



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## BİTKİSEL LİF TAKVİYELİ BİYOKOMPOZİT MALZEMELERİN ISI İLETİM KATSAYISI TAYİNİ

### DETERMINATION OF THERMAL CONDUCTIVITY OF FIBER REINFORCED BIOCOMPOSITE MATERIALS

Mehmed Rafet ÖZDEMİR<sup>1,2</sup>

Garip GENÇ<sup>3</sup>

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1459483>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author  
[mehmet.ozdemir@marmara.edu.tr](mailto:mehmet.ozdemir@marmara.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received  
26.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted  
03.06.2024

#### Öz

Küresel bazda enerji talebi, sanayileşmenin gelişmesi ve elektronik cihazların hızlarının artması ve boyutlarının küçülmesiyle yoğun bir şekilde artmaktadır. Dünya enerji payına bakıldığında binalar için harcanan ısı enerjisinin en yüksek orana sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda ısı enerjisinde sağlanabilecek tasarruflar küresel enerji sorununa katkı sağlayacaktır. Öte yandan bu tasarruf metodlarının/malzemelerin çevre dostu ve yeşil kaynaklı olması karşı karşıya kaldığımız çevresel sorunların sebebiyle elzemdir. Bu çalışmada, potansiyel ısı yalıtım malzemesi olarak değerlendirilen kabak lifi, Jüt lifi ve bu liflerin hibritleştirilmesi (kabak+jüt) yöntemiyle elde edilen biyokompozit malzemelerin ısı iletim katsayıları üç farklı sıcaklık değerinde belirlenmiştir. Bitkisel lifler takviye elemanı olarak kullanılmış olup matris olarak epoksi kullanılmıştır. Bu bağlamda biyokompozit malzeme numuneleri için testler gerçekleştirilmiş ve mevcut piyasada kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar literatürdeki bilgiler ışığında tartışılmış ve öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokompozitler, ısı iletkenliği, kabak lifi, jüt.

#### Abstract

Energy demand on a global basis is increasing intensively with the development of industrialization and the increasing speed and miniaturization of electronic devices. It is observed that the heat energy consumption for buildings has the highest share in the world energy expenses. In this context, savings in heat energy would greatly contribute to the global energy problem. On the other hand, it is essential that these saving methods/materials should be environmentally friendly and green in origin due to the environmental problems that the world face. In this study, the thermal conductivity of luffa fiber, jute fiber, and biocomposite materials obtained by the hybridization of these fibers (luffa + jute), which are considered as potential thermal insulation materials, were determined at three different temperature values. Bio-based fibers were used as reinforcement elements and epoxy was used as the matrix. The tests were conducted for biocomposite material samples and compared with thermal insulation materials used in the current market. The results were discussed in the light of the information in the literature and suggestions were presented.

**Keywords:** Biocomposites, luffa fibers, thermal conductivity, jute fibers.

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.  
[mehmet.ozdemir@marmara.edu.tr](mailto:mehmet.ozdemir@marmara.edu.tr), Orcid.org/0000-0002-3832-9659.

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.  
[mrhafet.ozdemir1@ticaret.edu.tr](mailto:mrhafet.ozdemir1@ticaret.edu.tr).

<sup>3</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.  
[genc@marmara.edu.tr](mailto:genc@marmara.edu.tr), Orcid.org/0000-0001-7711-3845.

## 1. GİRİŞ

Bu yüzyılda dünya iki temel sorunla karşı karşıyadır; agresif bir şekilde artan enerji tüketimi ve çevre kirliliği. Teknolojinin hızlı gelişimi insan konforunun artmasını sağlasa da enerji tüketimini artırarak dünya kaynaklarının hızla tükenmesine neden olmaktadır. Bu enerji türleri arasında ısı enerjisi, evlerde, işyerlerinde ve çeşitli endüstriyel ve teknolojik araçlarda yaygın kullanımları nedeniyle yüksek paya sahiptir. Fosil yakıtlar genellikle düşük maliyetleri, kolay bulunabilirlikleri ve yüksek iç enerjileri nedeniyle ısı enerjisi üretiminde tercih edilmektedir. Öte yandan bu fosil yakıtlar, atmosfere zararlı gaz emisyonları nedeniyle çevresel değildir ve ozon tabakasının incelmelerini ve küresel ısınmayı hızlandırır, (Korkmaz ve ark., 2023). Öte yandan günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak akıllı binaların tasarlanma çalışmaları oldukça hız kazanmıştır, (Christopher ve ark., 2023; Ismaeil & Sobaih, 2023). Özellikle hibrit akıllı bina uygulamaları bilim dünyasında şu an ciddi bir şekilde araştırılmaktadır. Şöyle ki; bu sistemlerde binaların enerji kaynağı rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmakta ve anlık olarak hangi kaynak daha efektifse kontrol sistemleri ile bina o kaynağa geçmektedir. Etkili ısı yalıtımı, bu gibi yenilenebilir enerji kaynakları tüketim oranlarını da azaltarak daha yeşil enerji kullanımını destekleyecektir.

