



# Doğal ve Yapay Liflerden Üretilen Panellerin Yalıtım Özelliklerinin Araştırılması

## *Investigation of Insulation Properties of Panels Produced from Natural and Artificial Fibers*

Hüseyin Temiz<sup>1\*</sup> , Kübra Olgar<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye

### Öz

Çalışmada lifli atık maddelerden yararlanarak, ısı yalıtım malzemesi üretilmesi amaçlanmıştır. Binaların iklimlendirilmesi için önemli miktarda enerji tüketilmektedir. Enerjinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan üretilmektedir. Çiftçiler için hasattan sonra arazide kalan ekin, mısır ve ayçiçek sapları büyük problem teşkil etmektedir. Bu atıkların temizlenmesi için genellikle yakma yolu seçilmekte; bu ise arazi ve doğaya büyük zarar vermektedir. Tekstil fabrikalarında meydana gelen atıklar da depolama sorununa neden olmaktadır. Araştırmada, ayçiçek, ekin ve mısır sapları, strafor ile palmye yaprağı ve tekstil atığından paneller yapılmıştır. Panellerin ısı ve ses yalıtım özellikleri test edilmiştir. Test sonuçları, üretilen malzemelerin ısı ve ses yalıtım özellikleri bakımından değerlendirilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı yalıtımı, Kompozit, Organik lifli maddeler, Panel, Strafor atığı

### Abstract

It is aimed to produce heat insulation material by using fibrous waste materials in the study. Significant amounts of energy are consumed for climate conditioning of buildings. A large part of the energy is produced from fossil fuels. Crop, com and sunflower stalks that are remaining in the field after harvest are a big problem for farmers.

In order to clean these wastes, the burning method is usually selected; This causes great damage to land and nature. Wastes obtained from textile factories also cause storage problems. In the research, panels were made from sunflower, crop and corn stalks, styrofoam, and palm leaf and textile wastes. Heat and sound insulation properties of the panels were tested. Test results shown that the materials produced can be evaluated in terms of heat and sound insulation properties.

**Keywords:** Thermal insulation, Composite, Organic fibrous substances, Panel, Styrofoam waste


### 1. Giriş


Gerçek anlamda ısı yalıtımı bilinci, 19. Yüzyılda, Sanayi Devrimi ile buharla çalışan kazanlarda yüksek verim elde etmek için ortaya çıkmıştır. 1882 yılında Carl Von Linde'nin ilk soğutma makinesini bulması ile soğuk hava deposu yapılmıştır. Bu depoda uzun süre soğuk havadan yararlanmak için ısı yalıtım malzemelerine ihtiyaç olduğu, geleneksel inşaat malzemeleri ile bu görevin yerine getirilemeyeceği ortaya çıkmıştır. Bu malzemelere genel olarak, "Yalıtım Malzemesi" denilmiş, ancak zamanla her yalıtım malzemesinin hem soğuk hava depoları için hem de

buhar kazanlarında kullanılamayacağı anlaşılmıştır. 1900'lü yılların başlarında Almanya'da ısı yalıtım malzemelerinin seri üretimine geçilmiştir. Yalıtım malzemelerinin üretilmesine paralel olarak, çeşitli yönlerden araştırmaya ve böylelikle bunlar hakkında veri toplamaya başlanmıştır (Karakoç vd. 1999).

Buğday saplarının ekonomik değeri olmaması nedeni ile çiftçilerin çoğu, sapları hasat sonrası yakmaktadırlar. Anızların bu şekilde yakılması milli servet kaybı ve toprak mikroflorasını yok etmesi yanında, atmosferi de kirleten önemli bir etkidir. Ülkemizde hububat alanlarının her yıl yaklaşık % 40'ı anız yangınlarına maruz kalmaktadır. Yangına bağlı olarak 10 milyon ton sap ve saman yok olmakta; açığa çıkan dumanın ve karbon dioksitin ise atmosfere salınarak küresel ısınmaya sebep olduğu belirtilmiştir (Avcı 2007).

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [htemiz@ksu.edu.tr](mailto:htemiz@ksu.edu.tr)

Hüseyin Temiz  [orcid.org/0000-0002-8654-103X](http://orcid.org/0000-0002-8654-103X)

Kübra Olgar  [orcid.org/0000-0002-4238-3439](http://orcid.org/0000-0002-4238-3439)

Yapılan bir çalışmada, dokuma kumaş atıklarının ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmada, kumaş atıklarından üretilen malzemenin binaların termal özelliklerine etkisini bulmak amacıyla, dış duvarla birlikte kullanılmış ve üzerinde gerekli testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar atık kumaşların duvarın ısı iletkenliği direncini % 56 oranına kadar artırdığını göstermiştir. Araştırmanın bulgularına dayanarak kumaş atıklarının ısı yalıtım malzemelerinin üretiminde yararlanılması gerektiği belirtilmiştir (Briga-Sá vd. 2012).

