

## **Taranmış ve Taranmamış İsrırgan Lifi Takviyeli /Polyester Kompozitlerin Ses Absorbsiyon Davranışlarının İncelenmesi**

Kenan BÜYÜKKAYA<sup>1\*</sup>

### **Öz**

Bu çalışmada, 2100 rakımda doğal olarak yetişen ısırgan bitkisinden elde edilmiş, ham(taranmamış) ve taranmış lif ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bitkinin farklı kısımlarının (dip,orta,tepe) ses emme özelliklerini belirlemek amacıyla taranmış ve taranmamış lifler, dip, orta ve tepe olmak üzere sınıflandırılmıştır. Polyester matrise farklı hacim oranlarında (2.5, 5, 7.5, 10 %) ısırgan elyafı ve ham elyaf takviye edilerek, polimer kompozit test numuneleri üretilmiştir. Kompozitlerin ses emme katsayıları (normal incidence absorption coefficient), çift mikrofon tekniği ile ölçülmüştür. Liflerin fiziksel özellikleri (yoğunluk, kristalin indeksi, lif çapı) belirlenmiş ve bu özelliklerin ses absorpsiyonuna etkileri tartışılmıştır. Liflerin kesit incelemeleri taramalı elektron mikroskobu görüntüleri kullanılarak ortaya konulmuştur.

İsrırgan takviyeli kompozitlerden elde edilen verilere göre, taranmış ve bitkinin dip ve orta kısımlarından elde edilen lif ile takviye edilen malzemelerin, ses emme açısından daha üstün performans sergilediği belirlenmiştir. Bu farklılığın liflerin fiziksel özelliklerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İsrırgan lifi, kompozit, ses emme, çift mikrofon, fiziksel özellikler.

## **Investigation of The Sound Absorption Behavior of Combed And Uncombed Fiber Reinforced / Polyester Composites**

### **Abstract**

In this study, it was aimed to investigate the sound absorption properties of raw (uncombed) and combed fiber reinforced composites obtained from nettle plant growing naturally at 2100 altitude. In order to determine the sound absorption properties of different parts of the plant (bottom, middle, top), combed and uncombed fibers were classified as bottom, middle and top. Polymer composite test specimens were produced by reinforcing nettle fiber and raw fiber in different volume ratios (2.5, 5, 7.5, 10 %) to the polyester matrix. The sound absorption coefficients (normal incidence coefficient) of the composites were measured by the double microphone technique. The physical properties of the fibers (density, crystalline index, fiber diameter) were determined and the effects of these properties on sound absorption were discussed. Cross-sectional examinations of the fibers were revealed using scanning electron microscope images.

According to the data obtained from the nettle-reinforced composites, it was determined that the combed and fiber-reinforced materials obtained from the bottom and middle parts of the plant showed superior performance in terms of sound absorption. It was concluded that this difference was due to the physical properties of the fibers.

**Keywords:** Nettle fiber, composite, sound absorption, dual microphone, physical properties.

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Giresun, Türkiye, kenan.buyukkaya@giresun.edu.tr

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8263-0756>

## 1. Giriş

Endüstriyel üretim, artan ulaştırma araçları sayısı ve yetersiz şehir planlaması, gürültü kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu kirliliğin artması insan sağlığı üzerinde; işleme kaybı, stres gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Qui ve ark., 2018). Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalardan bazılarında, takviye malzemesi olarak petrol kökenli lifler yerine, çeşitli doğal lifler kullanılmıştır. Son yıllarda araştırmacılar, farklı doğal lifler kullanarak çevreye duyarlı kompozit malzeme üretimi ve karakterizasyonu alanında çok sayıda çalışmayı paylaşmışlardır. (Washington ve ark., 2014).

Kompozit malzemelerin ses absorpsiyonu özellikleri geliştirilerek, çeşitli uygulamalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılabilme imkanları, bilim insanlarının ilgisini çekmektedir. Bu kapsamda araştırmacılar doğal malzemeler ile üretilen kompozitlerin ses absorpsiyonu özelliklerini ortaya koymak için birçok araştırma yürütmüşlerdir. Ersoy ve küçük (Ersoy & Küçük,2009) tarafından yapılan çalışmada, çay yapraklarının ve sapının ses absorpsiyon özellikleri incelenmiştir. Çay yaprakları ve saplarının 500 ve 3200 Hz'de birbirine yakın ses absorbe ettikleri belirlenmiştir. Berardi ve Iannace (berardi & Iannace, 2015) kenaf, ağaç, kenevir, hindistan cevizi, mantar, kamış, karton ve koyun yünü gibi doğal liflerin akustik karakterizasyonunu rapor etmiştir. Araştırmada kenevir'in ses emme katsayısının 2000 Hz'de 0,94, ağaç liflerin 1650 Hz'de 0,9, kendir'in 1500-2000 Hz aralığında maksimum 0,98, hindistan cevizi lifi'nin 2000 Hz'de yaklaşık 0,90, mantarın 1600 Hz'de 0,90'nın üzerine çıktığını, su kamışının absorpsiyon katsayısının, hindistan cevizi lifi ile benzerlik gösterdiğini, geri dönüşümlü kartonun 2000 Hz'de 0,80 ve yünün 2000Hz'deki emme katsayısının 0,90'nın üzerinde olduğu bildirilmiştir. Yahya ve arkadaşları tarafından (Yahya ve ark., 2017) kenaf lifi, hindistan cevizi lifi, hurma lifi ile yapılan çalışmada, kenevirin frekans tepe değeri 700-800 Hz aralığında, hindistan cevizi lifi 1000-1075 Hz frekans aralığında, hurma lifinin en yüksek absorpsiyon değeri 3200-3400 Hz frekans aralığında elde edilmiştir. Lima ve arkadaşları (Lima ve ark., 2018) yaptıkları çalışmada, kenevir lifinin ses emme performansını 140-150 kg / m<sup>3</sup>'lük yoğunluğa ve 25-30 mm kalınlığa sahip numunelerde, 500 Hz'de 0.5 ve 1500 Hz'in üzerinde 0.85'e olduğunu belirlemiştir. Zhang ve arkadaşları (Zhang ve ark., 2018) keten lifi-kumaşını dış katman, balsa ağacını da çekirdek olarak kullandıkları keten balsa sandviç epoksi kompozit yapıların 250-4000 Hz'de ses absorpsiyon özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, ses frekansı 1000 Hz'nin üzerindeyken, keten lifi kumaşının ses emme katsayısının 0.5, kritik frekansının 3200 Hz olduğunu ve bu frekanstaki ses absorpsiyonunun 0.96'lık bir tepe değerine ulaştığı bildirilmiştir. Hassan ve arkadaşları (Hassan ve ark., 2020) epoksi matris pamuk, hindistancevizi ve şeker kamışı gibi üç farklı tipte lif atığı ilave ederek kompozit üretmiştir. Çalışmada her bir lif için farklı lif hacim fraksiyonları, (% 10, % 15 ve% 20) kullanıp 3 mm'lik

