

## Ekolojik ve Endüstriyel Atıklardan Yalıtım Malzemesi Üretimi

Muharrem Eren<sup>1</sup> , Erdem Alıç<sup>2#</sup> 

(Bu çalışma ULIBTK'25 kongresinde sunulmuştur)

### Öz

<sup>1</sup>Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi,  
Elbistan Meslek Yüksekokulu, Motorlu  
Araçlar ve Ulaştırma Bölümü, 46300,  
Kahramanmaraş, Türkiye

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0002-7133-1881

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Üniversitesi, Andırın Meslek Yüksekokulu,  
46400, Kahramanmaraş, Türkiye

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0002-2852-0353

#Sorumlu Yazar/Corresponding  
Author:

ealic@ksu.edu.tr

Türkiye’de; nüfusun artış hızı ve sanayinin gelişimi ile birlikte, enerji tüketimi ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu tüketimin büyük bölümü, sanayi kullanımının yanı sıra, konutlarda gerçekleşmektedir. Teknolojinin gelişimi ile insanlığın konutlardaki konfor ihtiyacı da gün geçtikçe artış göstermiştir. Bu durum; sınırlı miktardaki enerjinin, konutlarda etkin olarak kullanılması gerekliliğini açıkça ortaya çıkarmıştır. Bu da yalıtım uygulamaları ile elde edilebilen enerji tasarrufunu, kaçınılmaz kılmaktadır. Dünyada da ısı yalıtım projeleri, gün geçtikçe önem kazanmıştır. Ülkemiz ’deki uygulamalarda; strafor, köpük vb. gibi çoğu petrol türevlerine dayalı çeşitli ısı yalıtım malzemeleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada; ısı yalıtımında ayçiçek sapı, mısır sapı gibi bazı ekolojik atıklar ve meşe mantarı, tekstil pamuğu gibi endüstriyel atıklar birlikte değerlendirilmiştir. Ayrıca; bu atıkların depolama zorluklarından dolayı ortaya çıkan, çevre sorunlarının da önüne geçilmiş olmuştur. Bu araştırma; Kahramanmaraş’ın ekolojik ve endüstriyel atıklarından yalıtım malzemesi üretimi amacı ile deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Ekolojik atıklar Afşin ve Elbistan’daki tarım alanlarından, endüstriyel atıklar ise Kahramanmaraş’taki tekstil fabrikalarından temin edilmiştir. Yalıtım malzemesi üretim prosesi atık malzemelerin kalıp içerisine yerleştirilmesi ve epoksi reçinenin üzerine püskürtülmesi ile preslenerek gerçekleştirilmiştir. Presleme işleminde yüksek ısı ve basınç altında birleştirme yöntemi kullanılmıştır. 25x140x160mm ölçülerindeki değişik türevlerde üretilen, saf ve kompozit plakaların her birinin ısı iletim katsayısı tespit edilmiştir. Bu değerler ise XPS, EPS, Gaz beton, Taş yünü gibi malzemelerin, ölçülen yalıtım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca; ısı dirençleri hesaplanarak, ısı yalıtımı sağlayıp sağlamadıkları gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekolojik ve Endüstriyel atıklar; Geri dönüşüm; Isı yalıtım malzemesi; Yapılarda enerji tasarrufu

## Production of Insulation Material From Ecological and Industrial Wastes

(This study was presented at ULIBTK'25 congress)

### Abstract

In Turkey, with the rapid population growth and industrial development, energy consumption has reached significant levels. A large portion of this consumption occurs in residential buildings, as well as in industrial use. With the advancement of technology, humanity’s need for comfort in homes has also increased daily. This clearly highlights the need for efficient use of limited energy in homes. This makes the energy savings achieved through insulation applications inevitable. Thermal insulation projects have become increasingly important worldwide. Various thermal insulation materials, mostly petroleum-based, such as styrofoam, foam, and other materials, are widely preferred in applications in our country. In this study, ecological wastes such as sunflower stalks and corn stalks, along with industrial wastes such as oak cork and textile cotton, were utilized for thermal insulation. Furthermore, environmental problems arising from the storage difficulties associated with these wastes were prevented. This research was conducted experimentally for the production of insulation materials from ecological and industrial wastes in Kahramanmaraş. Ecological waste was sourced from agricultural lands in Afşin and Elbistan, while industrial waste was sourced from textile factories in Kahramanmaraş. The insulation material production process involved placing waste materials in molds, spraying epoxy resin onto them, and then pressing them. The pressing process employed high-heat and pressure bonding. The thermal conductivity of each of the pure and composite panels, produced in various sizes of 25x140x160mm, was determined. These values were compared with the measured insulation values of materials such as XPS, EPS, aerated concrete, and rock wool. Furthermore, their thermal resistance was calculated to determine whether they provided adequate thermal insulation.

**Keywords:** Ecological and Industrial wastes; Recycling; Thermal insulation material; Energy saving in building.

Geliş/Received: 16/10/2025

Kabul/Accepted: 3/12/2025

Yayımlanma/Published: 25/12/2025

**Atıfta Bulunmak İçin/How to Cite:** Eren M., Alıç E. “Ekolojik ve Endüstriyel Atıklardan Yalıtım Malzemesi Üretimi” Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilim Dergisi, **1** (2): 84-95 (2025).