ISO ve CEN standartlarına göre malzemenin ısı yalıtım malzemesi olarak değerlendirilebilmesi için ısı iletkenlik katsayısının  $0,1 \text{ W/mK}$ 'dan az olması gerekmektedir (Erkmen ve ark., 2024). Günümüzde ısı yalıtım malzemesi olarak en çok tercih edilen malzemeler fiberglas, taşyünü, polistiren ve poliüretan köpüktür, (Balo, 2017). Bu malzemeler ya petrol esaslı malzemelerdir ya da ekonomik değildir. Bu nedenle yeşil ve çevre dostu dünya için mevcut malzemelerin tamamen biyobozunabilir, ekonomik ve doğal olanlarla değiştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Biyokompozit malzemeler biyolojik bir kökeni olan ve bir veya daha çok faz içeren kompozit malzemelerdir. İçerebileceği takviye ürünleri ise bitki lifi olarak pamuk, kenevir veya geri dönüştürülmüş ahşap veya atık kağıttan elde edilen lifleri içerebilir. Takviye elemanı olan matrisler genellikle bitkisel yağlar veya nişastalar gibi yenilenebilir kaynaktan oluşan türden polimerlerdir.

Literatürde araştırmacılar, kimyasal katkı maddeleriyle elde edilmeyen çeşitli biyo bazlı malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini araştırmışlardır, (Zhou ve ark., 2010; Onesippe ve ark., 2010). Zhou ve ark. (2010) tamamen doğal pamuk saplı lif levha malzemenin ısı iletkenliği ve mekanik özellikleri üzerine levha yoğunluğu, elyaf nem içeriği ve presleme süresinin etkisini araştırdı. Yazarlar, termal iletkenlik değerlerinin,  $0,0585 \text{ W/mK}$  ile  $0,0815 \text{ W/mK}$  arasında değişen düşük bir ısı iletkenlik ile levha yoğunluğu ile güçlü bir doğrusal korelasyon sergilediğini belirtmişlerdir. Bu çevre dostu ve yenilenebilir malzemenin enerji tasarrufu açısından özellikle tavan ve duvar uygulamaları için uygun olduğunu belirttiler. Başka bir çalışmada, Mati-Bouche ve ark. (2014), kitosan ve ayçiçeğinin sap partiküllerinden oluşan biyo bazlı kompozit malzemenin yalıtkanlığının termal, mekanik ve akustik özelliklerini inceledi. Kompozitlerin iyi mekanik ve akustik özelliklerle  $0,056 \text{ W/mK}$  termal iletkenliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir. Kompozitlerin mekanik ve termal performanslarının piyasada bulunan malzemelerle rekabet ettiğini eklediler. Limam ve ark. (2016) ahşap, mantar ve bunların kompozitlerinin ısı iletkenliğini, ısı direncini, özgül ısı ve ısı yayılımını araştırdı. Yazarlar, katı Halep Çamı, lamine ahşap ve siyah aglomere mantardan kompozit malzemelerin ısı direncini belirlemek için deneyler yaptılar. Termal iletkenlik testleri için debimetre ve termal iletkenlik ölçer olmak üzere iki farklı cihaz kullandılar. Elde ettikleri sonuçlar, numunelerin kütesinin artmasının termal iletkenlik değerinde bir artışa yol açtığını gösterdi. Başka bir çalışmada, Binici ve ark. (2016) biyo bazlı kompozitler geliştirdiler ve deneysel olarak termal, mekanik ve akustik yalıtım özelliklerini belirlediler. Takviye bileşeni olarak mısır sapı tanecikleri kullanarak kompozitleri hazırladılar. Mısır koçanı üzerinde atık mısırın, ticari olarak yalıtım malzemeleri kullanmak için takviye epoksi reçinesi için kullanılabileceği sonucuna vardılar.

