

**T.C.**  
**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI**

**HİDROFOBİK OLARAK AKTİVE EDİLMİŞ KİL KATKILI DOĞAL  
LİFLERLE KOMPOZİT YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ VE  
MALZEMELERİN ISI TRANSFER KATSAYISILARININ BELİRLENMESİ**

**Halil İbrahim YAVUZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Jülide ERKMEN**

**HAZİRAN-2019**

**KARS**



T.C.  
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI



**HİDROFOBİK OLARAK AKTİVE EDİLMİŞ KİL KATKILI DOĞAL  
LİFLERLE KOMPOZİT YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ VE  
MALZEMELERİN ISI TRANSFER KATSAYISILARININ BELİRLENMESİ**

**Halil İbrahim YAVUZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

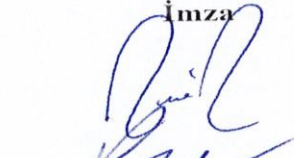


**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Jülide ERKMEN**

**HAZİRAN-2019**

**KARS**

T.C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Halil İbrahim YAVUZ'un Doç. Dr. Jülide ERKMEN danışmanlığında Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı "Hidrofobik Olarak Aktive Edilmiş Kil Katkılı Kompozit Yalıtım Malzemesi Üretimi Ve Malzemenin Isı Transfer Katsayısının Belirlenmesi" adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

Adı ve Soyadı		İmza
Başkan	: Dr. Öğr. Üyesi Nesrin ADIGÜZEL	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Benek Hamamcı	
Üye	: Doç.Dr.Jülide ERKMEN	
Üye	:	
Üye	:	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun . . / . . / 20. . gün ve . . .  
. . . / . . . . . sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Doç. Dr. Fikret AKDENİZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



**Halil İbrahim YAVUZ**

**27.06.2019**

## ÖZET

(Yüksek Lisans Tezi)

### HİDROFOBİK OLARAK AKTİVE EDİLMİŞ KİL KATKILI DOĞAL LİFLERLE KOMPOZİT YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ VE MALZEMELERİN ISI TRANSFER KATSAYISILARININ BELİRLENMESİ

Halil İbrahim YAVUZ

Kafkas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Termodinamik Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Jülide ERKMEN

İnsan nüfusunun artışıyla birlikte azalan enerji kaynakları enerjiyi daha değerli hale getirmiştir. Hatta bu konu ülkeler arasında artık savaşlara sebep olmaktadır. Enerji tüm ülkelerin ekonomisi için önemli bir unsurdur. Kullanılan enerji kaynaklarının hızla azalması enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Bunu önlemenin en kolay yollarından biri ise yalıttır. Fakat hali hazırda var olan yalıtım malzemeleri de genellikle petrokimyasal maddelerden üretilmektedir. Bu tür malzemelerin çevre açısından sera gazı salınımı çok yüksektir. Bu çalışmada tüm bu olumsuzluklar düşünülerek doğal materyaller kullanılarak yeni bir ısı yalıtım malzemesi üretimi yoluna gidilmiştir. Üretilen ısı yalıtım malzemesi numunelerinde yün, kenaf ve buğday samanı lif olarak, kil ise dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Tüm malzemeleri bir arada tutmak için bağlayıcı olarak su bazlı PVA bağlayıcı kullanılmıştır. Üretim esnasında kilin tanecik boyutu, lif tipi, lif katkı oranı ve kil katkı oranı parametre olarak belirlenmiş ve bu parametreler için üretilen malzemelerin ısı transfer katsayıları

ölçülmüştür. Üretilen malzemeler arasında Lif 2 olarak isimlendirilen malzeme 0,061 W/mK ısı transfer katsayısı ve 4,9 MPa basma dayanıma ile Avrupa standartlarına uygun olduğu görülmüştür. Tamamıyla doğada çözünebilir zehirli gaz salınımı olmayan doğa dostu bir malzeme üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı Yalıtımı, Doğal Lif, Isı Transfer Katsayısı, Hidrofobik Kil

**2019, 83 Sayfa**



## SUMMARY

(M. Sc. Thesis)

### COMPOSITE INSULATION MATERIAL PRODUCTION WITH HYDROPHOBIC ACTIVATED CLAY ADDED NATURAL FIBER AND DETERMINATION OF HEAT TRANSFER COEFFICIENTS OF THESE MATERIALS

Halil İbrahim YAVUZ

Kafkas University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Thermodynamics

**Supervisor:** Doç. Dr. Jülide ERKMEN

With the increase of the human population, the decreasing energy sources have made the energy more valuable. In fact, this issue is causing wars between countries. Energy is an important issue for the economy of all countries. The rapid decrease in the energy resources used has made energy saving compulsory. One of the easiest ways to prevent this is insulation. However, the existing insulating materials are generally produced from petrochemicals. Greenhouse gas emissions of such materials are very high in terms of environment. In this study, considering all these negativities, a new thermal insulation material production was made by using natural materials. Wool, kenaf and wheat straw were used as fiber and clay was used as filling material in the samples of thermal insulation produced. Water-based PVA binder is used as binder to combined all materials together. During production, particle size, fiber type, fiber additive ratio and clay additive ratio and clay particle size were determined as parameters and the heat transfer coefficients of the materials produced for these parameters were measured. Among the produced materials, the so-called Fiber 2 was found to meet European standards with a heat transfer coefficient of 0.061 W/mK and a compressive

strength of 4.9 MPa. A completely eco-friendly thermal insulation material was produced, that Fully can be soluble in nature and without greenhouse gas emissions.

**Key Words:** Heat Insulation, Natural Fiber, Heat Transfer Coefficient, Hydrophobic Clay

**2019, 83 Page**





## ÖNSÖZ

Öncelikle, küresel iklim değişiminin etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla, alınması gereken önlemleri almak için geç kaldığımızı belirtmeliyim. Her geçen gün etkilerini daha yakından hissettiğimiz bu değişim ve dönüşümün dünyamıza ve evrenimize olumsuz etkilerinin ne yazık ki geç farkına varılmıştır. Bu konular ile ilgili çalışmalar yaparak görüşlerini belirten, çok kıymetli bilim insanlarının düşüncelerini anlamak için geç kalınmıştır. Bunların sonucunda küresel iklim değişikliğinin etkisi her gün daha yoğun şekilde hissedilmektedir. Günümüzde küresel ısınma olarak isimlendirdiğimiz bu olayın buzulların erimesi, denizlerin su seviyesinde yükselme, fırtına ve sel felaketlerinin sıklaşması, buharlaşma miktarında artış ve kuraklık gibi etkilerini belirgin şekilde görülmektedir.

Bu çalışmada doğal ürünler kullanarak iyi bir ısı yalıtımı malzemesi, iyi bir su yalıtımı malzemesi ve iyi bir ses yalıtım malzemesi üretebilmek adına çalışılmıştır. Amacımız kapitalist dünya düzeninin vermiş olduğu zararlara dur diyebilecek adımlardan birini atabilmektir. Yün, saman, keten, kil vb. doğal ürünleri değerlendirerek bu ürünlerin yalıtım özelliklerinden faydalanarak doğal bir kompozit malzeme üretebilmek amaçlanmıştır. Üretmeye çalıştığımız bu yalıtım malzemesi ile yapay yalıtım malzemelerinin önüne geçmek hedeflenmiştir. Bu çalışmadan beklediğimiz olumlu sonuçlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

Bina yalıtım malzemesi hammaddesi olarak yapay ürünlerin kullanımı azalacak doğal malzemelerin kullanımı artacak böylece atmosfere karışan zararlı atık miktarı azalacaktır.

Üzerinde çalışmış olduğumuz ürünlerin teminleri kolay, maliyetleri yok denecek kadar az ve ülkemizde de bol miktarda bulunabilen ürünler olması açısından değerlendirildiğinde ülke ekonomisine canlılık katacağı aşıkardır.

Ülkenin hem hammadde hem de enerji bağımlılığı açısından dış bağımlılığını azaltacak bir faktöre sahip olacaktır.

Bina yalıtımları sayesinde enerji verimliliği artacaktır, atık gaz miktarı azalacak, böylece küresel ısınmanın ilerlemesinin önüne geçilecektir.

**İmza**  
**Halil İbrahim YAVUZ**

## **TEŞEKKÜR**

Gerek eđitim dđnemim boyunca, gerekse bu çalıőmanın gerçekleŐtirilebilmesi için, benden hiçbir desteđi esirgemeyen, motivasyonumu hep űst seviyede tutabilmemi sađlayan, tűm samimiyetiyle bana yardımcı olabilmek için elinden gelenin fazlasını yapmaya çalıőan, deđerli zamanını benden hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli Danıőman Hocam Doç. Dr. Jűlide ERKMEN'e sonsuz teŐekkűrlerimi sunuyorum. Kıymetli zamanını ayırarak bu çalıőmanın her aŐamasında bűyűk emek ve çaba sahibi olan deđerli meslektaőım Mihriban SARI' ya tűm destekleri için çok teŐekkűr ederim. Beraber geçireceđimiz zamandan, kendilerine gđstermem gereken ilgiden tasarrufta bulunarak, çalıőmama yođunlaŐtıđım sűre boyunca benden sabır ve desteklerini esirgemeyen çalıőmalarımın en bűyűk destekçileri; en kıymetlim Hilal DAŐDEMİR'e ,en bűyűk Őansım olan aileme ve çok deđerli DaŐdemir Ailesine, teŐekkűr ediyor ve Őűkranlarımı sunuyorum. Eđitim ve űđretim hayatım boyunca bana birbirinden deđerli kazanımlar, bilgiler sunan geleceđimin Őekillenmesinde bűyűk emekleri olan, birbirinden kıymetli tűm űđretmenlerime ve hocalarıma çok teŐekkűr eder saygılarımı sunarım.

**Halil İbrahim YAVUZ**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET.....</b>	<b>IV</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>VI</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>IX</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>X</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>	<b>XIII</b>
<b>TABLolar DİZİNİ .....</b>	<b>XV</b>
<b>SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>XVI</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1.    Yalıtım Malzemeleri.....	2
1.1.1.    Yalıtımın Faydaları.....	4
1.1.2.    Konfor Şartları.....	4
1.1.3.    Bireysel Faydalar.....	5
1.1.4.    Ülke Ekonomisine Olan Faydalar .....	5
1.2.    Yalıtım Türleri.....	6
1.2.1.    Isı Yalıtımı.....	6
1.2.2.    Su Yalıtımı .....	6
1.2.3.    Ses Yalıtımı .....	7
1.2.4.    Yangına Karşı Yalıtım.....	7
1.3.    Doğal Yalıtım Malzemeleri.....	8
1.3.1.    Kenevir .....	8
1.3.2.    Koyun Yünü .....	10
1.3.3.    Kenaf .....	10
1.3.4.    Selüloz.....	11

1.3.5.	Pamuk.....	11
1.3.6.	Ahşap Yünü Levhalar.....	12
1.3.7.	Bambu .....	13
1.3.8.	Mantar Yalıtım Malzemeleri .....	14
1.3.9.	Soya Fasulyesi.....	14
1.3.10.	Saman .....	15
1.4.	Kompozit Malzemeler.....	16
1.4.1.	Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	17
1.4.1.1.	Yapılarını Oluşturan Malzemelere Göre Kompozit Malzemeler .....	18
1.4.1.1.1.	Plastik Matrisli Kompozitler .....	18
1.4.1.1.2.	Metal Matrisli Kompozitler.....	20
1.4.1.1.3.	Seramik Kompozitler .....	20
1.4.1.2.	Yapısal Bileşenlerinin Şekline Göre Kompozit Malzemeler .....	21
1.4.1.2.1.	Partikül Esas Kompozitler.....	21
1.4.1.2.2.	Fiber Esaslı Kompozitler.....	21
1.4.1.2.3.	Tabaka Yapılı Kompozitler (Lamine Kompozitler).....	22
1.4.1.2.4.	Dolgu Yapılı Kompozitler.....	22
1.5.	Yalıtım Malzemesi Olarak Saman.....	23
1.5.1.	Çevresel Faydalar ve Sürdürülebilirlik.....	25
1.5.2.	Depreme Dayanıklılık .....	25
1.6.	Yalıtım Malzemesi Olarak Yün.....	26
1.7.	Yalıtım Malzemesi Olarak Keten.....	26
1.8.	Yalıtım Malzemesi Olarak Kil .....	27
1.9.	Literatür Araştırması .....	27
<b>2.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>34</b>
<b>3.</b>	<b>BULGULAR.....</b>	<b>45</b>

3.1.	Kullanılan Organik Lif Türüne Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi .....	49
3.2.	Kullanılan Kil Miktarına Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi .....	50
3.3.	Kullanılan Kil Boyutuna Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi .....	51
<b>4.</b>	<b>TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>54</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>58</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>65</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Yangına Karşı Yalıtım Çeşitleri [15].....	8
Şekil 1.2. Kenevir Levha [18].....	9
Şekil 1.3. Koyun Yünü [20].....	10
Şekil 1.4. Kenaf Lifleri [16].....	11
Şekil 1.5. Selüloz Levha [25].....	11
Şekil 1.6. Pamuk Levha [26].....	12
Şekil 1.7. Ahşap Yünü Levha [28].....	13
Şekil 1.8. Bambu [31].....	13
Şekil 1.9. Mantar Levha [32].....	14
Şekil 1.10. Saman Levhalar [37].....	16
Şekil 1.11. Albuquerque, New Duvar Konstruksiyonu Mexico İklimi: Alternatif ve Performans Analizi [40].....	24
Şekil 1.12. Cedar Şehri, Utah İklimi: Alternatif Duvar Konstruksiyonu ve Performans Analizi [40]. .....	24
Şekil 2. 1. Üretimde kullanılan doğal lifler ve Kil.....	34
Şekil 2. 2. Kullanılan liflerin mikroskopik görünümü.....	35
Şekil 2. 3. Kullanılan silanın molekül yapısı.....	36
Şekil 2. 4. PVA kopolimer reçinenin kimyasal yapısı.....	37
Şekil 2. 5. Jeotest marka elek seti ve elenip boyutlarına ayrılmış kil numuneleri.....	37
Şekil 2. 6. Elenip boyutlarına ayrılmış kil numuneleri.....	38
Şekil 2. 7. Tartım işlemleri için kullanılan hassas terazi.....	38
Şekil 2. 8. Üretim sisteminin akış şeması.....	39
Şekil 2. 9. Kurutma işleminde kullanılan etüv.....	40
Şekil 2.10. Tepsilerde kurutulan hidrofobik hale getirilmiş kil numuneleri.....	40
Şekil 2. 11. Kompozit üretiminde kullanılan kalıplar (kalıp boyutları 115x15x7 cm dir).....	41
Şekil 2. 12. Hidrokar marka hidrolik pres makinası.....	42
Şekil 2. 13. Kül Fırını.....	43
Şekil 2. 14. THERMTEST marka HFM-100 model ısı iletkenlik ölçüm cihazı.....	43

<b>Şekil 2.15.</b> THERMTEST marka HFM-100 model cihazın ölçüm prensibinin gösterimi .....	44
<b>Şekil 2. 16.</b> AOTOTEST 300 ton kapasiteli yükleme aleti.....	44
<b>Şekil 3. 1.</b> Silan ile hidrofobik hale getirilmiş kil numuneleri.....	45
<b>Şekil 3. 2.</b> Hidrofobik hale gerdirilmiş kil numunelerine kile 2 ml su dökülmesi sonrası görünümleri .....	45
<b>Şekil 3. 3.</b> Hidrofobik hale gerdirilmiş kil numunelerine kile 2 ml su dökülmesi ve bir saat sonrası görünümleri .....	46
<b>Şekil 3. 4.</b> Ham kile dökülen suyun yakın görünümü.....	46
<b>Şekil 3. 5.</b> Hidrofobik kile suyun yakın görünümü.....	47
<b>Şekil 3. 6.</b> Yalıtım malzemelerinin ısı transfer katsayılarındaki değişim .....	48
<b>Şekil 3. 7.</b> Yalıtım malzemelerinin kullanılan doğal lif türüne göre ısı transfer katsayıları .....	49
<b>Şekil 3. 8.</b> Yalıtım malzemelerinin kullanılan 2000 Meshlik kilin katılma oranına göre ısı transfer katsayıları .....	50
<b>Şekil 3. 9.</b> Yalıtım malzemelerinin aynı oranda kullanılan kilin tane boyutunun değişimiyle ısı transfer katsayılarının değişimi .....	51
<b>Şekil 3. 10.</b> Üretilen yalıtım malzemelerine maksimum dayanabileceği basma gerilmeleri. ....	52
<b>Şekil 3. 11.</b> Üretilen yalıtım malzemeleri üzerine maksimum uygulanabilecek kuvvetler.....	52

## TABLULAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2. 1.</b> Kullanılan kilin içeriği .....	35
<b>Tablo 2. 2.</b> Silanın Teknik Verileri.....	36
<b>Tablo 2. 3.</b> Vinil Asetat-Akrilik Ester teknik özellikleri .....	36
<b>Tablo 2. 4.</b> Numunelerin bileşimi.....	41
<b>Tablo 3. 1.</b> Numunelerin yoğunlukları .....	48





## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

PVC	Polivinil Klorür
W/mK	Isı İletkenlik Katsayısı
kg/m <sup>3</sup>	Yoğunluk
°C	Santigrat Derece
µm	Mikrometre
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
SiC	Silisyum Karbür
R	Direnç
RSI	Isı İletkenlik Direnci
Kj/kgK	Özgül Isı Kapasitesi
SEM-EDS	Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi
XRD ANALİZİ	X-Işını Difraktometresi Analizi
XRF ANALİZİ	X-Işını Floresans Spektrometresi Analizi
TG ANALİZİ	Termo Gravimetrik Analiz
DTA ANALİZİ	Differential Thermal Analysis
Mpa	Megapaskal
EBS	Bariyer Sistemleri
THM	Tekmohidromekanik
DOE	Design of Experiment
UFDC	Kullanılmış Yakıt Yerleştirme Kampanyası
THMC	Termal-Hidrolojik-Mekanik-Kimyasal
FEBEX-DP	Full-scale Engineered Barrier Experiment–Dismantling Project
H <sub>2</sub>	Hidrojen
kW/m <sup>2</sup>	Birim Alana Düşen Enerji Miktarı
MoS <sub>2</sub>	Molibden Disülfür
Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Isıl İletkenlik
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu

PCR	Polimeraz Chain Reaction
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
RPET	Bir plastik reçine ve polyester en yaygın türüdür
RSTIB	Yüksek frekansta sıcak presleme kullanılarak pirinç samanından
MC	Partikül nemi içeriği
IB	İç Yapıştırma Mukavemeti
NaOH	Sodyum Hidroksit
SiH <sub>4</sub>	Silan
PVA	Polivinil Asetat
CEN	Avrupa Standardizasyon Teşkilatı
LCA	Yaşam Döngüsü Analizi
$\lambda$	Isı iletkenlik katsayısı

## 1. GİRİŞ

Yalıtım malzemelerinin ısı iletim özelliklerinin bilinmesi yalıtımda kullanılmalarında optimum performans aralığının belirlenmesinde çok önemlidir. Bir malzemenin ısı iletim katsayısı ne kadar düşükse yalıtım malzemesi olarak kullanması o kadar uygundur. Bunun için birçok ölçüm tekniği kullanılmaktadır. Birçok malzemenin yalıtım özelliklerini bir araya getirip daha yüksek performanslı hafif ve ucuz kompozit malzemeler üretilmektedir. Bu tür karmaşık yapıların ısı iletim katsayılarını belirlemek için değişik ölçüm teknikleri geliştirilmiştir [1-2].

