

Yalıtım Malzemelerinin Üretiminde Yapay Lif Yerine Tavuk Tüyü ve Pamuk Atıklarının Kullanılması

Ela Bahşude Görür Avşaroğlu¹

Özet

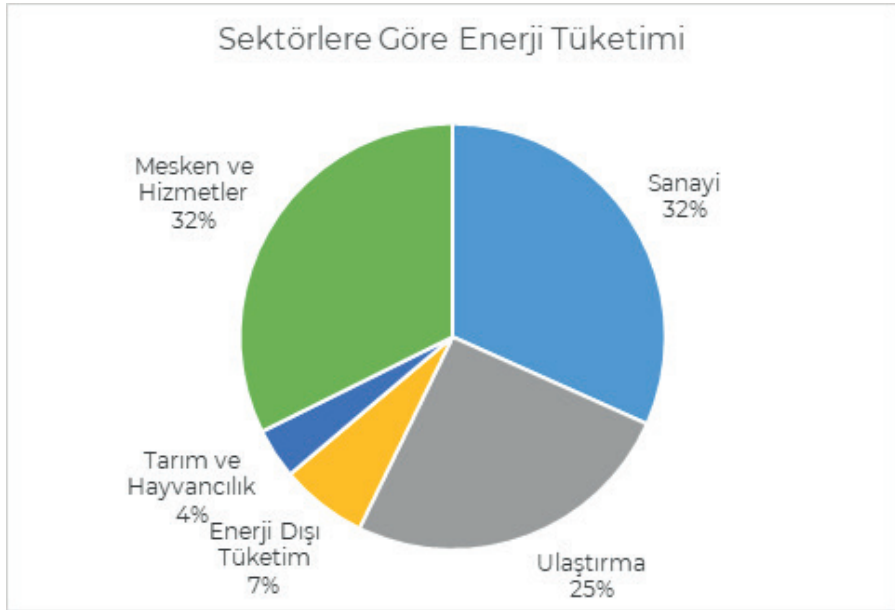
Yalıtım dört mevsim iklimlendirme giderlerinin tasarrufu amacıyla ve insan sağlığına olumsuz etkisi olan gürültü kirliliği gibi birçok olumsuz etkenin giderilip yaşam sürecinde konfor sağlamak amacıyla yapılarda uygulanması son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada çevre korunumu ve enerji tasarrufu dikkate alınarak yapay lifli ses yutucu malzemelerin yerine yeni nesil doğa dostu yalıtım malzemesi üretimi amaçlanmaktadır. Bu amaçla tavuk tüyü, pamuk atığı ve bağlayıcı olarak epoksi farklı oranlarda kullanılmış olup 4x14x16cm boyutlarında belirli bir basınç değeri uygulanarak yalıtım malzemeleri üretilmiştir. Üretilen yalıtım malzemelerine birim hacim ağırlık deneyi, su emme deneyi, ultrasonik ses geçirgenlik, termal iletkenlik katsayı deneyleri uygulanmıştır. Elde edilen deney sonuçları ile, üretilen yalıtım malzemesinin TS 825 standartlarına uygunluk sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışma ile yapay lifli malzemeler yerine ülkemizde bolca atık halde bulunan ve doğal fiber olarak da adlandırılan tavuk tüyü ve pamuktan alternatif bir yalıtım malzemesi üretimi ile literatüre ve uygulamaya kazandırılması amaçlanmıştır.

1. Giriş

Hızla artan nüfus artışı ve bununla birlikte büyüyen enerji tüketimi hali hazırda tükenmekte olan enerji kaynaklarını etkili ve verimli kullanmayı zorunlu hale getirmiştir [1] Enerji yaşamın devamlılığı için zorunlu bir ihtiyaçtır. Enerjiye ihtiyacın artması tüketimi de beraberinde artırmaktadır. [2] Aynı zamanda enerji tüketimi sırasında meydana gelen çevre kirliliğine

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye. ela_gorur@hotmail.com.
ORCID: 0000-0001-9373-1192

