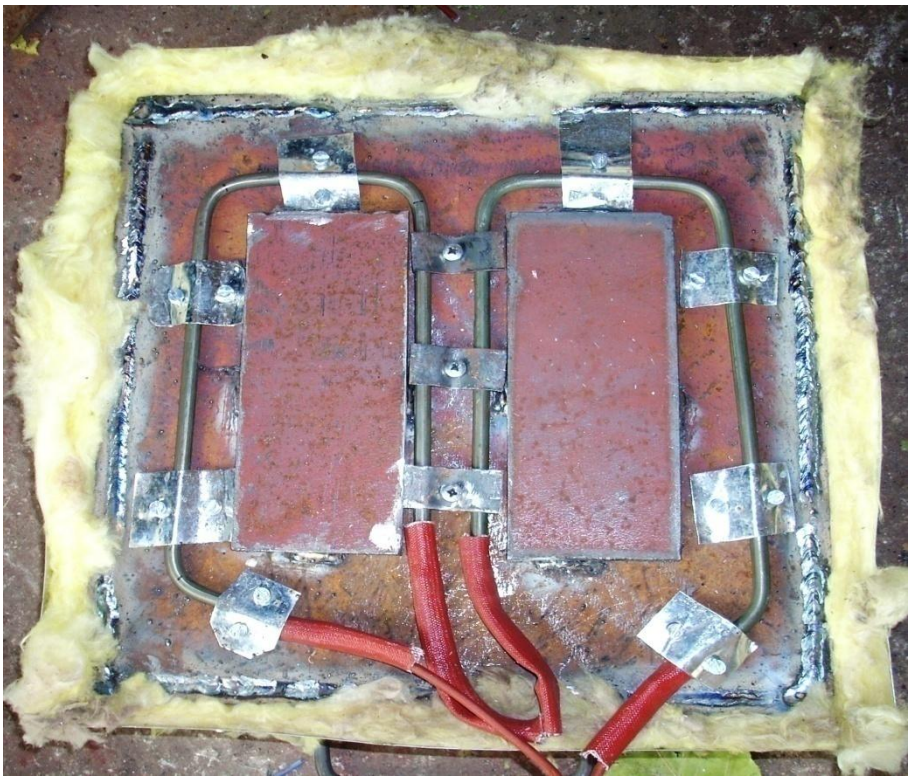
Mahfazalı sıcak plâka cihazı, soğutma ünitesi sıcaklığı oda sıcaklığının altında veya ortalama sıcaklık oda sıcaklığının önemli ölçüde üstünde olduğu zaman, arzu edilen iç ortam gaz sıcaklığını ve çiy veya yoğunlaşma noktasını muhafaza etmek üzere donatılmış bir mahfazanın içine yerleştirilmelidir.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Pres Ve Kalıbın Hazırlanması

Odun talaşı ve perlit karışımının preslenebilmesi için, taban alanı 330*330mm yüksekliği 110 mm boyutlarında kalıp imal edildi. Kalıbın tabanına 2 adet 600 watt gücünde, üst kalıba 1 adet 700 watt gücünde ısıtıcı rezistans yerleştirildi. Isıtıcı rezistansın üzerine ısı kaybını önlemek için taşyünü monte edildi. Son olarak yalıtım levhasını dış etkilerden korumak için üzeri sac ile kapatıldı. Kalıbın sıcaklık değerlerini okumak için j tipi termokupl kullanıldı. Kalıbın sıcaklığını kontrol edebilmek için kontaktörden yararlanıldı. Pres işlemi UZÇELİK fabrikasında bulunan pres makinesinde yapıldı.



Şekil 5.1 Kalıbın altına yerleştirilen ısıtıcı çubuklar

5.2 Yalıtım Levhasının Üretimi

Marangoz atölyesinden temin edilen ve uzunluğu 0,1-10 mm, genişliği 0,1-5 mm olan talaşlar delik boyutları 1x1 mm olan elekte elendi. Piyasadan temin edilen İZOPER markalı genleştirilmiş perlitte aynı elekten geçirilerek toz zerreciklerinden arındırıldı. Isı laboratuarında bulunan 0,01g hassasiyetli hassas terazi ile perlit ve talaşlar tartılarak farklı oranlarda karıştırıldı. Odun talaşı – perlit karışımına karışım ağırlığının %13'ü kadar tutkal (üre formaldehit), %2'si kadar parafin, tutkalın %1'i kadar sertleştirici (amonyum sülfat) ilave edilerek 150 °C de ve 5 dakika süre ile preslendi.

Farklı basınçlarda ve farklı karışım oranlarında toplam 24 adet yalıtım levhası üretildi. Üretilen yalıtım levhaları, ilgili standartlara uygun olarak ısı iletim katsayılarının belirlenmesi için 30*30 cm, su emme kabiliyetlerinin belirlenmesi için 20*20 cm, basma dayanımının belirlenebilmesi için 5*5 cm boyutlarına getirildi.



Şekil 5.2 Üretimi tamamlanan yalıtım levhası

5.3 Levhanın Isı İletim Katsayısının Ölçülmesi

Üretilen yalıtım levhalarının ısı iletim katsayısının belirlenmesi Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Isı Transferi Laboratuarında bulunan ve TS ISO 8301 standardına uygun olarak dizayn edilen " Isı Akış Sayacı Cihazında" yapıldı [41]. Bu cihazla boyutları 0,3m olan kare şeklindeki deney parçalarının ısı iletim katsayıları belirlenebilmektedir. Cihaz bilgisayar kontrollü olup, WinTherm32 adlı bir programla kontrol edilmektedir. Numune cihaza konulduktan sonra kapağı kapatılır. Yardımcı programına sıcak ve soğuk plakalarının sıcaklık değerleri girilip deney başlatılır. Sistem kararlı hale gelinceye kadar çalışan cihaz son üç verinin aynı olması durumunda deneyi sonlandırarak bilgisayar ekranına numunenin ısı iletim katsayısı değerini getirmektedir. Her bir deney yaklaşık olarak 50 dk sürmektedir.