## 1. Giriş/Introduction

Geleneksel yalıtım malzemeleri olan polistiren (EPS, XPS) ve cam yünü gibi ürünlerin üretimi sırasında genellikle petrol türevleri kullanılmaktadır. Bu tür yalıtım malzemeleri hem ham madde hem de üretim prosesi sebebiyle yüksek karbon ayak izine sahip olarak bilinmektedir[1]. Gelişen teknoloji ile birlikte doğal, çevreci ve geri dönüştürülmüş malzemeler birleştirilerek binaların dış cepheleri için yalıtım malzemeleri geliştirilebilmektedir[2-4]. Arslan ve Aktaş 2018'deki çalışmalarında yalıtım malzemelerinin sahip olması gereken ısı ve akustik özellikleri, su buharı direnci, yangın direnci vb. özellikleri ele alarak geniş çaplı bir değerlendirme yapmışlardır. Bu çalışmalarında literatüre vurgu yaparak yeni nesil kompozit yalıtım malzemelerinin standartlarla belirlenen yalıtım özelliklerini sağlayabileceğini ifade etmişlerdir. Sonuç kısmında özellikle sürdürülebilir binalar ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bunun için akustik konfor ve enerji verimliliği sağlayan, düşük ısı iletim katsayısına sahip yenilikçi ve bütüncül (ekonomik ve yerli) anlayış ile tasarlanıp üretilen, kolay uygulanabilir yalıtım malzemelerine gerek olduğunu ifade etmişlerdir[5]. Temiz ve Olgar 2017'deki çalışmalarında doğal ve yapay ürünlerin liflerini alarak ürettikleri panellerin yalıtım özelliklerini araştırmışlardır. Bunu için ayçiçek, mısır sapı, palmye yaprağı, mısır sapı ve tekstil malzemesi lifleri kullanmışlardır. Sonuç olarak bu malzemelerin ülkemizde yalıtım malzemesi olarak kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir [6]. Yaşar ve Altunok 2023'deki çalışmalarında tarım ve orman atıklarından bazı tohum ve lifli malzemeleri kullanarak organik izolasyon malzemesi üretmeyi amaçlamışlardır. Özellikle düşük yoğunlukta bir malzeme olmasını hedeflemişlerdir. Sonuç olarak çam kozalağı ve ayçiçeği sapından üretilen yalıtım plakalarının çatı altlarında, iç mekân duvar ve taban ara döşemelerinde ve prefabrik yapılarda ses ve ısı izolasyonunda kullanılabileceğini belirtmişlerdir[7]. Majumder vd. 2021'deki çalışmalarında, binaların çevresel etkilerini azaltmak, yapı malzemelerinin termal performansını iyileştirmek ve bu malzemelerin üretim süreçlerini iyileştirerek çevresel sürdürülebilirliği artırmak amacıyla yalıtım malzemesi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla İtalya'nın Sardunya adasına ait kireç macunu, opus signum bitkisi, geri dönüştürülmüş malzemeler ve ham kil ile doğal atık ürünleri ve normalde çöp sahalarına atılması planlanan tarımsal yan ürünleri içeren yalıtım malzemesi üretmişlerdir. Sonuç olarak ürettikleri yalıtım levhasının termal karakterizasyonunu incelemişler ve yalıtım malzemesi olarak kullanımını değerlendirmişlerdir[8]. Antolinc ve Filipič 2021'deki çalışmalarında endüstriyel dokunmamış tekstil atığından termal ve akustik levhalar üretimini ve kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Ürettikleri levhaların termal iletkenlik katsayısının, binalarda termal yalıtım olarak kullanılan geleneksel malzemelerin termal iletkenlik değerlerine yakın olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak, önerdikleri ısı yalıtımı levhasının bina inşaatı için yeterli ve sürdürülebilir bir çözüm olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır[9]. Abu-Jdayil vd. 2021' deki çalışmalarında palmye ağacı ve polilaktik asit karışımından oluşan kompozit çevreci bir yalıtım malzemesi hazırlamayı amaçlamışlardır. Bunu için farklı karışım oranlarında numuneler üretmişlerdir. Ürettikleri kompozitlerin; yoğunluk, su emilimi, kristalleşme, termal iletkenlik, termal difüzyon, erime sıcaklığı ve mekanik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak ürettikleri kompozit levhaların piyasada bulunan petrol bazlı malzemelerle benzer termo-fiziksel ve mekanik özellikler gösterdiğini ifade ederek, kullanımını tavsiye etmişlerdir[10]. Zhao X., vd. 2023' deki daha sürdürülebilir yalıtım malzemeleri üretmek amacıyla bir dizi araştırma gerçekleştirmişlerdir. Özellikle binalarda, soğuk zincir taşımacılığında, termal yalıtım ve gürültü azaltımı gereken yerlerde kullanılması hedefiyle hafif ve gözenekli yalıtım malzemesi üretimini amaçlamışlardır. Bunun için yüksek mukavemet/ağırlık oranı, yaygın bolluğu, düşük maliyeti ve göreceli sürdürülebilirliği en yüksek malzemelerden biri olarak bilinen ahşabı seçmişlerdir. Bu aşamada doğal ahşabın gürültüyü azaltmada ve ısı kaybını önlemede geleneksel petrol ve mineral bazlı gözenekli yapılardan çok daha az etkili olduğunu bildikleri için ahşabın bu özelliklerini iyileştirecek yeni bir üretim yöntemi ortaya koymuşlardır. Doğal ahşaptan lignin ve hemiselülozların hızlı (~1 saat) yüksek sıcaklık işlemi ve ardından düşük maliyetli ortamda kurutma kullanılarak çıkarılmasıyla üretilen ölçeklenebilir, yüksek gözenekli bir ahşap yapı elde ederek çok iyi gürültü azaltma ve termal yalıtım yeteneklerine sahip bir ürün geliştirmişlerdir. Sonuç olarak bu yeni ahşap esaslı yalıtım malzemesinin sınırlı alana sahip termal yalıtım uygulamaları gerektiren buzdolapları, soğuk zincir taşımacılığı ve eski soğuk hava depoları için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir[11]. Bourbia vd. 2023 yılındaki derleme çalışmalarında biyo-bazlı malzemelerin enerji verimliliğini artırma amacıyla bina dış cephe uygulamalarında kullanılmasının fosil yakıt bazlı yalıtım malzemelerine alternatif olarak umut vadeden çözümler getirdiğini ifade etmişlerdir. Biyo-bazlı malzemelerin yenilenebilir, düşük iç enerjili ve CO<sub>2</sub> nötr veya negatif olma avantajlarına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Literatür araştırması çalışmalarıyla, biyo-bazlı bazı malzemelerin higrotermal özellikleri ve termal enerji performansları hakkındaki teorik ve deneysel çalışmaların mevcut durumu hakkında geniş bir genel bakış açısı sunmuşlardır. Derlemelerinde özellikle kenevir, ahşap, palmye ağacı, mantar meşesi, halfa otu ve samanı araştırmışlardır. Sonuç olarak doğal ürünler kullanılarak daha çevre dostu binaların yapımı ve yeni sürdürülebilir yalıtım malzemelerinin geliştirilmesinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir[12]. Yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde biyolojik malzeme esaslı yalıtım malzemesi kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bunun için Ülkemiz coğrafyasında yer alan birçok doğal bitki, tarımsal atık, endüstriyel atık ve türevleri kullanımı yaygınlaştırılabilir. Bu açıdan yerel endüstriyel ve/veya tarımsal atıklardan elde edilen hem geri dönüştürülmüş hem de doğal malzemeler kullanılarak yalıtım malzemeleri üretilip binalarda kullanılabilir. Bu da binaların karbon emisyonunu azaltırken eko-sürdürülebilirliğini artırır. Bu çalışmada mantar meşesi

kabuğu, mısır sapı atığı, ayçiçek bitkisi atığı, işlenmiş pamuk atığı gibi ekolojik ve endüstriyel atıklar kullanılarak yenilikçi bir ısı yalıtım malzemesi üretimi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot/Material and Method