Yukarıda bahsedilen kısa literatür incelemesi, biyo bazlı malzemelerin yalıtım uygulamalarında büyük ölçüde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durumun sebebi lümen adı verilen olguyla açıklanabilir. Biyo bazlı malzemeler lümen adı verilen mikro yapılara sahiptir. Bu lümenler genellikle hava ile doldurulur ve bu nedenle iyi termal yalıtkanlardır. Ayrıca Liu ve ark. (2012), biyo bazlı kompozit malzemelerin ısı iletkenliğinin lümen boyutu ve fiber hacim oranı ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmiştir. Çalışmada kullanılan Kabak lifi doğada tamamen çözülebilir, luffa cylindrica bitkisinin meyvelerinden meydana gelen, liflerin rasgele yönlere uzayan, bitkinin kendi reçinesiyle birleşen bitkidir. Kabak lifini günümüzde sadece banyoda kullandığımız bir malzeme olduğu için hala potansiyeli tam olarak araştırmayıp ortaya çıkarılmamıştır. Lifli bir damar sistemine sahip olan bu doğal malzeme ısı ve ses yalıtımı gibi konularda ümit verici olabilir, (Demir ve ark., 2008; Hassan, 2006). Kabak lifinin uzun zamandaki performansının araştırmalara bağlı olarak endüstride kullanılan kimyasal kaynaklı kompozitlere göre daha az olabileceği görülmüştür. Gerilme kuvveti 1,00 GPa'lık elastisite modülü sunmaktadır. Kabak lifi benzeri bitkisel lifler sürdürülebilir malzemeler için umut vermektedir, (Pires ve ark., 2021). Ayrıca, kabak liflerinin iyi derecede dinamik ve akustik özellikler sergilediği önceki çalışmalarda da belirtilmiştir (Koruk & Genç, 2015; Genç, 2015). Ayrıca, jüt bitkisinin ısı yalıtım özelliklerinin de iyi olduğu literatürdeki çalışmalarda gösterilmiştir (Braga ve ark., 2015; Nam ve ark., 2012). Çalışmada kullanılan diğer lif olan Jüt bitkisi Hindistan'da sıklıkla yetişir ve ihamurgiller familyasından gelmekte olup ve sak liflerindedir. Tekstil üretiminde pamuktan sonra başlıca kullanılan malzemedir. Doğa dostu jüt, tekstil sektörüyle beraber ambalaj, tarım, inşaat, denizcilik, otomotiv, ilaç sektörü gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Mutlu, 2012). Jüt, tamamen geri dönüşümlü bir lif olup doğaya bırakıldığında %100 bozunabilir.

Bu yapılan çalışmanın amacı doğa dostu biyobozunabilir malzemeler olan kabak lifi, jüt lifi ve bu liflerin hibritleşmesinden olan kompozit malzemelerden ısı yalıtım malzemesi üretilebilmesinin araştırılmasıdır. Yazarların bildiği kadarıyla literatürde kabak lifi, jüt lifi ve kabak lifi, jüt lifi ve bu liflerin hibritleşmesinden olan kompozit malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı tayin eden çalışma bulunmamaktadır. Bu bahsedilen nedenlerle, farklı hacim oranları (volume fraction) ile üretilecek kabak lifi takviyeli, jüt lifi takviyeli ve hibrit (kabak lifi+jüt lifi) kompozit numuneler çalışma kapsamında üretilmiştir. Numunelerin ısı iletkenlik özellikleri araştırılarak mevcut yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre takviye elemanı/matris oranları değerlendirilmiş ve nihayetinde optimum hacim oranlarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Bitkisel lif takviyeli biyokompozit ısı yalıtım malzemesi mevcut ısı yalıtım malzemelerinden daha iyi ısı yalıtkanlık özelliğine sahip yeni bir malzeme geliştirilebilir mi araştırma sorusuna bu çalışmada yanıt aranmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Kompozit malzemelerin birçok üretim teknikleri vardır. Bazı üretim teknikleri ciddi maliyet ve zaman isteyebilmektedir. Kompozit malzemelerin üretimi esnasında takviye elemanının eşit ve homojen olarak dağılımı, reçinenin takviye elemanını sorunsuz bir şekilde ıslatması ve matris ile takviye elemanının kuvvetli bir yüzey oluşturulması çok önemlidir. Polimer kompozitlerin üretim tekniklerinin sınıflandırılması Mazumdar (2002) tarafından yayımlanmıştır.