Şekil 5.3 Yalıtım levhasının cihaza yerleştirilmiş hali

Deney parçası içindeki nemin ısı aktarımı üzerine etkisi karmaşık bir konu olduğu için, deney parçasının kurutulması gerekmektedir. Bunun için deney numuneleri bir havalandırmalı etüvde uygun sıcaklıkta sabit tartıma gelinceye kadar şartlandırıldı.



Şekil 5.4 Nem alıcı cihaz

5.3 Levhanın Basma Dayanımının Ölçülmesi

Pres basıncının, Perlit – Odun talaşı oranlarının basma dayanımına etkisini incelemek için TS EN 826 standardına göre deneyler yapıldı. Bu standart 18 Mart 1998 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Standarda göre deney numunelerinin genişliği kalınlığından daha az olmamalıdır. Deney 23±5 °C da yapılmalıdır [42].

Deney işlemi sırasıyla şu şekilde gerçekleştirildi. Deney numuneleri 50*50 mm boyutlarına getirildi. Deney numunesinin en-boy ölçümü yapılarak basma deneyi cihazının iki paralel plakası arasına yerleştirildi. Numuneye 250±10 Pa'lık bir basınçla ön yükleme yapıldı. Deney numunesi, deney numunesinin mm cinsinden ifade edilen kalınlığı (d) olmak üzere dakikada (±%25 toleransla) d/10 sabit hızlı bir değişim gösterecek şekilde hareketli plaka ile sıkıştırıldı. Sıkıştırma işlemine, %10 bağıl deformasyonda basınç dayanımı için %10'luk bir basma bağıl deformasyonuna ulaşıncaya kadar devam edildi.

%10 bağıl deformasyonda basma dayanımı σ_{10}, kpa cinsinden (5.1) bağıntısı kullanılarak hesaplandı.

$$\sigma_{10} = 10^3 * (F_{10}/A_0) \qquad (5.1)$$

Burada;
F_{10} = %10'luk bir bağıl deformasyonuna karşı gelen kuvvet, N
A_0 = Deney numunesinin ilk enkesit alanı, mm^2
dir.



Şekil 5.5 Basma dayanımı deneyinin yapıldığı cihaz ve numune

5.3 Levhanın Su Absorpsiyonunun Ölçülmesi

Su absorpsiyonunun belirlenmesinde "Kısmi Daldırma İle Kısa Süreli Su Absorpsiyonunun Tayini (TS EN 1609)" adlı standarttan yararlanıldı. 200*200 mm ebatlarındaki numuneler deneyden önce 12 saat 23±5 ºC'da bekletildi. Deney 23±5 ºC'da gerçekleştirildi. Her bir numune 0,01 g duyarlıktaki hassas terazide tartılarak sıcaklığı 23±5 ºC olan su banyosuna birbirine değmeyecek şekilde ve numunenin alt yüzü su seviyesinin 10mm ± 2mm altında kalacak şekilde konuldu. 24 saat sonra numuneler suyun içinden çıkarılıp, 45º eğimli bir elek üzerine yerleştirilerek 10 dakika ± 0,5 dakika suyunu bırakması için bekletildi ve m_{24} kütlesinin tayini için tekrar tartıldı. Kısmi daldırma sonucu kısa süreli su absorpsiyonu eşitlik (5.2)'ye göre belirlendi [43].

$$W_p = \frac{(m_{24} - m_0)}{Ap} \tag{5.2}$$

Burada,

W_p = Kısmi daldırma sonucu kısa süreli su absorpsiyonu, kg/m^2

m_0 = Deney numunesinin başlangıç kütlesi, kg,

m_{24} = 24 saat kısmi daldırma sonrası deney parçasının kütlesi, kg,

Ap = Deney parçasının alt yüzey alanı, m^2



Şekil 5.6 Su absorpsiyonu deneyinin yapıldığı su kabı ve numuneler

BÖLÜM 6

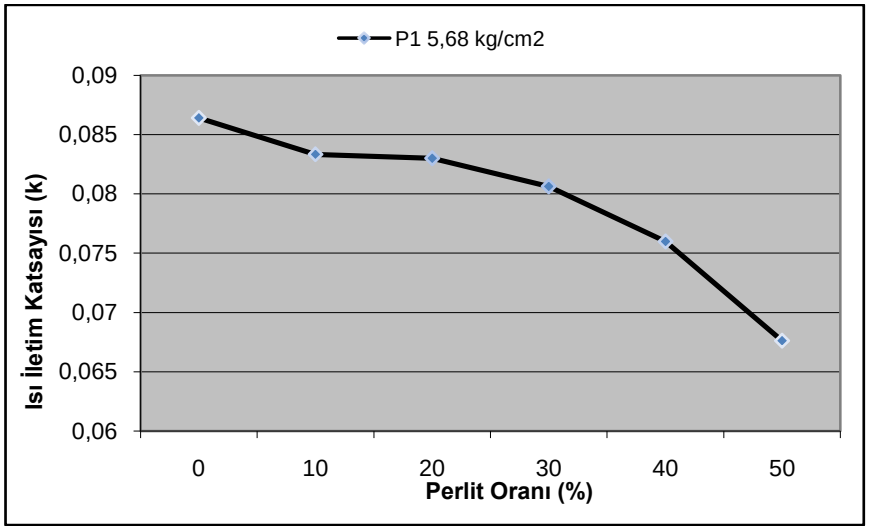
DENEY SONUÇLARI

6.1 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Isı İletim Katsayısına Etkisi

Bu deneyde, 6 farklı karışım oranlarına sahip karışım 4 farklı pres basıncında preslenerek karışım oranlarının ve pres basınçlarının ısı iletim katsayısına etkisi incelendi. Deney sonuçları Tablo6.1.1, Tablo6.1.2, Tablo6.1.3 ve Tablo6.1.4'de verildi.