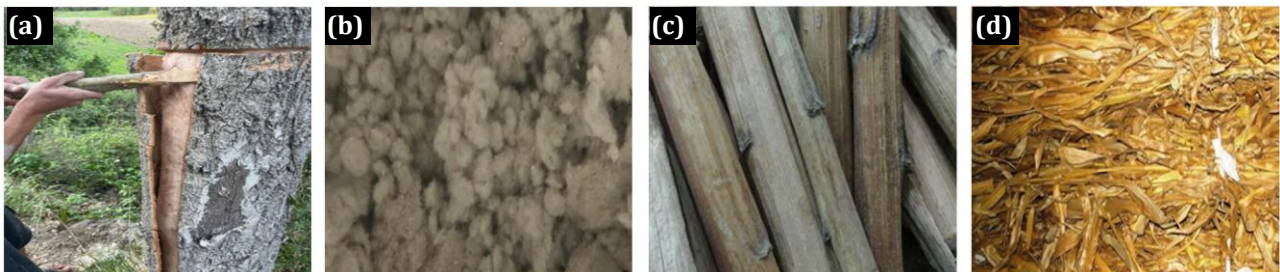
Türkiye'nin yılda tekstil atık miktarı Tablo 1'de ve tarımsal atık potansiyeli Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1'de yıllık çöplüğe atılan tekstil atıklarının 149,482 ton, Tablo 2'de ise mısırın yıllık 6,84 milyon ton ve ayçiçeğini 4,4 milyon ton olduğu görülmektedir. Tablo 2 verileri Ünlü A. vd. 2023 yılındaki çalışmalarından hesaplanarak üretilmiştir[13]. Bu çalışmada; mantar meşesi kabuğu (Şekil 1.a) Andırın ilçesi orman alanlarından, pamuk atıkları (Şekil 1.b) Kahramanmaraş ili tekstil fabrikaları atık sahalarından, Ayçiçek sapı (Şekil 1.c) ve mısır sapsarı (Şekil 1.d) Elbistan İlçesi tarım alanlarından, temin edilmiştir.

**Tablo 1.** Endüstriyel katı atık miktarı ve bertaraf yöntemleri [14].

Sanayi Grubu	Tekstil Ürünleri İmalatı (Ton/Yıl)	Giyim Eşyası İmalatı (Ton/Yıl)
Toplam Bertaraf Edilen	314,020	82,441
Çöplüğe Atılan	149,482	35,416
Düzenli Depolama	110,672	39,733
Yakma Tesisi	29,014	1,187
Kompozit Tesisi	-	-
İşyeri Sahasında Depolama	17,007	1,240
Dolgu Malz. Olarak Kullanma	5,950	3,001
Gelişigüzel Atma	1,547	1,773
Göle, Nehir'e Atma	73	3
Diğer	276	88

**Tablo 2.** Türkiye'nin son dönem tarımsal atık potansiyeli[13].

Tarımsal Kalıntı	Tarımsal Atık Yıllık Üretim (Milyon Ton)	Enerji Potansiyeli (MTEP)
Buğday	20	8,095
Arpa	5,6	1,761
Mısır	6,84	3,39
Pamuk	2,74	0,639
Ayçiçeği	4,4	4,11
Şeker pancarı	0,756	0,01
Yulaf	0,208	0,009
Çavdar	0,256	0,096
Toplam	40,8	18,11



**Şekil 1.** Ekolojik ve endüstriyel atıklar (a) mantar meşesi kabuğu, (b) pamuk atıkları, (c) ayçiçek sapsarı, (d) mısır sapsarı.

Mantar meşesi; odun ham maddesinden ziyade biyolojisi itibariyle oluşturduğu özel kabuk yapısıyla değer kazanmaktadır. 10-12 yılda bir soyulan kabuklardan çok farklı alanlarda faydalanma imkânı bulunmaktadır. Sadece Akdeniz havzasındaki doğal yayılışı iki milyon hektardan (ha) fazla olduğu değerlendirilmektedir. Yayılış

gösterdiği alanlar Akdeniz ikliminin etkisi altındadır (Pereira, 2007). Mantar meşesinin Andırın-Kadirli geçiş bölgesinde yetiştiği gözlenmiştir.

**Tablo 3.** Kahramanmaraş ilinin ilçeleri bazında yetiştirilen bazı tarla bitkilerinin kullanılabilir atık değerleri [15].

İlçeler	Bitkisel atıklar (ton/yıl)						
	Buğday	Arpa	Çavdar	Mısır	Pamuk	Ayçiçeği	Soya
Afşin	10840,70	3519,22	8,14	8105,33		874,38	
Andırın	3015,32	36,00		6265,25		566,18	26,10
Çağlayancerit	585,30	190,40		375,94			
Dulkadiroğlu	2441,85	212,40		20651,66	791,20	372,00	261,00
Ekinözü	894,73	612,00		13,73		150,29	
Elbistan	10322,37	3131,89		37126,85		4464,00	
Göksun	7404,14	1970,21	32,01	928,22		1512,80	
Nurhak	412,92	144,00					
Onikişubat	4251,08	288,00	7,55	853,49	215,00	49,60	78,30
Pazarcık	3646,05	1259,96		41934,29	1167,62		15,31
Türkoğlu	3062,08	66,92	9,03	30365,28	1126,60		60,90

Bu atıkların; hepsi bir arada veya birbirileri ile değişik türev ve miktarlarda karıştırılarak, epoksi (Tutkal) ile birleştirilmesi ve 20/30x140x160 mm plakalar halinde üretilmesi planlanmıştır. Bu sayede numune yalıtım levhaları üretilmiştir. Öncelikle büyük sap ve kabuklar Elbistan'ın sanayi imkânlarından yararlanılarak, Şekil 2.a'da görülen şerit testerede kesilerek Şekil 2.b'deki kaba taneler haline dönüştürülmüştür.