kompozitlerin ses absorpsiyonu özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüksek ses emme özelliklerine göre, hindistan cevizi lifi, şeker kamışı elyafı, ve pamuk elyafı takviyeli kompozitler olarak sıralandığını ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışma, ısırgan lifi ile takviye edilmiş, kompozitlerin ses absorpsiyon özelliklerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, 2100 rakımda yetişen ısırgan bitkisinin farklı kısımlarından (dip, orta, tepe) elde edilen taranmış ve taranmamış lifler kullanılarak üretilen kompozitlerin ses absorpsiyon özellikleri çift mikrofon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada bitkinin farklı kısımlarından elde edilen liflerin özelliklerinin, kompozitlerin ses absorpsiyon özelliklerine etkileri ortaya konulmuştur. Araştırmanın bulgularına göre, malzemenin fiziksel özelliklerindeki değişim üretilen kompozitlerin ses absorpsiyon özelliklerini de etkilemiştir.

## 2. Material Metot

### 2.1. Material

Isırgan ham lif ve taranmış lifleri, Giresun'da 2100 rakımda doğal olarak yetişen ısırgan otundan (*Urtica dioica* L.) elde edilmiştir. (şekil1). Ham lif klasik yöntem ( kurutma, çürütme, soyma ve tarama) kullanılarak ve taranmış lifler ham lifin taranması ile elde edilmiştir. Bu materyaller, bitkinin farklı kısımlarına göre ayrılarak (dip, orta, tepe), yaklaşık 10 mm. boyutlarında kesilip, ses emme özellikleri belirlenecek kompozitlerin üretimi için kullanılmıştır.



**Şekil 1.** Ham ve taranmış liflerin görüntüsü

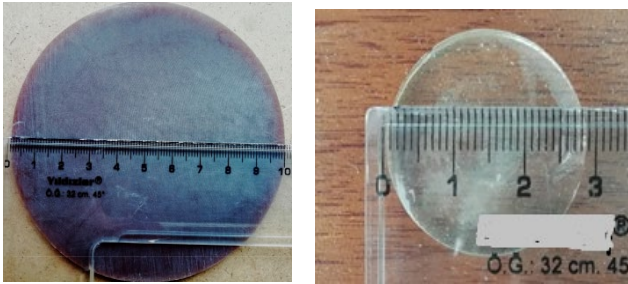
Kompozitlerin oluşturulmasında kullanılan matris malzemesi (UN1866) Poliya firmasından sağlanmıştır. Polyester matris malzemesinin sertleştirilmesi için Kobalt ve MEK-P (Metil Etil Keton Peroksit) kullanılmıştır. Hızlandırıcı ve sertleştirici oranları polyester kütlesine üzerinden %6 lık Kobaltan % 0.1, Mek-P den % 1'dir. Standart Polyester'e ait bazı mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir (Poliya, 2020).

**Tablo 1.** Polyester'in katı haldeki mekanik ve fiziksel özellikleri.

Bending Strength MPa	Bending Modulus MPa	Elong. Bending %	Tensile Strength MPa	Tensile Modulus MPa	Elong. Tensile %	Impact Strength kJ/m <sup>2</sup>	Density gr/cm <sup>3</sup> 23 C°
145	4800	5.5	57	2950	2.6	10	1.1

## 2.2 Test numunelerinin hazırlanması

Matris malzemesine, belirtilen oranda kobalt ilave edilip karışım homojen oluncaya kadar karıştırılmıştır. Daha sonra belirlenen oranda Mek-P katılarak aynı işlem tekrarlanmıştır. Oluşturulan sıvı karışımın içerisine yaklaşık bir santimetre boyutunda kesilerek hazırlanan ısırgan lifleri %2.5, 5, 7.5 ve 10, oranlarında ilave edilmiştir. Hazırlanan sıvı karışım kalıplara dökülmek sureti ile işlenmemiş kompozit test numuneleri üretilmiştir. Daha sonra nihai kür uygulaması için 24 saat boyunca 80 °C fırında bekletilmiştir. Kompozit parçalar işlenerek standart ölçülerde (büyük numuneler 100 mm, küçük numuneler 29 mm ve kalınlık 4mm) test numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. İşlenmiş test numuneleri

## 2.3 Fiziksel ve Kimyasal Karakterizasyon

Liflerin yoğunlukları piknometre yöntemi ile belirlenmiş ve ölçüm sıvısı olarak aseton kullanılmıştır.