Tablo 6.1.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi

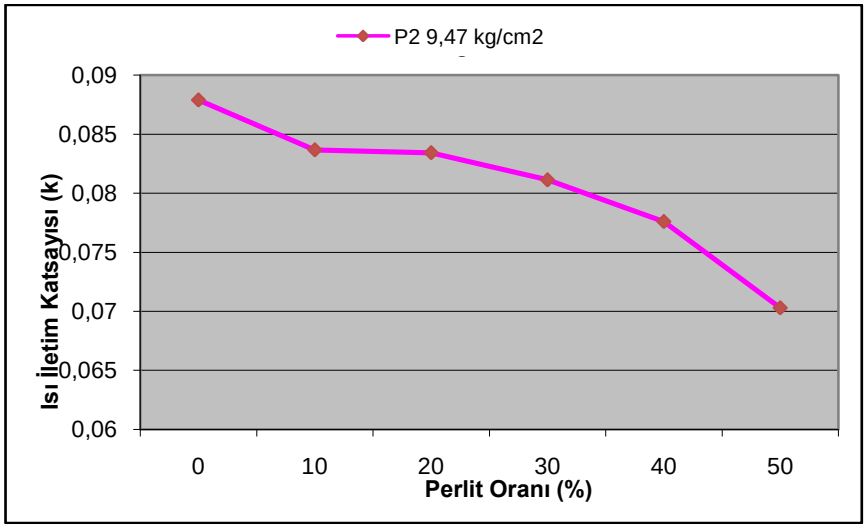
Perlit Oranı	**Odun Talaşı Oranı**	**Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı**	**Pres Basıncı (kg/ cm^2)**	**Isı İletim Katsayısı (W/mK)**
%0	%85,84	%14,16	5,68	0,08640
%08,59	%77,25	%14,16	5,68	0,08333
%17,17	%68,67	%14,16	5,68	0,08299
%25,75	%60,09	%14,16	5,68	0,08062
%34,34	%51,50	%14,16	5,68	0,07598
%42,92	%42,92	%14,16	5,68	0,06761



Şekil 6.1.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi

Tablo 6.1.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi

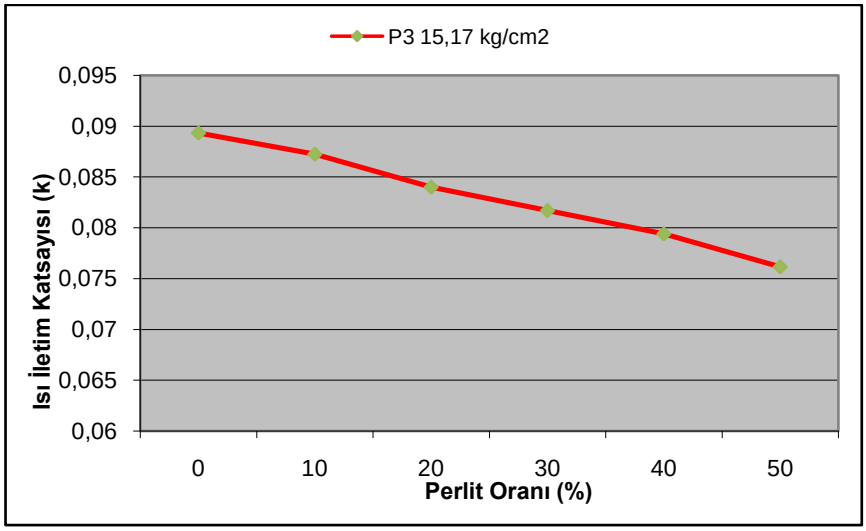
Perlit Oranı	**Odun Talaşı Oranı**	**Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı**	**Pres Basıncı (kg/ cm^2)**	**Isı İletim Katsayısı (W/mK)**
%0	%85,84	%14,16	9,47	0,08788
%08,59	%77,25	%14,16	9,47	0,08366
%17,17	%68,67	%14,16	9,47	0,08342
%25,75	%60,09	%14,16	9,47	0,08112
%34,34	%51,50	%14,16	9,47	0,07759
%42,92	%42,92	%14,16	9,47	0,07029



Şekil 6.1.2 9,47 kg/cm2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi

Tablo 6.1.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi

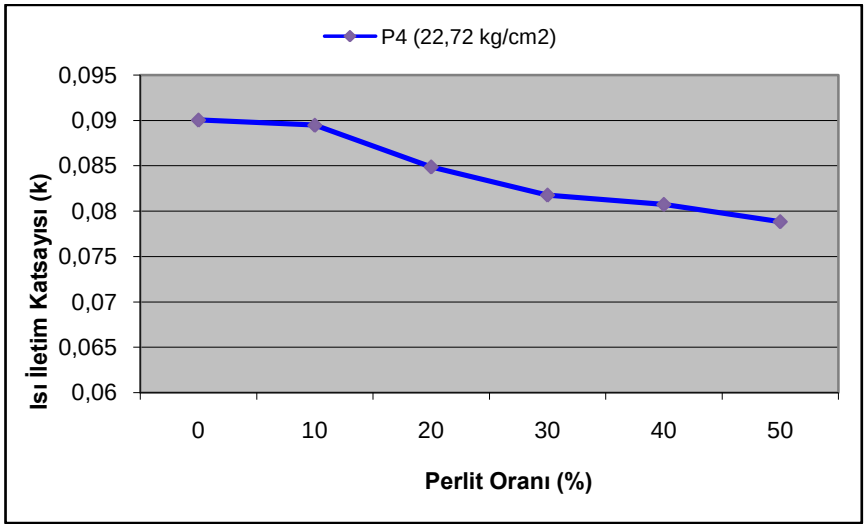
Perlit Oranı	**Odun Talaşı Oranı**	**Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı**	**Pres Basıncı (kg/ cm^2)**	**Isı İletim Katsayısı (W/mK)**
%0	%85,84	%14,16	15,17	0,08932
%08,59	%77,25	%14,16	15,17	0,08723
%17,17	%68,67	%14,16	15,17	0,08399
%25,75	%60,09	%14,16	15,17	0,08169
%34,34	%51,50	%14,16	15,17	0,07946
%42,92	%42,92	%14,16	15,17	0,07616



Şekil 6.1.3 15,17 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi

Tablo 6.1.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının ısı iletim katsayısına etkisi

Perlit Oranı	**Odun Talaşı Oranı**	**Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı**	**Pres Basıncı (kg/ cm^2)**	**Isı İletim Katsayısı (W/mK)**
%0	%85,84	%14,16	22,72	0,09004
%08,59	%77,25	%14,16	22,72	0,08947
%17,17	%68,67	%14,16	22,72	0,08488
%25,75	%60,09	%14,16	22,72	0,08178
%34,34	%51,50	%14,16	22,72	0,08075
%42,92	%42,92	%14,16	22,72	0,07885