**Şekil 2.** Kaba ve ince tanelleme (a) şerit testere, (b) kaba taneler, (c) öğütme, (d) öğütülmüş ürün.

Homojen dağılıma yakın karışım elde etmek için ayçiçek sapları, mısır sapları ve meşe mantarı kabuğu 0,05-7,75 mm boyutlarında, Şekil 2.c'de görülen öğütme makinesinde 10 mm. süzgeç ile Şekil 2.c'deki gibi granül haline getirilmiştir. Büyük pamuk atıkları da makas ile kesilerek veya el ile koparma yöntemi ile ayrıştırılmıştır. Bağlayıcı epoksi (Tutkal), Mersin'deki sunta fabrikalarından temin edilmiş olup birleşmenin etkin olması ve homojen tutkal dağılımı için 1 kg'lık şişeden dökme yöntemi yerine sprey püskürtücü kullanılarak pulverizasyon sağlanmıştır. İlk etapta her bir atıktan aynı tür saf karışımlar oluşturulmuştur. Her plaka için kullanılacak atık miktarı, hassas terazi ile ölçülmüştür. Şekil 5'deki ince taneli; mantar meşesi, ayçiçeği sapı, mısır sapı atıkları ile tekstil pamuk atıkları ayrı ayrı kurutulurken nem oranı düşürüldükten sonra, Şekil 3'de gösterilen hidrolik presin kalıpları içerisinde epoksi püskürtülerek ısı ve basınç altında sıkıştırılmak suretiyle birleştirilmiştir. Pres makinesine ait kalıplarda 5-35 mm tabaka yüksekliğinde numuneler üretilebilmektedir. Prese ait kontrol panosundan sıcaklık ve zaman ayarı dijital olarak kontrol edilebilmektedir. Manometreden uygulanan basınç manuel olarak okunabilmektedir. Üretilen tüm numunelerin basınç ve sıcaklık değerleri takip edilmiştir.



Şekil 3. Hidrolik pres ve ekipmanları.

1. Grup (Saf) numunelere ait kullanılan atık ve epoksi (Tutkal) miktarları Tablo 4'te görülmektedir. Burada uygulama basıncı 10 bar ve ort. maks. Sıcaklık 180°C olarak ayarlanmıştır.

Tablo 4. 1. Grup (saf) numune miktarları.

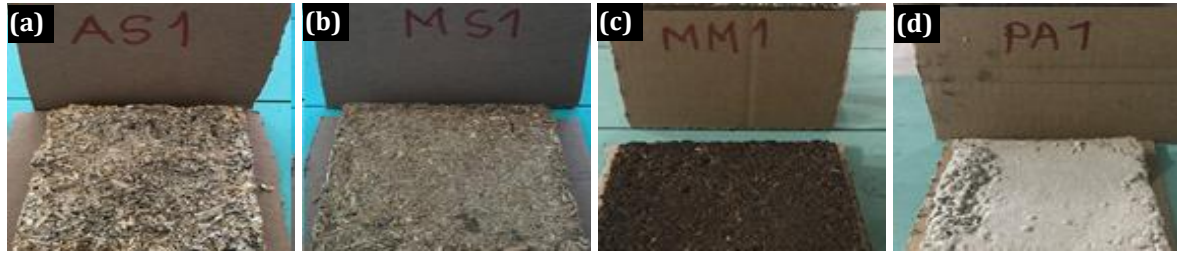
Numune		Atık Miktarı (gr)	Epoksi Miktarı (gr)
AS1	Ayçiçek sapı	124,50	59,43
MS1	Mısır Sapı	126,35	58,77
PA1	Pamuk Atıkları	102,00	24,84
MM1	Mantar Meşesi	263,00	37,00

Her bir numune için laboratuvar sıcaklığında hazırlanan aynı tür atık miktarları hassas terazide tartılarak (Şekil 4.a) kullanılmıştır. Hidrolik presin kalıbına dört bölmeli olarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.b). Epoksi püskürtme (Şekil 4.c) ve 10 bar basınç uygulama işlemi ile sıkıştırılmıştır. Kalıp ısıtma sistemini destekleme için fanlı elektrik sobası kullanılmış (Şekil 4.d) ve 120 dk'da kalıp sıcaklığı 180°C'ye çıkarılmıştır. Akabinde kalıp soğutma işlemi vantilatörle de desteklenerek soğutulmuştur (Şekil 4.e). Kalıp sıcaklığı 150 dk.' da oda sıcaklığına düşürülerek, numuneler kalıptan çıkarılmıştır (Şekil 4.f).



Şekil 4. 1. Grup (saf) numune üretim süreçleri (a) hassas terazi, (b) kalıba yerleştirme, (c) epoksi püskürtme, (d) presleme, (e) ısıtma, (f) presten çıkarma.

Burada bazı numunelerin kalıptan çıkarılmasında zorluklarla karşılaşmıştır. Ancak kalıbın her numunedен sonra temizlenerek yağlanması ile sorun çözülmüştür. Üretimi yapılan 1. grup (saf) numuneler Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 1. Grup (saf) numuneler, (a) AS1, (b) MS1, (c) MM1, (d) PA1.

Hem üretim prosesini geliştirmek hem de yeni alternatif malzemeler üretmek için Tablo 4'teki bir plaka için kullanılan atık miktarları oranında 4'lü ve/veya 2'li karışımlar hazırlanmıştır. 2. Grup numunelere ise 1. Grup numune üretimi prosesine benzer şekilde üretim prosesi uygulanmış fakat altı bölmeli bir şekilde kalıba yerleştirilmiştir. 2. Grup kompozit tabakalı numunelere ait kullanılan atık ve epoksi (Tutkal) miktarları Tablo 5'te verilmiştir. Burada uygulama basıncı 10 bar ve ort. maks. sıcaklık 175°C'dir.

Tablo 5. 2. Grup (kompozit) numune miktarları.