Taranmış liflerin çapları optik mikroskop, (OLİMPUS BX 53) kalın liflerin kalınlıkları da kumpaslar yardımı ile belirlenmiştir. Bu cihazlar yardımı ile 150 adet tek lif kalınlık açısından karakterize edilmiştir.

Taramalı elektron mikroskopisi ile görüntüleme, altın kaplamadan sonra JEOL Ltd. JSM-5910 kullanılarak elde edilmiştir.

X-ışını kırınım testi, bakır radyasyonlu gelişmiş Diffractometer (**Europe 600 XRD**) ile gerçekleştirilmiştir. Cu Ka, 40 kV ve 30 mA'da çalıştırılmıştır. Tarama aralığı 10-30, adım boyutu 0.02 ve tarama hızı 0.4 / dakika olarak seçilmiştir. Elde edilen tarama değerleri ve denklem 1 yardımı ile malzemelerin kristalin yüzdeleri belirlenmiştir (Segal, 1959)

$$CrI = (I_{002} - I_{am}) \times 100 / I_{002} \quad (1)$$

Burada  $I_{002}$ , 002 kristalin zirvesinin maksimum noktası ve  $I_{am}$ , 101 ve 002 pikler arasındaki amorf malzemenin en düşük noktasıdır.

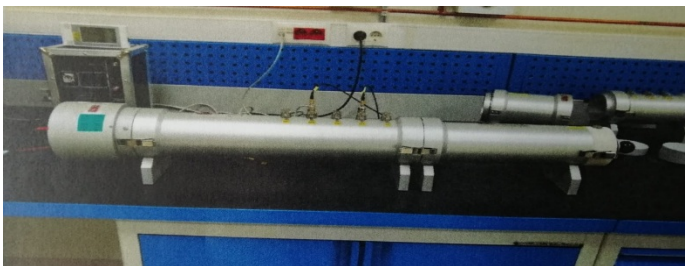
Kompozitin yoğunluğu arşimed yöntemi ile belirlenip, içerisindeki boşluk miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır (Little, 2011).

$$V_v = 100 - \rho_c \left( \frac{\%m_m}{\rho_m} + \frac{\%m_f}{\rho_f} \right) \quad (2)$$

Burada  $V_v$  boş hacim fraksiyonu, ( $\% m_m$ ) matris kütle fraksiyonu ( $\% m_f$ ) lifin kütle fraksiyonu,  $\rho_c$ ,  $\rho_m$ ,  $\rho_f$  sırasıyla kompozitin, matrisin ve liflerin yoğunluklarıdır

## 2.4 Metod

Isırgan lifi/polyester kompozitlerin ses absorpsiyon (normal incidence absorption coefficient, ( $\alpha$ ) özellikleri çift mikrofonlu empedans tüpü (şekil3), (Brüel&Kjaer PULSE™) yöntemiyle belirlenmiştir. Ölçümler ASTM E1050 ve ISO 10534-2:2002 (ASTM, 1998) Standartlarına uygun biçimde 0 Hz'den 6400 Hz' kadar küçük ve büyük (29 ve 100 mm) numuneler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin ölçüm tüpüne uygun şekilde yerleştirilmesi amacıyla, 40 mm uzunluğunda ve 29 mm çapında bir çubuk kullanılmıştır. Malzemenin ses absorpsiyon özelliklerini belirlemek amacı ile, üç farklı numune üzerinde ölçüm yapıp ve verilerin ortalaması alınmıştır.



Şekil 3. Çift mikrofonlu empedans tüpü

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Fiziksel özellikler

##### 3.1.1. Lif yoğunluğu

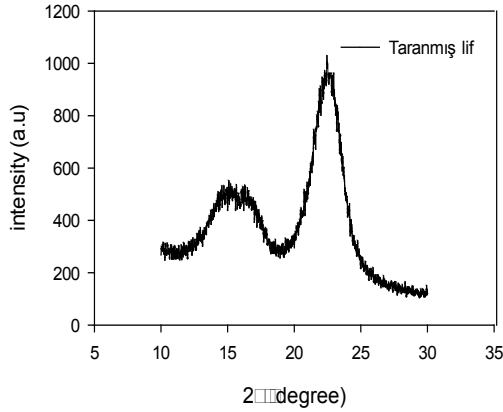
2100 rakımlardan elde edilen ham lif ve lifin yoğunlukları piknometre yöntemi ile belirlenmiş ve tablo 2’de verilmiştir. Tablodaki veriler irdelendiğinde, bitkilerin dip, orta ve tepe kısımlarından elde edilen liflerin yoğunluklarının farklı olduğu görülür. Bitkinin dip kısmından elde edilen liflerin yoğunlukları diğer kısımdan elde edilen liflerin yoğunluğundan daha düşüktür. Bitkinin dip kısmından elde edilen lifin yoğunluğuna göre, orta ve tepe liflerin yoğunluğundaki artış sırasıyla % 10 ve % 9, kalın liflerin aynı kısımlarındaki artış oranları da %17 ve %21 olmuştur.