Bu çalışmada biyokompozit malzemedeki takviye elemanı olarak Akdeniz bölgesinde yetişen kabak lifi ve Bangladeş'te yetişen Jüt bitkisel lifi kullanılmıştır, Şekil 1. Kullandığımız jüt lifini makara eksenine göre 0° ve 90° lif düzenindedir. Kullandığımız kabak lifi ise ağaçta yetişen ve yeşil kabaklı bir meyvedir, Şekil 2. Meyvenin dışı kurutulmuş ve kurumuş kabukları temizlenmiştir. Böylece, temizlenen kabuk lifli yapının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Biyokompozit ile kimyasal bileşenli kompozitleri kıyaslamak için aynı matrisi kullanmak gerekmektedir. Bu sebepten

biyokompoziti tamamlamak için epoksi (DURATEK 2400) reçinesi kullanılmıştır (Özdemir & Genc, 2022). Duratek 2400 epoksi reçinesinin seçilme sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

- Takviye elemanını çok iyi ıslatır ve süzme yapmaz.
- 85° C sıcaklığında kürlenebilir.
- 120° C ve üzerindeki sıcaklıklara dayanabilir.
- Yüksek mekanik özelliklere sahiptir.



Şekil 1. Bitkisel Jüt Lifi



Şekil 2. Bitkisel Kabak Lifi

Bu çalışmadaki amaç doğal liflerin (kabak, jüt) ve onların hibritlenmesi ile elde edilecek numunelerin termal özelliklerinin karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Bu sebeple, hazırlanan kabak lifi takviyeli kompozit numuneler için 4 kat kuru kabak, jüt takviyeli kompozit numuneler için 10 kat kuru jüt lifi kullanılmıştır. Hibrit numuneleri hazırlamak için ise kabak lifi – jüt takviyeli kompozit için 1 kuru kabak lifi, 4 kuru Jüt ve 1 kuru kabak lifi kullanılmıştır. Jüt – Kabak lifi takviyeli kompozit için 2 kuru jüt, 2 kuru kabak lifi ve 2 kuru jüt kullanılmıştır, Şekil 3.



Şekil 3. Test Örneklerinin Hazırlanması

Takviye elemanlarının hassas tartı ile ağırlıkları ve kumpas yardımı ile kuru haldeki kalınlıkları belirlenmiştir. Belirlenen ağırlık ve kalınlığa göre matris elemanının miktarı hesaplanmış olup matris elemanı olarak kullanılan epoksiye %30 oranında sertleştirici eklenmiştir. Kompozit malzemelerin üretilmesi için iki adet metal plaka kullanılmıştır. Kompozit malzemelerin kalıptan rahat bir şekilde ayrılması için kalıp ayırıcı kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak kullanılan lifler elle yerleştirme yöntemiyle kalıplara dizilmiş ve matris elemanı her bir katman arasında gelecek şekilde kalıba dökülmüştür. Isıtılmış plakalara sahip bir hidrolik pres yardımıyla kalıp dikey ekseninde sıkıştırılmıştır. Alttaki plaka makinenin tablasında sabitken üstteki plaka istiflenmiş numuneleri sıkıştırmak için PLC tarafından 5 bar basınç ile 100 dakika boyunca 85 °C'da bekletilmiştir. Sıkıştırma işleminden sonra numuneler 72 saat soğutulmaya bırakılmış ve daha sonra kalıptan çıkarılmıştır. Hazırlanana numuneler CNC Router kullanılarak ısı iletim katsayısı ölçümü için uygun numuneler kesilmiştir, Şekil 4. Isı iletim katsayısı ölçümü için çapı 50.80 mm olacak şekilde numune alınmıştır. Her bir ölçüm için kompozit plakadan ikişer adet kesilmiştir, Şekil 5. Daha sonra üretilen biyokompozit malzemelerin termal özelliklerinin belirlenmesi için ısı iletim katsayısı testleri yapılmıştır.