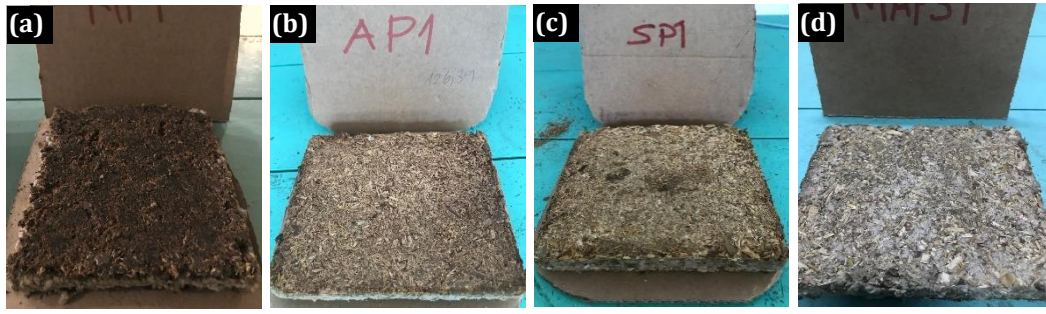
Numune	Atık Miktarı (gr)	Epoksi Miktarı (gr)
MP1	Mantar M.	176,00
	Pamuk A.	35,00
AP1	Ayçiçek S.	80,00
	Pamuk A.	35,00
SP1	Mısır S.	84,00
	Pamuk A.	34,00
MAPS1	Mantar M.	66,00
	Pamuk A.	25,00
	Mısır S.	32,00
	Ayçiçek S.	31,00

Şekil 6'da görüldüğü gibi 2. Grup numunelerden; MP1, AP1 ve SP1 plakaları orta tabakaya pamuk atıkları ve sıra ile mantar meşesi, ayçiçek sapları, mısır sapları altlı üstlü ikişer tabaka, toplam eşit yükseklikte (Yaklaşık 3 x 8 mm) üç tabakalı olacak şekilde üretilmiştir. Ancak, MAPS numunesi; mantar meşesi, ayçiçek sapları, mısır sapları ve pamuk atıkları el ile karıştırılmak suretiyle 3 kademede hidrolik pres kalıbına yerleştirilerek üretilmiştir.



Şekil 6. 2. Grup numune hazırlama (a) numune hazırlama, (b) numune karışımı, (c) kalıba yerleştirme, (d) presleme.

Bu numuneler için 1. Grup numunelere nazaran; sıkıştırma basıncı ve ısıtma soğutma zaman aralıklarında bir değişiklik, olmamakla birlikte ortalama maksimum sıcaklık 175°C olarak gözlenmiştir. Üretimi yapılan 2. grup kompozit tabakalı numuneler Şekil 7'de gösterilmiştir.



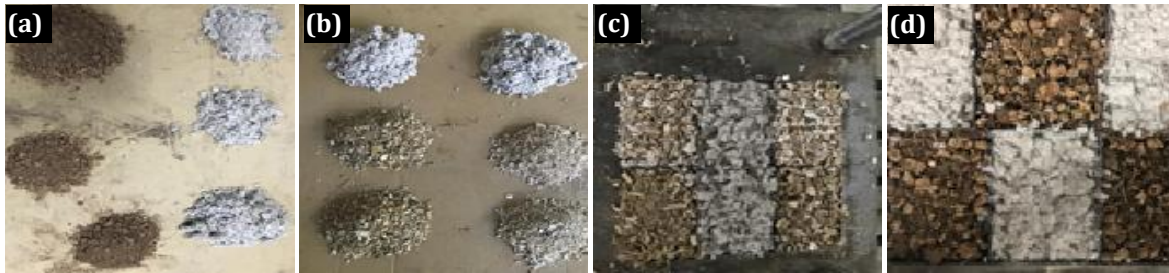
Şekil 7. 2. Grup tabakalı (kompozit) numuneler (a) MP1, (b) AP1, (c) SP1, (d) MAPS1.

Üretim prosesini geliştirmek ve yeni alternatif malzemeler keşfetmek için Tablo 5'teki bir plaka için kullanılan atık miktarları nispetinde farklı geometrik düzende 2'li karışımlar hazırlanarak, 2. Grup numune üretimi prosesinde olduğu gibi yalnız üç kademede kalıba yerleştirilerek üretilen yan yana tabakalı, 3. Grup numunelere ait kullanılan atık ve epoksi (Tutkal) miktarları Tablo 6'da gösterilmiştir. Literatürde epoksi tutkalların geniş bir ısı iletkenlik aralığı yer almaktadır[16]. En çok bilinen aralığı 0,17 ile 0,52 W/mK dir [17]. Korkmaz vd. 2017'deki çalışmalarında artan tutkal oranı ve pres basıncı ile ısı iletim katsayılarının genel olarak arttığını ifade etmişlerdir[18].

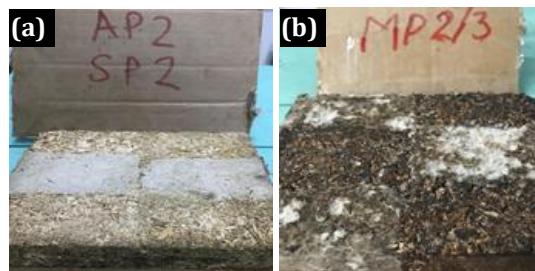
Tablo 6. 3. Grup (kompozit) numune miktarları.

Numune	Atık Miktarı (gr)	Epoksi (Tutkal) Miktarı (gr)
MP2/3	Mantar M.	132,00
	Pamuk A.	17,50
AP2/ SP2	Ayçiçek S.	45,00
	Mısır S.	41,50
	Pamuk A.	30,00

3. Grup numuneler için önceki numunelere nazaran; ısıtma soğutma zaman aralıklarında bir değişiklik olmamakla birlikte ortalama maksimum sıcaklık 170°C ve sıkıştırma basıncı 5 bar olarak gerçekleştirilmiştir. 3. Grup numune üretim prosesindeki farklı işlem basamakları Şekil 8'de ve üretilen plakalar Şekil 9'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 3. Grup Numune Hazırlama, (a) Numune hazırlama 1, (b) Numune hazırlama 2, (c) Kalıplama 1, (d) Kalıplama 2.



Şekil 9. 3. Grup Numuneler (a) AP2 ve SP2, (b) MP2/3.



Şekil 10. Orta taneleme atıklar (a) süzgeç, (b) ayçiçeği, (c) mısır, (d) mantar meşesi.

Farklı granül büyüklüklerinde atıkların imalat davranışlarını görmek ve kullanılan atık miktarını azaltmak ve daha hafif alternatif plakalar üretmek için Şekil 10.a'da görülen 14 mm süzgeç ile ayçiçek sapları (Şekil 10.b) mısır sapları (Şekil 10.c) ve mantar meşesi kabuğu (Şekil 10.d) 2,50-12,50 mm. boyutlarında, öğütme makinesinde orta taneli granül haline getirilmiştir. Ancak, tekstil pamuk atıkları için bir değişiklik yapılmamıştır. Bu bağlamda; farklı alternatif yalıtım malzemeleri elde etmek için üretilecek 4. Grup orta taneli numunelere ait kullanılan atık ve epoksi (Tutkal) miktarları Tablo 7'de görülmektedir. Bu aşamada kalıpta ölçülen uygulama basıncı 2,5 bar ve ort. maks. sıcaklık 170°C olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7. 4. Grup numune miktarları.