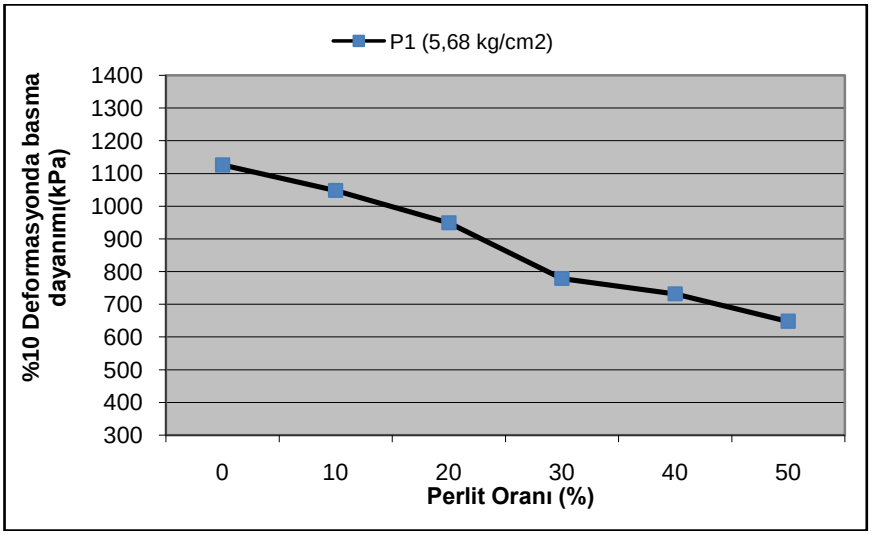
Şekil 6.1.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının ısı iletim katsayısına etkisi

6.2 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Basma Dayanımına Etkisi

Bu deneyde, 6 farklı karışım oranlarına sahip karışım, 4 farklı pres basıncında preslenerek karışım oranlarının ve pres basınçlarının basma dayanımına etkisi incelendi. Deney sonuçları Tablo6.2.1, Tablo6.2.2, Tablo6.2.3 ve Tablo6.2.4'de verildi.

Tablo 6.2.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi

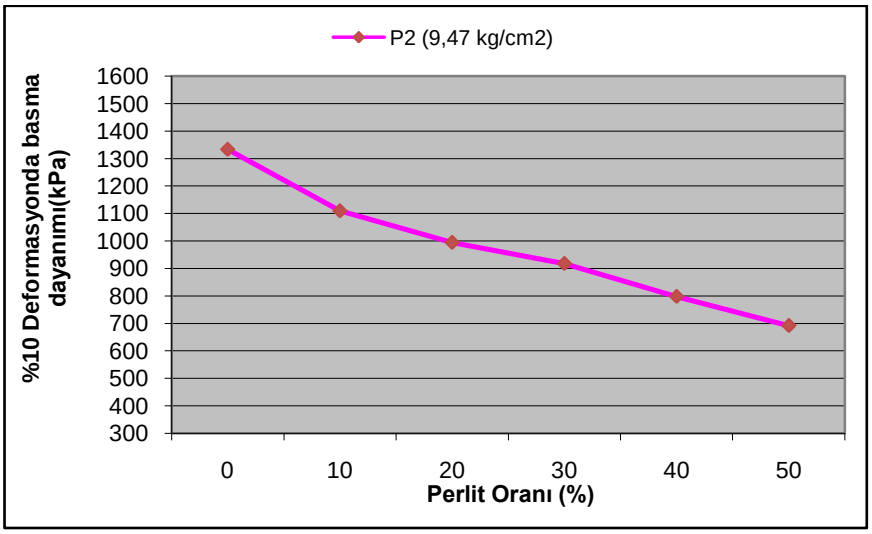
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Basma Dayanımı (kPa)
%0	%85,84	%14,16	5,68	1126
%08,59	%77,25	%14,16	5,68	1048
%17,17	%68,67	%14,16	5,68	949
%25,75	%60,09	%14,16	5,68	779
%34,34	%51,50	%14,16	5,68	732
%42,92	%42,92	%14,16	5,68	648



Şekil 6.2.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi

Tablo 6.2.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi

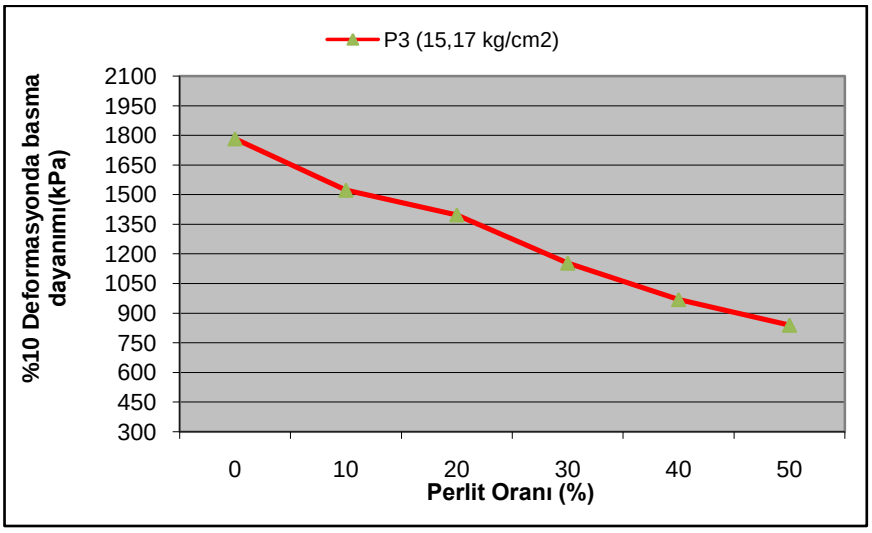
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Basma Dayanımı (kPa)
%0	%85,84	%14,16	9,47	1334
%08,59	%77,25	%14,16	9,47	1110
%17,17	%68,67	%14,16	9,47	995
%25,75	%60,09	%14,16	9,47	918
%34,34	%51,50	%14,16	9,47	798
%42,92	%42,92	%14,16	9,47	692



