

## Tekstil Katı Atıklarından Üretilen Çeşitli İzolasyon Malzemelerinin Fizikomekanik Özellikleri

*Physicomechanical Properties Of Various Insulation Materials Made Of Textile Solid Wastes*

Atila Gürhan Çelik<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 28200, Giresun/Türkiye

\*Sorumlu Yazar: E-Posta: [atila.celik@giresun.edu.tr](mailto:atila.celik@giresun.edu.tr)

### Özet

Bu çalışmada; tekstil katı atıklarının büyük fiziksel ve kimyasal birikimi ve bozulmaları, atık yönetimi gibi fikirleri geri kazanım ve yeniden kullanım gibi çevreci yaklaşımların yayılmasına katkı sağlamak amaçlanmıştır. Geri dönüşüm, yeniden değerlendirilebilme olanağı olan atıkların çeşitli işlemlerden geçerek üretim sürecine yeniden dahil olmasıdır. Yeniden kullanım ise, atıkların toplama ve temizleme dışında herhangi bir işleme tabi tutulmadan, üretim şekli korunarak ekonomik ömrü tamamlanana kadar kullanılmasıdır. Ayrıca hammadde de ithalat bağımlılığını azaltarak ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bunun yanında, başta plastik olmak üzere petrol türevi maddelerin doğada çürüme döngüsü yavaş gerçekleştiğinden dolayı çevre kirliliğinin de önüne geçilmiş olacaktır. Sağladığı bu avantajları ile geri dönüşüm ve yeniden kullanım dünya üzerinde canlı hayatın devam etmesi adına vazgeçilmemesi gereken olgulardır. Bundan dolayı tekstil katı atıklarının geri kullanımını için yalıtım malzemesine dönüştürülmesiyle katkı sağlanması planlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda ısı ve ses iletkenlik değerleri EPS kontrol numunesine göre daha iyi sonuçlar sunmuştur. Isı iletkenlik değerleri en iyi 0.031 (W/mK) değeriyle en ideal yalıtım malzemesi üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** EPS, geri dönüşüm, kompozit malzeme, yalıtım malzemesi

### Abstract

*In this study, a contribution to popularization of environmentalist approaches about large physical and chemical accumulation and degradation of textile solid wastes, recycling and reuse ideas such as waste management has been aimed. Recycling is the re-inclusion of recyclable wastes in the production process by going through various processes. On the other hand, reuse is the use of wastes until the end of their economic life, without any processing other than collection and cleaning, while maintaining the mode of production. In addition, raw materials will contribute to the country's economy by reducing import dependency. In addition, environmental pollution will be prevented since the decay cycles of petroleum-derived substances, especially plastics, take place slowly in nature. Recycling and reuse are phenomena that should not be abandoned for the continuation of lively life on earth. Therefore, it was planned to contribute to the recycling of textile solid wastes by converting them into insulation materials. In the experimental study, the heat and sound conductivity values showed better results than the EPS control sample. The most ideal insulation material was produced with the best thermal conductivity values of 0.031 (W/mK).*