Bir nesneyi ısı, sıcak, soğuk, nem ve sese karşı korumak için alınan önlemlerin bütününe yalıtım denir. İnsan hayatı için gerekli konfor şartlarının sağlanması yalıtım ile mümkün olmaktadır. Yalıtım gürültüden uzak, yangına karşı dayanıklı, soğuktan koruyan sağlıklı bir ortam sağlar. Yalıtımlı binalarda %30-50 arası daha az enerji kullanılmaktadır. Ülkemiz kullandığı enerjinin büyük bölümünü dışarıdan karşıladığını göz önüne aldığımızda bu rakamların ne kadar değerli olduğunu anlarız [3]. Ayrıca yalıtımsız binalarda duvar sıvalarında boyalarında dökülmeler olur, küflenmeler ve siyah lekeler oluşabilmektedir.

Bu çalışma doğal malzemeler kullanarak iyi birer ısı, ses ve su yalıtımı malzemesi üretimi ile ilgilidir. Yapay ürünler ile yapılan yalıtım malzemelerindeki hammadde problemi çevresel kirlilikler yaratma sorunları ve bazı ürünlerde kanserojen madde içerimi gibi problemler meydana gelmektedir. Biz bu çalışmamızda saman, yün, keten ve kil gibi çevre dostu malzemeler kullanarak, yeşil binalara uygun bir yalıtım malzemesi üzerinde yoğunlaştık. Böylece çevreye verilen zararın minimuma inmesi sağlanacaktır. Yalıtım sayesinde tasarrufumuzun maksimum olması sağlanacaktır. Bunun yanı sıra kullandığımız ürünlerin tamamının temini kolay ülkemizde bolca bulunabilen malzemeler olduğundan ülke ekonomisine de katkısı büyük olacağı düşünülmektedir [4].

Ülkemizde yalıtım konusunda yerli hammadde kaynaklarının sınırlılığı, doğal ürünler ile çalışmaların azlığı, yeşil ve çevreci yaklaşımlardan uzak üretimlerin varlığı bu konulardaki araştırmalarımızı derinleştirmemizi sağlamıştır. Ayrıca yalıtıma dikkat çekerek kömür ve diğer fosil yakıtların kullanım oranlarının azaltılmasını amaçladık.

Atmosfere salınan karbondioksit miktarındaki azalmayı sağlamak, gelecek nesillere güzel yarınlar bırakmak için atabileceğimiz en güzel adımdır. Böylelikle gelecek kuşaklara kurak, çöl gibi bir dünya yerine yeşil ve doğal bir dünya bırakmış olmanın gururunu yaşayacağız [5].

Bu çalışma ülkemizin en soğuk iklimine sahip olan Doğu Anadolu Bölgesinde yapılmaktadır. Uzun kışlarının soğuk ve kar yağışlı geçtiği Doğu Anadolu da enerjinin verimli kullanılabilmesi zaruridir. Bunun yanısıra saman, yün, kil, keten temini konusunda da gayet ulaşılabilir kaynaklara sahip olduğu için bu bölge bu çalışmaya çok müsaittir. Üzerinde çalıştığımız hammaddelerin maliyetleri yok denecek kadar azdır. Bu avantajları birleştirecek olursak, maliyeti düşük, hammadde temin edilebilirliği kolay, yerli, doğal, bölge ve ülke ekonomisine katkısı olacak bir çalışma olması amaçlanmıştır. Bir yandan da ekonomik faaliyetlerin sınırlı olduğu Doğu Anadolu bölgesinde yeni bir faaliyet kolu oluşturularak istihdam olanaklarında artışlar meydana getirebileceği düşünülmektedir.

Toplumun bilinçlenmesi ile birlikte doğal içeriklere yönelim her gün biraz daha artmaktadır. Bu anlayış yapı sektörü dahil hemen hemen tüm sektörlerde kendini göstermektedir. Özellikle yalıtım sektöründe bu anlayışla yürüttüğümüz çalışmamız sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilirliği ile doğal hammaddelerden oluşması ile ön plana çıkmaktadır. Yaşamımızın önemli kısmını geçirmiş olduğumuz yapılarda daha sağlıklı ve yaşanabilir bir ortam oluşturmak için bu çalışma önem arz etmektedir.

## **1.1. Yalıtım Malzemeleri**

Yalıtım, teknik olarak bir nesneyi, zorlayıcı koşullara karşı çevreleyerek koruyucu bir etki oluşturan sisteme verilen addır. Bir nesneyi suya karşı izole etmesi, elektrikten izole etmesi, yangına, soğuğa karşı koruması, bu tanımın içerisinde yer almaktadır. İnsanın çevresel koşullara ayak uydurabilmesi için çeşitli mücadeleler içerisinde olması gerekmektedir. Bu mücadeleler sonucunda sudan, soğuktan, elektrikten, yangından vs. diğer çevresel şartların yarattığı etkilerden kendini koruması ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyaca cevap olarak da insan zekasının ürünü olan izolasyonu bulmuş geliştirmiş ve hala daha geliştirme gayreti içerisinde olmuştur. İnsanoğlu sağlıklı bir yaşam

sürebilmesi için yaşadığı alanlar olan yapıları izole etmiştir. Nem, küf gibi oluşumların önüne geçebilmek, yapı malzemesinin kullanım ömrünün azalmaması için, binaların kesinlikle yalıtımlarının ihmal edilmemesi gerekmektedir. Yalıtım demek sağlık demektir, yalıtım demek konfor demektir, yalıtım demek tasarruf demektir.

İnsanoğlu ilk çağlardan beri, kendisini her türlü zor koşullardan koruma isteğine sahip olmuştur. İlk çağlardan beri insanlar yağmurdan, yangından, soğuktan korunabilmek için çeşitli yol ve yöntemler geliştirmişlerdir. Yağmurdan korunmak için çadırlar, soğuktan korunmak için mağaralar gibi çözüm yolları aramışlar ve çalışmalarını ardından gelen nesiller geliştirerek günümüzün yalıtım tekniklerine ulaşılmıştır. Katran, kurşun, bitüm ve kil içeriği yüksek olan topraktan su ve ısı yalıtımı malzemesi üretebilme adına çeşitli çalışmalar yapmışlar. Ve uzun süreler bu ürünleri dış etkilerden korunabilmek için yalıtım amaçlı kullanmışlardır.

Türkiye enerjisinin dörtte üçünü dışarıdan temin eden bir ülke durumunda olduğu için ülkemiz enerjisini tasarruflu kullanmak zorundadır. Gereksiz sarfiyata tahammül yok denecek seviyelerdeki, bu enerji arz talep dengesizliği Türkiye'nin en büyük sorunlarından birisidir. Bununla ilgili gereken çalışmaların yapılması ve gerekli adımların hızla atılması gerekmektedir. Biz vatandaşlarında birinci görevlerinden biri ülkemiz ekonomisine faydalı olabilecek, enerjimizi tasarruflu kullanabilecek tasarımlar üzerinde çalışmaktır. Bu ise en büyük ölçüde yalıtım ile sağlanabilmektedir.

Genel bir tabirle Organik, anorganik ve sentetik esaslı malzemelerden oluşan Yalıtım Malzemeleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir;

- ✓ Organik esaslılar; yün, jüt, kıl, pamuk, saman, ahşap, ipek, köpük veya yonga lifleri vb. toz malzeme,
- ✓ Anaorganik olanlar; portland çimentosu veya diğer anorganik bağlayıcılar
- ✓ Sentetikler poliüretan, polistiren, PVC vb. plastik köpüklerdir [6].

Ülkemizde su yalıtımı ile ilgili standartların, “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik”, “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” ve “Gürültü Kontrol Yönetmeliği” gibi yönetmeliklerin yürürlüğe girmiş olmasına rağmen uygulamalarda sorunlar oluşmaktadır. Bu yönetmeliklerin yeterince anlaşıldığı ve uygulanabildiği pek söylenemez. Ülkemizde yangın güvenliği gürültü kontrolü ve enerji tasarrufu

konusunda toplumumuz yeterince bilgili ve bilinçli bir yol izleyememektedir. Bu konulardaki bilgisizlik ve bilinçsizliğin oluşmasında, ilgili yönetmeliklerdeki eksik ve dolaylı anlatımlarında etkisinin olduğu tartışılmaz bir gerçek olduğu bilinmektedir. Bu ise uygulamaların, tabana yayılmasını engelleyerek bireysel girişimler ile sınırlı kalmasına yol açmıştır [7].

Çıkarılan yönetmeliklerin, eğitilmiş personeller ile ve yeterli sayıda ekipman ile desteklenmesi gerekmektedir. Aksi halde çıkan bu yönetmelikler kâğıt üzerinde bir dökümandan ileriye gidemeyeceklerdir. Yönetmeliklerin birbirleriyle olan ilişkileri de ihmal edilmemelidir. Yönetmelikleri birbirinden ayrı ve bağımsız olarak düşünemeyiz, birbirleri ile ilişkili birbirleri ile bağlı şekilde değerlendirirsek eğer gerçekten mantığını anlamamız kolaylaşır. Aksi durumlarda ölümlü kazalara bile neden olabilecek ihmallere sebebiyet verilebilir [8].

### **1.1.1. Yalıtımın Faydaları**

Yalıtım malzemelerinin faydalarından bazıları şunlardır [9]:

- ✓ Sağlıklı ve güvenli bir yaşama ortamı sunar
- ✓ Ekonomik avantajlar sağlar
- ✓ Çevre kirliliğini önler
- ✓ Gürültü düzeyini kontrol altına alarak ve istenmeyen sesi önler
- ✓ Yangın yayılımını önler
- ✓ Konfor şartlarını sağlar

### **1.1.2. Konfor Şartları**

Konfor şartları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Sıcaklık
- ✓ Borularda, depolarda sıcaklık düşüşünü önlemek
- ✓ Isıl Kapasitenin kullanımını sağlamak ve ısı köprülerini önlemek
- ✓ Nem

- ✓ Terleme, yoğuşma ve donmayı önlemek
- ✓ Duvar ve yüzey sıcaklığı
- ✓ Taze hava miktarı
- ✓ Hava kalitesi [9]

### **1.1.3. Bireysel Faydalar**

Yalıtım malzemelerinin sağladığı bireysel faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Yakıt tasarrufu sağlar
- ✓ Kalorifer tesisatındaki kazançlar artar: Isı yalıtımı yapılmasıyla ısı kaybı daha az olduğundan yeni yapılarda yapılacak kalorifer tesisatları için malzeme sarfiyatları da azalacaktır.
- ✓ Odaların kullanma alanları artar: Isı yalıtımlı binada gerekli radyatör grupları ile petek sayılarındaki azalma sebebiyle daha az yer işgal edeceklerinden odaların kullanma alanları da artacaktır.
- ✓ Hava kirliliği azalacaktır: Yakıt tasarrufu sayesinde, şehirlerde ısıtma işlemi sonucunda yaşanan hava kirliliğinde azalma meydana gelecektir [9].

### **1.1.4. Ülke Ekonomisine Olan Faydalar**

Yalıtım Malzemelerinin ülke ekonomisine olan faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Döviz giderlerinin azalacak olması: Başta yapılarda olmak üzere ısıtma sistemlerinde, sanayide alınacak basit önlemlerle ilk yıllarda %20-25 düzeylerinde tasarruf sağlayacakken, gelecekte ana tedbir ve ciddi uygulamalarla %40- lara varacak döviz tasarrufu sağlanması mümkündür.
- ✓ İşsizliğin azaltılması ve dolayısıyla vergi gelirlerinin artması: Yalıtım sektörü gelişmekte olan bir sektördür. Yalıtım malzemeleri üreticileri kapasite artırımına gitmektedir. Üretim ve uygulama arttıkça firmaların daha fazla yeni işçi çalıştırmaları, bu sektörde çalışanların vergilerinin artması söz konusudur.
- ✓ Yalıtım uygulamaları ile diğer sektörlerde canlanma sağlanması

- ✓ Mevcut enerji miktarının en az kayıpla en verimli değerlendirilmesi ve kullanılması işlemine enerjinin verimli kullanımı denir. Enerjini verimli kullanımı için herhangi bir refah düzeyinden ve konfordan ödün vermeden gerekli olan enerji miktarının azaltılmasına enerji tasarrufu denir [5].

## 1.2. Yalıtım Türleri

Yalıtım türleri aşağıdaki gibi 4 grup halinde incelenebilir.

- ✓ Isı Yalıtımı
- ✓ Su Yalıtımı
- ✓ Ses Yalıtımı
- ✓ Yangına Karşı Yalıtım

### 1.2.1. Isı Yalıtımı

Dünya birincil enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bunu önlemek ve gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yeni yöntemler geliştirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu yöntemlerin başlıcaları var olan enerjinin en verimli şekilde kullanılması ve enerji kayıplarının engellenmesidir. Enerjinin en verimli şekilde kullanım yollarından biride, enerji kayıplarının olduğu bölgelerde yalıtımın sağlanmasıyla mümkündür. Ülkemizde enerji ihtiyacı ve buna paralel kullanımı her geçen yıl artıyor. Her alanda kullanılan enerjinin en büyük kısmı ısıtma ve soğutma amaçlı harcanmaktadır. Yalıtım ile enerjiye harcanan yüksek ekonomik harcamalardan büyük tasarruflar elde edilebilir [10].

### 1.2.2. Su Yalıtımı

Nem korunumu, yapı tekniği dilinde, her türlü suya karşı korunması anlamında kullanılan genel bir terimdir. İnsan sağlığı ve bina konforu açısından düşünüldüğünde



nem ve suya karşı yalıtım oldukça önemlidir. Mekânı saran yapı elemanları su izolasyonu için uygun ise binadaki yaşam konforu oldukça yükselecektir. Nemi çeken yapı malzemeleri yüksek ısı iletim katsayısına ve düşük yüzey sıcaklığına sahiptir. Bu tür malzemelerin kullanıldığı binalarda ısıtma giderleri oldukça fazladır. Ayrıca böyle mekanların ısıtılması fazla enerji harcamasını gerektirir. Su yalıtımı aynı zamanda enerji yalıtımı demektir[11].

### **1.2.3. Ses Yalıtımı**

Ses, canlıların haberleşmesinin temel kaynağıdır ve günlük hayatın da bir parçasıdır. Bazı sesler rahatsız edici olarak algılanabilir, insanların çalışma performanslarını, güçlerini düşücü etkide bulunur, hatta bazı sesler sağlığı bozacak şekilde tesir edebilir. Gelişen teknoloji ve nüfusun hızla artması sonucu özellikle kalabalık şehirlerde gürültü kirliliği temel problemlerden biri haline gelmiştir. Bu nedenle yapılarda akustik giderek önem kazanmıştır [12].

Yapı malzemelerinin rastgele seçimi gürültü sorununu ortadan kaldıramamakta aksine artırmaktadır. Bu problemlerin giderilmesi genellikle çok masraflı olmaktadır, bazen çözülmesi imkânsız hal alır. Bu sebeple yapı elemanlarının gelen ses dalgaları karşısındaki davranışlarını bilmek ve iyi kavramak gereklidir. Genellikle yapı elemanına çarpan ses dalgasının yutulması gerekir. Yutulmayan kısım ise ya dışarıya yansıtılır ya da içeriye geçer. Ses yalıtım malzemesi üretimimde temel sorun yutma oranıdır. Geçirgenlik ne kadar az ise o kadar kalitelidir. Mekânın kullanım amacına göre doğru malzeme seçimi ve uygulamasını yapabilmek önemlidir [13].

### **1.2.4. Yangına Karşı Yalıtım**

Nüfusun artış göstermesi teknoloji ve sanayileşmenin gelişmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda toplu yerleşim bölgelerinin artış göstermesi, yangın riskinin ve oluşacak maddi ve manevi zararlarının artışı riskini ortaya çıkarır. Avrupa'nın gelişmiş şehirlerinde ülkemize oranla çok daha özenli ve düzenli bir şekilde alınmış olması ve

insanların yangın konusunda daha bilinçli olmaları nedeniyle ülkemizde yangın oranı ve yangın sonrası maddi ve can kaybı fazla olmaktadır. Bunu önlemenin toplum bilinçlendirmek dışında başka bir yolu da yangına dayanıklı malzeme kullanımıdır [14].



**Şekil 1.1.** Yangına Karşı Yalıtım Çeşitleri [15].

### 1.3. Doğal Yalıtım Malzemeleri

Günümüzde sürdürülebilirlik için yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir malzemeler tercih edilmektedir. Bu malzemelerden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

#### 1.3.1. Kenevir

Kenevir, yapı olarak sert, çalimsı, gövde içi boş, palmat yapraklı, diotik ve tek yıllık bir bitkidir. Bunun yanında oldukça uzun ve dayanıklı liflere sahiptir. Bu özelliğinden dolayı halat çanta, çuval, ağ yapımında kullanımı yaygındır. Bitkisel ham madde kaynağı olma konusunda insanlık tarihinin en eski yapı malzemelerinden biri olarak bilinen kenevir iplik, dokuma, kumaş, kâğıt vs. yapımında asırlarca kullanılmıştır. Kenevir ısı yalıtım kalıpları üretiminde ve lifli levha üretiminde kullanılır, oldukça dayanıklı doğal bir liftir [16-17]. Çok hızlı büyür ve yılda üç kez hasadı mümkündür.

Zehirleyici gaz oluşumuna izin vermez ve düşük çevresel etkiye sahip çevreci bir malzemedir. Kenevir; böceklere karşı doğal olarak korunaklıdır, çürümeye karşı dayanıklıdır ve dokusu kemirgenleri engeller.



**Şekil 1.2.** Kenevir Levha [18]

Kenevirin faydalarından bazıları şunlardır;

- ✓ Lifleri anti bakteriyeldir.
- ✓ Liflerinden yapılan kumaşlar medikal sanayi dahil birçok yerde kullanılabilir.
- ✓ Elyafı inşaatlarda yalıtım malzemesi üretiminde kullanılır
- ✓ Ses geçirmez malzemedir.
- ✓ Ateşe dayanıklıdır.
- ✓ Radyasyon temizleyici özelliğe sahiptir,
- ✓ Bir ağaçtan 5 katı daha fazla oksijen üretebilir,
- ✓ Kâğıt yapımı için ağaçtan elverişlidir, bu yönüyle ormanların korunmasına faydalıdır
- ✓ Tohumu birçok hastalığa iyi gelir. [19]

### 1.3.2. Koyun Yünü

Koyun yünü geç yanma özelliğe sahiptir, bunun yanında yüksek oranda su ve nem tutabilirken yalıtım kabiliyetini kaybetmeyen bir doğal liftir. Bu özellikleri ile önemli yalıtım malzemeleri arasında yer edinmiştir. Delikli yapısı sayesinde aynı zamanda mükemmel bir ses izolasyonu malzemesi olan koyun yünü. Elastik kıvrılabilen ve yaylanma özelliği olan bir üründür.



Şekil 1.3. Koyun Yünü [20]

Sıcakta havaya nem verir böylece havadaki ısıyı azaltır, soğukta ise havadaki rutubeti emer ve ortama ısı verir. Bu özelliği sayesinde canlı lif olma özelliği gösterir. [21-22].