Numune	Atık Miktarı (gr)	Epoksi Miktarı (gr)
MA1/2	Mantar M.	81,00
	Ayçiçek S.	9,00
MAPS2	Mantar M.	15,00
	Ayçiçek S.	15,00
	Mısır S.	15,00
	Pamuk A.	15,00

4. Grup numuneler için önceki numunelere nazaran; ısıtma soğutma zaman aralıklarında bir azalma gözlenmiştir. Burada ısıtma 120 dk ve soğutma 105 dk da gerçekleştirilmiştir. Ortalama maksimum sıcaklıkta da bir değişiklik olmamıştır. Ancak, sıkıştırma basıncı 2,5 bar olarak gerçekleştirilmiştir. 3. Grup numunelere göre kalıplara yerleştirme ve epoksi püskürtme şeklinde bir değişiklik yapılmamıştır. 4. Grup numune üretim prosesindeki farklı işlem basamakları; numune hazırlama (Şekil 11.a), kalıba yerleştirme (Şekil 11.b), basınç uygulama (Şekil 11.c) ve üretilen plakalar Şekil 12'de gösterilmiştir.

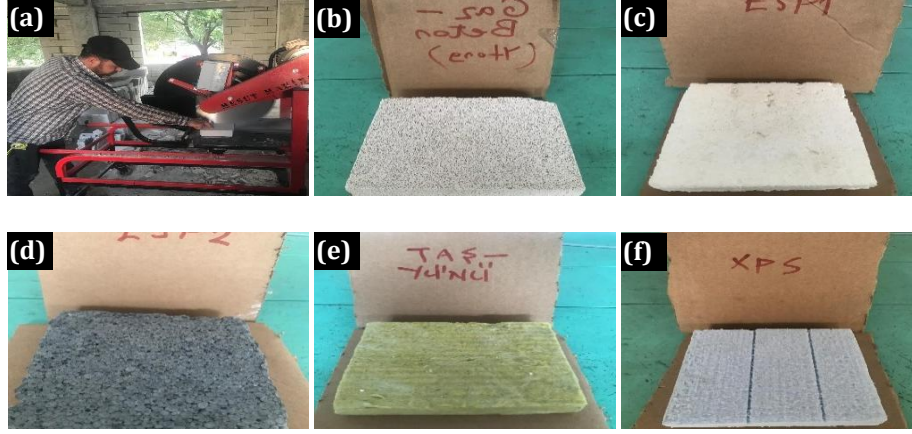


Şekil 11. 4. Grup numune hazırlama (a) numune hazırlama, (b) basınç uygulama, (c) kalıba yerleştirme.



Şekil 12. 4. Grup numuneler (a) MA1/2, (b) MAPS2.

Ekolojik ve endüstriyel atıklardan elde edilen bu yeni malzemelerin özelliklerini karşılaştırmak için hali hazırda Elbistan'da 06 Şubat 2023 depremi sonrası yerinde dönüşüm ve TOKİ'nin inşaatlarında kullanılmakta olan yalıtım malzemelerinden şahit numuneler alınmıştır. Şahit numune için kesme makinesi kullanılmıştır. Şekil 13.a'daki kesme makinesinde 30x140x160 mm ebatlarında kesilerek, Şekil 13.b-c-d-e-f'de görülen şahit numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 13. Şahit numuneler (a) numune alma, (b) gazbeton, (c) EPS1, (d) EPS2, (e) taş yünü, (f) XPS.

Bu çalışmada ısı iletim katsayısı tespiti Şekil 14.a ve b'de görülen, KYOTO KEM QTM 500 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz KSÜ ÜSKİM laboratuvarlarında bulunmaktadır. Cihaz, sıcak tel metodu kullanarak ölçüm yapmaktadır. Kızgın tel metodu bir ölçüm probunun iki numuneye bağlanmasıyla yapılan ölçüm metodu olmasına rağmen bu cihazın probu ölçümü tek numune üzerinden de gerçekleştirebilmektedir. Bu cihaz ASTM C 1113-90 standardına göre ölçüm yapmaktadır. Sıcak tel metodunda numunenin ısı iletim katsayısı Eş. 1 ile hesaplanmıştır. Burada "t" zaman (s), "T" sıcaklığı (K), "q" verilen ısı (W), ve "λ" ısı iletim katsayısı (W/mK) dir.

$$\lambda = q \cdot \ln(t_2/t_1) / 4\pi (T_2 - T_1) \quad (1)$$



Şekil 14. Deney esnası (a) ısı iletim probu (b) QTM 500 cihazı.

### 3. Bulgular ve Tartışma/Results and Discussion

Ekolojik ve endüstriyel atıklardan değişik karışım oranı, basınç ve sıcaklık şartlarında 4 grupta toplam 12 adet plaka levhaları şeklinde yalıtım levhası üretimi gerçekleştirilmiştir. Kompozit, tabakalı ve sandviç plaka levhaları şeklinde, üretimi gerçekleştirilen yalıtım malzemelerinin boyutları 1/20 verniyer bölüntülü sürmeli kumpas ile numune ağırlıkları da hassas terazi ile ölçülmüştür. Bu ölçüm sonuçları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Ayrıca; Elbistan'da yerinde dönüşüm ve TOKİ inşaatlarında kullanılan konvansiyonel yalıtım malzemelerine ait ölçüm sonuçları da Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 8.** Üretilen panel numunelerin boyut ve ağırlıkları.