ve insan sağlığına zararı tasarrufu zorunlu hale getirmektedir. Ülkemizde ısınma amaçlı enerjinin %33'ü kullanılmaktadır. [3] 1998 yılında yürürlüğe giren, 2000 yılından bu yana zorunlu olarak yapılarda yalıtımı zorunlu kılan TS 825 “binalarda ısı yalıtım kuralları” ülkemizde yalıtımın önemini göstermektedir [4]. Enerji kaybının azaltılması ile ilgili uygulamaların farklılık göstermesi sebebiyle bu kaybın hangi sektörde ve ne şekilde olduğu tespit edilmelidir. Enerji tüketimi son 25 yılda Dünya da % 5 artarken ülkemiz için bu oranın % 100'ün üzerinde olduğu görülmüştür. 1996 yılı verilerine göre ülkemiz enerji ihtiyacının % 39'unu karşılıyorken 2006 verilerine göre bu oran % 27'ye düşmüştür. Bu sebepten üretim artışı ve enerji kullanımında tasarruflu olunma zorunluluğu doğmuştur [5]. 2017 yılı verilerine bakıldığında ise nihai enerji tüketiminin %32'si konut ve hizmet sektöründe olmuştur [6](Şekil 1.). Enerji tüketiminin önemli kısmının konutlarda harcandığı ve yapıların iklimlendirme maliyetleri çok yüksek bedellere ulaştığından yalıtım malzemelerinin kullanımının önemi ve standartlara uygun alternatif yalıtım malzemelerinin üretilmesi artık zorunluluk haline gelmiştir [7].



Şekil 1: 2017 yılına ait sektörlere göre enerji tüketimi [6]

Petrol ve petrol türevi yenilenemeyen kaynakların hızla tüketildiği günümüzde atık ürünlerin geri dönüşümü büyük önem kazanmaktadır. Geri dönüşüm bilincini geliştirmek amacıyla birçok yasal düzenleme

yapılmaktadır. Atıkların çeşitli sebeplerle kullanımı kaynak tüketimini azaltmakta, maliyeti düşürmekte ve atıktan kaynaklı çevre ve insan sağlığına zararlı depolama ve bertaraf işlemlerini azaltmaktadır [8]. Bu görüşe ilaveten, giderek artan çevre bilinciyle; doğada atık halde bulunan malzemelerden tekrar faydalanma olasılığının araştırılması doğa dostu yeni tip malzemelerin meydana getirilmesine olanak sağlamaktadır [9].

Geçmişten bu yana bazı petrol ve petrol türevi lifler kompozit malzemelerin üretilmesinde kullanılmışlardır. Bu liflerin sebep olduğu birtakım olumsuzluklar [10] bu liflerin yerine çevre dostu, sürdürülebilir ve aynı zamanda ekonomik malzemelerin arayışına hız kazandırmıştır. Bu sebeple bir çok atık malzemenin geri dönüşümle inşaat mühendisliği alanında kullanımı yaygınlaşmıştır. Genel olarak yalıtım malzemeleri organik(yün, kıl, jüt, pamuk, saman, ahşap, ipek, köpük, yonga lifleri vb.), anorganik (PÇ vb.) ve sentetik (poliüretan, polistiren, PVC, plastik köpük vb.) olarak gruplanabilir [11]. Organik atık liflerin yalıtım malzemesi olarak kullanımı ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Isı ve ses yalıtım malzemelerin üretiminde pirinç samanı [12], talaş [13], hayvan tüyü [14], kabak lifi [15], kenevir [16], bambu [17] ve kenaf [18] gibi doğal malzemeler kullanılmış ve bu liflerin takviye malzemesi olarak üstün özelliklere sahip numuneler üretilmesine olanak sağladığı belirtilmiştir.

Endüstrideki büyümeyle birlikte atık malzeme miktarının artması, depolama problemleri, bertaraf edilmesi sırasında hava, toprak ve su kirliliğine sebep olması gibi çevresel sorunlar oluşturmaktadır [19]. Tavuk tüyleri tavuk üretim tesislerinin atık ürünleridir ve bu atık tüyler önemli atık problemi oluşturmaktadır. Tavuk tüyünün hidrofobik karakteri ve tüyün yapısında bulunan yüksek orandaki keratinin kompozit malzemede yoğunluk, termomekanik ve termal özelliklere olumlu katkı sağladığı görülmüştür.(20)

Pamuk, tekstil endüstrisinde kullanılan en önemli tarımsal ürün olup, Türkiye dünyadaki toplam pamuk üretiminin yaklaşık %3'ünü karşılamaktadır(21). Pamuğun birçok yapı malzemesinden hafif olması nedeniyle yapı elemanlarında kullanılması yapının ölü yükünü azalttığı[22] ve yalıtıma katkı sağladığı[23] görülmüştür.