**Keywords:** EPS, recycling, composite material, insulation material

## 1. Giriş

İnşaat sektöründe yalıtım; yapının kendi bünyesi ve dışarıdan gelecek zararlı etkilere karşı korumak için alınan önlemlerdir. Bunun yanında, başta plastik olmak üzere petrol türevi maddelerin doğada çürüme döngüsü yavaş gerçekleştiğinden dolayı çevre kirliliğinin de önüne geçilmiş olacaktır. Sağladığı bu avantajları ile geri dönüşüm ve yeniden kullanım dünya üzerinde canlı hayatın devam etmesi adına vazgeçilmemesi gereken olgulardır. Bu nedenle birçok bilim adamı ve üretici, mamul malzemelerin yapısında kullanılan hammaddelerin geri dönüşümü için süreçler geliştirmekte veya onların yeniden kullanımı için endüstri sahaları oluşturmaktadırlar. Bu amaçla yapılan çalışmalarda, tekstil üretim ve kullanım atıklarının, geri kazanımı, çevresel ve ekonomik etkilerini incelemiştir. Tekstil endüstrisinin gıda, tarım, hayvancılık gibi alanlarla karşılaştırılması ve ne kadar büyük bir paya sahip olduğunun tespiti hakkında sayısal veriler sunulmuştur (Altun, 2014). Yapılan diğer bir çalışmada, dokuma kumaş atığını ve ikincil atığını ısı izolasyonu malzemesi olarak kullanımı araştırılmıştır. Sonuçlara göre, dokuma kumaş atığının ve dokuma kumaş ikincil atığının çift duvar uygulamalarında ısı yalıtım özellikleri %56 ve %30 destekleyerek fayda sağladığını tespit etmişlerdir (Briga vd., 2012). Bilimsel araştırmalarda, ısı yalıtımı malzemesi olarak tekstil alt atıkları incelemiştir. Kullanılan tekstil alt atıkları yatak endüstrisinden elde edilmiş malzemelerin kompozit haline getirilerek ısı iletkenlik katsayısının hesaplanması deneylerini başarıyla gerçekleştirilmiş ve %33'lük bir termal ısı savunması başarılı bir şekilde gerçekleştirilen bir kompozit ürün elde edilmiştir (Paiva vd., 2011). Yapılan bir araştırmada, tekstil atıklarını kullanarak sıkıştırılmış panel üretimi ve yalıtım özellikleri incelenmiş, sentetik materyaller (nylon, spandex, poliüretan) kullanılarak sıkıştırılmış kalıplama işlemi uygulanarak termik iletkenlik testine tabii tutulmuştur sonuç olarak; en iyi ısı yalıtımını veren kombinasyon %40 poliüretan parçalarıyla karıştırılmış %60 nylon kumaş parçaları olarak görülmüştür (Dissanayake vd., 2018; Huang vd., 2012). Silika arojellerin ısı ve ses izolasyon malzemesi olarak kullanılması amacıyla arojellerin bulunduğu malzemelerin daha kompakt bir bütün yapı oluşturdukları için ısı ve ses absorbe işlemlerinin çok daha iyi hatta 0,02W/mK gibi çok çok ufak değerlere sahip iletkenlik katsayıları tespit edilmiştir (Celik, 2008). Ülkemizde, cam yünü, taş yünü, extrude polistren, poliüretan, fenol köpüğü gibi yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Dünyada ise özellikle mineral bileşimli ve ucuz izolasyon malzemeleri tercih edilmektedir. Yeni nesil yalıtım malzemelerinden biriside atık kağıtların geri kazanılmasıyla elde edilen ve ülkemizde son yıllarda kullanılmaya başlanan bor katkılı selülozik izolasyon malzemesidir. Selülozik izolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı 0,036-0,04 W/mK, yoğunluğu 30-90 kg/m<sup>3</sup> olup selüloz yünü, şilte ve plaka şeklinde üretilmektedir (Celik, 2009). Bu çalışmada, tekstil katı atıklarının büyük

fiziksel ve kimyasal birikimi ve bozulmaları, atık yönetimi gibi fikirleri geri kazanım ve yeniden kullanım gibi çevreci yaklaşımların doğması sağlanmıştır. Geri dönüşüm, yeniden değerlendirilebilme olanağı olan atıkların çeşitli işlemlerden geçerek üretim sürecine yeniden dahil edilmiştir.

## **2. Malzeme ve Yöntem**

### **2.1. Malzeme**

#### **2.1.1. Tekstil Atık Malzemesi**

Çalışılan alan Trakya bölgesi olup yoğunluklu fabrika yapılaşmasının bulunduğu bir bölgedir. Bu yüzden özellikle tekstil fabrikalarının katı atıklarına rahatlıkla ulaşma olanağı mevcuttur. Atık pamuk lifi, atık yün lifi, kumaş parçaları ve polyester kumaş ana hammadde olarak kullanılmıştır. Malzemeler defibrasyon yöntemi ile işlenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

#### **2.1.2. Bağlayıcı**

Kompozit malzeme üretimi için döküm tipi Epoxy-polyester reçine kullanılmıştır.