Üretilen Numune	Kalınlık (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Ağırlık (gr)
AS1	2,5	14	16	121,74
MS1	2,5	14	16	132,74
MM1	2,5	14	16	247,81
AP1	2,5	14	16	126,39
PA	3	14	16	101,39
AP2/SP2	2,5	14	16	120,90
SP1	2,5	14	16	146,60
MP1	2,5	14	16	191,30
MP2/MP3	2,5	14	16	173,62
MAPS1	2,5	14	16	143,17
MAPS2	2	14	16	102,23
MA1/MA 2	2	14	16	76,77

**Tablo 9.** Şahit numunelerin boyut ve ağırlıkları.

Şahit Numune	Kalınlık (cm)	En (cm)	Boy (cm)	Ağırlık (gr)
Taşyünü	3	14	16	100,10
EPS1	3	14	16	9,64
EPS2	3	14	16	7,33
Ytong	3	14	16	308,39
XPS	3	14	16	17,54

Plakalar şeklinde üretilen yalıtım malzemelerinde; kullanılan ekolojik ve endüstriyel atıkların tamamının birbirleriyle ve epoksi ile çok uyum sağlayarak birleştiği görülmüştür. Proseste; 30 mm kalınlıkta numuneler planlanmış olup PA numunesi hariç diğerlerinin tamamında, bu kalınlıkta ürün elde edilememiştir. Ortalama 20-25mm arasında bir kalınlıkta plaka elde edilmiştir. Bu durumun taneciklerin presleme sonrası bir miktar genleşmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Ancak, hidrolik presin kalıp derinliği artırılarak istenilen numune kalınlığına erişilmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir. Numunelerin en ve boy oranlarında herhangi bir sapma olmamıştır. Deneysel incelemesi yapılan; ekolojik ve endüstriyel atıklar kullanılarak üretilmiş olan yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarının deney sonuçları derlenmiş ve Tablo 10'da sunulmuştur.

**Tablo 10.** Ekolojik ve endüstriyel atıklardan üretilmiş yalıtım malzemesi numunelerinin deney sonuçları.

Üretilen Numuneler	Isı İletim Katsayısı ( $\lambda$ , W/mK)		
	I. Ölçüm	II. Ölçüm	III. Ölçüm
MAPS 1	0,0674	0,0517	0,0722
MP2 (PMP)	0,0577	0,0698	0,0658
MP3 (MPM)	0,0475	0,0510	0,0410
SP2	0,0697	0,0737	0,0768
AP2	0,0602	0,0641	0,0671
MM1	0,0707	0,0564	0,0801
MS1	0,0725	0,0773	0,0604
MP1	0,0794	0,1005	0,0866
AS1	0,0229	0,0647	0,0612
PA1	0,0413	0,0546	0,0528
SP1	0,0604	0,0560	0,0681
AP1	0,0488	0,0513	0,0548
MA1 (AMA)	0,0466	0,0581	0,0331
MA2 (MAM)	0,0875	0,0966	0,0899
MAPS-2	0,0417	0,0450	0,0441

Ayrıca; Elbistan'da yerinde dönüşüm ve TOKİ inşaatlarında kullanılan yalıtım malzemelerine (Şahit numuneler) ait ısı iletim ölçüm sonuçları da Tablo 11'de verilmiştir. MAPS2 numunesinde Tablo 10'da görüldüğü üzere yapılan 3 ölçüm sonucunda ortalama en düşük ısı iletim katsayısına sahiptir. MAPS2 numunesi ısı iletim katsayısı ortalama 0,0436 W/mK değerinde çıkmıştır. Ekolojik ve endüstriyel atıkların toplanarak yalıtım malzemesi üretilmesi ümit verici olarak değerlendirilmiştir. Bu atıkların depolanması veya farklı amaçla kullanılmasında ekstra maliyetler getirmektedir. Atıkların yalıtım malzemesine dönüştürülmesi birçok anlamda ülke ekonomisine kazanç sağlayabilir. Aynı zamanda Tablo 10'da olduğu gibi bazı tekil ölçüm sonuçları MP3 ve MA1 numunelerinin sırası ile ısı iletim katsayılarının 0,0410 ve 0,0331 W/mK değerinde çıkmıştır. Bu durumda oldukça sevindiricidir. Bu durum dikkate alındığında ve imalat sonuçları incelendiğinde, ekolojik ve endüstriyel atıkların tabakalı kompozit yalıtım malzemesi üretimine de uygun olduğu görülmüştür.

**Tablo 11.** Şahit numuneler deney sonuçları.

Üretilen Şahit Numuneler	Isı İletim Katsayısı ( $\lambda$ , W/mK)		
	I. Ölçüm	II. Ölçüm	III. Ölçüm
Taşyünü	0,0197	0,0175	0,0175
ESP2	0,0297	0,0280	0,0266
EPS1	0,0251	0,0251	0,0257
Ytong	0,0197	0,0175	0,0175
XPS	0,0340	0,0330	0,0354

Tablo 10. ve Tablo 11. birlikte incelendiğinde; ısıl iletkenlik katsayıları açısından değerlendirildiğinde, ekolojik ve endüstriyel atıklardan üretilen yalıtım malzemelerinin, hali hazırda inşaatlarda yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemeleri ile yarışabilecek durumda olduğu düşünülmektedir. Özellikle bu malzemelerin tamamının ısıl iletkenlik katsayısının gazbeton (Ytong) numunesinden düşük olduğu aşikârdır. AS1 numunesin 1. Ölçüm sonucunda elde edilen  $\lambda = 0,0229$  W/mK değeri bu malzemelerin ısı yalıtımında kullanılmak üzere araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Ayrıca ISO standardına göre yapı dış kabuğunu mantolamak için kullanılan yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ( $\lambda$ ) 0,065 W/mK'den küçük olması gerekmektedir[19]. Bu çalışmadaki birçok numune bu değerden daha iyi sonuç vermiştir. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçların bir karşılaştırmasını yapmak için literatür incelendiğinde yerel piyasada (U)  $\leq 0,065$  W/m<sup>2</sup>K değerini sağlamayan yalıtım malzemelerinin de pazarlandığını ifade eden çalışmalar olduğu görülmüştür[20].

#### 4. Sonuçlar/Conclusions

Yapılan çalışmada hem üretim süreci hem de ısı iletim katsayısı ölçme deneyi sonuçlarına göre; mantar meşesi kabuğu, ayçiçek ve mısır saplarının ve pamuk tekstil atıkları gibi ekolojik ve endüstriyel atıklardan, yalıtım malzemesinin plakalar şeklinde üretilebileceği ve üretilen bu malzemelerin ısı yalıtımında kullanılabileceği görülmüştür. Çalışmada kullanılan atıkların hem geri dönüşümü sağlanmış hem de ekonomiye kazandırılması gerçekleştirilmiştir. Özellikle menşei petrole dayalı EPS, XPS, Köpük vb. yalıtım malzemelerine alternatif olarak kullanılması Ülke ekonomisi açısından da önem arz etmektedir. Ekolojik ve endüstriyel atıklarından üretilen yalıtım malzemelerinin Ülkemiz 'in yıllık karbon tüketimini azaltarak katkı sağlayabileceği de değerlendirilmektedir. MAPS2, MA1 (AMA) vb. gibi yalıtım malzemesi üretimi için AR-GE çalışmalarına hız verilmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

İleriki çalışmalarda; daha homojen bir yapı elde etmek için elek ile eleme işlemi yapılabilir. Malzeme ömrü açısından daha etkin kurutma süreci için etüv cihazında farklı sıcaklıklarda ve farklı sürelerde kurutulan malzemenin spesifik özellikleri incelenebilir. Bunların yanı sıra üretimi yapılan yalıtım malzemesinin termal özelliği ve daha ekonomik olmasının yanı sıra; mekanik, akustik, nem tutma, ısı absorpsiyonu ve yanmazlık değerleri gibi faktörler üzerinde de çalışmalar gerçekleştirilebilir.