### 1.3.3. Kenaf

Kenaf karakteristik olarak bamyaya ve pamuğa çok benzeyen bir bitkidir. İnşaat sektöründe uygun yapıştırıcılarla birleştirilerek tavan, duvar paneli ve kenevir gibi yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Kenaf lifleri özellikle çimento ile güçlendirilerek duvar bileşeni ve sabit mobilya ürünü olarak da kullanılabilir. Kâğıt hammaddesi olarak da kullanılabilir bunun için ağaç dostu bir malzemedir. Bitkinin sapından, iki farklı lif tipi meydana gelir. Sapın kuru ağırlığının yaklaşık %40 'ı kadar olan dış lifine "Bast" adı verilir. 2,6 mm kalınlığındaki bast lifi, kâğıt yapımında kullanılan en iyi yumuşak odun liflerine yakın ölçüdedir. "Core" adı verilen iç lif ise, sapın kuru ağırlığının yaklaşık %60'ı kadardır. Kâğıt ürünlerinin aralıklarını

genişletmede kullanılan sert odun lifleri ile karşılaştırılabilir. Bütün kenaf bitkileri, aynı pamuğa benzer bir işlemlerden geçirilerek işlenir [12], [23].



şekil 1.4. Kenaf Lifleri [16]

#### 1.3.4. Selüloz

Kâğıt atıklarından yapılan hamurlara bazı kimyasalların eklenmesiyle yeni bir malzeme oluşturulup, yalıtım yapılacak yüzeylere püskürtülmesiyle yapı sektöründe yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Genellikle selüloz çok yanıcı olduğu için yanma geciktirici kimyasallar katılır. Bunlar içerisinde en etkili kimyasal madde borik asittir. Bunun dışında alüminyum sülfat gibi maddeler kullanılabilir [24].



şekil 1.5. Selüloz Levha [25].

#### 1.3.5. Pamuk

Pamuk çok eski bir bitkidir. Ekildikten bir yıl sonra açılır ve toplanır. Daha sonra elyafın ayrılması için çeşitli mekanik ve kimyasal işlem yapılır.[16] Pamuk doğrudan yapı malzemesi olarak kullanılmaz genellikle pamuk işleyen fabrikasyon atıkları geri dönüşüm işlemi için yapı sektöründe özellikle yalıtım amaçlı kullanılır. Genellikle bu malzemeler %10 yangın geciktirici, %5 polyolefin ve %85 pamuk içerir ve tamamen geri dönüşümü mümkündür [26].



**Şekil 1.6.** Pamuk Levha [26].

### **1.3.6. Ahşap Yünü Levhalar**

Ahşap talaşının belirli bağlayıcılar ile yüksek sıcaklıkta preslenerek şekil verilmesiyle üretilen bir malzemedir. Genellikle Heraklit olarak adlandırılır yapı sektöründe. Bu levhalar 0,09- 0,15 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahiptir, bu malzemelerin kullanım sıcaklığı ise 0-110°C arasında değişir. Buhar geçirgenliğine karşı dirençleri düşüktür. Ahşap yünü çevre dostudur, ancak çok kullanım alanına sahip bir malzeme değildir. Güneşin ışınlarından çok etkilenmiyor olması pozitif bir etki yaratmaktadır. Bunun yanında organik bir madde olduğu için böcek ve organizmalar tarafından zarar görebilir olması eksi yönüdür [8], [27].



**Şekil 1.7.** Ahşap Yünü Levha [28].

### **1.3.7. Bambu**

Bambu insanoğlunun birçok alanda işine yaramaktadır ve insanlar tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bilinen en büyük bambu türü 38 metre uzunluğunda ve 80 cm kalınlığındadır. Çok hızlı büyüme oranına sahip olan bambu ahşaba alternatif bir üründür. Meşe ağaçları ile kıyaslanacak kadar sert bir yapıya sahip olan bambu oldukça da dayanıklıdır. Ağaç yapılarına göre lif yapısından kaynaklı olarak hafif bir malzemedir. İnşaat malzemesi olarak kullanılırlar. Özellikle; döşeme kaplaması, bölme duvar paneli, bahçe çiti ve kaba yapı iskeleti uygulamalarında kullanılır. Döşeme uygulamalarında ahşaplar ile birlikte kullanılır. Yapıştırıcılar ile yan yana yapıştırılarak yeni plakalar oluşturulur [29-30]



**Şekil 1.8.** Bambu [31]

### 1.3.8. Mantar Yalıtım Malzemeleri

Kimyasallara dayanıklıdır. Yanıcı bir materyaldir ve yanarken is oluşturur. Dökme mantar higroskopiktir. Böceklenmeye müsaittir ve küflenebilir. İşçilik ve imalat bakımlarında kolaylık sağlaması için; levha ve boru şekli verilmiş mantarlar kullanılırlar. Soğuk hava tesislerinde, havalandırma kanallarında, terleme olan duvarlarda, ısıtma ve sıcak su devrelerinde, döşemelerde ve tavanlarda, alçak basınç kazanlarında genellikle sıkıştırılmış mantar yalıtımı tercih edilir. Ham mantarın yoğunluğu 120-190 kg/m<sup>3</sup> değerleri aralığındadır. Isıl iletkenlik katsayısı 0,040 W/mK olup, gözeneklidir ve homojen yapıya sahiptir. Mantar en önemli taneli yalıtım malzemelerinden biri olarak bilinir [16].



Şekil 1.9. Mantar Levha [32]

### 1.3.9. Soya Fasulyesi

Çok nemli iklim şartlarında yetişir, yıllık bir bitkidir. Yapı endüstrisinde genellikle tohumlarından faydalanılır. Kullanım alanları çok çeşitlidir. Bunlardan bazılarını; boya, yalıtım paneli, sprey yalıtım köpüğü, yapışkan, dolgu macunu, likit örtü ve sentetik kauçuk üretimidir.



### 1.3.10. Saman

Bolca ve kolay bir şekilde temin edilebilir. Arpa, buğday, yulaf, pirinç, gibi tahılların taneleri ayıklandıktan sonra arta kalan saplarından oluşur. Saman kerpiç üretiminde yapı malzemesi olarak kullanılır. Enerji performansı yüksek ve korunaklı barınaklar saman balyaları sayesinde inşa edilebilmektedir. Organik lifli bir yapıya sahiptir, katıldığı malzemede, büzülme ve çatlama azalmaktadır. Kerpiç yapıların dayanımını arttırmak ve çatlamasına engel olabilmek için, saman kullanılmaktadır [32,34,35].

Saman levhaların geleneksel yapı malzemelerine göre üstünlükleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- ✓ Yenilenebilir ve çevreyle dostudur.
- ✓ Sentetik tutkallar ile preslendiğinde kanserojen bileşikler oluşturmazlar.
- ✓ Saman fiyatının odundan daha ucuz olması nedeniyle levha maliyeti düşüktür.
- ✓ Isı iletim katsayısı düşüktür dolayısıyla ısı ve enerji kaybını en aza indirir.
- ✓ Yapılarda kışın iç ortamın sıcak ve yazın serin olmasını sağlamaktadır.
- ✓ Yangın esnasında bir yüzey korlaşıırken diğer yüzey sağlam bir şekilde kalır, dolayısıyla duman oluşumu az olur.
- ✓ Enerji tasarruflu ev projeleri için çevreci ve ideal bir yalıtım malzemesidir.
- ✓ Rutubetli ortamda boyutsal dayanımı yüksektir ve neme dayanıklıdır.
- ✓ Ses izolasyonunu yüksektir.
- ✓ Düşük yoğunluğuna karşın mekanik özellikleri iyidir.
- ✓ Bağlantı elemanları ile birleştirilme mukavemeti yüksektir.
- ✓ Çürümeye ve böceklere karşı dayanıklıdır , güvelenmez ve kokusuzdur.
- ✓ Ağaç işleme makineleri ile kolay bir şekilde işlenebilir.
- ✓ Düzgün yüzeyli ve homojen yapılıdır.
- ✓ Farklı kalınlıklarda ve boyutlarda üretilebilir.
- ✓ Yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanabilir.
- ✓ Kullanımı kolaydır ve montaj süresi kısadır. [34,35,36]



**Şekil 1.10.** Saman Levhalar [37]

#### **1.4. Kompozit Malzemeler**

Birden daha fazla malzemenin, uygun özelliklerinden yararlanarak güçlü taraflarından oluşturulan ve tek malzemeymiş gibi hareket edebilen malzemelere kompozit malzemeler denir. Kompozit malzemeler amacıyla makro düzeyde birleştirilir [38,39]

Kompozit malzemelerin üstün özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Çok bileşenli oldukları için malzemeler istendiği gibi dizayn edilebilir,
- ✓ Malzeme ağırlığından çok büyük oranda ağırlıkça azalmalar sağlanabilir,
- ✓ Maliyetleri saf malzemelere göre düşüktür,
- ✓ Isıl genleşmeleri istendiği gibi ayarlanabilir çok düşük ısı iletkenliğe ulaşılabilir,
- ✓ Yorulma ve kırılma özellikleri iyidir,
- ✓ Korozyona karşı dirençlidirler,
- ✓ Darbe dayanımı ve hasar toleransı yüksektir,
- ✓ Tabakalı malzemelerde klasik malzemelere göre yüksek dirençlidir,
- ✓ İmalat ve montajı kolaylıkları vardır,
- ✓ Kompozitlerin şekillendirilmesi elastikiyetlerinden dolayı klasik metallerin şekillendirilmesine kıyasla yaklaşık 5 kat daha ucuzdur,
- ✓ Hafiftir, yani mukavemet/ağırlık oranı yüksektir,
- ✓ Kolay ve hızlı üretim yapılabilir,
- ✓ İlave katkı malzemeleriyle çok değişik özelliklerde malzemeler elde edilebilir.

Hangi alanda kullanacak ise o alanın eksiklerine göre kompozit malzemeler dizayn edilir. İstenen özelliklerde üretilen kompozit malzemeler genellikle spesifik ihtiyaçları gidermede kullanılır. Kompozit malzeme kullanılarak bir parça tasarlanacak ise özellikle; çevre koşullarının parçaya etkisi, maliyet, ham malzeme özellikleri, imalat yöntemi, kalite kontrol metotları gibi parametrelerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. [38,39].

Kompozit malzemeler, uzun kullanım ömrü parça bütünlüğü, yüksek mukavemet, darbe dayanımı ve hafiflik gibi özellikleri ile çok fazla kullanım alanlarına sahiptir. Bu özellikleri ile diğer malzemeler ve üretim yöntemlerine göre daha ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Örnek olarak, cam elyafı elastik bir malzemedir. Yük altındayken düzgün bir şekilde kopma noktasına kadar uzayabilme özelliğine sahiptir. Ve çekme yüklemenin bitmesi sonucunda herhangi bir akma özelliği göstermeden başlangıç boyutuna kolaylıkla dönebilmektedir. Bu elastikiyet ve dayanıklılık metallerde ve organik liflerde çoğunlukla bulunmaz; dolayısıyla cam elyafı büyük miktarda enerjiyi, kayıpsız olarak depolama ve bırakma imkânı sunmaktadır. Bu özellikler, özellikle otomotiv sektöründe önemli parçaların üretiminde, amortisör yayları ve mobilya yayları gibi ürünlerin cam elyafı takviyeli plastik malzemedeki (dinamik yorulma dayanımı, aşınmaya karşı korunması şartı ile) üretilebilmesine imkân sağlamaktadır. [38,39].

Kompozit malzemelerin raf ömürleri sınırlıdır. Bazı kompozit türleri soğutulmuş olarak saklanmaları gerekirken, bazılarında sıcak kurutma gerekmektedir. Bazı durumlarda zor olsada, bazı kurutma teknikleri uzun zamanlar alabilse de, kompozit malzemeler onarım işlemi geçirecek ise bu işleme başlanmadan evvel çok iyi şekilde temizlenmeli ve kurutulmalıdır [38,39].

#### **1.4.1. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması**

Kompozit malzemeleri, yapılarını oluşturan malzemeler ve yapı bileşenlerine göre iki şekilde sınıflandırabiliriz.

A.Yapılarını Oluşturan Malzemelere Göre:

- ✓ Plastik Matrisli Kompozitler
- ✓ Metalik Matrisli Kompozitler
- ✓ Seramik Matrisli Kompozitler

B.Yapı Bileşenlerinin Şekillerine Göre:

- ✓ Partikül katkılı Kompozitler
- ✓ Fiber katkılı Kompozitler
- ✓ Tabaka Yapılı Kompozitler (Lamine Kompozitler)
- ✓ Dolgu Yapılı Kompozitler [38,39].

#### **1.4.1.1.Yapılarını Oluşturan Malzemelere Göre Kompozit Malzemeler**

Yapılarını oluşturan malzemelere göre kompozit malzemeler aşağıda sıralanmıştır.

##### **1.4.1.1.1. Plastik Matrisli Kompozitler**

Plastik Matrisli Kompozit malzemeler: Plastik-Plastik Kompozitler, Termoplastikler, Termoset Plastikler, Plastik-Metal Fiber Kompozitler, Plastik-Cam Elyaf Kompozitler, Plastik-Köpük Kompozitler olmak üzere 6 grup halinde incelenebilir.

**Plastik-Plastik Kompozitler:** Bu grupta plastik hem fiber hem de matris olarak kullanılır. Fiber olarak kullanılan plastikler, yük taşıırken, matris olarak kullanılan plastikler elastikiyet verici darbe sönümleyici özelliklere ya da istenen amaca göre kullanılan plastik malzemenin özelliğine sahip olabilmektedir. Kullanılan plastik türleri iki ayrı grup olarak incelenir [38,39].

**Termoplastikler:** Isıtıldığında yumuşayan ve şekillendirildikten sonra soğutulduğunda ise sertleşen plastiklere Termoplastik denir. Bu işlem gerçekleşirken plastiğin iç

yapısında bir değişiklik meydana gelmez. Genelde 5-50C<sup>0</sup> arasındaki sıcaklıklarda kullanılabilirler.

Bu gruptaki plastikler aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

- ✓ Naylon
- ✓ Polietilen
- ✓ Karbonflorür
- ✓ Akrikler
- ✓ Selülozikler
- ✓ Viniller [19]

**Termoset Plastikler:** Isıtılıp Şekil verildikten sonra soğutulduklarında mikro yapılarında meydana gelen değişiklik nedeniyle eski yapılarına dönüşümü mümkün olmayan plastiklerdir. Aşağıdaki gibi gruplara ayrılırlar:

- ✓ Polyesterler
- ✓ Epoksiler
- ✓ Alkiter
- ✓ Aminler [38,39].

**Plastik-Metal Fiber Kompozitler:** Metal fiber takviyeli plastikten oluşan kompozitler endüstride sıkça karşımıza çıkmaktadır. Bu malzemeler oldukça mukavemetli ve hafif ürünler olarak bilinmektedirler. Bu kompozitler, bakır, alüminyum, bronz, çelik vs. gibi metal fiber takviyeler ile polietilen ve polipropilen gibi plastiklerin, birleştirilmesi sonucu elde edilmektedirler. Yaygın bir kullanım alanına sahiptirler. Özellikle deformasyon önlemek için çeşitli takviyelerle üretilen kablolar yaygın olarak kullanılmakta ve bu ürünlerden iyi verim alınmaktadır [38-39]

**Plastik-Cam Elyaf Kompozitler:** Termoset plastikten veya termoplastikler oluşan matris ve cam liflerin, uygun bileşimlerinden üretilmektedir. Mekanik ve fiziksel özelliklerinden dolayı cam liflerin, birçok durumda pamuk ipliği, metal, asbest ve sentetik elyaf gibi liflerin yerine kullanımını yaygındır. Bunun yanında cam elyafli kompozitler, büyük kuvvetleri iletmelerine rağmen camın kırılğan olmasından dolayı çok küçük dirence sahiptirler. Bu tür malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kullanılan plastik reçinelerin uygun sečilmesi halinde istenilen Őekle sokulabilir.

Plastik reçineler termoset ve termoplastik türündedirler. Termoset plastikler, fiberlerin de düzgün kullanımı sayesinde yüksek mukavemet sağlayabilmektedirler. Polyesterler, cam elyaf takviyeleri ile en çok kullanılan plastik reçinelerdir [19].

**Plastik-Köpük Kompozitler:** Bu tür kompozitlerde plastik fiber olarak görev yapmaktadır, köpük ise matris olarak bulunmaktadır. Köpükler, hücreli yapıya sahip, düşük yoğunlukta, gözenekli ve doğal halde bulunabilirken sentetik olarak da üretilmiş olabilirler. Köpükler, hücre yapısının durumuna göre yumuşak, sert, kırılğan, ya da elastik olabilirler. Matris olarak kullanılan bu köpük türleri, kullanılan plastiğin de özellikleri ile birlikte, değişik özelliklere sahip olan farklı kompozit malzemelerin üretiminde rol alırlar [38-39].

#### **1.4.1.1.2. Metal Matrisli Kompozitler**

Metal alaşımların bazıları yüksek sıcaklıklarda bazı üstün özellikler gösterebilirler de kırılğan olabilirler bu durum kompozit bir yapı için dezavantajdır. Bu dezavantajı metalik fiberler ile takviye edilmiş metal matrisli kompozitler, her iki fazın uyumlu çalışması ile yüksek sıcaklıkta da yüksek mukavemet özelliklerini vererek aşmaktadırlar. Bu tür kompozitler, matrisin daha iyi olmasını sağlarken aynı zamanda, bu özelliklere daha ucuz olarak ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu kompozit türlerinde metal matris içine ilave edilen ikinci faz, lifler halinde de olabilir, gelişi güzel olarak dağıtılmış küçük parçalar halinde de olabilir [38-39].

#### **1.4.1.1.3. Seramik Kompozitler**

Seramik kompozitler metal ve metal olmayan malzemelerin birleşimlerinden oluşurlar, yüksek sıcaklıklara karşı dayanımları çok iyidir. Ayrıca rijit ve gevrek bir yapıya sahip olmalarının yanında elektriksel olarak çok iyi yalıtkanlık özelliği de gösterirler [38-39].

### **1.4.1.2.Yapısal Bileşenlerinin Şekline Göre Kompozit Malzemeler**

Yapısal bileşenlerinin şekillerine göre kompozit malzemeler 4 grupta incelenirler, bunlar:

#### **1.4.1.2.1. Partikül Esas Kompozitler**

Bir matris malzeme içinde başka bir malzemenin parçacıklar halinde bulunması ile elde edilen malzemelere Partikül Esaslı Kompozitler denir. Bu tip kompozitlerde parçacık boyutu 1 µm'den büyük ve elyaf hacim oranı %25'den fazla kullanılmamaktadır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiC'den oluşan seramikler en çok kullanılan parçacıklardır.

Malzemedeki yük, lif ve matris tarafından birlikte taşınır ve özellikler yine izotropiktir. Bu kompozitler dayanımı iyileştirmenin yanında alışılmışın dışında birleştirilmiş özellikler elde etmek için tasarlanırlar. Bu kompozitleri; metal, seramik ve polimerler bir araya gelerek oluştururlar. Sert metal uçlar ve beton da örnek olarak verilebilir. Yapının dayanımı parçacıkların sertliği ile ilişkilidir. En çok bulunan türü plastik içerisine metal parçacıkların gömüldüğü kompozitlerdir. Metal parçacıklar sayesinde ısı ve elektrik iletkenliği sağlanır. Metal matris içerisinde seramik matris içeren ürünlerin (cermet), sertlikleri ve sıcaklık dayanımları üst seviyelerdedir. Bunlar genel itibariyle; elektrik akımının olduğu noktalarda yalıtkanlık özelliklerinden dolayı rahatlıkla kullanılır [38-39].