#### **2.1.3. Alev Geciktirici**

Alev geciktirici olarak Fire-0 alev almazlık solüsyonu kullanılmıştır. Fire-0 doğal malzemedен üretilmiş, insan sağlığına zararı bulunmayan, çevre sağlığı bakımından risk taşımayan ve yasaklı malzeme içermeyen bir üründür. Bunun yanında duman oksijen ve azot bakımından %20-25 daha zengindir. Dolayısı ile yangın anında alev almazken dumanının boğucu etkisi yarı yarıya azaltılmıştır.

## **2.2.Yöntem**

Hammaddelerin numunelerin öncelikle elle ayrıştırılması ve karışım yüzdelerinin ağırlıkça belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Numuneler (A1-5) olarak sınıflandırılmış ve Fire-0 Alev Almazlık Solüsyonu ve Epoxy (Kompozit malzeme üretimi için döküm tipi polyester reçine) ile karıştırılmıştır. 5cmx60cmx120 cm boyuta sahip kalıplarda şekillendirilmiştir. 5 ayrı ürün reçetesi hazırlanmıştır. Numuneler kalıba alınarak 300 bar pres basıncına sahip makinede sıkıştırılmıştır. Presin ardından numuneler 24 saat kalıbın içerisinde bekletilmiştir. Son olarak üretilen plaka 80°C fırında 3 saat süreyle bekletilerek kürlenme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ürünler üzerinde ısı ve ses yalıtım testleri yapılmış ve ticari ürün olan EPS (Genişletilmiş Polistiren Köpük) ile karşılaştırılmıştır. Deneylerde kullanılan karışım oranları % olarak Çizelge 1’de verilmiştir.

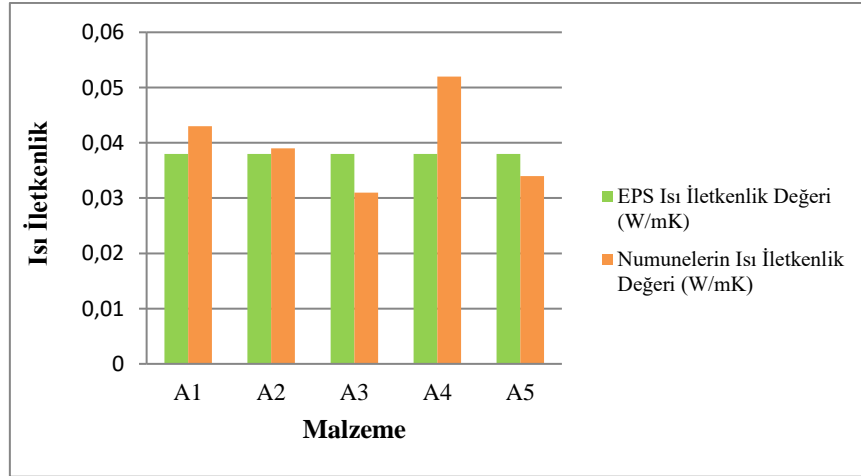
Çizelge 1. Atık Karışım Oranları(%)

Numune	Pamuk	Yün	Kumaş	Kağıt	Elyaf	Polyester	Fire-0	Epoxy
A1	16	16	16	16	16	16	2	2
A2	10	10	28	10	10	28	2	2
A3	28	28	10	10	10	10	2	2
A4	10	10	10	10	28	28	2	2
A5	36	15	15	20	5	5	2	2

### 3. Deneysel Sonuçlar

#### 3.1. Isı İletim Katsayısı(W/mK)

Isıl iletkenlik katsayısı bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak o malzemenin ısıyı ne kadar ilettiğinin ifadesidir. Isıl İletkenlik ölçüm testleri (DIN EN 1605) standardına göre ölçüm yapabilen TLS-100 cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 1’de verilmektedir.