Şekil 6.2.2 9,47 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi

Tablo 6.2.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi

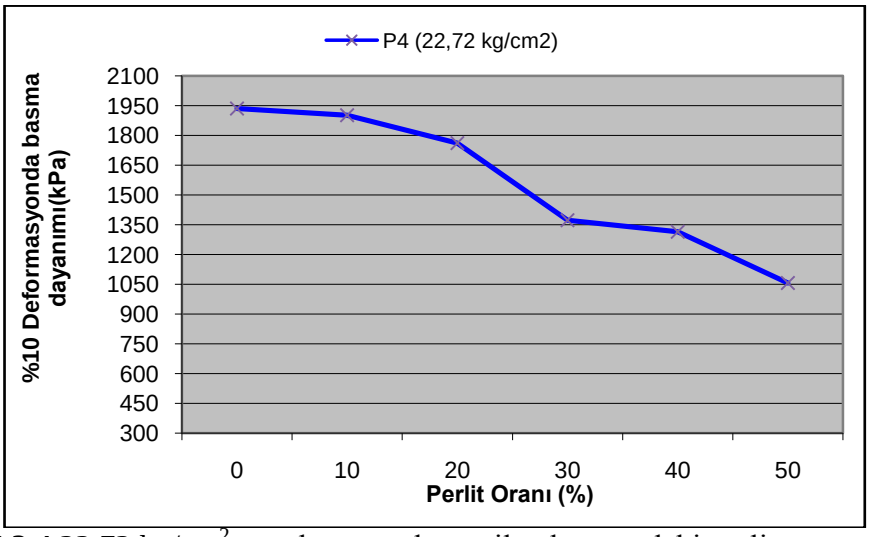
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Basma dayanımı (kPa)
%0	%85,84	%14,16	15,17	1782
%08,59	%77,25	%14,16	15,17	1522
%17,17	%68,67	%14,16	15,17	1397
%25,75	%60,09	%14,16	15,17	1153
%34,34	%51,50	%14,16	15,17	969
%42,92	%42,92	%14,16	15,17	839



Şekil 6.2.3 15,17 kg/cm2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi

Tablo 6.2.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit / Odun Talaşı karışım oranlarının basma dayanımına etkisi

Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Basma dayanımı (kPa)
%0	%85,84	%14,16	22,72	1936
%08,59	%77,25	%14,16	22,72	1902
%17,17	%68,67	%14,16	22,72	1761
%25,75	%60,09	%14,16	22,72	1373
%34,34	%51,50	%14,16	22,72	1314
%42,92	%42,92	%14,16	22,72	1056



Şekil 6.2.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının %10 deformasyonda basma dayanımına etkisi

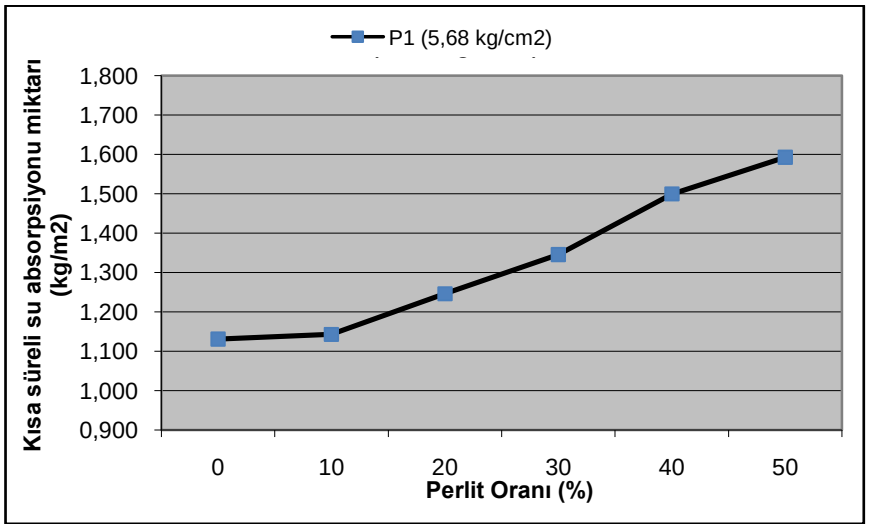
6.3 Farklı Basınçlarda Preslenen Levhalardaki Perlit – Odun Talaşı Oranının Su Absorpsiyon Miktarına Etkisi

Bu deneyde, 6 farklı karışım oranlarına sahip karışım, 4 farklı pres basıncında preslenerek karışım oranlarının ve pres basınçlarının basma dayanımına etkisi

incelendi. Deney sonuçları Tablo6.3.1, Tablo6.3.2, Tablo6.3.3 ve Tablo6.3.4'de verildi.

Tablo 6.3.1 5,68 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi

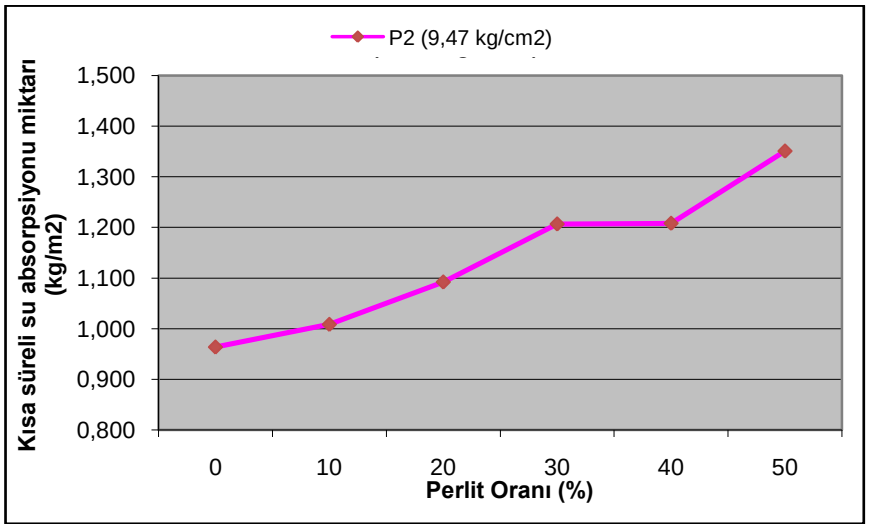
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Su Emme Oranı (kg/m^2)
%0	%85,84	%14,16	5,68	1,130
%08,59	%77,25	%14,16	5,68	1,142
%17,17	%68,67	%14,16	5,68	1,246
%25,75	%60,09	%14,16	5,68	1,345
%34,34	%51,50	%14,16	5,68	1,499
%42,92	%42,92	%14,16	5,68	1,592