#### **1.4.1.2.2. Fiber Esaslı Kompozitler**

Özel özelliklere sahip olan fiberlerin çoğunlukla kullanıldığı kompozit yapılarıdır. Mühendislikte çok sayıda fiber kullanırken yüksek mukavemet ve rijitlikleri sayesinde kompozit malzemeye oldukça yüksek dayanıklılık sağlarlar. Örneğin karbon fiberlerin çekme dayanımları grafitten 50 kat, rijitliği ise 3 kat daha yüksektir. Fiber kompozitler çok düşük performanslı ufak aletlerden çok yüksek dayanımlı raket

parçalarına kadar çok geniş bir yelpazede kullanılırlar. Fiberler, yapı içerisinde kesintisiz uzayan sürekli fiberler, uzun fiberlerin kesilmesiyle elde edilen süreksiz fiberler veya elyaflar şekillerinde bulunabilirler [38-39].

#### **1.4.1.2.3. Tabaka Yapılı Kompozitler (Lamine Kompozitler)**

En eski ve en yaygın kullanım alanına sahip olan türdür. Bu türdeki kompozitler farklı özellikler gösteren en az iki tabakanın birleştirilmesi sonucu oluşur. Çok farklı türlerden kombinasyonlarla tabakalanmış kompozitlerin üretimini sağlayabilmek mümkündür.

Farklı elyaf dizilişlerine sahip tabakaların bir araya gelmesi sayesinde çok yüksek mukavemetlere sahip malzemelerin üretilebilmesi mümkündür. Isıya ve neme karşı dayanıklı malzemelerdir. Metallerden daha hafif ve aynı zamanda mukavemetli olmaları sebebiyle çokça tercih edilen bir malzeme türüdür. Çok tabakalı kompozit yüksek dayanım düşük maliyet ve hafifliğini korurken, mükemmel ısı genleşme aşınma veya abrasiv aşınma direnci, gelişmiş görünüm ve özelliklerini kapsamaktadır ve bu sayede malzeme teknolojisini üst seviyelere taşımaktadır [38-39].

#### **1.4.1.2.4. Dolgu Yapılı Kompozitler**

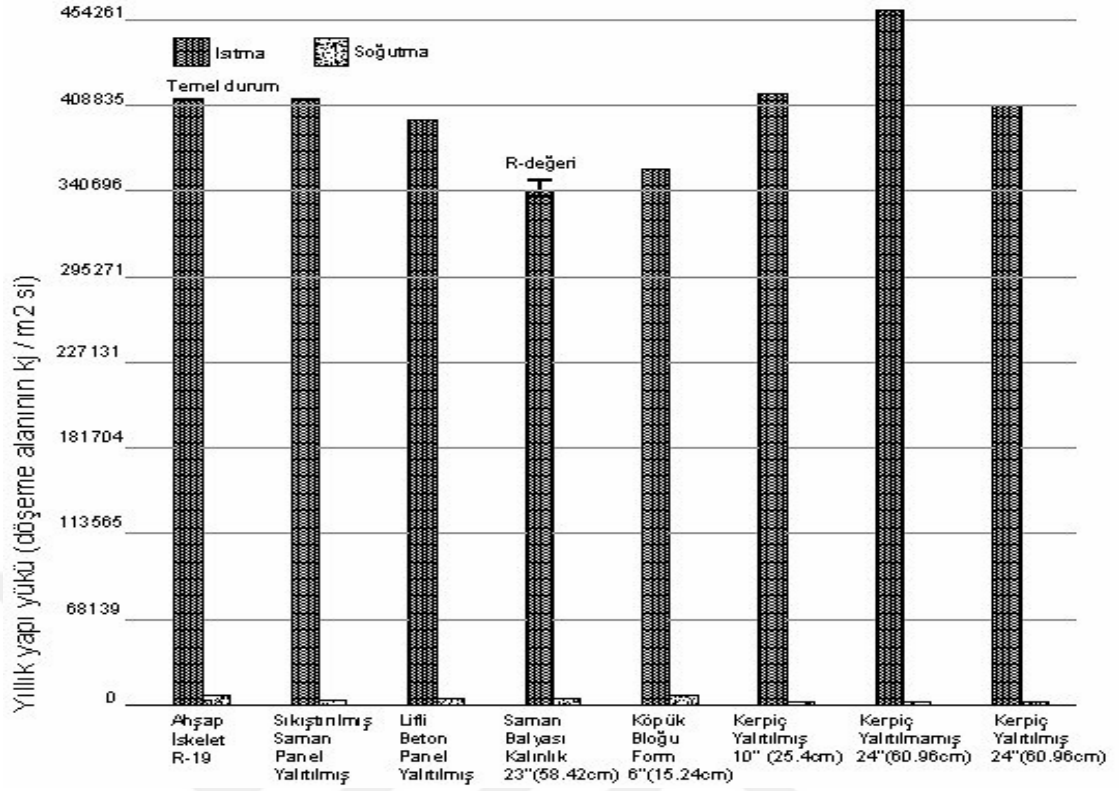
Üç boyutlu sürekli bir matris malzemesinin, üç boyutlu bir dolgu malzemesiyle doldurulması ile oluşan malzemelere dolgu yapıları kompozit malzemeler denir. Matris farklı geometrik şekillere sahip bir iskelet yapısına sahiptir. Düzgün hücreler, petekler veya süngere benzeyen gözenekli yapılar arasında organik, metalik veya seramik esaslı dolgu maddeleri yer alabilir. Birbiri içinde çözünmeyen, kimyasal reaksiyon vermeyen bileşenlerin seçilmesi durumunda en uygun özelliklere sahip bu yapıda kompozitlerin üretilebilmesi mümkün olabilir [38-39].



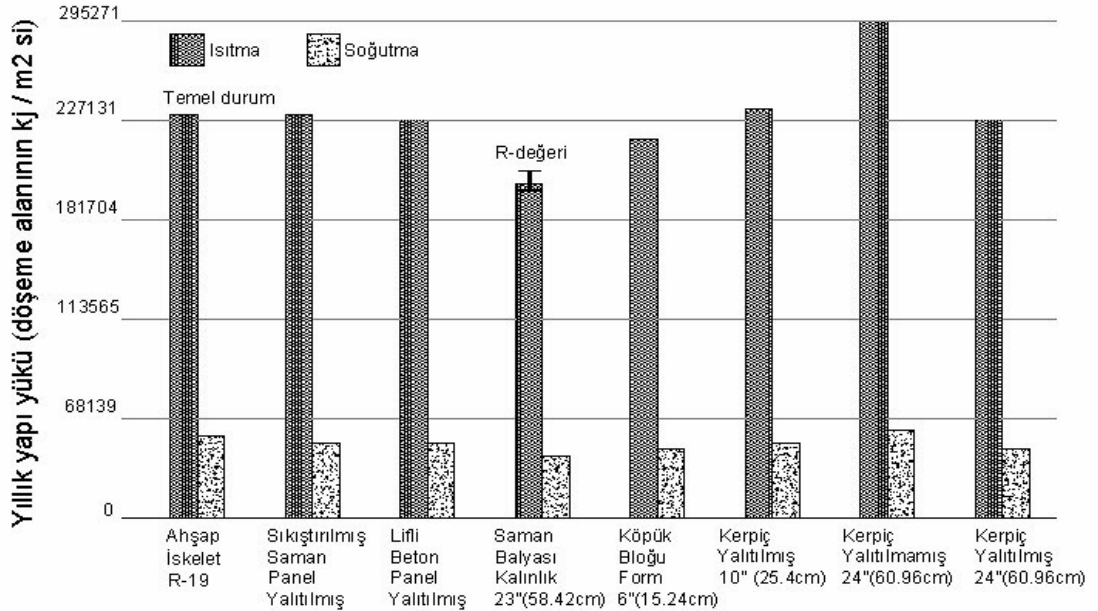
## 1.5. Yalıtım Malzemesi Olarak Saman

Saman selüloz tüplerine benzer tüpler içermesi nedeniyle inşaat ve yalıtım sektörünün ilgisini çekmiştir. Saman taneleri arasındaki boşluklu yapılar samanın yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğini güçlendirmiş, yıllar boyu yapılan bilimsel çalışmalarda göstermiştir ki ısı iletim katsayısı oldukça düşüktür ve böceklenme ve çürümeye karşı doğal bir mekanizma içerir. Normalde atık olan bu malzeme aynı zamanda yalıtım masraflarını da aşağıya çekmektedir. Samanın sahip olduğu selüloz tüpleri aynı zamanda malzemenin çatlamasını da engeller [40]. Kullanımı 40000 yıl öncesine dayanmaktadır [41]. Almanlar zamanında özel bir kil türüne yatırıp, ahşap kalıplarda şekillendirip yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Bugün kırsal kesimde buna benzer uygulamalar kullanılmaktadır [42]. Sera gazı salınımının olmaması saman kullanımının tercih sebebi olmasının ana nedenidir [40]. Selüloz içeren saman balyası super-yalıtılmış bir yapıda dışarıdan gelen havanın içeri girmesi engellenerek iç hava sıcaklığının düşmesine engel olur. Yapının bu yeteneği, direnç veya R-Değeri; (Metrik sistemin kullanıldığı ülkelerde RSI-değeri olarak adlandırılır) ısı iletkenlik direncini veren nümerik değer ile ölçülür [42]. R değeri ne kadar yüksekse, yalıtım o kadar iyidir [43]. Isıyı kademeli olarak bıraktığı için saman balyaları diğer yapı elemanlarına göre çok iyi enerji tasarrufu sağlar. Lawrence Berkeley Laboratuvarı Enerji Bölümü bilim adamı Jim Hanford değişik duvar yapı malzemelerinin ısı karakteristiğini araştırmıştır. Navajo'da değişik binaların enerji verimi analiz etmiştir. Hanford'un analizine göre bir saman balyası için varsayılan R-2.4 hassas ölçümlerle R-1.8 ve R-3.0 (her bir 2.54 cm için) olarak bulunmuştur. Şekil 11 ve Şekil 12 saman balyaz duvarın diğer duvar konstrüksiyonları ile karşılaştırmalı olarak ısı özelliklerini gösterir [40].

Saman balyasının R-değeri, 45 gibi yüksek bir değer iken, aynı kalınlıktaki beton duvarın R-değeri 10'dan az, 15 cm'lik ahşabın R-değeri yaklaşık 19, tek cidarlı camın R-değeri ise sadece 0.9dur [43]. Bir balya, 60 cm'lik kalınlığa kadar ulaşabildiği için son derece yüksek ısı korumaya sahiptir.



Şekil 1.11. Albuquerque, New Duvar Konstruksiyonu Mexico İklimi: Alternatif ve Performans Analizi [40].



Şekil 1.12. Cedar Şehri, Utah İklimi: Alternatif Duvar Konstruksiyonu ve Performans Analizi [40].

Lawrence Berkeley Laboratuarı'nda Navajo bölgesi için yapılan analizler, saman balya teknolojisinin, incelenen diğer teknolojiler arasında ısıtmada en iyi enerji tasarrufunu sağladığını göstermiştir. Çalışma sonuçları saman balya tekniğinin, ısı tasarrufu ve etkili güneş tasarımları ile birlikte kullanıldığı zaman; bilinen kullanıma oranla %60'ın üstünde bir tasarruf sağlayabileceği belirlenmiştir [40].

### **1.5.1. Çevresel Faydalar ve Sürdürülebilirlik**

Saman bitkisel bazlı olduğundan çevresel açıdan geri dönüşümü mümkündür. Tekrar yetiştirilebilir ve bu tarım varolduğu sürece devam edebilir. Tarımsal bir atıktır çünkü arpa buğday gibi malzemelerin atık saplarından yapılır. Bilinen verilere göre ABD de her yıl 200 milyon ton saman üretime katkı sağlamakta ve çeşitli alanlarda değerlendirilmektedir [40]. Tarlada kalan saman genellikle yakılarak imha edilmektedir. Yakılan saman atmosfere aşırı zehirli gaz salmaktadır. Samanın yakılmadan değerlendirilmesi, bu yanlış uygulamadan kaynaklanan çevre kirliliğini de engelleyecektir.[44].

### **1.5.2. Depreme Dayanıklılık**

Saman balyaları iyi düzeyde genişlik-yükseklik oranına sahiptir, doğası gereği hem esnek hem de dayanıklı bir yapı malzemesidir. Kolayca bambu ahşap veya metal elemanlarla birleştirilip yeni malzemeler üretilebilir. Balya duvar sistemi ile diğer yapı elemanları arasında yeteri kadar sağlam bağlantı yapılmışsa sismik dalgalanmalarda oldukça dayanıklı bir yapı oluşturur. Geleneksel yapılar deprem şokunu çatıya iletirken, balya duvar bu şokun çoğunu absorbe eder. Tel ile güçlendirilmiş sıva da bu sismik dayanıma katkıda bulunur [45].

Ramirez 1998 tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada iki katlı inşa edilmiş karkas sistem balya dolgu duvar (dışı çimento bazlı sıva, içi alçı sıva) periyodik olarak yanal basınca maruz bırakılmıştır. Bu yanal basınca malzemenin dayanım gücünü anlamak

için yapılan testler sonucunda sıvanın en dayanıklı kısım olduğu ve yanal yükün çoğunu aldığı açığa çıkmıştır. Balyanın dolgu kısmı esnektir ve yanal basınca dayanımı azdır. Bu esneklik sayesinde olası kırılmaların önüne geçilir [46].

### **1.6. Yalıtım Malzemesi Olarak Yün**

Koyun yünü çok eski zamanlardan sıcak tutması ve nem barındırmaması nedeni ile kıyafet olarak kullanılmaktadır. Özellikle ısı transferi açısından kuvvetli bir yalıtım malzemesi olduğu bilinmektedir. Doğaldır ve sürdürülebilirliği kesindir. Ucuz ve kuvvetli bir lif yapısına sahiptir. Yapılan araştırmalar yünün iyi bir ses yalıtım malzemesi göstermiştir [47]. Yün liflerinin insan sağlığı açısından olumlu özelliklerinin olduğu bilinmektedir. Çalışmalarda kullanılan yün lifleri 22  $\mu\text{m}$  ve 35  $\mu\text{m}$  kalınlığındadır. Sonuç olarak yün liflerinin kalınlık ve yoğunluğu arttıkça ses yutumu kabiliyetinin arttığı belirlenmiştir [48-49].

### **1.7. Yalıtım Malzemesi Olarak Keten**

Mısırın çok eski medeniyetlerine dayanan kullanımı yüksek olan bir lifdir. Keten bitkisinin %70'i içerisinde selüloz barındırır. Keten lifleri içerisinde havayı muhafaza ederek ısı iletimine karşı direnç gösterir. Keten liflerinin ısı iletim katsayısı oldukça düşüktür. Keten lifleri elastik olduğundan dolayı darbelerde ses yalıtkanları olarak kullanılabilirler. Keten panellerin yoğunluğu 20 ile 100  $\text{kg/m}^3$  arasında, ısı iletim katsayısı 0,038 ile 0,075  $\text{W/m.K}$  arasında ve özgül ısı kapasitesi 1,4 ile 1,6  $\text{kJ/kgK}$  arasındadır. Keten liflerine başka malzemeler takviye edilerek mekanik direnci artırılırken, bor tuzları gibi özel yapılar ile birleştirilerek yangına, haşerelere ve küflenmelere karşı direnci artırılabilir [50].

Kısa keten lifleri ve keten içeren yenilikçi bir malzemenin ısı ve akustik davranışını değerlendirmiştir. İncelenen malzeme sentetik bağlayıcı içermeyip 0,060  $\text{W/m.K}$ 'lik bir ısı iletim katsayısına ve yaklaşık 170  $\text{kg/m}^3$  yoğunluğa sahiptir. Akustik özellikleri ise 2 mm kalınlığındaki bir panel için 500 Hz'den yüksek frekanslarda test edilmiş ve ses

yutum katsayısı 0,4'den yüksek olduğu belirlenmiştir [51]. Keten ve kenevir, yüksek performanslı ısı yalıtım malzemesi üretmek için uygun malzemelerdir, En iyi sonucu gösteren karışım malzemesinin ısı iletim katsayısı 0,033 W/m.K olarak belirlenmiştir [52]. Keten lifi, mısır ve sentetik bir bağlayıcıdan yapılmış 32 kg/m<sup>3</sup> 'lük yoğun bir numune üzerinde yapılan ölçümler 0,043 W/m.K'lik bir ısı iletim katsayısı ve 2,9 su buharlı direnç faktörünü göstermiştir [53]. Bitkinin yetiştirilmesi kolaydır. Gübreleme ya da temizleme gerekmeden herhangi bir toprakta yetiştirilip işlenebilir. Geri dönüşümü mümkündür, polyester elyaf kullanılmadığı zaman atık ürünleri tekrar kullanılabilir, atıkları gübre üretimi için de kullanılabilir [54].

### **1.8. Yalıtım Malzemesi Olarak Kil**

Killer biyo uyumluluğu kanıtlanmış doğal maddelerdir ve düşük fiyatlarda büyük miktarlarda bulunurlar. Nano ölçekli organizasyona sahiptirler ve çeşitli uygulamalar için umut vaat eden özellikler gösterirler [55,56].

Organize kil-polimerik kompozitlerin tasarımı iyi tanımlanmış kil nano parçacıkları gerektirir. Bu, yalnızca kilin kimyasal bileşimini değil, aynı zamanda büyüklüğü, boy oranını ve üçüncül yapıyı içeren kil morfolojisini de göz önünde bulundurmamız gerektiği anlamına gelir. Killer seramik sanayiden sondaj petrol gibi ağır sanayiler ve bunun yanında kâğıt ve gıda gibi ince işleme gerektiren sanayilere kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Mineral yapısı çok geniş bir yelpazeye sahip olduğundan çok farklı fiziksel tepkiler vermektedir. Killer 0,02 mm'den çok daha küçük tane boyutlarına sahiptirler ve oldukça fazla su emiciliğine sahiptirler. Saf olarak bulunmazlar birçok mineralin bileşiminden oluşurlar. Bu minerallerin oranları değiştikçe kilin özelliği ve kullanım yerleri de değişmektedir [56].

### **1.9. Literatür Araştırması**

Sütçü ve arkadaşları gelişmiş termal iletkenliğe sahip gözenekli ve hafif kil tuğlaların üretimini incelemişler. Pomza, toprak tuğla üzerinde gözenekleri üretmek için bir katkı

maddesi olarak kullanılmıştır. Hammaddelerin SEM-EDS, XRD, XRF ve TG-DTA analizleri başlangıçta yapılmıştır. Tuğla hammaddeleri ve pomza içeren karışımlar farklı oranlarda hazırlanmıştır (ağırlıkça% 40'a kadar). Yarı kuru karışımlar, kalıbın içinde 20 MPa basınç altında bir hidrolikpres ile sıkıştırıldıktan sonra, yeşil gövdeler kurutulur ve daha sonra 900°C ve 1000°C'de 2 saat süreyle ateşlenmiştir. Ateşlenmiş numunelerin tutuşma değerleri, Arşimed yöntemi ile kütle yoğunluğu, görünür porozite ve su emme ölçümleri şeklinde incelenmiştir.

Ayrıca ateşlenen numunelerin ısı iletkenlikleri ve mekanik kuvvetleri de ölçülmüştür. Sonuçlar, pomza kullanımının tuğlaların ateş yoğunluğunu azalttığını göstermiştir. Üretilen %40 pomza (% 0.65 W/m K) eklenmiş tuğla ile ısı iletkenlik, referans tuğla (katkı maddesi içermeyen (0.96 W/mK)) ile karşılaştırıldığında % 30'dan fazla azalma göstermiştir. Sıkıştırma kuvvetleri, standardın gerektirdiğinden çok daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir [57].