Bu sebeple çalışmamızda hem çevreye zararlı olabilecek atıkların değerlendirilmesi hem de ekonomik olması açısından tavuk çiftliğinden elde edilen atık tavuk tüyü ve tekstil fabrikalarından elde edilen pamuk atıkları farklı oranlarda epoksi ile belirli basınç altında çevre dostu yalıtım malzemesi üretilerek literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Tavuk Tüyü

Tavuk tüyü lifleri, Adana / Türkiye'deki Beyza Piliç fabrikasından elde edilmiştir. Tüyler etanol ile temizlenip birkaç kez yıkanıp dezenfekte edildikten sonra özelliklerini korumaları için etüvde 60 °C'de 24 saat bekletilerek birinci kurutma, 105 °C'de 2 saat bekletilerek ikinci kurutma uygulanmıştır (20). Kuruyan tavuk tüyleri makas yardımıyla 4-16 mm boyutlarında kesilmiştir. Tavuk tüyü ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmektedir[24]. Çalışmada kullanılan tavuk tüyü ve uygulanan işlemler ise Şekil 2'te verilmiştir.

Tablo 1. Tavuk Tüyü Özellikleri [24]

İçerik	Malzeme türü	Özgül ağırlık kg / m ³	Doğrusal yoğunluk (Tex)	Lif uzunluğu (cm)	Uzama (%)	Kopma mukavemeti (kg)
Keratin	Tavuk tüyü lifi	805	40-90	1-4	10.85	0.75



Şekil. 2. (a) kümes hayvanları (b) yıkanmış atık tavuk tüyleri (c) Tavuk tüyüne uygulanan kurutma işlemi (24) (d) 4-16mm specimens

2.1.2. Pamuk Atığı

Çalışmada yalıtım malzemesi üretiminde kullanılan pamuk atıkları Kahramanmaraş'ta bulunan tekstil fabrikalarından elde edilmiştir (Şekil 3). Fabrikadan temin edilen pamuk atıkları yıkanmış ve doğal şartlarda kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan pamuk atıkları kesilerek boyları kısaltılmış ve kullanılmıştır.



Şekil. 3. Çalışmada kullanılan pamuk atığı

2.1.3. Epoksi

Epoksi, kompozit elemanların üretiminde kullanım alanı geniş termoset polimer sınıfına giren bir üründür. Özellikle sahip olduğu yüksek mekanik dayanım, kimyasallara direnci, kuvvetli yapıştırma özelliği ve uzun ömürlü yapısı ile kullanım alanını daha da arttırmaktadır [25]. Çalışmada kullanılan Kastamonu Entegre Adana Tesislerinden temin edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Yalıtım malzemelerinin üretimi

Çalışmanın amacı tavuk tüyü ve pamuk atığını farklı oranlarda (Tablo 2.) kullanarak çevre dostu yeni nesil yalıtım malzemesi üretimi gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda tavuk tüyleri, pamuk atıkları ve bağlayıcı olarak epoksi kullanılarak 4x14x16 cm boyutlarında yalıtım malzemeleri üretilmiştir. Epoksi 2/1 oranında reğine ve sertleştirici malzemenin 3 dk boyunca oda sıcaklığında karıştırılması ile oluşturulmuştur. Daha sonra Őeffaflaana kadar bekletilen epoksi lifli malzemeyle birletirilmi ve 8 bar basınç altında kalıplara yerleştirilmiş ve 24 saat kalıpta bekletilmiştir. Kalıptan ıkarılan örnekler (ekil 4.) 7 gün laboratuvar ortamında bekletilmiş ve birim ağırlık, su emme, ultrasonik ses geçirgenliği, ısıl iletim geçirgenliği deneyleri yapılmıştır.

Tablo 2. Karışım oranları (% ağırlıkça).

Örnekler	Tavuk tüyü	Pamuk atığı	Epoksi	Basınç (bar)
T1	75	-	25	8
T2	80	-	20	8
T3	85		15	8
P1	-	75	25	8
P2	-	80	20	8
P3	-	85	15	8

2.2.2. Birim ağırlık ve su emme

Üretilen yalıtım malzemelerinin birim ağırlık değerleri TS EN 323'e göre [26] bulunmuştur. Laboratuvar ortamında ağırlık değişimi olmayana kadar bekletilen örnekler ± 0.01 gr duyarlılığa sahip terazide tartılarak ağırlığı bulunmuş, kumpas yardımıyla ölçümü sonucu belirlenen hacmine bölünerek yoğunluğu belirlenmiştir. Bu işlemlere göre yoğunluk değeri (δ):

$$\delta = \frac{m}{v}$$

δ : Numunelerin yoğunluk değeri (kg/m^3)

m: Numune ağırlıkları (kg)

v: Numune hacimleri (m^3)