#### Yazar Katkısı/ Authors' Contributions

**ME:** Kavramsallaştırma, Metodoloji, Yazım- Orijinal taslak hazırlama, Araştırma. **EA:** Yazım- İnceleme ve Düzenleme, Doğrulama, Gözetim.

#### Etik Standartların Beyanı/ Declaration of Ethical Standards

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

**Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest**

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

**Kaynaklar/References**

- [1] Raja, P., Murugan, V., Ravichandran, S., Behera, L., Mensah, R.A., Mani, S., Kasi, A.K., Balasubramanian, K.B.N., Sas, G., Vahabi, H., Das, O., (2023). A Review of Sustainable Bio-Based Insulation Materials for Energy-Efficient Buildings, *Macromol. Mater. Eng.* 308, 1–11.
- [2] Kurnaz, M., Oktay, B.M., (2017). Ekolojik Malzemeler Kullanarak Üretilen Isı Yalıtım Levhalarının Özelliklerinin İncelenmesi, *Int. J. Multidiscip. Stud. Innov. Technol.* 1, 15–17.
- [3] İpekçi, C.A., Coşgun, N., Karadayı, T.T., (2017). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi, *TÜBAV Bilim Derg.* 10, 43–50.
- [4] Üçgül, İ., Turak, B., (2015). Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü Ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, *Acad. Platform-Journal Eng. Sci.* 3, 39–48.
- [5] Arslan, M.A., Aktaş, M., (2018). İnşaat Sektöründe Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Isı ve Ses Yalıtımı Açısından Değerlendirilmesi, *J. Polytech.* 0900, 299–320.
- [6] Temiz, H., Olgar, K., (2017). Doğal ve Yapay Liflerden Üretilen Panellerin Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Derg.* 7, 608–618.
- [7] Yaşar, M., Altunok, M., (2023). Orman ve Tarım Atıklarından Sürdürülebilir Bitkisel Lifli Düşük Yoğunluklu Kompozit İzolasyon Levhası Üretimi The Production of Sustainable Low Density Composite Insulation Boards with Vegetable Fibre from Forestry and Agricultural Wastes, 35, 699–712.
- [8] Majumder, A., Canale, L., Mastino, C.C., Pacitto, A., Frattolillo, A., Dell'Isola, M., (2021). Thermal Characterization of Recycled Materials for Building Insulation, *Energies* 14, 3564.
- [9] Antolinc, D., Filipič, K.E., (2021). Recycling Of Nonwoven Polyethylene Terephthalate Textile Into Thermal And Acoustic Insulation For More Sustainable Buildings, *Polymers (Basel)*. 13 (18) 3090.
- [10] Abu-Jdayil, B., Barkhad, M.S., Mourad, A.H.I., Iqbal, M.Z., (2021). Date Palm Wood Waste-Based Composites For Green Thermal Insulation Boards, *J. Build. Eng.* 43, 103224.
- [11] Zhao, X., Liu, Y., Zhao, L., Yazdkhasti, A., Mao, Y., Siciliano, A.P., Dai, J., Jing, S., Xie, H.S., Li, Z., He, S., Clifford, B.C., Li, J., Chen, G.S., Wang, E.Q., Desjarlais, A., Saloni, D., Yu, M., Košny, J., Zhu, J.Y., Gong, A., Hu, L., (2023). A scalable high-porosity wood for sound absorption and thermal insulation, *Nat. Sustain.* 6, 306–315.
- [12] Bourbia, S., Kazeoui, H., Belarbi, R., (2023). A Review On Recent Research On Bio-Based Building Materials And Their Applications, *Mater. Renew. Sustain. Energy* 12, 117–139.
- [13] Ünlü, A., Arslan, Z.F., Arslan, R., Ceylan, F., (2023). Ülkesel Ve Bölgesel Ölçekte Türkiye'nin Bitkisel Atık Miktarları, *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 1, 26–37.
- [14] Dönmez, E.T., Türker, E., (2014). Tekstil Atıkları İçeren Yüzeylerin Sahip Olduğu Elektromanyetik Kalkanlama, Ses Ve İsi İzolasyonu Özellikleri İlgili Literatür İncelemesi, *Tekst. ve Mühendis* 24, 124–135.
- [15] Aybek, A., Üçok, S., Bilgili, M.E., İspir, M.A., (2015). Kahramanmaraş İlinde Bazı Tarımsal Atıkların Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 29, 25–37.
- [16] Zhou, M.H., Yin, G.Z., González Prolongo, S., (2004). Review Of Thermal Conductivity İn Epoxy Thermosets And Composites: Mechanisms, Parameters, And Filler Influences, *Adv. Ind. Eng. Polym. Res.* 7, 295–308.
- [17] Epoxy Resin - Netzsch Analyzing & Testing, (2025). <https://analyzing-testing.netzsch.com/en/polymers-netzsch-com/thermosets/ep-epoxy-resin> (accessed December 2, 2025).
- [18] Korkmaz, M., Yapıcı, F., Kılınc, İ., Taşdemir, N.Z., (2017). Üretim Faktörlerinin Yönlendirilmiş Yongalevhaların Isı İletkenlik Katsayısı Değeri Üzerine Etkilerinin Araştırılması, *İleri Teknol. Bilim. Derg.* 6, 932–939.
- [19] Kulaksızoğlu, Z., (2006). Isı Yalıtım Sektör Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul, Erişim Adres. [Http://Www. Ito. Org. Tr/Itodayin/0016985. Pdf](http://www.ito.org.tr/Itodayin/0016985.pdf) (Erişim Tarihi 07.11. 2017).
- [20] Karadayı, T.T., Yüksek, İ., (2016). Yapılarda Isı Yalıtım Malzemeleri Seçimi Üzerine Bir Araştırma, *Tesisat Derg.* 242, 90–102.