Toprak ve arkadaşları Finlandiya'da nükleer yakıtın nihai bertaraf için tasarlanmış bariyer sistemlerinin (EBS) termohidromekanik (THM) simülasyonu açıklamak için bir çalışma tasarlamışlardır. Bu çalışmada bentonit engelleri Barcelona Temel Modeli ile simüle edilmiş ve model laboratuvar testlerinden kalibre edilmiştir. Boşluk kapatmanın evrimi ve bertaraf ile kesişen bir çatlakın varlığı analiz edilmiştir. Simülasyonlar 2D aksel simetrik geometrilerde gerçekleştirilmiş ve üçüncü boyutun etkisini kontrol etmek için tam 3D simülasyonlar yapılmıştır. Kaya kırığının etkisi ve kayanın hidrolik iletkenliği 2D duyarlılık analizlerine tabi tutulmuş ve Kil engelleri olumlu sonuç vermiştir [58].

Chen ve arkadaşları 2019 yılında dondurularak kurutma metodu kullanılarak, üretilen polimer/kil arojel kompozitler ve çözücü olarak su kullanmışlardır. Bu tür arojellerin, katmanlı veya ağ mikro yapılarına, düşük ısı iletkenliğine ve iyi termal stabiliteye sahip olduğu; genellikle arojel kompozitlerin bileşimi ve mikroyapısından etkilenebilecek çok düşük yanıcılığa sahip olduğunu göstermişlerdir. Aerojellerin yangın performansı, alev geciktirici modifikasyonlarla daha da geliştirilebilir oldukları ve polimer/kil arojel kompozitler ayrıca etkili alev geciktirici kaplamalar olarak da işlev görebileceği görülmüştür. Polimer/kil arojel kompozitlerin alev geciktirici mekanizmaları da taşıdığı kanısına varmışlardır [59].

Jove-Colon ve arkadaşları yaptıkları çalışmada DOE Kullanılmış Yakıt Yerleştirme Kampanyası (UFDC) 'nin Ar-Ge programı, kilin birleşik Termal-Hidrolojik-Mekanik-Kimyasal (THMC) modellemesinde kilin, termal ve hidrokimyasal geri bildirimlere yanıt olarak karmaşık dinamik davranışını simüle etmek için önemli ilerlemeleri belgelemişlerdir. Isı üreten nükleer atıkların kil/şeyl/argillaceous kaya oluşumlarında derin bir jeolojik depoda izolasyon performansını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu raporda, birleşmiş THMC proses modellerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, bariyer kili etkileşimlerinde hidrotermal deneyler, kullanılmış yakıt ve teneke kutu malzemesi bozunması, termodinamik veri tabanı geliştirme ve izotermal olmayan alanın altındaki reaktif taşıma modellemesi konusunda süregelen elden çıkarma Ar-Ge çalışmaları açıklanmıştır. FEBEX-DP uluslararası aktivitesinden Kil bariyer örnekleri üzerinde yapılan karakterizasyon çalışmaları, kil bariyer mikro yapıları (örneğin, mikro çatlaklar) ve EBS ara yüzlerinde etkileşimler hakkında önemli bilgiler sağlamıştır [60].

Ariany ve ark. 2018 yılında avlanma yerinin uzak olması nedeniyle, balıkçı tekneleri avın tazeliğini koruyabilen bir sistemle donatılmaları gerektiği savunmuştur. Bu çalışmanın temel amacı, kağıt atık (selüloz) kullanılarak, geleneksel balıkçı teknesi kargo ambar yalıtım sistemi için ucuz, verimli, dayanıklı ve çevre dostu alternatif malzemeler sağlamak ve üretmesiydi. Önerilen yalıtım sistemi tazeliğini (balık avı kalitesini) ve balık fiyatlarını iyileştirebilir. Bu araştırmada, balık kargo ambarının ısı yalıtım sisteminin geliştirilmesi yapılmıştır. Balık kargonun tasarımında yalıtım sistemi bulunmaktaydı, yalıtım odasının büyüklüğünü elde etmek için yalıtım sistemi tutma sistemi yapılmıştır. Isı yalıtım sisteminin tasarımı için kullanılan sayısal analizler, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan ısı transferi analizidir [61].

Peng ve ark. 2018 de Isı lokalizasyonu ve ince film buharlaştırmasını birleştirerek, düşük maliyetli, yüksek verimli bir güneş buhar jeneratörü önermiştir. Ölçümler enerji verimliliğinin  $1\text{kW/m}^2$ 'de % 78 olduğunu göstermiştir. Bu arada, deneysel sonuçlar, ince film buharlaşma teorisine dayanan teorik tahminleri ile de aynı yönde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, verimin parçacık konsantrasyonuna ve boyutuna bağımlılığı tartışılmıştır. Jeneratörün performansının birkaç farklı parçacıkla (grafit, grafen,  $\text{MoS}_2$  ve karbon nanotüpler) zayıf bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışma, yüksek verimli güneş buhar üretiminin derinlemesine bir anlayışını sunmuş ve nanoteknolojiyi pratik uygulamada ucuz ve basit bir şekilde kullanmanın bir örneğini göstermiştir [62].

Jerma ve ark. 2019 de Tarihi ve geleneksel binaların Isı performansının iyileştirilmesine yönelik bina zarflarının güçlendirilmesi, yalnızca iç ısı yalıtım sistemleri kullanılarak çoğu zaman mümkün olduğunu göstermiştir. Buhar bariyersiz sistemlerin etkinliği, hızlı sıvı nemin yeniden dağılımına katkıda bulunan ve su buharı yoğunlaşması ile ilgili risklerin azaltılmasına katkıda bulunan gelişmiş su taşıma özelliklerine sahip modern yalıtım malzemelerinin uygulanmasına bağlı olduğunu söylemiştir. Tarihi bina zarflarının iç tarafındaki ısı yalıtım levhaları potansiyel olarak uygulanabilen bazı biyomalzemelerin termal ve higrik özelliklerini incelemiştir. Elde edilen deneysel veriler, gelişmiş bilgisayar simülasyon araçlarını kullanarak iç ısı yalıtım sistemleri ile donatılmış binaların uygun hidro-fiziksel ve enerji ile ilgili değerlendirmesi için gerekli tüm taşıma ve depolama parametrelerini içermektedir. Ahşap sunta, keten lifleri, kenevir lifleri, jüt lifleri ve koyun yünü aynı zamanda düşük ısı iletkenliğine  $0,005 = Wm^{-1}K^{-1}$  ve yüksek nem yayıcılığına ( $1.1 \times 10^{-6}$ ) sahiptir.  $1,2 \times 10^{-5} m_2s$ ) su buharı bariyeri olmayan iç ısı yalıtım sistemlerinde kullanım için iyi adaylar olarak sınıflandırmışlar. İç tarafta kullanımlarını destekleyen uygun su buharı difüzyon parametreleri ve higroskopik özellikler de sergilediği belirlemiştir [63].

Segovia ve ark. 2016 da Keten lifi, bileşik endüstrisi için yoğunluk, mekanik dayanım ve ses/ısı yalıtımı gibi çekici teknik özelliklere sahip, piyasada bulunan, yenilenebilir bir ürün olduğunu söylemiş ve bu liflere dayanan biyo-kompozitler için uygulamaların hızla geliştiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, plastiklerin aksine, mikroorganizmalar tarafından kirlenme derecesini değerlendirmek için kullanılan bir standardın olmadığını söylemiştir. Dokunmamış elyaflı elyaf numunelerindeki sanayi ve yüksek reçine içerikli doğal matris-doğal elyaf biyo-kompozitlerdeki kalıpları saptamak ve ölçmek için bir çalışma yapmıştır. İlk denemede, ISO 846 standardında tanımlanan dokusuz malzemelerdeki mantar gelişimini değerlendirmeye çalışmıştır. Malzemelerin küf ile aşılınmış olmasına rağmen, bu şekilde hiçbir mantar miselyumu tespit edilememiştir. Bu gözlemi doğrulamak için, materyalde mevcut miselyumu lekelemek için spesifik anilin mavi yöntemine dayanan nitel bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu, malzemede küf oluşumunu tespit etmelerine ve farklı koşullar altında inkübe edilmiş dokunmamış elyaflı materyaller üzerindeki kolonizasyon derecesini değerlendirmeye olanak bulmuştur. Dokumasız elyaflı malzemelerin ve yüksek reçine içerikli doğal



matris-doğal elyaf biyo-kompozitlerin imalat işlemine kullanılan keten liflerinin bir borik asit ön muamelesinin biyosit etkinliği, geliştirmiş oldukları mikroskop bazlı yöntem kullanılarak kalıp gelişiminin derecelendirilmesiyle belirlemişlerdir. Sonuçlar, optimal küf büyütme koşullarında ( $A_w > 0.6$ ,  $26^\circ\text{C}$ ) malzemenin kolonileşmesinin, keten liflerinin borik asit ön muamelesi tarafından engellendiğini açıkça gösterdi. Kolonizasyon boyutunun yarı kantitatif verilerini elde etmek için moleküler bir yöntem kullanılmıştı. DNA farklı malzemelerden ekstrakte edildi ve mantar DNA'sının ribozomal bölgesi, biyolojik kaynaklı malzemede mantar kolonizasyonunun saptanmasına ve ölçülmesine izin verecek şekilde PCR ile büyütüldü. Sonuçlar mikroskopik tabanlı yöntemi doğruladı [64].

Patnaik ve ark. 2015 de bina endüstrisi uygulamaları için atık yünden ve geri dönüştürülmüş polyester elyaftan (RPET) geliştirilen termal ve ses yalıtım örnekleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Atık yün lifi, ısı ve ses yalıtımı uygulamaları için potansiyel bir hammadde kaynağıdır, ancak miktarları sınırlıdır. Bu problemlerin üstesinden gelmek için, atık yün lifleri iki kat mat şeklinde 50/50 oranlarda RPET lifleriyle karıştırılmıştır. Ayrıca, %100 atık yün ve % 100 RPET elyafından üç örneklem daha hazırlanmıştır. Tüm örnekler ısı yalıtımı, akustik, nem emme ve yangın özellikleri için test edilmiştir. Ayrıca, numunelerin yüksek nem koşulları altında davranışları değerlendirilmiştir. Organik karbonun karbondioksite dönüşümünü 50 gün boyunca kompostlama yöntemiyle analiz etmek için kapsamlı bir biyobozunurluk çalışması yapılmıştır. İki kat %50 atık yün ve %50 RPET mat en iyi yalıtım, akustik, nem emme ve yangın özelliklerini sağlamıştır. RPET/atık yün matları, 50-5700 Hz frekans aralığında % 70'den fazla olay gürültüsünü emiyordu. RPET/atık yün paspaslar, yüksek nem koşullarında, izolasyonu ve akustik özellikleri etkilemeden yeterli nem direncine sahip olduğu bulundu. Yün/RPET matlarında 50 gün kompostlama dönemi için %65-70 oranında biyolojik bozulma sağlanmıştır [47].

Korjenic ve ark. 2016 da İnşaat mühendisliği alanındaki mevcut trend, enerji tasarrufu sağlayan ve evre dostu yapılar inşa ediyor olduğunu gözlemlemiş. Bu eğilimleri elde etmenin yollarından biri, çevreye dost, son kullanım özelliklerine sahip ve aynı zamanda makul fiyat için yeni, ilerici yapı malzemelerinin kullanılması olduğu

kanısına varmışlardır. Diğer bir yöntem ise tesis cepheleri ve çatıları inşa etmek olduğu bu tesislerin bu tür yapılarda sıcaklık ve nemi düzenleyebileceği kanısına varmışlardır. Avantajlarının, ince toz partiküllerini tutma, gürültü seviyesini düşürme ve yapıyı hava koşullarına karşı koruma gibi, bitkilerin faydalı özelliklerinin kullanılabilirdiği büyük şehirlerde sağlıklı yaşam üzerindeki olumlu etkili olduğunu göz önünde bulundurarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada belirtilen modern teknolojilerin her ikisinin de olası bağlantısı açıklanmış ve doğal elyaflara dayalı yalıtım malzemelerinin araştırılması ve geliştirilmesi sonuçları verilmiştir; bilhassa teknik kenevir, keten ve hint keneviri ve bunların bitki cepheleri ve çatıları olan binalara uygulanması gibi. Çalışmada ayrıca, bitki cephe bir yapı inşa edildikten sonra optimal kenevir lifi bazlı malzemenin davranışının hesaplamalı simülasyonu da dahil olmak üzere, geliştirilen malzemelerin hidrotermal davranışı belirlemişlerdir[65]

Wei ve ark. 2015 de Yüksek frekansta sıcak presleme kullanılarak pirinç samanından (RSTIB) yapılmış yeni bir ısı yalıtım malzemesi geliştirmiştir. Bu çalışmanın amacı, yüksek frekanslı ısıtma, levha yoğunluğu, partikül boyutu ve ortam sıcaklığının RSTIB özelliklerine etkisini araştırmaktır. Sonuçlar, levhaların optimum fiziksel ve mekanik özelliklerinin% 14 partikül nemi içeriğine (MC), 250 kg/m<sup>3</sup> panel yoğunluğuna ve L tipi partikül boyutuna sahip olduğunu göstermiştir. Ek olarak, ısı yalıtım levhaları 0.051 ila 0.053 W/(mK) arasında değişen oldukça düşük ısı iletkenliğine sahip olduğu görülmüştür. Geleneksel sıcak presleme ile yapılan karşılaştırma, presleme süresinin yüksek frekanslı sıcak presleme ile büyük ölçüde kısaltılabildiğini doğrulamıştır. Yüksek frekanslı preslemeye maruz kalan kartlar, geleneksel sıcak preslemeye maruz kalan kartlara göre daha yüksek iç yapıştırma mukavemeti (IB) değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Çevre dostu ve yenilenebilir bir malzeme olarak RSTIB, duvarlar veya tavanlar için yapı yalıtım malzemesi olarak kullanımı enerji tasarrufu amaçlıdır[34].

Rojas ve ark. 2019 tarafından binalardaki yüksek enerji tüketimi, Şili'nin güney şehirlerinde iklim değişikliğine ve atmosfer kirliliğine önemli bir katkı sağladığı düşünülerek bir çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda, yalıtım malzemelerinin bir binanın işletme aşamasında enerji talebini azaltmak için kilit bir faktör olduğu ve bununla birlikte, bu malzemeler genel olarak yüksek enerji tüketimine sahip petrokimyasallardan üretilir ve bu da üretim ve atma aşamasında çevre üzerinde ciddi

zararlı etkilere neden olduğunu belirlemişlerdir. Bu nedenlerden dolayı, doğal elyaf atıklarına dayanan yalıtım malzemeleri, Şili'nin güney bölgelerinde bol miktarda bulunurluk, potansiyel düşük maliyet, üretim aşamasında düşük enerji tüketimi ve kullanım ömrünün sonundaki yüksek biyolojik bozulma oranı nedeniyle mükemmel bir alternatif olarak görüldüğünün farkına varmışlardır. Araştırmada, buğday samanı ve mısır kabuğu kalıntı liflerine dayalı blok tipi yalıtım malzemesi geliştirilmiştir. Isı iletkenliği ve dört kontrol faktörünün yoğunluğu üzerindeki etkisini araştırmak için lif uzunluğu, kaynama süresi gibi üç düzeyde Taguchi metodu uygulanmıştır; NaOH konsantrasyonu ve harmanlama süresi; L-9 ortogonal bir dizide. Ayrıca, bükülme ve basma gerilimi belirlenmiş ve genişmiş polistiren blok yalıtımı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ısı iletkenlik değerlerinin 0,046 ile 0,047 W/mK arasında olduğunu göstermiştir. Ek olarak, bükülme gerilmesi, standart genişmiş polistiren tip IX'dekine kıyasla iyiydi. Son olarak, işlemin optimum koşulları, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak morfolojik olarak analiz edilen son bir blok elde etmek için belirlenirken, termal davranış, termogravimetrik analiz (TGA) ile incelenmiştir[35]

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyleerde kullanılan kil Kars Karabucak köyünden alınmıştır. Kilin bileşimi Tablo 2.1 verilmiştir ilgili analizler Kars çimento fabrikasında yapılmıştır. Kullanılan yün, saman ve kenaf gibi lifler Kars bölgesinden temin edilmiştir. Kil ve lifler Şekil 2.1’ de gösterilmiştir. Ayrıca kullanılan liflerin literatürden alınan mikroskop altında ki görüntüleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



a) Kenaf (Kenevir İpi)

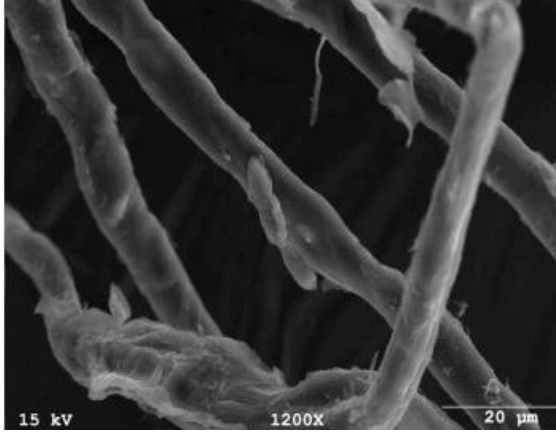
b) Ham Koyun Yünü



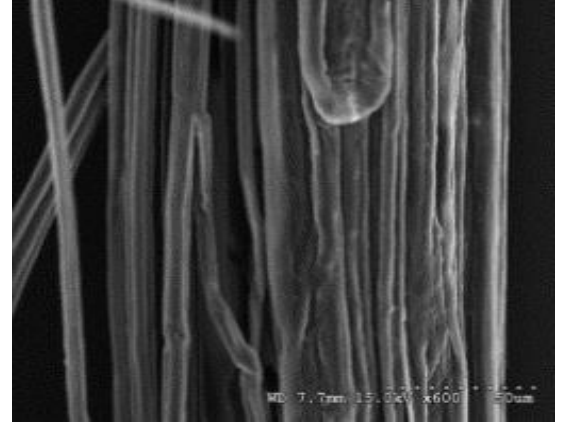
c) Buğday Sapı (Saman)

d) Kil

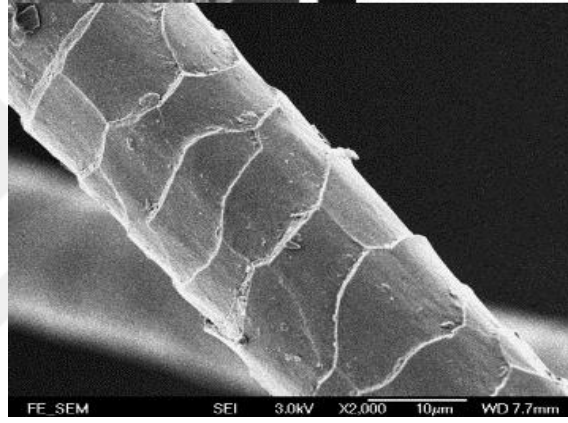
**Şekil 2. 1.** Üretimde kullanılan doğal lifler ve Kil



a) Buğday samanı [80]



b) Kenaf lifi [81]



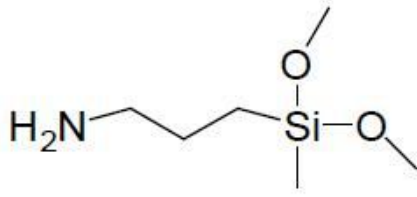
c) Koyun yünü [55]

Şekil 2. 2. Kullanılan liflerin mikroskobik görünümü

Tablo 2. 1. Kullanılan kilin içeriği

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Cl	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
13,76	11,12	0,0825	6,55	1,59	3,25	0,96	0,24	53,86

Hidrofobik ajan olarak kullanılan Şekil 2.3 de kimyasal yapısı ve Tablo 2.2 da teknik özellikleri verilen su bazlı Karotect C1 marka Silan Varkim Endüstri Kimyasalları firmasından temin edilmiştir. Alman BAST-onayı ile ruhsatlı, su bazlı solvent içermeyen Silan (SiH<sub>4</sub>) bazlıdır. Ürün mantar ve böcek oluşumuna karşı etkilidir. Solvent içermediği için çevre dostudur.