Isırgan lifinin yoğunluğunu içeren, fiziksel özellikler ile ilgili çalışma yoktur. Bu nedenle ısırgandan elde edilen lifler diğer gövde lifleri ile karşılaştırılabilir. Yapılan çalışmalarda gövde liflerinin yoğunluklarının 1.30 ile 1.60 arasında değiştiği gösterilmiştir (Amiri,2017; Rohen, 2017; Chuanq, 2016). Buna göre elde edilen yoğunluk değerlerinin gövde liflerine göre daha düşük olduğu gösterilmiştir.

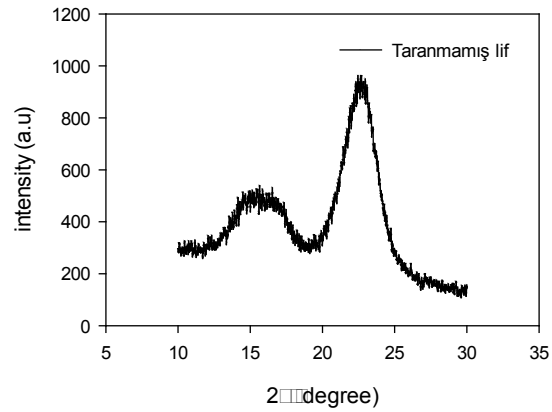
##### 3.1.2. Isırgan Liferinin X-Işını Kırınım Analizi

Isırgan bitkisinin orta kısmından elde edilen taranmış ve taranmamış lif içerisindeki selülozun tipik kristal kafesine ait X-ışını kırınım desenleri şekil 4 ve 5’de verilmiştir. Selüloz elyafa ait ana desenlerin iki teta değerleri sırasıyla 16.3 ve 22.4 dir ve bu desenler (101) ve (002) düzlemlerine karşılık gelir. Isırgan elyafının kristalin indeksi (CrI), Segal ampirik yöntemi (Mehdikhani ve ark.,2019) yardımıyla belirlenmiştir.

Bu yöntem kullanılarak 2100 rakımdan ve bitkinin orta kısmından elde edilen lifin kristalin indeksi 75.21 % olarak ölçülmüştür. Yine aynı rakımdan elde edilen taranmamış orta kısımdan elde edilen liflerin 71.33 % kristalin oranına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Taranmış lifin XRD grafiği



Şekil 5. Taranmamış ham lifin XRD görüntüsü

Farklı rakımlardan elde edilen bitkinin kısımlarına ait kristalinite oranları tablo 2’de verilmiştir. Tabloda bitkinin farklı kısımlarına ait yoğunluk ortalaması ile aynı tablodaki kristalinite oranları irdelendiğinde malzemenin yoğunluğu ile kristalinite arasındaki doğrusal ilişkinin varlığı kolaylıkla görülebilir.

Bitkinin dip kısmından elde edilen liflerin en düşük kristalin oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Dip kısma göre, kristalin oranları karşılaştırıldığında orta ve tepe kısmın oranları sırasıyla %2 ve %4 artmıştır. Taranmamış liflerin aynı kısımları karşılaştırıldığında artış oranları orta kısımda %3 iken tepe liflerde % 5 olmuştur.

Kristalinite indeksini belirlemede kullanılan bu yöntem, sisal, gibi selüloz elyaf çeşitlerinin kristalinite indeksini ölçmek için kullanılmıştır. (Rongve ark., 2001).

### 3.1.3. Lif Çapı

İnce lif çapları optik mikroskop, kalın lif çapları da kumpas yardımı ile belirlenerek ortalamalar tablo 2’de verilmiştir.

Tabloya göre, lif kalınlıkları incelendiğinde bitkinin farklı kısımlarından (dip, orta, tepe) elde edilen taranmamış ve taranmış liflerin birbirinden farklı olduğu görülebilir. Tepe ve orta lif çapları dip liflere göre her iki lif grubunda da belirgin düşüş göstermiştir. Ortalama lif kalınlıklarına göre taranmış liflerin dip kısmın çapına göre, orta ve tepe kısmında düşüş sırasıyla % 16, % 38 kalın liflerde dip kısmın çapına göre düşüş % 37 ve % 52 olmuştur. Koizumi ve arkadaşları (Koizumi ve ark., 2002) bamboo liflerinin ses absorpsiyonunu inceledikleri çalışmada, 90-125, 125-210, 210-425 µm çaplarındaki liflerin sırasıyla 0.99, 0.95 ve 0.85 ses absorbe ettiğini gösterdi. Bu çalışmada, liflerin çapının artması ile ses absorpsiyonu değerlerinde düşüş gerçekleştiği gösterilmiştir.