Su emme değerleri ise ASTM C 67-03'e göre belirlenmiştir [27]. Numuneler 24 saat 60°C fırında kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra numunelerin ağırlıkları tartılarak kuru ağırlıkları w_0 belirlenmiştir. Daha sonra 2 saat, 24 saat ve 168 saat suda bekletilen numuneler tekrar tartılmış ve yaş ağırlıkları w_1 kaydedilmiştir. Numunelerin kuru ağırlığı ve yaş ağırlığı arasındaki fark su emme değeri olarak belirlenmiştir. Malzemelerin su emme oranları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$W = \left(\frac{w_1 - w_0}{w_0} \right) \times 100$$

W: Su emme oranı (%)

w_1 : numune yaş ağırlığı (gr)

w_0 : numune kuru ağırlığı (gr)

2.2.3. Ultrasonik ses geçirgenliği

Ultrasonik ses cihazı ASTM C 597 [70] standardına uygun olarak üretilen numunelerin yüzeylerine pundit cihazının uçları karşılıklı olarak temas ettirilerek ses dalgalarının birbirine ulaşma süreleri hesaplanmıştır. Ses dalgalarının geçiş hızı ile malzemenin yoğunluğu arasında doğru ilişki bulunmaktadır. Malzeme içerisinde bulunan boşluk oranı arttıkça yüzeyden gönderilen ses dalgasının diğer yüzeye geçiş hızı azalmaktadır. Ölçüm bütün örneklerin yüzeylerinde 9 noktadan alınmış dalga hızları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$V = (S/t) \cdot 10^6$$

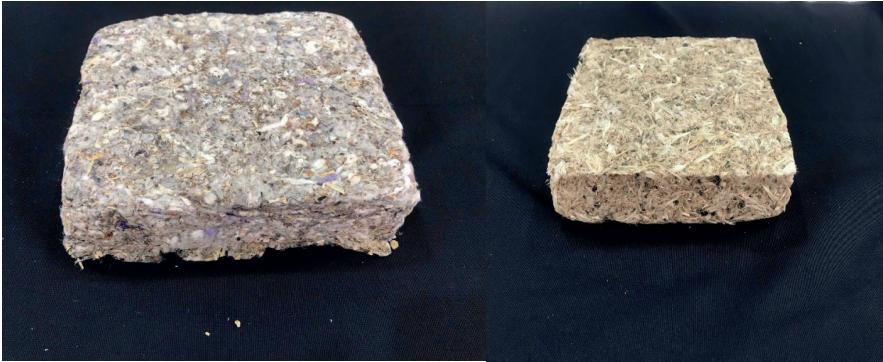
$$V = \text{dalga hızı (km/s),}$$

S = malzemede ses dalgası gönderilen yüzey ile ses dalgasının alındığı yüzey arasındaki mesafe (km),

t = Ses dalgasının gönderildiği yüzeyden, alındığı yüzeye kadar geçen zaman (mikro saniye).

2.2.4. Termal ısı geçirgenlik

Isı yalıtımı, bir malzemenin ısı iletimini azaltma eğilimi olarak tanımlanmaktadır. Isı iletkenlik değeri ısı yalıtım malzemelerinin en önemli parametrelerinden biridir ve λ değeri ile ölçülür. Birimi W/mK^2 'dir. Isı iletkenlik, numune kesit alanı üzerine dik doğrultuda uygulanarak malzeme birim uzunluğunda ısı transferinin aktarılma hızı olarak tanımlanmaktadır. Isı iletkenlik katsayı (λ) değeri $0.065 W/mK^2$ 'den düşük olan numuneler ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilmektedir [28].

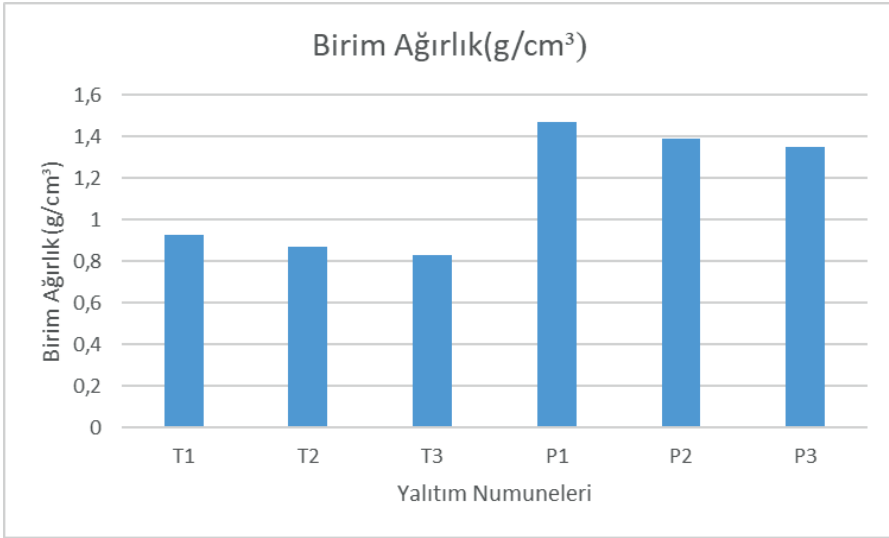


Şekil. 4. a) Pamuk atığı esaslı yalıtım malzemesi numunesi b) Tavuk tüyü esaslı yalıtım malzemesi numunesi