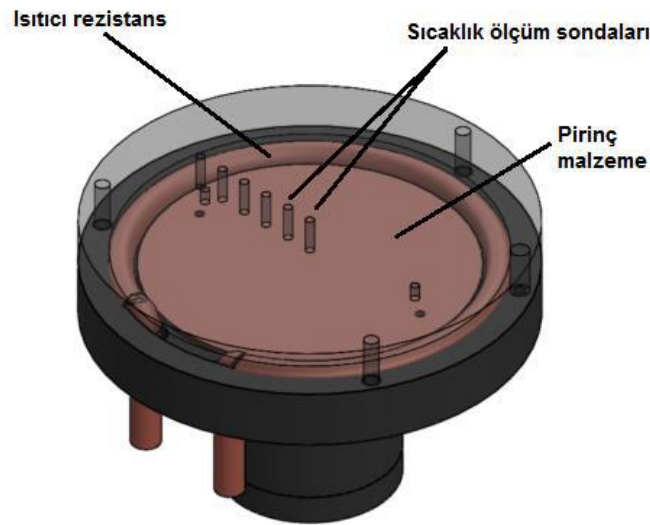
Şekil 4. Test Örneklerinin CNC ile Kesilmesi



Şekil 5. Kompozit Numuneler

Teste hazır olan numunelerin ısı iletkenlikleri Maden Tetkik Arama (MTA) firmasında bulunan deney cihazı ile ölçülmüştür. Deney cihazı radyal ısı iletim ölçüm sisteminden oluşmaktadır. Bu ölçüm sisteminde ısıtıcı ve soğutucu bölümler bulunmaktadır. Soğutma soğutucu tarafta su ile yapılmaktadır. Sıcaklıklar termokopul ile ölçülmektedir, Şekil 6. Deney cihazında ısı pirinç bölümden verilmektedir. Isıtıcılar elektrikli ısıtıcıdır. Cihazda pirinçten soğutucu bölümler bulunmakta olup hortumlar vasıtası ile soğutma gerçekleştirilir. Fourier kanununa göre herhangi bir yönde geçen ısı miktarı aşağıdaki formül ile bulunur. Burada k termal iletkenlik katsayısıdır. Cihaza verilen ısıtıcı rezistansa verilen güç dolayısıyla ısı miktarı bilindiğinden diğer veriler yardımıyla formül (1) ile termal iletkenlik katsayısı hesaplanabilir.

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$



Şekil 6. Radyal ısı iletim ölçüm sistemi, Sözbir (2014)

Isı iletkenlik ölçümleri sıcaklığın 3 noktadan verilmesi şekli ile yapılmıştır. Sonuçların doğruluğu açısından numunenin kenarları zımparalanmıştır. Numuneler, - 10 °C, + 10 °C ve + 20 °C şartlarında her sıcaklık için 3 kere tekrarlanarak test edilmiştir. Numunelerin çap, kalınlık, ağırlık ve hacimsel oranları aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin Fiziksel Özellikleri

İsim	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (gr)	Hacimsel Oran (Lif)
J	50,75	14,5	30,6	0,6
L	50,8	19,0	28,5	0,6
JLJ	50,75	15,1	24,6	0,7
LJL	50,85	23,1	40,5	0,6

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, biyo-kompozit numunelerin her birinden ikişer adet olmak üzere toplam sekiz adet numune incelenmiştir. Bu numunelerin ortalama sıcaklık değerleri ve ortalama ısı iletim katsayıları standart sapmaları ile Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Numunelerin Ortalama Sıcaklık ve Ortalama Isı İletkenlik Katsayısı Değerleri (standart sapma değerleri parantez içinde belirtilmiştir)

İsim	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)
J	-10,63 (± 0,18)	0,19 (± 0,01)
	+10,45 (± 0,04)	0,41 (± 0,02)
	+20,62 (± 0,05)	0,21 (± 0,01)
L	-10,38 (± 0,19)	0,21 (± 0,01)
	+10,10 (± 0,02)	0,47 (± 0,014)
	+20,23 (± 0,11)	0,21 (± 0,001)
JLJ	-10,54 (± 0,17)	0,18 (± 0,005)
	+10,22 (± 0,086)	0,38 (± 0,002)
	+20,38 (± 0,055)	0,18 (± 0,002)
LJL	-9,89 (± 0,041)	0,24 (± 0,001)
	+10,39 (± 0,03)	0,53 (± 0,003)
	+20,11 (± 0,05)	0,23 (± 0,002)