**Table 2.** Isırgan lifi, çap, kristalin oranı ve yoğunluk ortalama değerleri

Lif	ap , ( $\mu\text{m}$ )	Kristalin oranı (%)	Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
2100 Dip	58.23	73.89	1.022
2100 Orta	49.08	75.21	1.128
2100 Tepe	36.24	76.58	1.112
2100 Dip Ham	1.5x2.3	69.45	0.914
2100 Orta Ham	1.2x1.8	71.33	1.069
2100 Tepe Ham	1.1x1.5	73.14	1.107

### 3.5. Kompozitin Boş Hacim Fraksiyonu

Bitkinin dip ve orta kısmından üretilen kompozite ait boş hacim fraksiyonları tablo 3’de verilmiştir. Tablodaki veriler irdelendiğinde, yüksek rakımlı bitkinin orta kısmından elde edilen liflerle oluşturulan kompozitlerin en yüksek boş hacime sahip olduğu görülmüştür. İkinci sırayı yine aynı rakımlı bitkinin dip kısmından elde edilen lif ile takviye edilmiş kompozitler almıştır. Taranmamış orta lif ile %7.5 takviyeli kompozitin boş hacim fraksiyonuna göre, aynı oranda taranmış, dip ve orta lif ile takviye edilmiş kompozitlerin boş hacim fraksiyonları sırası ile %22 ve 128 olmuştur.

Kompozit parçaların üretiminde, malzeme içerisinde bulunan boş hacimi etkileyen ana faktörler, matris ve liflerin dağılımı, iklimlendirme, yerleştirme işlemleri (katlar arasındaki sıkışma seviyesinin kontrol edilmesi) ve kütleme koşullarıdır (Mehdikhani ve ark.,2019). Kim ve arkadaşları (Kim ve ark.,2018) yaptıkları çalışmada betona köpük ajanları, selüloz elyafı ve zeolit ekleyip akustik özellikleri geliştirdiler. Kompozite ilave edilen katkıları sırasıyla % 4.06, 4.82 ve 18.42 boş hacime neden olmuştur. Kompozit, buna bağlı olarak sırasıyla 1000Hz’de 0.58, 1300Hz’de 0.65 ve 980Hz’de 0.83 ses absorbe etmiştir. Bizim çalışmamızda da, boşluk hacim fraksiyonu artışının, ses absorpsiyonu artışına katkı sağladığı teyit etmiştir.



**Tablo 3.** Yüksek ve düşük rakımlı liflerin dip, orta ve tepe kısımlarından üretilen kompozitlerin boş hacim fraksiyonları

Malzeme	$C_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$F_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_v$ (%)
2100 D 2.5	0.994	1.022	12.37
2100 D 5	0.982		13.45
2100 D 7.5	0.933		16.13
2100 D 10	1.007		10.58
2100 O 2.5	0.100	1.128	14.03
2100 O 5	0.970		19.89
2100 O 7.5	0.786		30.18
2100 O 10	0.892		21.99
2100 T 2.5	1.048	1.112	12.28
2100 T 5	1.054		13.10
2100 T 7.5	1.082		14.96
2100 T 10	1.060		11.31
2100 HD 2.5	1.131	1.010	11.95
2100 HD 5	1.147		11.66
2100 HD 7.5	1.126		12.32
2100 HD 10	1.058		10.85
2100 HO 2.5	1.049	1.069	12.57
2100 HO 5	1.081		12.75
2100 HO 7.5	1.009		13.24
2100 HO 10	0.945		11.69
2100 HT 2.5	1.082	1.107	12.35
2100 HT 5	1.193		12.46
2100 HT 7.5	1.037		13.59
2100 HT 10	1.025		11.90

### 3.6. İsrırgan Lifi Kompozitlerin Ses Absorbsiyon Davranışı

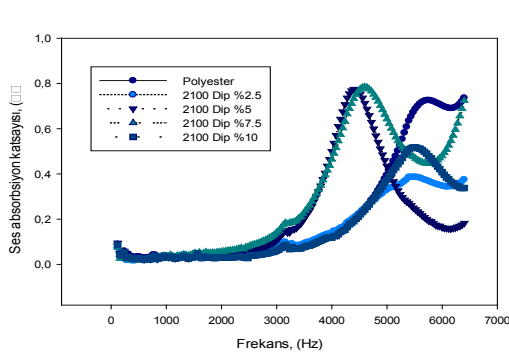
#### 3.6.1. Taranmış Liflerin Ses Absorbsiyon Davranışı

Bitkinin dip kısmından elde edilen lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 6'da verilmiştir. Verilere göre en yüksek absorpsiyon değeri %5 ve % 7.5 takviye oranına sahip kompozitlerde sırasıyla 4343 Hz'de 0.77 ve 4615 Hz'de 0.78 olarak kaydedildi. %2.5 ve %10 takviyeli kompozitler, her ikiside 5516 Hz'de sırasıyla 0.38 ve 0.50 ses absorbe etmiştir.

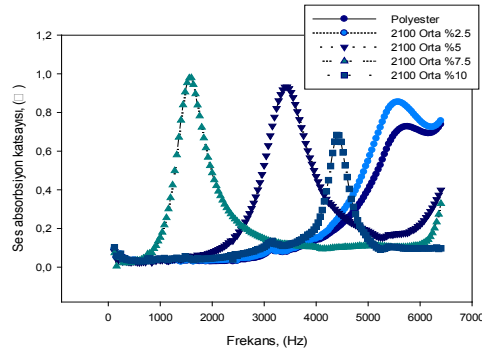
Bitkinin orta lifleri ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 7'de verilmiştir. Grafiğe göre maksimum absorpsiyon değeri %7.5 takviyeli kompozitlerden elde edilmiştir. %5 ve %7.5 lif takviyeli kompozitlerde ses absorpsiyonu sırasıyla 3446 Hz'de 0.94 ve 1574Hz'de 0.98 olmuştur. %2.5 lif takviyeli kompozitler 5550Hz'de 0.85 ses absorbe ederken, % 10 lif takviyeli kompozitler 4414Hz'de 0.71 ses absorbe etmiştir.