Şekil 6.3.1 5,68 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi

Tablo 6.3.2 9,47 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi

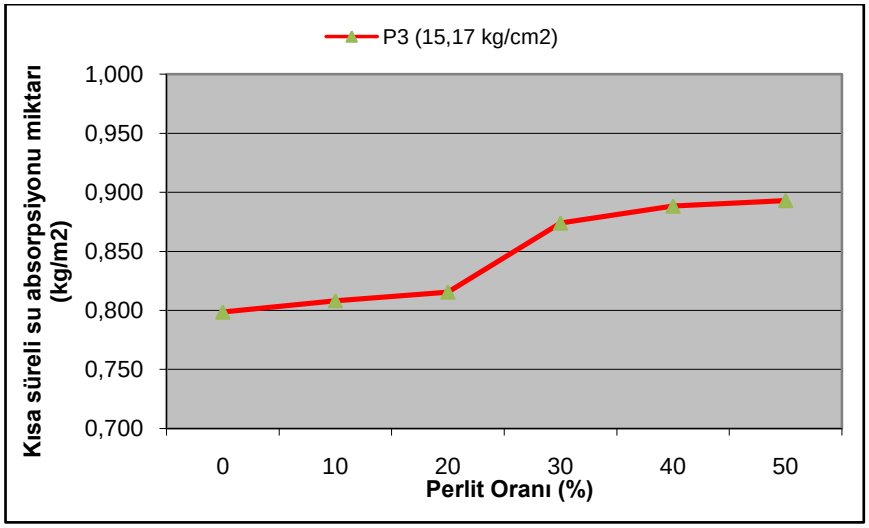
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Su Emme Oranı (kg/m^2)
%0	%85,84	%14,16	9,47	0,964
%08,59	%77,25	%14,16	9,47	1,008
%17,17	%68,67	%14,16	9,47	1,092
%25,75	%60,09	%14,16	9,47	1,207
%34,34	%51,50	%14,16	9,47	1,208
%42,92	%42,92	%14,16	9,47	1,351



Şekil 6.3.2 9,47 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi

Tablo 6.3.3 15,17 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi

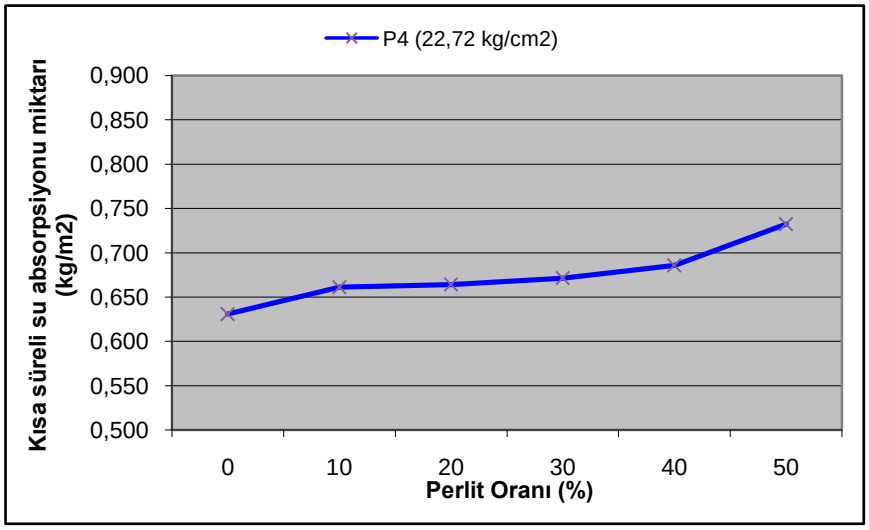
Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Su Emme Oranı (kg/m^2)
%0	%85,84	%14,16	15,17	0,798
%08,59	%77,25	%14,16	15,17	0,808
%17,17	%68,67	%14,16	15,17	0,815
%25,75	%60,09	%14,16	15,17	0,874
%34,34	%51,50	%14,16	15,17	0,888
%42,92	%42,92	%14,16	15,17	0,893



Şekil 6.3.3 15,17 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi

Tablo 6.3.4 22,72 kg/cm^2'de Basılan Levhalardaki Perlit - Odun Talaşı karışım oranlarının su emmeye etkisi

Perlit Oranı	Odun Talaşı Oranı	Bağlayıcı + Sertleştirici Oranı	Pres Basıncı (kg/ cm^2)	Su Emme Oranı (kg/m^2)
%0	%85,84	%14,16	22,72	0,631
%08,59	%77,25	%14,16	22,72	0,661
%17,17	%68,67	%14,16	22,72	0,664
%25,75	%60,09	%14,16	22,72	0,671
%34,34	%51,50	%14,16	22,72	0,686
%42,92	%42,92	%14,16	22,72	0,732



Şekil 6.3.4 22,72 kg/cm^2 pres basıncında üretilen karışımdaki perlit oranının su absorpsiyonu miktarına etkisi

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada atık odun talaşından ısı yalıtımlı dış cephe kaplama levhası üretilebilirliği araştırıldı. Atık odun talaşı ısı iletim katsayısı düşük olan perlit ile karıştırılarak sıcak preslendi. Karışım içindeki perlit oranının ve pres basıncının levhanın ısı iletim katsayısına, basma dayanımına ve su absorpsiyon miktarına etkisi incelendi.