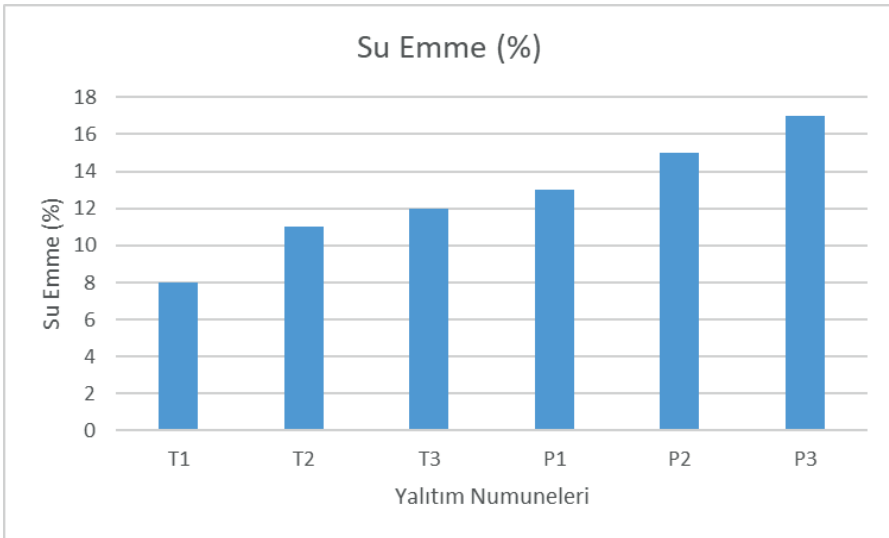
3. Bulgular

3.1. Birim ağırlık ve su emme

Tavuk tüyü, pamuk atıkları ve epoksinin bağlayıcı olarak kullanılması sonucu üretilen yalıtım malzemelerinin birim ağırlıkları ve su emme oranları şekil 5 ve şekil 6'da verilmektedir.