Bitkinin orta kısmı ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyonu davranışının oldukça manidar olduğu değerlendirilmiştir. Grafiklerde, matrisin lifi yeterince ıslatmamasından kaynaklı,

üretim esnasında uygulanan baskıya bağlı olarak, gözenekliliğin azaldığı % 10 lif takviyeli kompozitlerin en düşük ses absorpsiyon değeri ortaya koyduğu ifade edilebilir. %2.5 lif takviyeli kompozitlerde düşük lif miktarına bağlı, düşük gözeneklilikten dolayı maksimum ses absorpsiyonu daha yüksek frekansta gerçekleşmiştir. Lif miktarının artışı ile gözenekliliğin artmasından dolayı, ses absorpsiyon frekans değerinin azaldığı ve absorpsiyon miktarının arttığı belirlenmiştir.



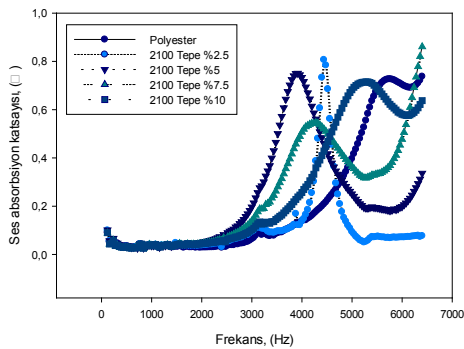
**Şekil 6.** Dip lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği



**Şekil 7.** Orta lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği

Tepe lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 8'de verilmiştir. Absorpsiyon değerleri orta lif ile takviye edilmiş kompozitlere göre daha düşüktür. Bu liflerde en yüksek absorpsiyon %2.5 takviyeli liflerde 4414 Hz'de 0.80 iken %5 takviyeli kompozitlerde 3946 Hz'de 0.73 olmuştur. Düşük değerler sırasıyla %10 ve % 7.5 takviyeli kompozitlerde 0.70 ve 0.52 olarak gerçekleşmiştir.

Tepe lifleri ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon değerleri orta lif takviyeli kompozitlere göre daha yüksek frekanslara kaymıştır. Bunun nedeni liflerin çaplarının düşük olmasından dolayı birim alanda daha fazla ince lifin bulunmasıdır. Bu sonuç, %7.5 takviyeli kompozitlerde bile, (%10 takviyeli kompozitlerde yaşanan olgu) matrisin lifleri ıslatamaması neticesinde, baskı uygulanması sonucu en düşük absorpsiyon değerine neden olmuştur.

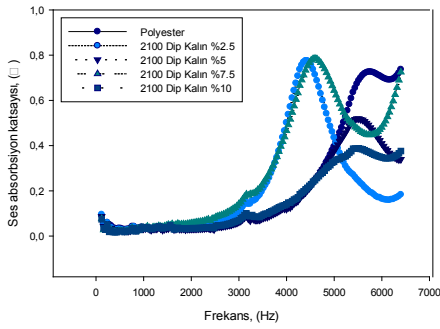


**Şekil 8.** Tepe lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği

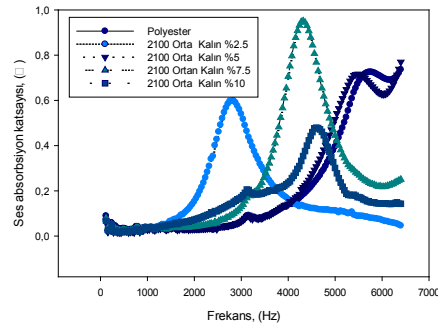
### 3.6.2. Taranmamış Liflerin Ses Absorbsiyon Davranışı

Bitkinin dip kısmından elde edilen lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 9'da verilmiştir. Verilere göre en yüksek absorpsiyon değeri %5 ve % 7.5 takviye oranına sahip kompozitlerde sırasıyla 4343 Hz'de 0.77 ve 4615 Hz'de 0.78 olarak kaydedilmiştir. %2.5 ve %10 takviyeli kompozitler her ikisinde 5516 Hz'de sırasıyla 0.38 ve 0.50 ses absorbe etmiştir.

Bitkinin orta lifleri ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 10'da verilmiştir. Grafiğe göre maksimum absorpsiyon değeri %7.5 takviyeli kompozitlerden elde edilmiştir. %5 ve %7,5 lif takviyeli kompozitlerde ses absorpsiyonu 3446 Hz'de 0.94 ve 1574Hz'de 0.98 olmuştur. %2.5 lif takviyeli kompozitler 5550Hz'de 0.85 ses absorbe ederken, % 10 lif takviyeli kompozitler 4414Hz'de 0.71 ses absorbe etmiştir.



**Şekil 9.** Dip lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği



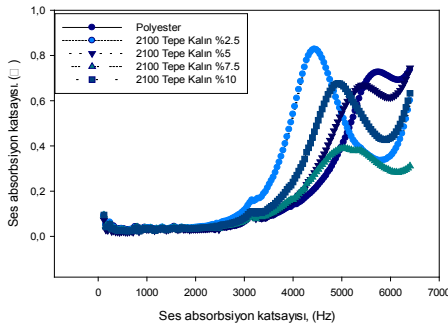
**Şekil 10.** Orta lifleri ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği

Tepe lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği şekil 11'de verilmiştir. Ses absorpsiyon katsayıları orta lif takviyeli kompozitlere göre daha düşüktür. Bu liflerde en yüksek absorpsiyon %2.5 takviyeli liflerde 4357 Hz'de 0.84 iken %5 takviyeli kompozitlerde 5460 Hz'de 0.67 olmuştur. %7.5 lif takviyeli kompozitlerde absorpsiyon değeri 4959 Hz'de 0.39 iken %10 takviyeli kompozitlerde 4925 Hz'de 0.68 elde edilmiştir.