**Şekil 2. 3.** Kullanılan silanın molekül yapısı

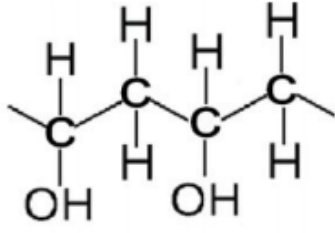
**Tablo 2. 2.** Silanın Teknik Verileri

Görünüm	Renksiz, berrak sıvı
Katı madde	(%) 5 ( $\pm 0,5$ )
Yoğunluk	(25°C) 0,80 g/cm <sup>3</sup>
Parlama Noktası	~38 °C

Bağlayıcı olarak su bazlı ARAKRIL®DC 938 marka Vinil Asetat-Akrilik Ester (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>n</sub>(C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)<sub>m</sub> reçine Kimtex Boya Kimyasalları firmasından temin edilmiştir. Şekil 2.4’ de kimyasal yapısı ve Tablo 2.3’de teknik özellikleri verilen, reçine kendiliğinden çapraz bağlanan vinil asetat emülsiyonudur, özellikle yüksek yoğunluklu, yapıştırma uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

**Tablo 2. 3.** Vinil Asetat-Akrilik Ester teknik özellikleri

	Birim	Değer	Test metot
Katı 1/2 h 150 °C)	%	50±1	DIN EN ISO 3251
pH		3.5-5.5	DIN ISO 976
Viskozite Brookfield RVDV-II	mPas	1000-5000	DIN EN ISO 2555
MFFT	°C	8± 2	ISO 2115
Yoğunluk	g/cm <sup>3</sup>	1.08	ISO 8962
Iyonik Yük		Anyonik-Nonyonik	
Film Görünüşü		Berrak ve Parlak	
Tg	°C	22± 2	DIN 53 765(DSC)



**Şekil 2. 4.** PVA kopolimer reçinenin kimyasal yapısı

Kil 2000 -800- 600- 425 mesh elek altı ölçülerinde Şekil 2.5 'de görülen JEOTEST marka eleklerde elenerek Şekil 2.6'de görüldüğü gibi tane boyutuna göre sınıflandırılmıştır. Deneylerde kullanılan malzemelerin tartım işlemleri için Şekil 2.7'da gösterilen 0,1 gr hassasiyetindeki KERN ACJ 220-4M marka hassas terazi kullanılmıştır. Tüm malzemelerin karıştırma işlemleri için M-TOPE-MS3040D marka laboratuvar tipi mekanik karıştırıcı kullanılmıştır.



**Şekil 2. 5.** Jeotest marka elek seti ve elenip boyutlarına ayrılmış kil numuneleri



**Şekil 2. 6.** Elenip boyutlarına ayrılmış kil numuneleri



**Şekil 2. 7.** Tartım işlemleri için kullanılan hassas terazi





**Şekil 2. 8.** Üretim sisteminin akış şeması

Kil minerali belirli oranlarda Silan ile muamele edilerek, kil için gerekli olan minimum yüzey aktif madde oranı belirlenmiştir. Şekil 2.8’de gösterilen akım şemasındaki adımlar izlenerek üretim yapılmıştır.

Numuneler hazırlanmadan önce kullanılacak kil dolgu ve fiber malzemeler (kendir lifi, ham yün ve saman) kütlece %5 oranında yüzey aktif madde olan Silan ile muamele edilmiştir. Şekil 2.9 ‘de görülen Nüve marka etüvde Şekil 2.10’da verilen tepsilerde 4-5 saat süreyle kurutulmuştur.



**Şekil 2. 9.** Kurutma işleminde kullanılan etüv



**Şekil 2.10.** Tepsilerde kurutulan hidrofobik hale getirilmiş kil numuneleri

Hazırlanan malzemelerin kütleli bileşimleri ve oluşturulan guruplar Tablo 2.4’de gösterilmiştir. Hidrofobik hale getirilen malzemeler Tablo 2.4’de gösterilen oranlarda birleştirilerek Şekil 2.11’da görülen boyutları 15x15x7 cm kalıplarda sıra sıra yapıştırılarak kompozit malzeme haline getirilmiştir. Kullanılan malzemeler lif tipi, dolgu olarak kullanılan kilin boyutu ve kullanılan lif oranına göre 3 grup altında

toplanmıştır. Yapıştırma için kullanılan bağlayıcı daha az tüketim için spreyleme usulü ile uygulanmıştır.



**Şekil 2. 11.** Kompozit üretiminde kullanılan kalıplar (kalıp boyutları 15cm x15 cm x7 cm dir)

**Tablo 2. 4.** Numunelerin bileşimi

Grup	Numune no	Kompozit Malzeme Bileşimi
1	Lif 1	% 6,69 kenaf , % 42 kil (2000 mesh) ,% 46 PVA+su
1	Lif 2	% 8,33 yün ,% 61 kil(2000 mesh) , % 30 PVA+su
1	Lif 3	% 11,4 buğday samanı ,% 46 kil(2000 mesh) ,% 42 PVA+su
2	Dolgu 1	% 11,4 buğday samanı ,% 46 kil(2000 mesh) ,% 42 PVA+su
2	Dolgu 2	% 10,4 buğday samanı ,% 48 kil(2000 mesh),% 42 PVA+su
2	Dolgu 3	% 8,6 buğday samanı ,%50 kil (2000 mesh),% PVA+su
3	Boyut1	% 11,4 buğday samanı ,% 46 kil(2000 mesh) ,% 42 PVA+su
3	Boyut 2	% 10 buğday samanı ,% 50 kil (600 mesh),% 40 PVA+su
3	Boyut 3	% 10 buğday samanı ,% 50 kil (450 mesh),% 40 PVA+su
	Bağımsız	% 1,18 buğday samanı ,% 80 kil (2000 mesh),% 18 PVA+su

Hazırlanan kalıplar Şekil 2.12’de görülen Hidrokar marka hidrolik presleme makinasında 0,4 ton basınç altında oda sıcaklığında preslenmiştir. Preslenen numuneler Şekil 2.13’de gösterilen PROTHERMPLF marka laboratuvar tipi kül fırınında 110 °C sıcaklıkta bir gün boyunca % 0 neme kadar kurutulmuştur.

Numunelerin ısı iletkenliğine Şekil 2.14 de görülen THERMTEST marka HFM-100 C model ısı iletkenlik ölçüm cihazı ile şekil 2.15 deki şartlarda bir saatlik zaman diliminde ölçülmüştür.

Yalıtım malzemelerin ısı transfer katsayıları kullanılan organik lifin cinsine göre, kullanılan kil miktarına göre ve kullanılan kil boyutuna göre değişimi üç farklı başlık altında incelenmiştir. Tüm malzemelerin yüke ve basınca dayanım testi Şekil 2.16 de görülen AOTOTEST 300 ton kapasiteli yükleme aleti ile yapılmıştır.



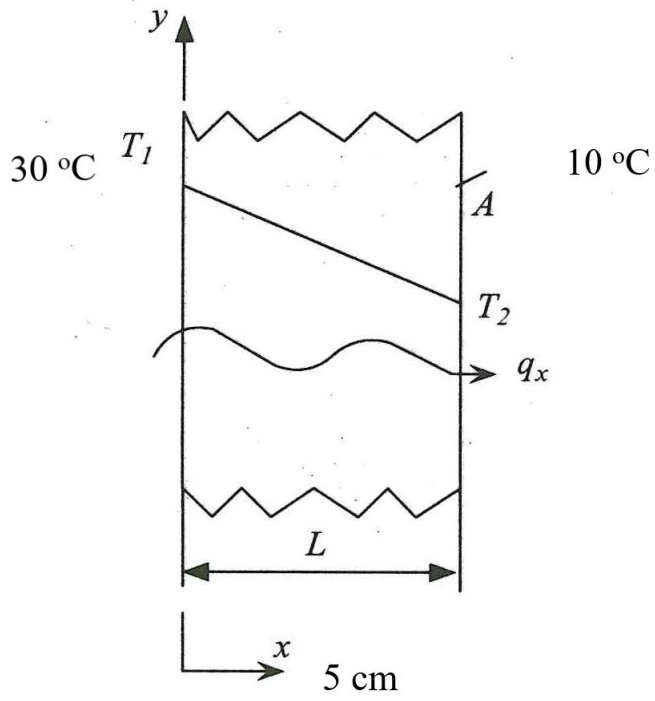
**Şekil 2. 12.** Hidrokar marka hidrolik pres makinası



Şekil 2. 13. Kül Fırını



Şekil 2. 14. THERMTEST marka HFM-100 model ısı iletkenlik ölçüm cihazı



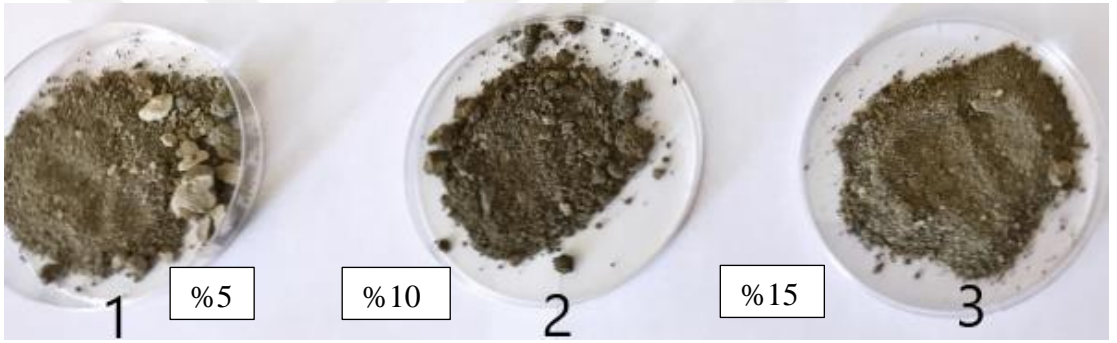
Şekil 2.15.THERMTEST marka HFM-100 model cihazın ölçüm prensibinin gösterimi



Şekil 2. 16.AOTOTEST 300 ton kapasiteli yükleme aleti

### 3. BULGULAR

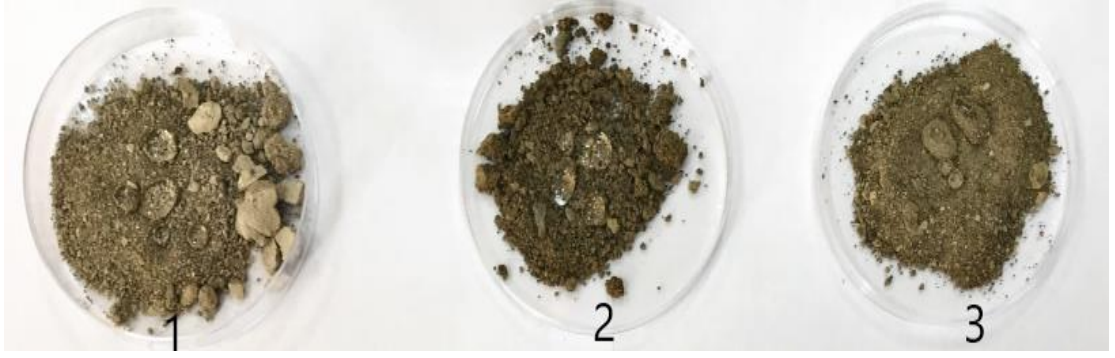
Kullanılan malzemeler içerisinde en hidrofilik olan içerdiği %13,76 oranında  $Al_2O_3$  kildir [66,67] ve daha az reçine ve su kullanımı için hidrofobik hale getirilmesi gerekmektedir [68,69]. Dolayısıyla ilk olarak kili hidrofobik hale getirmek için kil numuneleri birkaç farklı oranda silan ile muamele edilmiştir. Şekil 3.1’de gösterilen kil numuneleri sırasıyla; 1 numara %5; 2 numara %10; 3 numara %15 oranında silan ile muamele edilmiş ve kurutulmuştur. Sonuçta Şekil 3.2 de numunelerin su tutuculuğunun durumundan da anlaşılacağı gibi %5 lik silan ilavesinin fazlasının gereksiz olduğu görülmüştür.



Şekil 3. 1. Silan ile hidrofobik hale getirilmiş kil numuneleri



Şekil 3. 2. Hidrofobik hale getirilmiş kil numunelerine kile 2 ml su dökülmesi sonrası görünümleri



**Şekil 3. 3.** Hidrofobik hale gerdirilmiş kil numunelerine kile 2 ml su dökülmesi ve bir saat sonrası görünümleri



**Şekil 3. 4.** Ham kile dökülen suyun yakın görünümü





**Şekil 3. 5.** Hidrofobik kile dökülen suyun yakın görünümü

Şekil 3.3 incelendiğinde normal koşullar altında zamanın su emiciliği üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Daha fazla beklenmesi durumunda oda sıcaklığından dolayı buharlaşma olacağından çekilecek görüntülerin pek sağlıklı olmayacağı düşünüldüğünden 1 saatle sınırlandırılmıştır.

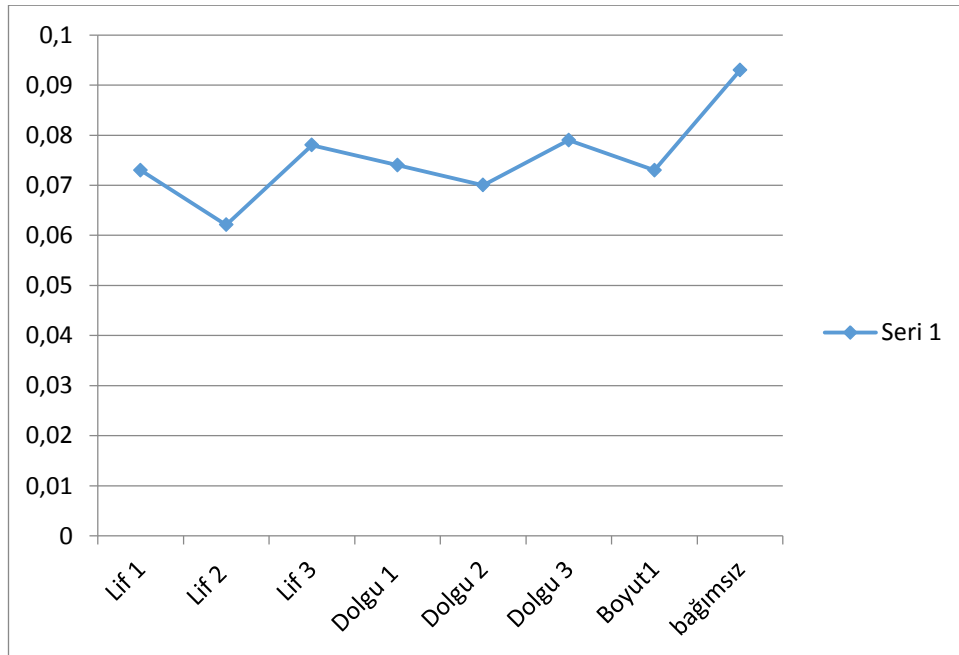
Şekil 3.4 ve 3.5’de hem hidrofobik hem de hidrofilik kilin su emicilikleri görülmektedir. Suyu çok seven kil minerali yüzey aktif madde sayesinde çok iyi bir su iticiliğe sahip olmuştur. Aslında mekanizma şöyle çalışır; su itici bileşikler malzemenin dış yüzeyini hidrofobik gruplarla kaplarlar ve bu sayede su moleküllerini düşük enerji seviyeleri oluşturarak iterler [70]. Bu çalışmada kilin ve liflerin hidrofobik hale getirilmesinin başlıca nedeni üretilen yalıtım malzemesinin özellikle kurutulma esnasında kilden ve liflerden dolayı oluşacak çatlamları önlemektir. Literatürde görülen uygulamalara göre oldukça fazla su absorblayan kil [71] dış yüzey kaplamalarda ve agregaya ilave olarak kullanılan betonda çatlamlara neden olur [66,68]. Çalışmalar kilin sahip olduğu bu su bariyerinin geliştirilebileceğini göstermektedir [72]. Çalışmamızda kullanılan malzemelerin su emicilik özelliği

giderildiği için kullanılan malzemenin su emiciliğinden dolayı çıkacak problemler engellenmiş olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 3. 1.** Numunelerin yoğunlukları

Numune adı	Yoğunluk gr/cm <sup>3</sup>
Lif 1	0.3280718
Lif 2	0.45245245
Lif 3	0.56756167
Dolgu 1	0.56756167
Dolgu 2	0.35959596
Dolgu 3	0.34339846
Boyut1	0.56756167
Boyut 2	0.38188097
Boyut 3	0.41560645
Bağımsız	1.47122191

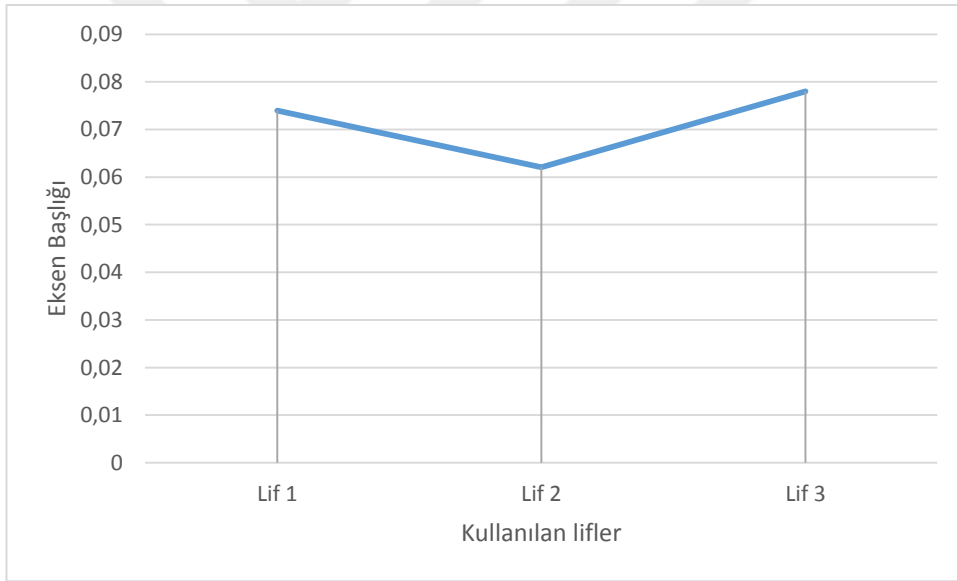
Yalıtım ve yapı malzemesinin hafif olması her zaman avantajdır. Tablo 3.1 incelendiğinde kullanılan malzemeler içerisinde kilin boyutunun ve miktarının artışıyla numune yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Dolayısıyla hafif olan liflerin kullanım oranının artması malzeme yoğunluğu açısından da önemlidir.