Tablo 2’deki sonuçlardan görüldüğü üzere, - 10 °C’de yapılan ısı iletim testinde kabak lifi kompozitinin (L) ve Jüt kompozitinin (J) ısı iletim katsayısı değerleri hemen hemen aynıdır. Öte yandan gene - 10 °C’de yapılan ısı iletim testinde Jüt - Kabak lifi - Jüt (JLJ) hibrit kompozitinin ısı iletim katsayısı Kabak lifi - Jüt - Kabak lifi (LJL) hibrit kompozitinininkinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Gene Tablo 2’den anlaşıldığı üzere, +10 °C’de yapılan ısı iletim testinde kabak lifi kompozitinin (L), Jüt kompozitine (J) göre ısı iletim katsayısı değeri daha yüksektir. Ayrıca, +10 °C’de Jüt - Kabak lifi - Jüt (JLJ) hibrit kompozitinin ısı iletim katsayısı Kabak lifi - Jüt - Kabak lifi (LJL) hibrit kompozitinininkinden daha düşüktür. Son olarak, Tablo 2’den +20 °C’de yapılan ısı iletim test sonuçları irdelenirse, kabak lifi kompozitinin (L) ve Jüt kompozitinin (J) ısı iletim katsayısı değerleri aynı olduğu görülür. Ayrıca, +20 °C’de Jüt - Kabak lifi - Jüt (JLJ) hibrit kompozitinin ısı iletim katsayısının Kabak lifi - Jüt - Kabak lifi (LJL) hibrit kompozitinininkinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun muhtemel sebebi kabak lifi malzemesinin bitki lifi yoğunluğunun jüt malzemesininkinden daha fazla olması olabilir. Daha az yoğun olan jüt malzemesindeki boşluklar hava ile dolduğu için ortaya çıkan kompozitin

ısı iletkenlik katsayısı düşük çıkmaktadır. Bitkisel malzemelerdeki lif miktarının artmasıyla termal iletkenliğin arttığı literatürde başka çalışmalarda da belirtilmektedir (Wang ve ark., 2020).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada biyokompozit malzemelerin ısı iletim katsayısı ile ilgili araştırma yapılmıştır. Çalışmanın temel amacı bitkisel takviyeli kompozit malzemelerin ısı iletim katsayılarının incelenmesi olmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Jüt – Kabak Lifi – Jüt (JLJ) hibrit kompozitinin ısı iletim katsayısı Kabak Lifi – Jüt – Kabak Lifi (LJL) hibrit kompozitine göre daha düşüktür.
- Jüt (J) ve Kabak Lifi (L) kompozitlerinin ısı iletim katsayısı benzer özellikler göstermektedir.
- Endüstride kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları yaptığımız biyokompozitten daha düşüktür. TS 825’de belirtilen ısı yalıtım malzemelerinden cam yünü ve taş yünü gibi malzemelerin ısı iletim katsayısı değerleri çok daha düşüktür. Örneğin; taş yünü malzemesinin 10 °C’deki ısı iletkenlik katsayısı 0,033 ile 0,002 W/mK arasında değişmektedir.
- Takviye elemanlarının istifleme sırasının sıcaklık değişimi ne olursa olsun önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- Endüstride kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin fiyat/performans oranı biyo-kompozitlere göre daha iyidir.
- Biyo-kompozitlerin fiyat ve verimlilik açısından endüstride kullanılan ısı yalıtım malzemelerin yerini alması mümkün değildir.

Sonuç olarak biyo-kompozit üretimi yapılırken doğru koşullarda yetiştirilen takviye elemanlarının kullanılması gerekir. Matris ve takviye elemanları kullanılacağı ortama uygun seçilmesi gerekir. Farklı çevresel ortamlarda yetişen liflerin doğru kullanılması ve üretimi ısı iletim değerlerini farklı gösterebilmektedir. Son söz; kimyasal liflere alternatif olma potansiyeli taşıyan bitkisel liflerin uygulama alanlarını artırmaya yönelik bütün bilimsel çalışmaların önemli olduğunu ve bu anlamda literatüre katkı sağladığını dikkate almak gerekir.

#### Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### KAYNAKÇA

Balo, F., (2017). Ekolojik Yalıtım Malzemesi Üretiminin Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(3), 733-742.

Binici, H., Aksogan, O. & Demirhan, C. (2016). Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*, 20, 17-26.