Keten epoksi kompozitlerin ses absorpsiyonunu ortaya koymak için yapılan çalışmada % 55 lif takviyeli malzemenin 3150Hz'de maksimum yaklaşık 0.30 ses absorbe ettiği belirlendi (Lee ve ark., 2017). Bu değer bizim çalışmamızda ortaya konulan değerden (taranmış %7.5 takviyeli orta lif kompozitlerde 1574 Hz'de 0.98) % 226 daha düşüktür. Doğal lifler ile takviye edilmiş epoksi kompozitlerin ses absorpsiyonu özelliklerinin ortaya konulduğu çalışmada (Yang, 2012) jüt ile takviye edilen kompozitlerin en yüksek absorpsiyon değerine ulaştığı (4960Hz'de 0.42)

bildirilmiştir. Yang'ın elde ettiği bulgular, bu çalışmada ortaya konulan en yüksek değerden % 133 daha düşüktür.

Taranmış liflerle takviyeli kompozitlerde olduğu gibi tepe lif ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon davranışları benzerlik göstermiş ve değerler daha yüksek frekanslara kaymıştır. Bu sonuç lif çaplarının etkisini doğrulamaktadır.

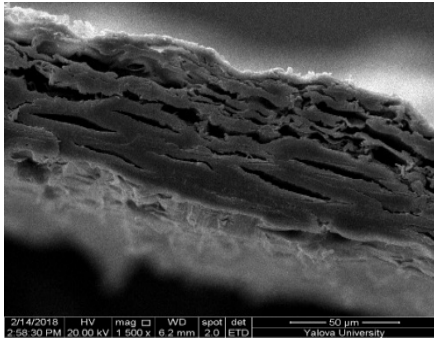


Şekil 11. Tepe lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin ses absorpsiyon grafiği

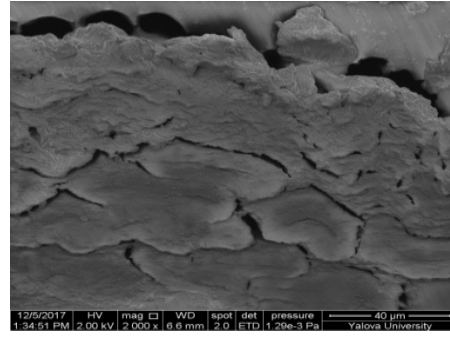
### 3.7. Morfoloji

Isırgan bitkisinden elde edilen liflerin enine kesit görüntüleri Şekil 12 ve 13'de verilmiştir. Şekil 12'de taranmamış ham lifin dip kısmın kesiti 13'de ise taranmamış ham lifin orta kısmın lifin kesit resimleri görülmektedir. Ham ısırgan lifinin enine kesiti incelendiğinde dip liflerin daha fazla kabuk (epidermis) kısma sahip olduğu ve bu kısımlarda lif kesitine göre daha az boşluklu olduğu görülmektedir. Orta kısımlarda ise epidermis tabakanın kısmen daha ince olduğu görülmektedir. Taranmış tek life ait kesit resmi taramalı elektron mikroskobu görüntüsü şekil 14'de verilmiştir. (Lanzilao, 2015). Taranmış liflerde epidermis tabakanın olmamasından dolayı liflerin daha fazla boşluk içerdiği söylenebilir. Bu boşluğun miktarı lif çapı ile doğru orantılıdır. Ancak, orta kısım taranmış lifler, çapı daha düşük olan fazla miktarda mikro boşluk içerdiği için, küçük gözenekli malzemelerin ortaya koyduğu düşük frekansta ses emme özellikleri ile ön plana çıkmıştır.

Ayrıca lif içerisindeki havanın matrisin ekzotermik reaksiyonu esnasında genişlerken, lif içerisinde matris içerisine doğru hareket ederek gözenek oluşturduğu düşünülmektedir. Bu olgu sonucunda oluşan birbirine bağlı bu küçük gözeneklerin ses absorpsiyonunu daha düşük değerlere kaydıracağı düşünülmektedir.



**Şekil 12.** Ham dip lifin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 13.** Ham orta lifin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 14.** Taranmış lifin kesit taramalı elektron mikroskobu görüntüsü.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

1. 2100 rakımdan elde edilen bitkinin dip ve orta kısmından elde edilen liflerin fiziksel özellikler itibarı ile tekstil sektöründe kullanılmaya çok elverişli olmadığı ifade edilebilir.
2. Kısa lifler ile yapılan ve üretim için serbest döküm yöntemi kullanılan bu çalışmada, ses absorpsiyonu için matrisin lifi tam olarak ıslatabildiği maksimum oran, lif kalınlığına da bağlı olarak % 7.5 olarak belirlenmiştir.
3. Bu çalışmada kullanılan tepe liflerinin, farklı uygulamalarda kullanım alanı bulabileceği düşünülmekle birlikte, dip ve orta kısımdaki liflerin çok iyi bir yalıtım malzemesi olabileceği öngörülmektedir.
4. Bitkinin orta kısmından elde edilen liflerin kompozitin ideal ses absorpsiyonunu sağlayan optimum gözenekliliği sağladığı ortaya çıkmıştır.
5. Taranmamış liflerin orta kısmından üretilen kompozitler, daha yüksek frekanslarda, çevreçi bir ürün olarak, ses absorpsiyon uygulamalarında kullanılabilme potansiyeline sahiptir.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## Referances