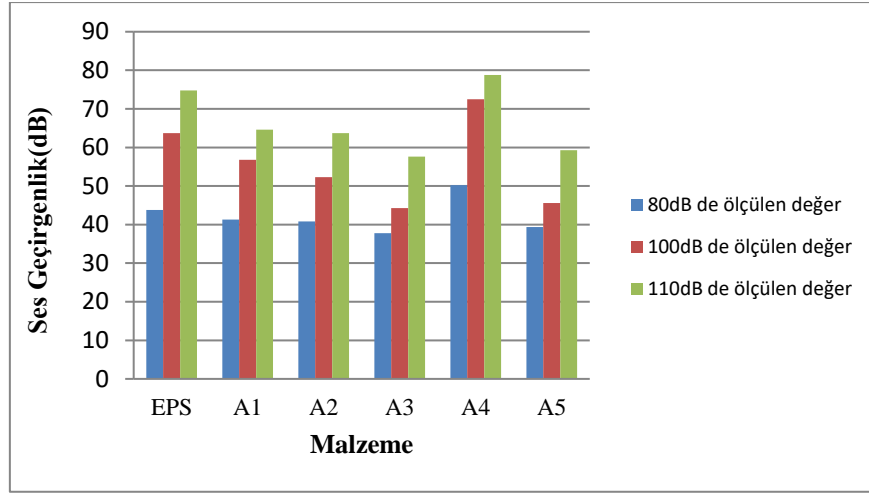


Şekil 1. Numunelerin ısı iletkenlik değerleri

Şekil 1’e göre; geliştirilen ürünlerden elde edilen ısı iletkenlik değerleri sırayla A1(0,043W/mK), A2(0,039 W/mK), A3(0,031 W/mK), A4(0,052 W/mK), A5(0,034 W/mK) olarak bulunmuştur. Numunelerden elde edilen ısı iletim değerlerine göre; A3 ve A5 numaralı olanlar EPS den daha iyi yalıtım sonuçları sunmuştur. Ayrıca tüm reçeteler yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir değerlere sahiptir.

### 3.2. Ses Geçirgenlik Deneyi(dB)

Ses Ölçüm Cihazı olarak PCE-428-KIT-N model kullanılmıştır. En yaygın kullanılan 5cm kalınlığındaki yalıtım malzemeleri, ana bölge olarak kullanılan ahşaptan 50cmx50cmx50cm boyutlarında yapılmış olan kapalı bir kutu etrafına kesilip konularak, 3 farklı ses şiddetinde (80 dB, 100 dB ve 110 dB) gürültü oluşturulup, kutunun dışından ölçümler yapılmıştır. Deneylerde Brüel&Kjaer ses ölçüm cihazı kullanılmış olup, kutu yüzeyinin tam orta noktasından ölçülmüştür. Ölçüm prosedürü (DIN EN 826) 'da belirtilen standartlara göre yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin ses geçirgenlik değerleri

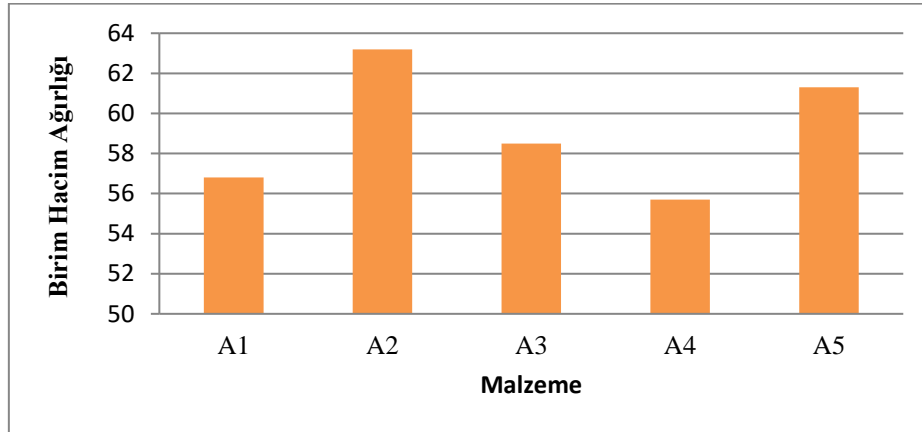
Şekil 2'de görüldüğü üzere, ölçüm yapılan tüm yüzeylerde gürültü seviyelerinin ortalaması birbirine yakın olup A3 ve A5 numunelerden en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Kaynak tarafında gürültü seviyesinin 110 dB olması durumunda ise en az ölçülen ses şiddeti 57,6 dB ile A3 malzemedeki gerçekleşmiştir. Deneyler sonucunda taş yünü ve tekstil katı atıklarından üretilen numuneler gibi lifli malzemelerin ses yalıtımı açısından diğer yalıtım malzemelerinden daha etkin olduğu görülmektedir. EPS kapalı gözenekli ve düşük yoğunluk nedeniyle önemli bir akustik özellik göstermez.