**Şekil 3. 6.** Yalıtım malzemelerinin ısı transfer katsayılarındaki değişim

Tablo 3.1 ve şekilde 3.6 birlikte incelendiğinde lif oranı arttıkça ve kil boyutu küçüldükçe ısı transfer katsayısının azaldığı görülmektedir. Ayrıca kullanılan lif türü ile de ısı transfer katsayısının değişim gösterdiği belirlenmiştir. En düşük ısı transfer katsayısının 0,061 W/m.K koyun yününün lif olarak kullanıldığı numune olduğu belirlenmiştir. Malzeme içerisinde kil taneciklerinin katmanlar arası teması engellendiğinden ısı iletim katsayısının azaldığı görülmektedir. Bu durum kil gibi silis içeriği fazla olan ve dolayısıyla ısı transfer katsayısı yüksek olan materyallerin ısı transfer katsayısı düşük ve hafif olan liflerle kullanılması enerji verimliliği açısından iyi sonuçlar doğuracağını göstermektedir.

### 3.1. Kullanılan Organik Lif Türüne Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi

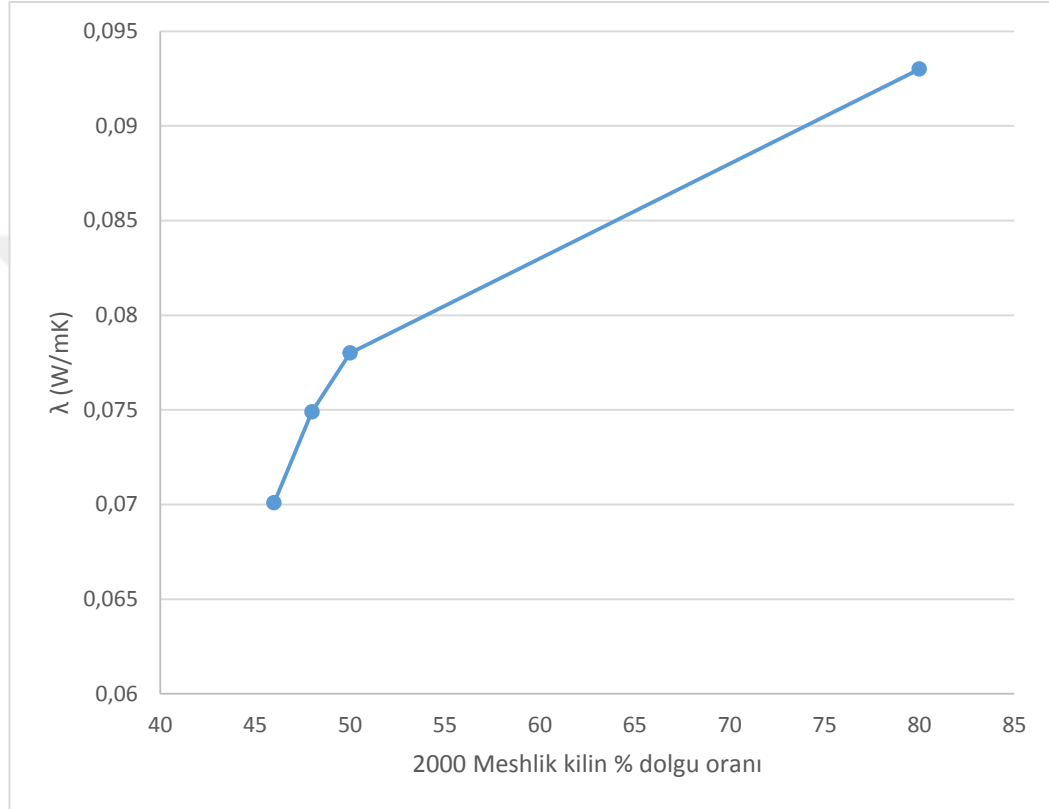


**Şekil 3. 7.**Yalıtım malzemelerinin kullanılan doğal lif türüne göre ısı transfer katsayıları

Kenaf lifinin Isı iletim katsayısı 0,034 ve 0,043 W/m.K arasındadır [73]. Yünün ısı transfer katsayısı 0,038 ve 0,054 W/m.K arasında samanın ise 0,058 [74] civarında olduğu bilinmektedir. Şekil 3.7 incelendiğinde aynı oranda ve türde kil kullanılmasına rağmen kullanılan lif türü değiştiği için buna bağlı olarak ısı transfer katsayısı kullanılan lifin özellikleriyle doğru orantılı olarak değişmektedir. Şekle göre ısı

transferi açısından kullandığımız lifler arasında en uygun lifin 0,061 W/mK ile koyun yünü olduğu görülmektedir.

### 3.2. Kullanılan Kil Miktarına Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi



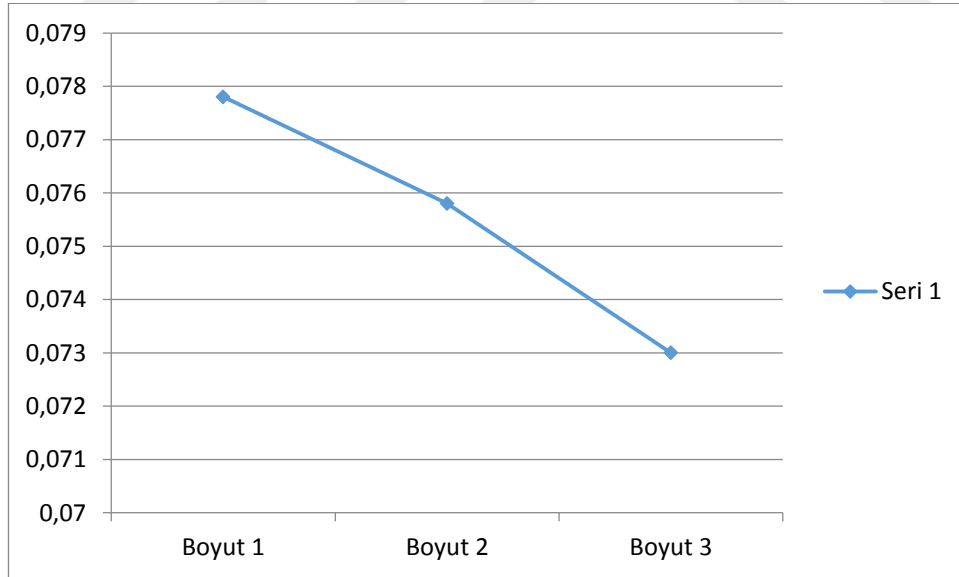
**Şekil 3. 8.** Yalıtım malzemelerinin kullanılan 2000 Meshlik kilin katılma oranına göre ısı transfer katsayıları

Şekil 3.8 İncelendiğinde malzemenin ısı transferinin dolgu oranıyla arttığı görülmektedir. Tüm malzemelerde aynı 2000 Mesh boyutunda değişen oranlarda kil kullanılmıştır. Dolgu oranı arttıkça kullanılan liflerin kil taneciklerinin temasını önleyemediği ve ısı transfer kat sayısı 1,5 W/mK olan kilin ısı transferi mekanizma ısı transferi üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Kil oranı arttıkça ısı transfer katsayısının 0,07 ile 0,093 W/mK arasında değiştiği görülmüştür. Malzemede lif kullanılmasının nedeni çimento ve agrega bileşenlerinden oluşan beton duvarların kil

ile benzer iletkenlik mekanizmalarına sahip oldukları için ve katmanlar arası kil temasını kesip ısı iletkenliğinin azaltılmasıdır. Üretilen malzemelerin ısı iletkenlik katsayı alandaki değişim uygulamanın doğru olduğunu göstermektedir.

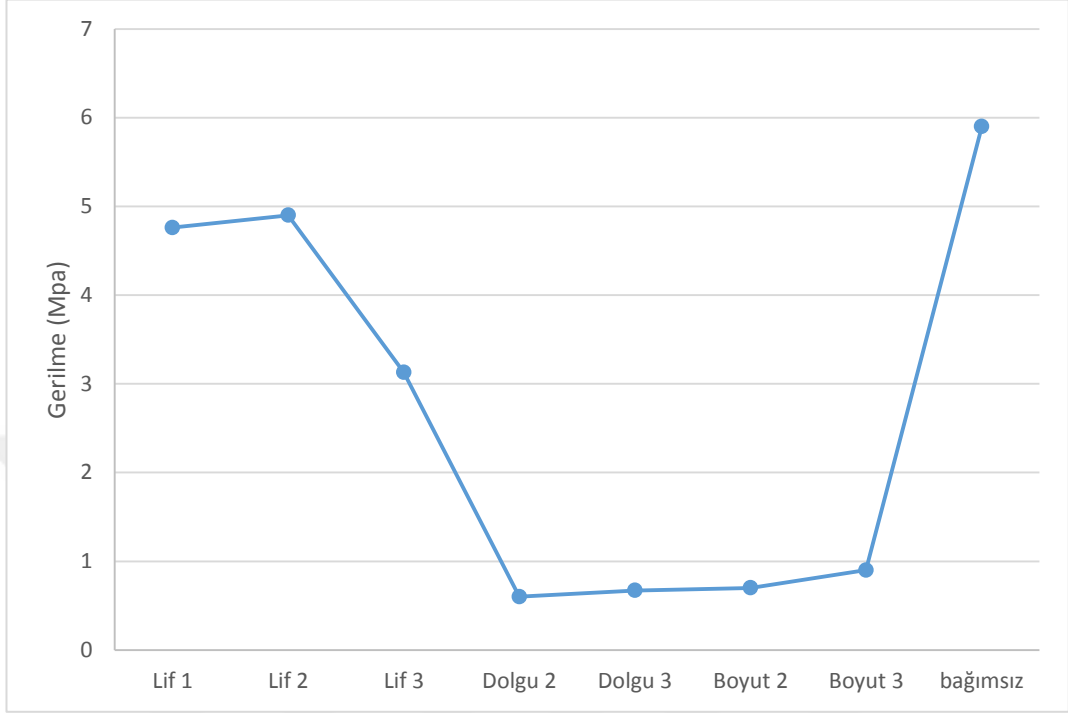
### 3.3. Kullanılan Kil Boyutuna Göre Isı Transfer Katsayısının Değişimi

Şekil 3.9 incelendiğinde kullanılan kilin boyutu düştükçe ısı transfer katsayısının düştüğü görülmektedir. 2000 mesh dolgulu numunenin ısı transfer katsayısı 0,0778 W/mK iken 600 Mesh dolgulu numune 0,076 W/mK ve 450 Mesh dolgulu malzemenin ısı transfer katsayısı 0,073 W/mK olarak tespit edilmiştir. Numunelerin her birinde lif tipi ve kullanılan lif oranı aynıdır. Isı transferi sırasında havanın malzeme içerisinden geçerken ilerleyeceği yolların daha küçük partiküllerle kapandığı ile açıklanabilir. Malzemede dışarıya açık olan boşluklar kapatıldığında malzeme ısı transferine karşı daha sağlam bir yapıya sahip olduğu düşünülmektedir.

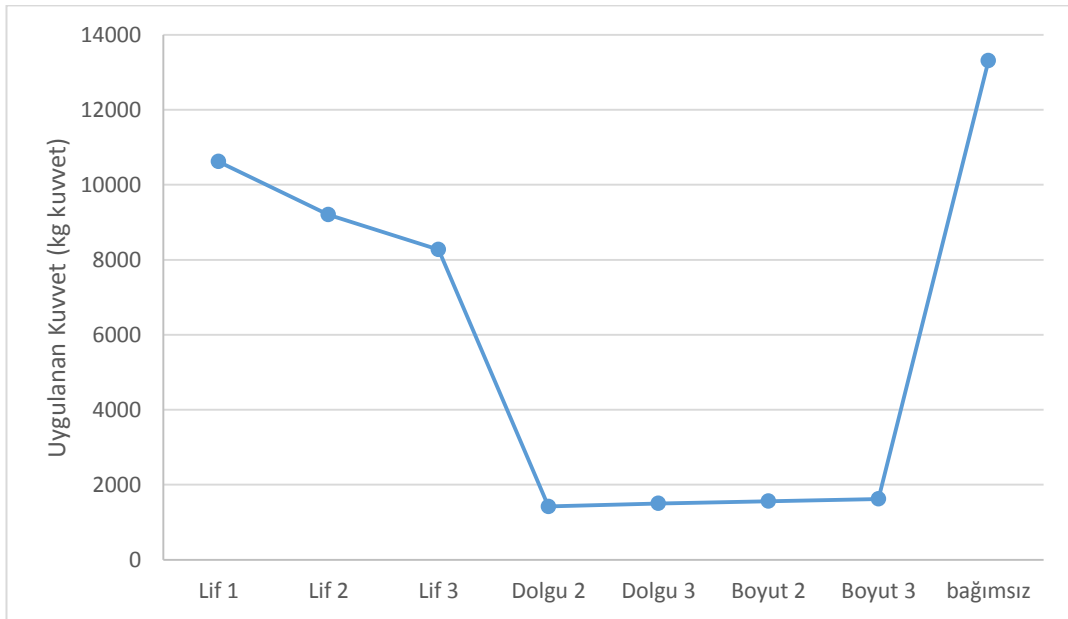


**Şekil 3. 9.** Yalıtım malzemelerinin aynı oranda kullanılan kilin tane boyutunun değişimiyle ısı transfer katsayılarının değişimi

### 3.4. Üretilen Yalıtım Malzemesinin Kuvvet Dayanım Testi Sonuçları



Şekil 3. 10. Üretilen yalıtım malzemelerine maksimum dayanabileceği basma gerilmeleri.



Şekil 3. 11. Üretilen yalıtım malzemeleri üzerine maksimum uygulanabilecek kuvvetler

Şekil 3.11 ve Şekil 3.12 birlikte incelendiğinde yalıtım malzemelerinde istenilen başlıca özelliklerden biriside dayanımdır. Yapılan kuvvet dayanım testlerinde en yüksek dayanımı 13300 kg kuvvet ve 5,9 Mpa ile kil oranı yüksel olan bağımsız kodlu malzeme olmuştur. Lif tipleri içinde en yüksek dayanımı ise liflerin dayanımıyla doğru orantılı olarak 10620 kg kuvvet ve 4,76 Mpa kenaf lifi sağlamıştır. Aslında uygulanan kuvvetler bir yalıtım malzemesi için gereğinden fazladır fakat lif reçine ve dolgu kompozisyonları bu kuvvetlere dayanabilecek düzeyde bağlar oluşturmuştur.



#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Her geçen gün artan enerji ihtiyacı ve enerji maliyetleri insanoğlunun zorunlu bir tasarrufa sürüklemektedir. Bunun en kolay yöntemlerinden biride binalarda ısı yalıtımının yapılmasıdır. Yalıtım, ısıtma ve soğutma sırasında boşa harcanan enerjinin azaltılmasına sebep olur. Böylece hem enerjiden hem de boşa harcanan ısınma soğutma giderlerinden tasarruf edilmiş olunur.

Malzemelerin ısı iletkenliklerinin ne kadar güçlü olduğunu ısı iletkenlik katsayısından bulabiliriz. Avrupa Standardizasyon Komitesi (European Committee for Standardization-CEN) ve Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (International Organization for Standardization-ISO) standartlarına göre ısı yalıtım için kullanılan malzemelerinin ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK den düşük olmalıdır [75].

Bununla birlikte nüfusun artmasıyla artan çevre problemlerini önleyebilmek için yeni yasalar konulmuştur. Çok hafif ve yalıtım oranı yüksek olan malzemeler genellikle petrokimyasal maddelerden oluşur ve karbondioksit salımı fazladır. Artan çevre kirliliği yüzünden artık sanayileşmede LCA hayat döngüsü envanteri ve çevresel etki değeri düşük olan prosesler tercih edilmektedir, hatta bazı gelişmiş ülkelerde bu uygulama zorunludur. LCA değerlerinin ve çevresel etki değerlerinin uygun çıkabilmesi için genelde doğal malzemelerden üretilen yalıtım malzemeleri üzerinde durulmaktadır [44].

Son yıllarda kompozit malzeme üretiminde doğal malzemeler kullanılma yoluna gidilmiştir. Bu toplumun çevre hakkında bilinçlenmesinden ve geleceğine sahip çıkmasından da kaynaklanmaktadır. Özellikle doğal lif içeren kompozitler çok ilgi görmektedir. Bu malzemeler doğada tamamen parçalanabilir ve petro kimyasallar gibi karbonlu organik bileşiklerin salınımını yapmaz [76]. Özellikle tarımsal atıklardan oluşan lifler bio-kompozit üretiminde maliyetleri ve düşük yoğunlukları dikkate alındığında oldukça cazip edicidirler. Çünkü tarımsal atık lifler çevresel uyumluluk açısından çok avantajlıdır. Geri dönüşümleri çok uzun sürmez ve çok ucuzdurlar. Dolayısıyla bio-kompozitleri hayatın her alanında gün geçtikçe daha yaygın hale gelmektedirler [77].



Bu çalışmada polimer kompozit matris yapısında bir kompozit ısı yalıtım malzemesi üretilmiş. Isı transfer katsayıları ve basma dayanımları sayıları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Klimatik özelliklerinin var olduğunun bilindiği, doğal lif olarak piyasada çok bulunan kenaf lifi, buğday samanı ve koyunyünü kullanılmıştır. Örnek olarak koyun liflerinin nem içeriği %25'lere varır dolayısıyla bu içeriği ısı deposu olarak kullanır. Böylece düşük yoğunlukta yüksek termal koruma ve ısı düzenleyici olarak görev yaparlar [78]. Ayrıca çevresel etkisinin az olması, diğer yalıtım malzemelerine kıyasla kullanımı kolay, yangına karşı dirençli, enerji verimliliği yüksek olduğu bilinmektedir [79].

Kullanılan lifler protein içermeleri nedeniyle kemirgen ve böcekler için çekicidir ve doğal yapıları nedeniyle su tutucudurlar. Bunun önlenmesi için böcekler ve kemirgenlere dolayısıyla çürümeye karşı etkili olan bir yüzey aktif madde ile yüzey su emmesini önlemek için etkili bir malzeme olan silan ile aktive edilmiştir. Kompozitin ikinci malzemesi ise kildir lifler gibi doğal bir malzemedir fakat su emiciliği çok fazladır dolayısıyla sıva veya kalıp yalıtım malzemesi üretiminde olduğu gibi kullanılması malzeme içerisinde çatlama aşırı porozite gibi yapı hatalarına neden olur. Bu yüzden kil mineralide hidrofobik hale getirilmiştir.

Hidrofobik hale gelen kil artık kimyasal yapısı nedeniyle kumdan daha hafif bir dolgu malzemesidir. Yapıştırıcı olarak kullanılan PVA copolimer ise su bazlı boya üretiminde kullanılan çevre dostu doğada çabucak yok olabilen bir bağlayıcı türüdür. Dolayısıyla tüm bu malzemelerin bir araya gelmesinden çevre dostu %95 doğal içerikli bir yalıtım malzemesi üretilmiştir. Isıl taşınım katsayıları profesyonel bir laboratuvar olan Erciyes Üniversitesindeki Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde yapılmıştır. Dolayısıyla diğer ölçüm sistemlerine göre daha hassas değerler elde edilmiştir.