- Braga, R.A. & Magalhaes Jr, P.A.A. (2015). Analysis of the mechanical and thermal properties of jute and glass fiber as reinforcement epoxy hybrid composites. *Materials science and engineering: C*, 56, 269-273.
- Christopher, S., Vikram, M.P., Bakli, C., Thakur, A.K., Ma, Y., Ma, Z., Xu, H., Cuce, P.M., Cuce, E. & Singh, P. (2023). Renewable energy potential towards attainment of net-zero energy buildings status—a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 405, 136942.
- Demir, H., Top, A., Balköse, D. & Ülkü, S. (2008). Dye adsorption behavior of *Luffa cylindrica* fibers. *Journal of Hazardous Materials*, 153(1-2), 389-394.
- Erkmen, J., Yakut, R., Hamamcı, B., & Özer, R. A. (2024). Production of insulation material using styrene acrylic resin from animal and agricultural waste part 1. Thermal insulation and water absorption. *Energy and Buildings*, 303, 113817.
- Genc, G. (2015). Dynamic properties of *Luffa cylindrica* fiber reinforced bio-composite beam. *Journal of Vibroengineering*, 17(4), 1615-1622.
- Hassan, M.L., (2006). Quaternization and anion exchange capacity of sponge gourd (*Luffa cylindrica*). *Journal of applied polymer science*, 101(4), 2495-2503.
- Ismaeil, E.M. & Sobaih, A. E. E. (2023). Heuristic Approach for Net-Zero Energy Residential Buildings in Arid Region Using Dual Renewable Energy Sources. *Buildings*, 13(3), 796.
- Korkmaz, A., Özel, S. & Özdemir, M. R. (2023). CO2 Akışkanının Kaynamalı Akış Rejiminde Isı Transferi Katsayısının Çoklu Regresyon Yöntemi İle Tahminlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(43), 179-193.
- Koruk, H. & Genc, G. (2015). Investigation of the acoustic properties of bio luffa fiber and composite materials. *Materials letters*, 157, 166-168.
- Limam, A., Zerizer, A., Quenard, D., Sallee, H. & Chenak, A. (2016). Experimental thermal characterization of bio-based materials (Aleppo Pine wood, cork and their composites) for building insulation. *Energy and Buildings*, 116, 89-95.
- Liu, K., Takagi, H., Osugi, R. & Yang, Z. (2012). Effect of lumen size on the effective transverse thermal conductivity of unidirectional natural fiber composites. *Composites Science and Technology*, 72(5), 633-639.
- Mati-Baouche, N., De Baynast, H., Lebert, A., Sun, S., Lopez-Mingo, C.J.S., Leclaire, P. & Michaud, P. (2014). Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulating bio-based composite made from sunflower stalks particles and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 58, 244-250.
- Mazumdar, S., (2001). *Composites manufacturing: materials, product, and process engineering*. CrC press.
- Mutlu, S. (2012). Jüt lifi ve tekstil-hazır giyim sektöründe kullanım alanları. *Akdeniz Sanat*, 4(8).
- Nam, T.H., Ogihara, S., Nakatani, H., Kobayashi, S. & Song, J.I. (2012). Mechanical and thermal properties and water absorption of jute fiber reinforced poly (butylene succinate) biodegradable composites. *Advanced composite materials*, 21(3), 241-258.

- Onésippe, C., Passe-Coutrin, N., Toro, F., Delvasto, S., Bilba, K. & Arsène, M.A. (2010). Sugar cane bagasse fibres reinforced cement composites: thermal considerations. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(4), 549-556.
- Ozdemir, Y. & Genc, G. (2019). Comparison of flexural properties of luffa and jute fibers. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(2), 61-65.
- Pires, C., Motta, L.A.D.C., Ferreira, R.A.D.R., Caixeta, C.D.O. & Savastano, H. (2021). Thermomechanical and thermo-hydro-mechanical treatments of luffa cylindrical fibers. *Journal of Natural Fibers*, 18(12), 2351-2363.
- Sözbir, N. (2014). Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi Deneyi. *Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Deney Tasarım Dersi*.
- Wang, C., Zuo, Q., Lin, T., Anuar, N. I. S., Salleh, K. M., Gan, S., ... & Zakaria, S. (2020). Predicting thermal conductivity and mechanical property of bamboo fibers/polypropylene nonwovens reinforced composites based on regression analysis. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 118, 104895.
- Zhou, X.Y., Zheng, F., Li, H.G. & Lu, C.L., (2010). An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. *Energy and Buildings*, 42(7), 1070-1074.