- Amiri, A., Triplett, Z., Moreira, A., Brezinka, N., Alcock, M., Ulven, C.A., (2017). Standard density measurement method development for flax fiber, *Industrial Crops and Products*, 96, 196-202  
Applications, *Building and Environment* 94, 840e852
- ASTM. (1998) Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System.
- Berardi, U., Iannace, G., (2015). Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption, *Building and Environment*, 94(2), 840-852
- Ersoy, S., Küçük, H., (2009). Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties, *Applied Acoustics* 70, 215–220
- Hassan, T., Jamshaid, H., Mishra, R., Khan, M.Q., Petru, M., Novak, J., Choteborsky. R.,  
Hromasova, M., (2020). Acoustic, Mechanical and Thermal Properties of Green Composites Reinforced with Natural Fibers Waste, *Polymers*, 12(3), 654. doi: [10.3390/polym12030654](https://doi.org/10.3390/polym12030654)
- Kim, H., Hong, J., Pyo, S., Acoustic characteristics of sound absorbable high performance concrete, *Applied Acoustics* Volume 138, September 2018, Pages 171-178
- Koizumi, T., Tsujiuchi, N., Adachi A., The development of sound absorbing materials using natural bamboo fibers, Paper from: *High Performance Structures and Composites* , Brebbia C.A., Wilde W.P., (Editors). 2002 WIT Press, Ashurst Lodge, Southampton, SO40 7AA, UK ISBN 1-85312-904-6
- Lanzilao, G., (2015). Properties and Applications of Himalayan Nettle Fibre, (Doctoral dissertation). The University of Leeds, School of Design – Centre for Technical Textiles Retrieved from <http://www.theses.whiterose.ac.uk/11104/1>
- Lee, H.P., Pun Ng, M.B., Rammohan, A.V., Tran, L.Q.N., (2017). An Investigation of the Sound Absorption Properties of Flax/Epoxy Composites Compared with Glass/Epoxy Composites, *Journal Of Natural Fibers*, 14(1), 71–77, <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2016.1146643>
- Lima, Z.Y., Putraa, A., Nora, M.J.M., Yaakobb, M.Y., (2018). Sound absorption performance of natural kenaf fibres, *Applied Acoustics* 130 107–114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.09.012>
- Little, J.E., Yuan, X.W., Jones, M.I., (2011). Voids Characterisation In Carbon Fibre/Epoxy Composite Laminates, 18th International Conference On Composite Materials, August 21-26, Icc Jeju Korea
- Mehdikhani, M., Gorbatiikh, L., Verpoest, I., Lomov, S.V., (2019). Voids in fiber-reinforced polymer composites: A review on their formation, characteristics, and effects on mechanical performance, *Journal of Composite Materials*, 53(12), 1579–1669
- Qui, H., Enhui, Y., (2018). Effect Of Thickness, Density And Cavity Depth On The Sound Absorption Properties Of Wool Boards, *Autex Research Journal*, 18, 2, 203-208.
- Rohen, L.A., Neves, A.C.C., Mantovani, D.P., Mauricio, F.V.C., Vieira, J.S., Pontes, L.A., Margem, F.M., Monteiro, S., (2017) Hemp Fiber Density Using the Pycnometry Technique, Springer International Publishing, Published in: *Characterization of Minerals, Metals, and Materials*,
- Rong, M.Z., Zhang, M.Q., Lui, Y., Yang, G., Zeng, H.M., (2001). The effect of fibre treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal reinforced epoxy composites, *Composites Science and Technology*, 61, 1437–1447
- Segal, L., Creely, J.J., Martin, A.E., Conrad C.M., (1959). An Empirical Method for Estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-Ray Diffractometer, *Textile Research Journal*, 29, (10), 786-794
- URL-1: <http://www.Poliya.com>, (Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2021).
- Washington, L.E. Magalhaes, Darci A. Gatto, (2014). Properties of polypropylene composites filled with a mixture of household waste of mate-tea and wood particles, *Construction and Building Materials* 61, 60–68

- Xu, C., Gu, Y., Yang, Z., Min Li, M., Yanxia Li Y. Zhang Z., (2016). Mechanical properties of surface-treated ramie fiber fabric/epoxy resin composite fabricated by vacuum-assisted resin infusion molding with hot compaction, *Journal of Composite Materials*, 50(9) 1189–1198
- Yahya, M.N., Sambu, M., Latif, H.A., Junaid, T.M., (2017). A study of Acoustics Performance on Natural Fibre Composite, IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering* 226, 012013 doi:10.1088/1757-899X/226/1/012013
- Yang, W., and Y. Li. 2012. Sound absorption performance of natural fibers and their composites. *Science China Technological Sciences* 55(8):2278–2283. doi:10.1007/s11431-012-4943-1.
- Zhang, J., Shen, Y., Jiang, B., Li, Y., (2018). Sound Absorption Characterization of Natural Materials and Sandwich Structure Composites, *Aerospace* , 5, 75; doi:10.3390/aerospace5030075