7.1 Sonuç

Şekil 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3. ve 6.1.4'de düşük basınçta preslenen levhaların ısı iletim katsayısının daha düşük çıktığı görülmektedir. Düşük basınçta preslenen levhaların içindeki boşluklu yapı ısı iletim katsayısını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca levhaların içindeki perlit miktarının artmasıyla levhanın ısı iletim katsayısı da azalmıştır. Pres basıncı arttıkça ısı iletim katsayısı azalmıştır. Bu durum içindeki durgun hava sayesinde ısı iletim katsayısı düşük olan genleştirilmiş perlitin basınç altında preslenmesi sonucunda ezilerek boşluklu yapısının bozulmasından kaynaklanmaktadır. Perlitin yalıtım özelliğinden yararlanabilmek için daha düşük basınçlarda preslenmesi gerekmektedir.

Şekil 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3. ve 6.2.4 incelendiğinde yüksek basınçla preslenen levhaların basma dayanımının daha yüksek olduğu görülür. Bu durum yüksek basınçtan dolayı levhanın içindeki boşluklu yapının kaybolması ile açıklanabilir. Perlit miktarının artmasıyla levhanın basma dayanımının azaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3. ve 6.3.4'de pres basıncı ile su absorpsiyon miktarının ters orantılı olduğu açıkça görülmektedir. Pres basıncı düştükçe su absorpsiyon miktarı artmaktadır. Düşük pres basıncında üretilen levha içindeki hava boşluklarının yerini

su almaktadır. Ayrıca levha içerisindeki perlit miktarı arttıkça levhanın bünyesine aldığı su miktarında artma olduğu gözlemlenmiştir.

Üretilen levhaların ısı iletim katsayısı günümüzde kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısından yüksek çıkmıştır. Su absorpsiyon miktarı da yüksektir. Yalıtım malzemesinin bünyesine su alması ısı iletim katsayısının önemli oranda artmasına sebep olmakta ve kullanma ömrünü azaltmaktadır.

Üretilen levhanın bu haliyle dış cephe kaplama elemanı olarak kullanılamayacağı düşünülmektedir. Isı iletim katsayısının ve su absorbe yeteneğinin iyileştirilmesine ihtiyaç vardır.

7.2 Öneriler

Günümüzde kullanılan yalıtım malzemelerinin büyük bir kısmı, ithal bir hammadde olan petrolden üretilmektedir. Atık talaşın katma değeri yüksek olan yalıtım malzemesinin hammaddesi olarak kullanılması ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayacaktır. Odun talaşının olumsuz özelliklerinin giderilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Su absorbe yeteneği iyileştirilmelidir. Yangın mukavemeti araştırılmalı ve yanıcı olarak bilinen talaşın yangın mukavemetinin artırılması için çalışmalar yapılmalıdır.

BÖLÜM 8

KAYNAKLAR

(1) Binyıldız, E., Isı Yalıtımı ve Faydaları, Tesisat Mühendisliği Dergisi, s.28-29, 1993.

(2) Oral, G. K , Binalarda Isı Yalıtımı ve Enerji Verimliliği, 25.Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Ankara, 2006.

(3) Işıkel K., Isı Yalıtımı ve Türkiye'deki Kullanım Düzeyi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, s.35,1993.

(4) http://tdkterim.gov.tr

(5) Ekinci, C. E., Yalıtım Teknikleri, Atlas yayınları, İstanbul, 2003.

(6) Hinginar, F. F., Türkiye'deki Isı Yalıtım Yönetmelikleri Standartlar ve Denetim, Tesisat Mühendisliği Dergisi, s38, 1993.

(7) Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Binalarda Enerji Verimliliği Proje Bülteni, 2004.

(8) Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Enerji Yöneticileri Değerlendirme Toplantısı, 2004.

(9) Dağsöz, A. K., Bayraktar, K. G., Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Isı Yalıtımıyla Sağlanan Kazançlar, Yalıtım Kongresi ve Sergisi, 2001.

(10) ÖZTEMİR, M. H., Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu 2.Doğalgaz & Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi, Gaziantep, s221-230, 2003.

(11) www.mtminsaat.com

(12) www.pud.org.tr

(13) AKINCITÜRK, N., Yapılarda, Yangın Güvenliği Kapsamında Taşıyıcı Sistem ve Malzemeye Yönelik Sorunların Mimari Açıdan İncelenmesi, s85-90, 2000.

(14) BERKMEN, G., Endüstriyel Yapılarda Çatı ve duvar Elemanlarının Yangına Karşı Korunumu, Yangın Güvenlik Kongresi Bildiriler Kitabı, Bursa, s52-62, 2000.

(15) Kutoğlu F., Yüksek Sıcaklık Yalıtımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, s43-45, 1993.

(16) Koçu, N., Korkmaz S. Z., Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi, Tesisat Mühendisliği Süreli Teknik Yayın, pp 35-43, 2003.

(17) Altınışık, K., Isı Yalıtımı, Nobel yayınları, Ankara, 2006.

(18) www.hbyapi.com

(19) DİZ, T., Isı Yalıtımı İle Enerjinin Verimli Kullanılması, 2.Doğalgaz & Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi, Gaziantep, s210-218, 2003.

(20) www.kimyamuhendisi.com

(21) Eriç, M., Dünün ve Bugünün Ahşap ve Ahşaptan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapıda Rasyonel Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, 1972.

(22) Güller, B., Odun Kompozitleri, S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, v=2, pp135-160, 2001.

(23) Binici, G., (2005) Isı Yalıtım Malzemeleri ve Arpa Samanından Isı İletim Katsayısı Düşük Malzeme Üretimi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

(24) Devecioğlu, A.G., (2001) Gözenekli Yapı Taşlarında Isı İletim Parametrelerinin İncelenmesi, Frat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

(25) Atmaca,H.M., (1992) Gözenekli Yapı Taşlarında Isı İletim Parametrelerinin İncelenmesi, Çanakkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

(26) Altınışık,A., (2001) Niğde ve Yöresinde Bulunan Pomzanın Yüksek Isı ve Ses Yalıtım Özelliğine Sahip Poliüretan Destekli Briket İmalatında Kullanımının Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

(27) Göker, Y., ve Akbulut T., Yonga Levha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler, "ORENKO 92" I. Ulusal Orma Ürünleri Endüstri Kongresi, Bildiri Metinleri, 1. Cilt, Trabzon, s.269-287 (1992)

(28) Nemli, G., (1995) Melamin Emdirilmiş Kağıtlarla Kaplamanın Yonga Levha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

(29) Lee, P., (1989) Study On Combustion Properties Of Some Wood Based Materials Treated With Fire Retarding Coating By Oxygen Index Method. Seoul National University Journal Of Agricultural Sciences, Seoul, Kore, pp. 205-210.