Şekil 3. Numunelerin ısı ve ses değerlerinin ölçümü

### 3.3. Birim Hacim Ağırlık (kg/m<sup>3</sup>)

Kompozit haline getirilen bu malzemelerin yoğunlukları 5 ayrı test numunemiz için ayrı ayrı kilogram ve hacim cinsinden verilmiştir. Karbonlu EPS 50'nin yoğunluğu 16 kg/m<sup>3</sup> olarak bilinmektedir (Çelik, 2009). Deneylerde üretilen numunelerin yoğunlukları Şekil 4'te verilmiştir.



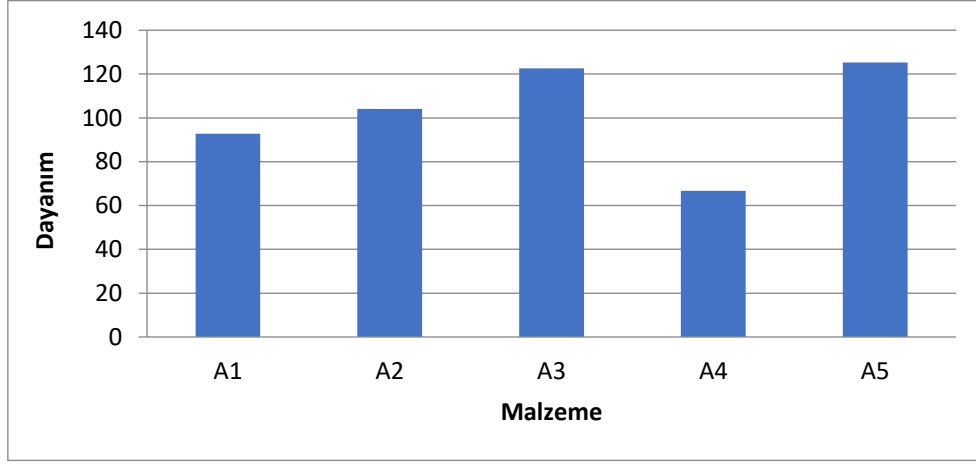
Şekil 4. Numunelerin birim hacim ağırlık değerleri

Şekil 3'de elde edilen değerlere göre, üretilen malzemelerin içinde yoğunluğu en yüksek olan A2(63,2 kg/m<sup>3</sup>) bulunmuştur. A4 kodlu malzemeler ise 55,7 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk ile en düşük değerleri vermiştir. Tüm numunelerden elde edilen yoğunluk değerleri EPS numunesine kıyasla yüksek değerleri sunmaktadır.

### 3.4. Basınç Dayanımı

Malzemelerin yoğunlukları arttıkça dayanımı da artar. Kompozit haline getirilen numuneler lifli ve yoğunluğu yüksek malzemeler sınıfına girdiği için dayanım değerleri görece yüksek çıkmıştır. Kontrol numunesi EPS basınç dayanımı 0,011-0,064 N/mm<sup>2</sup> olduğu (Dikici ve

Kocagül, 2019) göz önünde bulundurularak kıyaslamalar yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin basınç dayanım değerleri Şekil 5’te verilmiştir.