Şekil. 5. Yalıtım numuneleri birim ağırlık değerleri

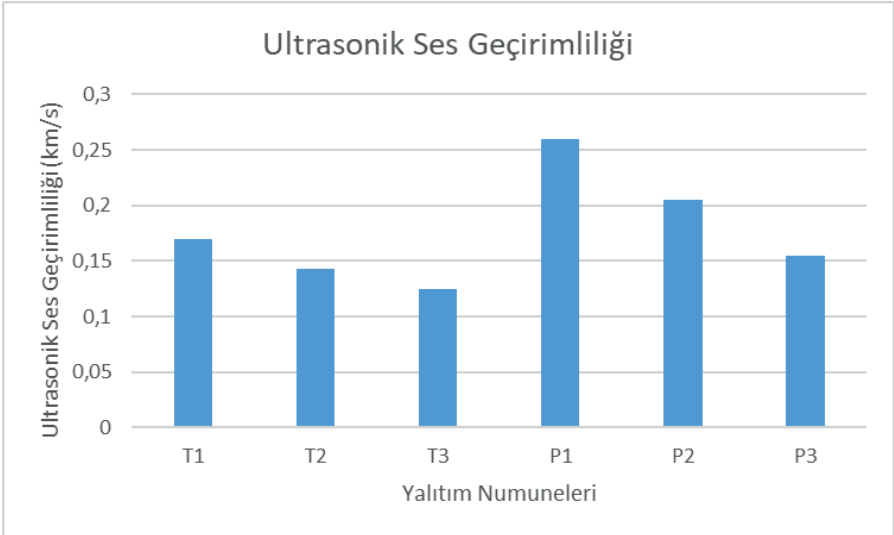


Şekil. 6. Yalıtım numunelerinin su emme oranı

Üretilen yalıtım numunelerinin birim ağırlık sonuçları değerlendirildiğinde T1 örneği 0.93 g/cm^3 , T2 örneği 0.87 g/cm^3 , T3 örneği 0.83 g/cm^3 , P1 örneği 1.47 g/cm^3 , P2 örneği 1.39 g/cm^3 , P3 örneği 1.35 g/cm^3 değerine sahiptir. En düşük birim ağırlığı 0.83 g/cm^3 ile T3 kodlu numune gösterirken, en yüksek birim ağırlığı ise 1.47 g/cm^3 ile P1 kodlu numune göstermiştir. Tavuk tüyü ve pamuk atığı katkılı numunelerin birim ağırlık sonuçları değerlendirildiğinde tavuk tüyünün birim ağırlığının pamuk atığından düşük olmasından dolayı tavuk tüyü katkılı numunelerin birim ağırlıkları düşük bulunmuştur. Numunelerin üretiminde kullanılan epoksi oranı azaldıkça birim ağırlık değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Birim ağırlık deney sonuçlarının düşük ya da yüksek çıkmasının karışımında kullanılan malzemelerin yoğunlukları ile alakalı olduğu görülmektedir. Numunelerin su emme oranları incelendiğinde T1 örneği %8, T2 örneği %11, T3 örneği %12, P1 örneği %13, P2 örneği %15 ve P3 örneği %17 oranına sahiptir. En yüksek su emme değerini % 17 ile P3 kodlu numune göstermiştir. En düşük su emme değerini ise %8 ile T1 kodlu numune göstermektedir. Numunelerin üretiminde kullanılan epoksi oranı azaldıkça su emme değerlerinde artış gözlenmiştir.

3.2. Ultrasonik ses geçirimsizliği

Tavuk tüyü, pamuk atıkları ve epoksinin bağlayıcı olarak kullanılması sonucu üretilen yalıtım malzemelerinin ultrasonik ses geçirimsizliği sonuçları şekil 7'de verilmektedir.

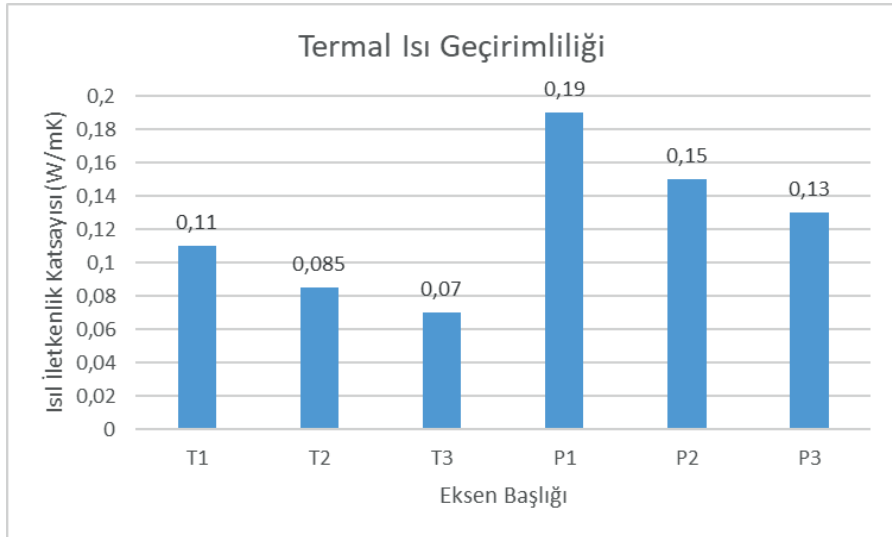


Şekil. 7. Yalıtım numunelerinin ultrasonik ses geçirimsizliği

Ultrasonik ses geçirimsizliği değerleri incelendiğinde T1 örneği 0.17 km/s, T2 örneği 0.143 km/s, T3 örneği 0.125 km/s, P1 örneği 0.260 km/s, P2 örneği 0.205 km/s, P3 örneği 0.155 km/s sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen değerlerde ses iletim hızları arasındaki farklarda malzemelerin boşluklu yapısı ile doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Dayanımı yüksek betonlarda ultrases geçiş hızı 4.5 km/s den büyük, dayanımı düşük olanlarda ise 2.0 km/s den küçüktür (29). Yalıtım numunelerinden elde edilen sonuçlar düşük dayanımlı betondan bile küçük olduğu için yalıtım amaçlı kullanılabilir. Tüm katkılı numunelerin UPV değerleri birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Lif içerikli kompozit malzemelerde lif yapısı ve özellikleri ultrasonik ses geçiş hızlarında ses dalgalarını tutması bakımından önemlidir. T1-T2-T3 tavuk tüyü katkılı numunelerin UPV değerlerinin pamuk atığı katkılı numunelere göre daha iyi sonuçlar vermesinin tavuk tüyünün lif içeriği ve doğal boşluklu keratin yapısı ile bağlantılı olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca P1-P2-P3 pamuk atığı katkılı numunelerden elde edilen sonuçlara göre pamuk liflerinin sahip olduğu boşluklu yapıdan dolayı ses yalıtımı açısından önemli verilere ulaşılmıştır.