(30) Yalınkılıç, M.K., Örs, Y., Ay, N., Baysal, E., Demirci, Z., (1997) Çeşitli Emprenye Maddelerinin Duglas (Pseudosuga Menziessi (Mirb) Franco) Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkisi. Türk Tarım Ve Ormancılık Dergisi, Seri:21, Sayı:5, Ankara, s.433-444.

(31) Örs, Y., Atar, M., Peker, H., (1999a) Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerinin Bazı Borlu Bileşikler Ve Su İtici Maddelerin Etkileri. Türk Tarım Ve Ormancılık Dergisi, Tübitak Yayınları, Ankara, s. 501-509.

(32) Aslan, S., Özkaya, K., (2004) Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Sayı:2 s.122-140.

(33) Hafızoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., (1994) Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirme İmkanları, TOAG-875, Tübitak, Trabzon.

(34) Var, A.Ali., Yıldız, Ü.C., Kalaycıoğlu, H., (2002) Çeşitli Emprenye Maddelerinin Yongalevhanın Mekanik Özelliklerine Etkisi,Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Sayı:1; s:19-38.

(35) Keskin, H., (2004) Su Buharı Etkisindeki Etiket Yongalı Levha'da (WFB) Verniklemenin Boyut Değişimine Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Sayı:1; s:135-144.

(36) Gündüz, G., Masraf, Y., (2005) Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi Sayı: s:58-71

(37) Altınışık, K., (2001) Niğde Yöresi Pomza Taşının Isı, Ses ve Yüzey Kaplama Elemanı Olarak Kullanılması, DPT projesi, Proje No:97K121980, Niğde.

(38) Biçer, Y., Pıhtılı, K., Ayhan, T., (1991) Gözenekli Katı Malzemelerde Isı İletimi Hesabı İçin Kuramsal Bir Model, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt14, s:4-9

(39) Altınışık, K., (2004) Uygulamalarla Isı Transferi, Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı.

(40) Dal, A. R., (1998) Niğde Yöresi Pomza Taşının Isı ve Ses Yalıtımında Kullanılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde

(41) TS ISO 8301 - Isı Yalıtımı - Kararlı Halde Isıl Direncin Ve İlgili Özelliklerin Tayini – Isı Akış Sayacı Cihazı

(42) TS EN 826 - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Basınç Dayanımının Tayini

(43) TS EN 1609 - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Kısmi Daldırma İle Kısa Süreli Su Absorpsiyonunun Tayini

EK 1 Isı Akış Ölçer Cihazı İçin Belirsizlik Analizi

$$k = 0{,}5(f_1 e_1 + f_2 e_2)\frac{d}{\Delta T}$$

Burada;

k= Isı iletim katsayısı

f_1 = Sıcak plakadaki ısı akış sayacının kalibrasyon faktörü, W/mV.m^2

f_2 = Soğuk plakadaki ısı akış sayacının kalibrasyon faktörü, W/mV.m^2

e_1 = Sıcak plakadaki ısı akış sayacının çıktısı, mV

e_2 = Soğuk plakadaki ısı akış sayacının çıktısı, mV

d= Deney parçasının ortalama kalınlığı

ΔT= Sıcak plaka ile soğuk plaka arasındaki sıcaklık farkı, K dır.

Sistemde ölçülmek istenen büyüklük k, k'nın hata oranı w_k formüldeki değişkenlere ait hata oranları w_{f1}, w_{f2}, w_{e1}, w_{e2}, w_d, $w_{\Delta T}$'dir. k'nın hata oranı w_k eşitlik1deki gibidir.

$$w_k=[(\frac{\partial k}{\partial f1}*w_{f1})^2+(\frac{\partial k}{\partial f2}*w_{f2})^2+(\frac{\partial k}{\partial e1}*w_{e1})^2+(\frac{\partial k}{\partial e2}*w_{e2})^2+(\frac{\partial k}{\partial d}*w_d)^2+(\frac{\partial k}{\partial \Delta T}*w_{\Delta T})^2]^{1/2} \quad (1)$$

f_1=12,397 W/mV.m^2

w_{f1}=0,02

f_2=12,961 W/mV.m^2

w_{f2}=0,02

e_1=4,823 mV

w_{e1}=0,006

e_2=4,595 mV

w_{e2}=0,006

d=0,022669 m

w_d=0,000005

ΔT=20,1 K

$w_{\Delta T}$=0,01

$k=0,5(12,397*4,823+12,961*4,595)*\frac{0,022669}{20,1} = 0,06760$

$\frac{\partial k}{\partial f1}=\frac{e1*d}{2\Delta T}=\frac{4,823*0,022669}{2*20,01} = 0,0027319487$

$\frac{\partial k}{\partial f2}=\frac{e2*d}{2\Delta T}=\frac{4,595*0,022669}{2*20,01} = 0,0026028$

$\frac{\partial k}{\partial e1}=\frac{f1*d}{2\Delta T}=\frac{12,397*0,022669}{2*20,01} = 0,0070221787$

$\frac{\partial k}{\partial e2}=\frac{f2*d}{2\Delta T}=\frac{12,961*0,022669}{2*20,01} = 0,0073416519$

$\frac{\partial k}{\partial d}=\frac{e1*f1+e2*f2}{2\Delta T}=\frac{4,823*12,397+4,595*12,961}{2*20,01} = 2,982172064$

$\frac{\partial k}{\partial \Delta T}=\frac{[(e1*f1)+(e2*f2)]*d}{2\Delta T^2}=\frac{(4,823*12,397+4,595*12,961)*0,022669}{2*20,01^2} = 0,0033784537$

$w_k=[(0,0027319487*0,02)^2+(0,0026028000*0,02)^2+(0,0070221787*0,006)^2+(0,0073$

$416519*0,006)^2+(2,9821720640*0,000005)^2+(0,0033784537*0,01)^2]^{1/2}$

$w_k= 0,0001038006$

$\%\ w_k=\frac{0,0001038006}{0,06760}*100$

$\%\ w_k=0,15355$