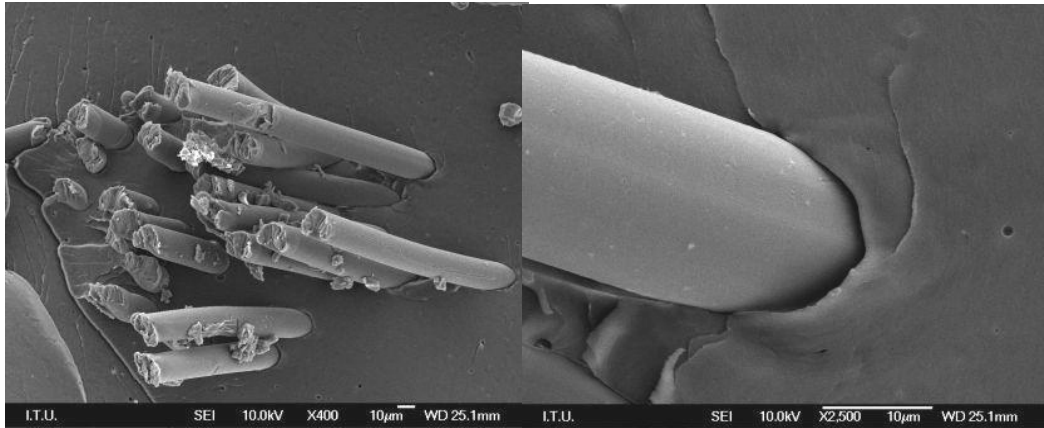


Şekil 5. Numunelerin basınç dayanımı değerleri

Basma dayanımı deney sonuçlarına göre; numunelerin yoğunluk değerlerine göre dayanım değerleri de orantısız bir artış sergilemiştir. En yüksek basınç dayanımına sahip numunelerin A3 ve A5 olarak isimlendirilen numuneler olduğu görülmektedir. EPS’e kıyasla tüm numunelerin yüksek basınç dayanım değerleri sunduğu belirlenmiştir. Deneyler DIN EN 1605 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

### 3.5. SEM Analizleri

Deney sonuçlarına göre en iyi sonuçları sunan A3 numaralı numunelerin kompozit hale getirilmesinden sonra bu numunelerin yapısını anlayabilmek için SEM görüntüleri kaydedilmiştir. SEM görüntüleri (Şekil 6) Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi mikroyapı laboratuvarında elde edilmiştir.



Şekil 6. A3 kompozit numunelerinin SEM analizi görüntüleri(2cmx6cm,%20)

Şekil 5'e göre, A3 kompozit yapıda liflerin homojen dağıldığı boşluk oranı ideal bir yalıtım malzemesine dönüştüğünü ısı ve ses yalıtımı bakımından ideal sonuçların elde edilmesine olanak sağladığı görülmektedir.

### 3.6. Kompozit Malzemelerin Sektörel Ürünler ile Karşılaştırılması

Yapılan çalışmanın deneysel sonuçlarını piyasada en çok tercih edilen ve aktif kullanıma sahip yalıtım malzemeleriyle kıyaslamaları sunulmuştur. Tüm karşılaştırmalar 5cm\*60cm\*120cm boyutlarındaki numuneler üzerinde analiz edilmiştir. Çizelge 2'de sektörde kullanılan eş değer ürünlerin teknik özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir (Dikici ve Kocagül, 2019).

Çizelge 2. Kompozit Malzemelerin Sektörel Ürünler ile Karşılaştırılması

<i>Malzeme</i>	<i>Isı iletkenli k (W/m.K)</i>	<i>Ses emme miktarı (dB)</i>	<i>Sıcaklık dayanımı (°C)</i>	<i>Basma dayanım ı (kPa)</i>	<i>Doğallı k (%)</i>
<i>Cam yünü</i>	0,040	52,2	-50/+ 250	155,2	75
<i>Taş yünü</i>	0,040	47,7	650-1000	230,8	5
<i>XPS</i>	0,036	73,4	-50/+75	84,3	35
<i>EPS</i>	0,040	63,7	-180/+100	42,6	35
<i>A1</i>	0,043	56,8	-50/+250	92,8	75
<i>A2</i>	0,039	52,3	-50/+250	104,14	80
<i>A3</i>	0,031	44,3	-50/+250	122,6	85
<i>A4</i>	0,052	72,5	-50/+180	66,7	70
<i>A5</i>	0,034	45,6	-50/+250	125,3	95

### 4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir;

- Ses geçirgenliği bakımından; A3 ve A5 olarak isimlendirilen numuneler açık ara üretilen ses şiddetini önemli oranda absorbe edebilmiştir. Kaynak tarafında gürültü seviyesinin 110 dB olması durumunda ise en az ölçülen ses şiddeti 57,6 dB ile A3 malzemede gerçekleşmiştir. Deneyler sonucunda taş yünü ve tekstil katı atıklarından üretilen numuneler gibi lifli malzemelerin ses yalıtımı açısından diğer yalıtım malzemelerinden daha etkin olduğu görülmektedir.