3.3. Termal ısı geçirimsizliği

Tavuk tüyü, pamuk atıkları ve epoksinin bağlayıcı olarak kullanılması sonucu üretilen yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayıları şekil 8 de verilmektedir.



Şekil. 8. Yalıtım numunelerinin ısı iletim katsayıları.

Tavuk tüyü ve pamuk atıı esaslı yalıtım numunelerinin ısı iletim katsayıları (λ) incelendiğinde T1 rnei 0.11 W/mK, T2 rnei 0.085 W/mK, T3 rnei 0.07 W/mK, P1 rnei 0.19 W/mK, P2 rnei 0.15 W/mK, P3 rnei 0.13 W/mK bulunmuştur. En düşük ısı iletim katsayısı 0.11 W/mK ile T1 rneinde, en yüksek ısı iletim katsayısı ise 0.25 W/mK ile P1 örneğinden elde edilmiştir. Bir malzemenin ısı yalıtım malzemesi olabilmesi için ısı iletim katsayısının 0.065 W/mK'dan düşük olması gerektiği hem ulusal hem de uluslararası standartlarda belirtilmektedir [28]. Şekil 8'de verilen değerler incelendiğinde T3 numunesinin yalıtım malzemesi olarak kullanımının uygun olduğu söylenilebilir.

4. Tartıřma ve Sonuç

Ülkemizde atık halde bulunan tavuk tüyü ve pamuk atıkları yalıtım malzemesinde kullanılabilirliği ile ilgili sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

1. Tavuk tüyü ve pamuk atıı kullanılarak üretilen yalıtım numunelerinde en düşük birim ağırlık T3 numunesine aittir. Tavuk tüyü katkılı örneklerin birim ağırlık değerleri pamuk atıı katkılı örneklerin hepsinden daha düşüktür. Yalıtım numunelerinin sahip olduğu düşük birim ağırlık binada l yükü azaltacaktır.
2. Tavuk tüyü ve pamuk atıı kullanılarak üretilen yalıtım numunelerinin su emme oranları değerlendirildiğinde; en yüksek su emme oranına P3 numunesinde görülürken en düşük su emme oranı ise T1 numunesinde elde edilmiştir.
3. Ultrasonik ses geçiş hızı en düşük numune T3, en yüksek hız değerine ise P1 katkılı numune sahiptir.
4. Isı iletkenlik sonuçlarında en iyi değere sahip numune T3 olmuştur.

Bu çalışmada; tavuk üretim tesislerinin bir atıı olan tavuk tüyü, tekstil sektörünün atık ürünü pamuk atıkları ve bağlayıcı olarak da epoksi reçinenin belli oranlarda kullanılmasıyla standartlara uygun ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacıyla yalıtım malzemesi üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen yalıtım malzemesinde kullanılan ürünlerin ülkemizde temininin kolay olması, doğal ve atık malzemelerden oluşması büyük avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle yalıtım sektöründe kullanılan mevcut ürünlerin yerine alternatif olarak kullanılma olanağı sunmaktadır. Bu malzemelerin doğal ve atık malzemelerden üretilmesi sağlık açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Ayrıca bu çalışmada üretilen yalıtım malzemesi ile evre kirliliği oluşturan atık malzemelerin de çevreye olan zararlarını azaltarak ekonomiye kazandırılması sağlanacaktır.