Avrupa Standartlarında, ısı iletkenlik katsayısı  $\lambda=0,065$  W/mK nin altında olan malzemeler ısı yalıtım malzemeleri olarak tanımlanır. Üretilen malzemeler içerisinde lif 2 olarak adlandırdığımız koyunyününün lif olarak kullanıldığı ve 2000 Meshlik kilin dolgu maddesi olarak kullanıldığı numunenin ısı transfer katsayısı  $\lambda=0,061$  W/mK olarak bulunmuştur.

Bir malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ( $\lambda$ ) ne kadar küçükse, yalıtımı o kadar iyi demektir. Ancak bu değer tek başına bir şey ifade etmez. Isı iletkenlik katsayısı ( $\lambda$ ) ile malzemenin kalınlığı beraber değerlendirildiğinde o malzemenin yalıtım özelliği ile ilgili bir sonuca ulaşabiliriz. Malzemelerin basma dayanımlarına bakıldığında koyunyünü içeren numunenin aynı zamanda basma gerilmesi 4,9 Mpa ve üzerine uygulanabilecek maksimum kuvvetin 9200 kg kuvvet değeri ile oldukça dayanıklı bir yalıtım malzemesi olduğu görülmektedir.

Ayrıca ısı yalıtımının yanında malzeme içerisinde kullanılan tüm materyallerin hidrofobik hale getirildiği ve işlem sonucunda en fazla hidrofilik olan kilin bile su emmediği düşünüldüğünde su yalıtımı açısından da oldukça verimli bir malzemedir.

Üretilen malzemenin ısı transfer katsayısının lif tipi ile değiştiği görülmüştür. Kullanılan her bir lifin ısı transfer katsayısı farklı olduğundan bu beklenen bir sonuçtur. Dolayısıyla lif türünün incelendiği çalışmalarda ısı transfer katsayısı 0,061 W/mK en düşük olan koyunyünün normalde numuneler açısından en uygun en düşük ısı transfer katsayısına sahip iken, dayanımı en yüksek olan kendir lifinin en yüksek basma kuvvetine 10620 kg kuvvet sahip olduğu belirlenmiştir.

Kilin tanecik boyutunun etkilerinin incelendiği deney sonuçları ise en küçük ısı transfer katsayısının en küçük boyutlu kilin kullanıldığı numune olduğu belirlenmiştir. Malzemenin istiflenmesi sırasında lif yüzeyinde açık kalıp hava geçiren boşlukların küçük taneciklerle daha iyi kapandığı ve ısı geçişine engel olan bariyerin kuvvetlendiği belirlenmiştir.

Kullanılan lif oranı arttıkça ısı transfer katsayısının düştüğü görülmüştür. Bu da göstermektedir ki, ısı iletim katsayısı yüksek olan kil taneciklerinin birbiri ile teması ısı iletkenlik katsayısı küçük olan liflerle ne kadar kesilirse malzemenin ısı transfer katsayısı o kadar düşer.

Bu çalışma esas alınarak yapılacak ilerdeki çalışmalarda en küçük kil boyutu-lif olarak koyun yünü-maksimum lif oranı kombinasyonu kullanılarak yapılacak çalışmalarda uygun bir optimizasyon metodunun da eklenmesiyle en uygun malzeme bileşimi bulunup daha verimli hale getirilebilir.

Yeşil üretimin git gide önem kazandığı günümüz dünyasında tarımsal ve doğal atıklardan liflerin kullanılabileceği ve doğal mineral olan kilin kullanıldığı herhangi bir zehirli gaz salınımının olmadığı tamamen doğal bir yapı malzemesi üretilmiştir. Kullanılan ürünlerin sürdürülebilirliklerinin yüksek oluşu ürünü daha da önemli hale getirmektedir. Yaşam döngüsü analizinde hammadde temini, üretim, kullanım, nakliye ve atık olarak bertaraf gibi farklı aşamalarda çevreye salınan atık ve emisyonlar değerlendirildiğinde çevresel açıdan çok uygun malzemeler olduğu görülmektedir.

Polimerlerin metallere göre daha iyi darbe aşınma dirençlerinin fazla olması, doğal lif takviyeli polimer malzemelerin üretimine doğru yönelimler hızlanmışken bu tür yapı malzemelerinin sürümü daha fazla olacaktır.

Ayrıca tarımsal atıkların değerlendirilmesi ile kullanılan enerjinin verimli hale getirilmesi gibi önemli ekonomik katkılarda sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Yeşilata, B., & Turgut, P. (2005). Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği. *Politeknik Dergisi*, 8(2), 173-177.
- [2] Yeşilata, B., Turgut, P., & İşiker, Y. (2006). Atık polimerik malzeme katkılı betonun yalıtım özelliğinin deneysel olarak incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 26(1), 15-20.
- [3] Ogulata R.G., (2002) “Sectoral energy consumption in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 6, 471-480.
- [4] Kozak, M. (2010). Tekstil atıkların yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 62-70.
- [5] Görgün, B. (2012). Enerji verimli yeşil bina sertifikasyonunda yol haritasının belirlenmesi için LEED ve BREEAM örneklerinin incelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [6] Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalıkluş, O., Kara, İ., Erdem, Ş., & Özgür, D. (2015). Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 487(4), 62-75.
- [7] Oral, G. K., & Manioğlu, G. (2010). Bina Cephelerinde Enerji Etkinliği ve Isı Yalıtımı. *Proceedings of the 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Dokuz Eylül University Department of Architecture Buca, İzmir.
- [8] Bayraktar, D., & Bayraktar, E. (2016). Mevcut Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 59-66.
- [9] Bektaş, V., Çerçevik, A. E., & Kandemir, S. Y. (2017). Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1).
- [10] İşbilir, D. (2009). Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ve sorunlarının araştırılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [11] Şimşek, Z., & Akıncıtürk, N. (2006). Betonarme yapı elemanları üzerindeki basınçlı yeraltı su geçirimsizliğine puzzolan katkı maddelerinin etkisi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 11(2).

- [12] Kaya, A. İ., & Dalgar, T. (2017). Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(Özel (Special) 1), 25-37.
- [13] Demirkale, S. Y., (2004). Uygulamalı ses yalıtımı ve denetimi, Eğitim Semineri, İyem (İzocam Yalıtım Eğitim Merkezi), Kocaeli, 27-30 Eylül
- [14] Aydın, D. Y., Gürü, M., Ayar, B., & Çakanyıldırım, Ç. (2016). Bor bileşiklerinin alev geciktirici ve yüksek sıcaklığa dayanıklı pigment olarak uygulanabilirliği. Bor Dergisi, 1(1), 33-39.
- [15] <http://www.artyalitim.com/yangin-yalitimi.asp> (Erişim 27 Mayıs 2019)
- [16] Kaya, A. İ., & Dalgar, T. (2017). Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(Özel (Special) 1), 25-37.
- [17] Mıstık, S. İ. (2015) Bazalt Lifi Ve Dolgu Malzemesi Takviyeli Termoplastik Esaslı Kompozit Yapıların Isı Ve Ses Yalıtım Özelliklerinin İncelenmesi.
- [18] [eci.com.tr/keten-yunu-yalitim-levhasi](http://eci.com.tr/keten-yunu-yalitim-levhasi) (Erişim 22 Mayıs 2019)
- [19] Mert, M., & Çopur, (2007) O. Lif Bitkileri Üretimine Artırılması Olanakları.
- [21] [eci.com.tr/koyun-yunu-yalitim-battaniyesi](http://eci.com.tr/koyun-yunu-yalitim-battaniyesi) (Erişim 22 Mayıs 2019)
- [21] Süpüren Mengüç, G., & Özdil, N. (2014). Özel Hayvansal Lifler. Electronic Journal Of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(2).
- [22] Akyürek, (2016) Y. Geçmişten Günümüze Yün Lifi Ve Keçe Kullanımının İncelenmesi Ve Kepenek Üretimi
- [23] Arslan, M. A., & Aktaş, M. İnşaat Sektöründe Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Isı ve Ses Yalıtımı Açısından Değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi.
- [24] Batar, T., & Köksal, N. S. (2009). Atık Bor, Atık Kâğıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu. Ekoloji Dergisi, 18(72).
- [25] [www.europages.com.tr/Seluloz-Esasli-Isi-ve-Ses-Yalitim-Levhasi/MEK-INSAAAT-SANAYI-VE-TICARET-AS/cpid-5744275.html](http://www.europages.com.tr/Seluloz-Esasli-Isi-ve-Ses-Yalitim-Levhasi/MEK-INSAAAT-SANAYI-VE-TICARET-AS/cpid-5744275.html) (Erişim 20 Mayıs 2019)
- [26] Karadayı, T. T., & Yüksek, (2016) İ. Isı Yalıtım Malzemeleri Seçimi Üzerine Bir Araştırma.

- [27] İşbilir, D. (2009). Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ve sorunlarının araştırılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [28] [www.yanmazsunger.tk/ahsap-yunu.html](http://www.yanmazsunger.tk/ahsap-yunu.html) (Erişim 20 Mayıs 2019)
- [29] Karahan, H. A., Öktem, T., & Seventekin, N. (2006). Doğal bambu lifleri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(4), 236-240.
- [30] Irawan, A. P., & Sukania, I. W. (2013). Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 59-63.
- [31] <http://topraklagelen.com.tr/bambu-bitkisi-ve-kullanim-alanlari/> (Erişim 20 Mayıs 2019)
- [32] [www.sesizolasyonmalzemeleri.com/ses-izolasyon-malzemeleri](http://www.sesizolasyonmalzemeleri.com/ses-izolasyon-malzemeleri) (Erişim 20 Mayıs 2019)
- [33] Bryce, R. April 27, Casting a Straw Vote: The First Straw, The Austin Chronicle, Green Building Guide, 1994.
- [34] Wei, K., Lv, C., Chen, M., Zhou, X., Dai, Z., & Shen, D. (2015). Development and performance evaluation of a new thermal insulation material from rice straw using high frequency hot-pressing. *Energy and Buildings*, 87, 116-122.
- [35] Rojas, C., Cea, M., Iriarte, A., Valdés, G., Navia, R., & Cárdenas-R, J. P. (2019). Thermal insulation materials based on agricultural residual wheat straw and corn husk biomass, for application in sustainable buildings. *Sustainable Materials and Technologies*, e00102.
- [36] Mengeloğlu, F., & Alma, M. H. (2002). Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 37-48.
- [37] [emlakkulisi.com/kutahyada-saman-balyalarindan-ev-insa-edildi](http://emlakkulisi.com/kutahyada-saman-balyalarindan-ev-insa-edildi) (Erişim 28 Mayıs 2019)
- [38] Itoh, M., Inoue, K., Hirayama, N., Sugimoto, M., Seguchi, T. (2002). Fiber reinforced plastics using a new heat-resistant silicon based polymer. *Journal of materials science*, 37 (17), 3795-3801.
- [39] Mazumdar, S. (2001). *Composites manufacturing: materials, product, and process engineering*: Crc press.
- [40] 21. Grandsaert, M.F., (1999) A Compression Test of Plastered Straw-Bale Walls, Test Raporu Haziran.

- [41] Myhrman, M-MacDonald, S.O., *Build it with Bales: A Step-by-Step Guide to Straw Bale Construction, Version Two*, Out on Bale, Tuscon, AZ.
- [42] MacDonald, S.O. (1999) *A Visual Primer to Straw-Bale Construction*, Builders Without Borders, New Mexico, [www.builderswithoutborders.org](http://www.builderswithoutborders.org).
- [43] Stitt, Fred A., (1999) *Ecological Design Handbook: Sustainable Strategies for Architecture, Interior design, and planning*, McGraw-Hill New York.
- [44] Alkaya, E., Böğürçü, M., & Ulutaş, F. (2012). Yaşam döngüsü analizi ve bina isi yalıtım malzemeleri için uygulamalar. *Çevre Bilim & Teknoloji*, 3(4), 261-274.
- [45] Aksoy, D., & Ahunbay, Z. (2010). Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu? nun deprem davranışları. *İTÜDERGİSİ/a*, 4(1).
- [46] Ramirez-Coretti, A., Eckelman, C. A., & Wolfe, R. W. (1998). Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. *Forest Products Journal*, 48(4), 63.
- [47] Patnaik, A., Mvubu, M., Muniyasamy, S., Botha, A., & Anandjiwala, R. D. (2015). Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. *Energy and Buildings*, 92, 161-169
- [48] Hampson, C., Mueller, G., & Appley, C. (2016). U.S. Patent No. 9,469,747. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [49] Schmidt, A. C., Jensen, A. A., Clausen, A. U., Kamstrup, O., & Postlethwaite, D. (2004). A comparative life cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(1), 53-66.
- [50] El-Hacha, R., & Abdelrahman, K. (2013). Slenderness effect of circular concrete specimens confined with SFRP sheets. *Composites Part B: Engineering*, 44(1), 152-166.
- [51] Kauriinvaaha E., Viljanen M., Pasila A., Kymäläinen HR., Pehkonen A., (2001) "Bio-fiber from field to insulation of building", Helsinki University of Technology, Laboratory of Structural Engineering and Building Physics, Publication 117.
- [52] Korjenic A., Petránek V., Zach J., Hroudová J., "Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources", *Energy and Buildings*, 43: 2518–2523, (2011)

- [53] ISO 8990, (2013) “Thermal insulation – determination of steadystate thermal transmission properties – calibrated and guarded hot box”, International Organization for Standardization.
- [54] Kymäläinen H.R., Sjöberg A.M., (2008) “Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations” *Building and Environment*, 43: 1261–1269.
- [55] Podsiadlo, P., Kaushik, A. K., Arruda, E. M., Waas, A. M., Shim, B. S., Xu, J., & Kotov, N. A. (2007). Ultrastrong and stiff layered polymer nanocomposites. *Science*, 318(5847), 80-83.
- [56] Ruiz-Hitzky, E., Darder, M., Fernandes, F. M., Wicklein, B., Alcântara, A. C., & Aranda, P. (2013). Fibrous clays based bionanocomposites. *Progress in polymer science*, 38(10-11), 1392-1414.
- [57] Sutcu, M., Ozturk, S., Yalamac, E., & Gencel, O. (2016). Effect of olive mill waste addition on the properties of porous fired clay bricks using Taguchi method. *Journal of environmental management*, 181, 185-192.
- [58] Toprak, E., Olivella, S., & Pintado, X. (2017). Coupled THM modelling of engineered barriers for the final disposal of spent nuclear fuel isolation. *Geological Society, London, Special Publications*, 443(1), 235-251.
- [59] Chen, H. B., & Schiraldi, D. A. (2019). Flammability of polymer/clay aerogel composites: An overview. *Polymer Reviews*, 59(1), 1-24
- [60] Jove-Colon, C. F., Hammond, G. E., Kuhlman, K. L., Zheng, L., Kim, K., Xu, H., & Palaich, S. (2016). Evaluation of used fuel disposition in clay-bearing rock (No. SAND--2016-10311R). Sandia National Laboratories (SNL-NM).
- [61] Ariany, Z., & Said, S. D. (2018). The Development of Thermal Insulation System on Fish Cargo Hold by Utilizing Paper Waste (Cellulose) for Improving Catch Quality. *Advanced Science Letters*, 24(12), 9886-9889
- [62] Peng, G., Ding, H., Sharshir, S. W., Li, X., Liu, H., Ma, D., ... & Xie, H. (2018). Low-cost high-efficiency solar steam generator by combining thin film evaporation and heat localization: Both experimental and theoretical study. *Applied Thermal Engineering*, 143, 1079-1084.
- [63] Jerman, M., Palomar, I., Kočí, V., & Černý, R. (2019). Thermal and hygric properties of biomaterials suitable for interior thermal insulation systems in historical and traditional buildings. *Building and Environment*.



- [64] Segovia, C., Sauget, A., Besserer, A., Kueny, R., & Pizzi, A. (2016). Evaluating mold growth in tannin-resin and flax fiber biocomposites. *Industrial Crops and Products*, 83, 438-443
- [65] Korjenic, A., Zach, J., & Hroudová, J. (2016). The use of insulating materials based on natural fibers in combination with plant facades in building constructions. *Energy and Buildings*, 116, 45-58.
- [66] Lyu, Q., Long, X., Ranjith, P. G., Tan, J., & Kang, Y. (2018). Experimental investigation on the mechanical behaviours of a low-clay shale under water-based fluids. *Engineering Geology*, 233, 124-138.
- [67] Luo, K. L., Li, H. J., Feng, F. J., Chen, T. B., Xiong, M. H., Wang, W. Z., ... & Wang, L. H. (2007). Content and distribution of fluorine in rock, clay and water in fluorosis area Zhaotong, Yunnan Province. *Journal of China Coal Society*, 32(4), 363-368.
- [68] Kalkan, E., & Akbulut, S. (2004). The positive effects of silica fume on the permeability, swelling pressure and compressive strength of natural clay liners. *Engineering Geology*, 73(1-2), 145-156.
- [69] Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., 2004, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınevi, İstanbul.
- [70] Ağırğan, A. Ö., Kanat, Z. E., & Özek, H. Z. (2008). Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuk Ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırması. *2008 (Cilt: 15)*, 69.
- [71] Li, J., Li, X., Wang, X., Li, Y., Wu, K., Shi, J., ... & Yu, P. (2016). Water distribution characteristic and effect on methane adsorption capacity in shale clay. *International Journal of Coal Geology*, 159, 135-154.
- [72] Tan, B., & Thomas, N. L. (2016). A review of the water barrier properties of polymer/clay and polymer/graphene nanocomposites. *Journal of Membrane Science*, 514, 595-612.
- [73] Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F., "Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62: 988–1011, (2016)
- [74] [www.izoder.org.tr/dosyalar/hesapdegerleri.pdf](http://www.izoder.org.tr/dosyalar/hesapdegerleri.pdf) (Erişim 22 Nisan 2019)
- [75] Kaya, A. İ., & T. (2017). Ses Yalıtımı Açısından Doğal Liflerin Akustik Özellikleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(Özel (Special) 1), 25-37.

- [76] Lithner, D., Larssoni, A., and Dave, G. (2011). "Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition." *Sci. Total Environ.* 409(18), 3309-3324. DOI:10.1016/j.scitotenv.2011.04.038 4
- [77] Reddy, N., and Yang, Y. (2005a). "Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications," *Trends Biotechnol.* 23(1), 22-27. DOI:10.1016/j.tibtech.2004.11.002
- [78] Leonte, C., Leonte, D., & Atanasiu, T. R. (2011). Using possibility for the production of woll from sheep.
- [79] Zach, J., Korjenic, A., Petranek, V., Hroudova, J., Bednar, T. (2012). Performance evaluation and research of alternative thermal insulations based on sheep wool. contents lists available at sciverse sciencedirect. *Energy and Buildings* 49, 246–253
- [80] Alemdar, A., & Sain, M. (2008a). Biocomposites from wheat straw nanofibers: Morphology, thermal and mechanical properties. *Composites Science and Technology*, 68, 557–565.
- [81] Reddy, N., & Yang, Y. (2005b). Structure and properties of high quality natural cellulose fibers from cornstalks. *Polymer*, 46, 5494-5500.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil İbrahim YAVUZ

Doğum Yeri ve Tarihi : KARS/Selim-01.05.1992

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (e-posta) : halilibrahimyavuz36@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Selim Anadolu Lisesi (2006-2010)

Lisans : Erzurum Atatürk Üniversitesi (2010-2015)

Yüksek Lisans : Kafkas Üniversitesi (2016-Halen)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

- KARGAZ Doğalgaz Dağıtım A.Ş. (2015-2017)
- Kars Milli Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak Şubesi (2017-2018)
- Yavuz Mühendislik (2018-Halen)