- Isı iletkenlik değerleri sırayla A1(0,043W/mK), A2(0,039W/mK), A3(0,031W/mK), A4(0,052W/mK), A5(0,034W/mK) belirlenmiştir. A3 numaralı kompozitler ısı yalıtımı bakımından en iyi değerleri vermektedir.
- Basma dayanımı deneyi sonucunda, A3 ve A5 numaralı numuneler en yüksek basma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir. Birim hacim ağırlık bakımından üretilen malzemelerin içinde yoğunluğu en yüksek olan A2(63,2 kg/m<sup>3</sup>) bulunmuştur. A4 kodlu malzemeler ise 55,7 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk ile en düşük değerleri vermiştir. Tüm numunelerden elde edilen yoğunluk değerleri EPS numunesine kıyasla yüksek değerleri sunmaktadır.
- Numunelerde kullanılan Epoxy ve Fire-0 katkıları yanıcılık direnci olan malzemelerdir. Epoxy aslında yanıcı bir malzemedir ancak yanmazlık özelliğine sahip kimyasal bir türevi mevcuttur ve piyasada kullanımı oldukça yaygındır. Bu sebeple numuneler A2 sınıfı yanıcılık özelliğine sahiptir.
- Bu çalışma geri dönüşüm noktasında ülkemize fayda sağlayacağı, ürün doğallığı, üretim maliyet düşüklüğü sayesinde avantajlar sunacağı değerlendirilmektedir.

## Kaynaklar

Altun. S., 2014. Tekstil Geri Kazanım Sektörü Raporu, Uşak TSO

Briga-S, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., 2012. Textile Waste as an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution. Construction and Building Materials, 2012, 38, 156.

Celik, A.G., 2008. Bor Katkılı Selülozik İzolasyon Malzemesi Teknik Özellikleri ve Uygulama Alanları. 2.Ulusal Bor Çalıştay Bildiriler Kitabı 17-18 Nisan 2008, Ankara.

Celik, A.G., 2009. İzolasyon Malzemelerinin Çevresel Etkileri ve Bor Katkılı Selüloz Yünü. Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu'2009, 19-20 Kasım, Adana.

Dikici, A., Kocagül, M., 2019. Isı Yalıtımında Kullanılan Eps, Xps Ve Taş Yünü İzolasyon Malzemelerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması” Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi 31(1), 129-136, 2019.

DIN EN 1605:200706, Thermal Insulating Products for Determination Specified Building of Applications Deformation Compressive Load under and Temperature Conditions, German version EN 1605:1996 + A1: 2006.

DIN EN 826:199605: Thermal insulating products for building applications Determination of compression behavior; German version EN 826: 1996.

Dissanayake, D.G.K., Weerasinghe, D.U., Wijesinghe, K.A.P., Kalpage, K.M.D.M.P., 2018. Developing a compression moulded thermal insulation panel using postindustrial textile waste. *Waste Management*, Volume 79, Pages 356-361.

Huang, L., 2012. Feasibility of using silica aerogel as insulation for buildings” KTH, School of Industrial Engineering and Management (ITM), thesis, p. 91.

Komurlu, E., Kesimal, A., Aksoy, C.O., 2017. Use of Polyamide-6 type Engineering Polymer as Grouted Rock Bolt Material. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, Vol. 3, Paper no: 37, DOI 10.1007/s40891-017-0114-6

Paiva, A., H. Varum, F. Caldeira, A. Sá, D. Nascimento, N. Teixeira, 2011. *International Conference on Petroleum and Sustainable Development, IPCBEE 2011*, vol. 26.