Kaynaklar

- [1] Uluer, O., Karaağaç, İ., Aktaş, M., Durmuş, G., Ağbulut, Ü., Khanları, A., Çelik, D. N., (2018). Genleştirilmiş perlitin ısı yalıtım teknolojilerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(1), 36-42.
- [2] Bektaş, V., Çerçevik, A. E., Yerel Kandemir, S., (2017). Binalarda ısı yalıtımının önemi ve ısı yalıtım malzemesi kalınlığının yalıtıma etkisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 36-42.
- [3] Kürekçi, A., Bardakçı, A. T., Çubuk, H., Emanet, Ö., (2012). Türkiye'nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi, Tesisat Mühendisliği, 131, 5-21.
- [4] TS 825, (2013). Binalarda ısı yalıtım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] Ülker, S., (2009). Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 223s.
- [6] TÜİK, (2017). Sektörel Enerji Tüketim İstatistikleri.
- [7] Aksoy, T. U., (2008). Investigation of the effect on overall heat transition coefficient and heat loss of wall applications with sandwich and aerated concrete, Erciyes University Journal of Sciences, 24, 277–290.
- [8] Özer, N., (2017). Atıklardan üretilen ısı yalıtım malzemelerinin yaygın kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, 99s.
- [9] Ricciardi, P., Belloni E., Cotana, F., (2014). Innovative panels with recycled materials: thermal and acoustic performance and life cycle assessment, Applied Energy, 134 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.112>.
- [10] Hoi-yan, C., Mei-po, H., Kin-tak, L., Cardona, E., Hui, D., (2009). Natural fibre-reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications. Composites Part B: Engineering, 40(7), 655–663. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.014>
- [11] Yavuz, H. İ., (2019). Hidrofobik olarak aktive edilmiş kil katkılı doğal liflerle kompozit yalıtım malzemesi üretimi ve malzemelerin ısı transfer katsayılarının belirlenmesi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Termodinamik Anabilim Dalı, 65s.
- [12] Tran, D.T., Nguyen, S.T., Do, N.D., Thai, N.N.T., Thai, Q.B., Huynh, H.K.P., Nguyen, V.T.T., Phan, A.N., (2020). Green aerogels from rice straw for thermal, acoustic insulation and oil spill cleaning applications. Materials Chemistry and Physics, 253, 123363. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123363>.

- [13] Zou, S., Li, H., Wang, S., Jiang, R., Zou, J., Zhang, X., Liu, L., Zhang, G., (2020). Experimental research on an innovative sawdust biomass-based insulation material for buildings. *Journal of cleaner Production*, 260, 121029. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121029> .
- [14] Engelhardt, S., Sarsour, J., (2015). Solar heat harvesting and transparent insulation in textile architecture inspired by polar bear fur, *Energy Build.* 103, 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.053>.
- [15] Panneerdhass R., Baskan R., Rajkumar K., Gnanavebabu A., (2014). Mechanical properties of chopped randomly oriented epoxy – Luffa fiber reinforced polymer composite, *Applied Mechanics and Materials*, 591, 103–107. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.591.103>.
- [16] Glé P., Gourdon E., Arnaud L., (2012). Modelling of the acoustical properties of hemp particles, *Construction and Building Materials*, 37, 801-811. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.008>.
- [17] Koizumi T., Tsujiuchi N., Adachi A., (2002). The development of sound absorbing materials using natural bamboo fibers, *High Performance Structures and Composites*, 59, 157-166.
- [18] Lim, L.Z., Putra, A., Nor, J.M., Muhammad, Yaakob, M. Y., N., 2016. Natural coir fiber and kenaf fiber as multilayer sound absorber, *Proceedings of Mechanical Engineering Research Day 2016*, 202-203.
- [19] Batar, T., N. Sinan Köksal, N. S., Yersel, E., (2009). Atık bor, atık kağıt ve perlit katkılı sıva malzemesinin üretimi ve karakterizasyonu, *Ekoloji* 18, 72, 45-53.
- [20] Görgün, B., Bozkurt, E., Gökdağ, D., Akpınar, Borazan, A., Ural, N., (2018). Atık tavuk tüyünün zemin iyileştirmesinde değerlendirilmesi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 89-96.
- [21] Kanca, A., (2019). Pamuk atığı, fındık kabuğu ve Cceviz kabuğunun piro-liz ve oksidasyon davranışlarının kıyaslanması, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.*, 2(2), 43-54.
- [22] Binici H, Kaplan H., (2003). Bingöl earthquake on 1st May, 2003 and quality of concrete used in buildings. *J Stand*, 499, 47–55.
- [23] Hanifi Binici, H., Gemci, R., Kucukonder, A., Solak, H. H., (2012). Investigating sound insulation, thermal conductivity and radioactivity of chipboards produced with cotton waste, fly ash and barite *Construction and Building Materials*, 30, 826–832.
- [24] Uzun, M., Sancak, E., Patel, I., Usta, I., Akalın, M., Yuksek, M., (2011). Mechanical behaviour of chicken quills and chicken feather fibres reinforced polymeric composites, *Achives of Material Science and Engineering*, 52(2) 82-86, ISSN: 1897-2764.
- [25] Kurbanlı, S., Şen, N., (2001). Epoksi bileşikleri ve teknolojisi, S.Ü. Vakfi yayınları, Konya.

- [26] TS EN 323, (1999). Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [27] ASTM C 67-03, (2003). Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile, ASTM International.
- [28] Temiz, H., Olgar, K., (2017). Doğal ve yapay liflerden üretilen panellerin yalıtım özelliklerinin araştırılması, , Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(2):608-618.
- [29] Erdoğan, T. Y., (2003). Beton, METU Pres.