Yakın gelecekte, tüm yeni binalar pasif ev seviyesinde inşa edilecek ve mevcut binalar düşük enerjili bina standardını karşılamak için yenilenmiş olacaktır. Son yıllarda, bina ısı koruma alanında ekolojik özellikleri üzerine daha fazla duruluyor. Artık, çevre bilinci, enerji tasarrufu ile de sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu yüzden yalıtım malzemelerinin kullanılması gerektiği belirtmiştir (Berge 2009).

Saman balyalarından inşa edilen prototip yapı ünitesinin kısa süreçte, kolay ve uygun bir fiyata yapılabilir olduğu ifade edilmiştir (Eryıldız ve Başkaya 2000).

Çatı yalıtım malzemesi, yapının soğutma yükünü azaltarak termal konforu geliştirmesinde hayati rol oynar. Çatı yalıtım malzemesi olarak kullanılan değişik kalınlık ve oranlardaki palmye lifi ve kâğıt atıklarının ısı yalıtım performansı araştırılmıştır. Çalışmada kâğıt atıklarının ısı yalıtım direncinin palmye lifinden çok az yüksek olduğu belirlenmiştir. Adı geçen katkılar yoğunluğun azalmasına katkıda bulunmaktadır (İbrahim vd. 2014).

Yapılan bu çalışmada ise; ekin, mısır ve ayçiçeği sapsarı, tekstil ve strafor atıkları ile palmye yaprağı kullanılarak ısı yalıtım malzemesi üretilmesi amaçlanmıştır. Bu malzemelerle üretilen panellerin özellikle kırsal alanda inşa edilen yapılarda kullanılmasıyla daha sağlıklı yaşam koşullarına sahip, yalıtım özelliği sayesinde iklimlendirme giderleri düşük ve deprem etkisinden etkilenmeyen binalar inşa edilmesi düşünülmüştür.

## 2. Gereç ve Yöntem

### 2.1. Gereçler

Buğday ve arpa gibi tahılların hasat edildikten sonra tarlada geriye kalan köklü sapına veya sürülmemiş tarlaya anız denilmektedir. Ekin sapı çiftçi için büyük sorun olmaktadır. Bu yüzden ülkemizde sorunun çözümü için tarladan başak toplandıktan sonra, kalan sapsarın yakılması yoluna gidilmektedir. Yapılan çalışmada ekin sapı Kahramanmaraş Yeniyurt Köyü civarındaki arazilerden toplanmıştır.

Ayçiçeğin, başta Trakya bölgemiz olmak üzere, Elbistan Ovası ve diğer bazı bölgelerimizde üretimi yapılmaktadır. 2012 yılında 1.370.000 ton ayçiçeği üretimi gerçekleştirilmiştir. Bir ton ayçiçeği çekirdeği üretimi sırasında yaklaşık 1,4 ton ayçiçeği sapı ortaya çıkmıştır (Eken 2012). Üretimin ardından ortaya çıkan ayçiçek sapı çiftçimiz için ciddi sorun teşkil etmektedir. Arazide kalan bu sapsar genellikle yakılarak yok edilmektedir. Çalışmada kullanılan ayçiçek sapsarı Elbistan Ovası'ndan alınmıştır.

Mısır, ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştirilir. Hasattan sonra mısır sapı da tarlada kalmaktadır. Bu da çiftçi açısından ciddi sorun oluşturmaktadır. Bu yüzden mısır sapsarının değerlendirilmesi çevre ve ülke ekonomisi için gereklidir. Testlerde kullanılan mısır sapsarı Türkoğlu ilçesi civarından alınmıştır.

Palmyeler tropikal ülkelerde ekonomik öneme sahiptir. Kuruması halinde yaprakları sepet vb. yapımında kullanılmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu ikliminden dolayı, özellikle Ege ve Akdeniz bölgeleri palmye yetiştirmeye oldukça müsaittir. Ancak ekonomik değeri yoktur; süs bitkisi olarak kullanılır. Çalışmada kullanılan palmye yaprakları Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü yerleşkesindeki palmye ağacından alınmıştır.

Genleştirilmiş polistren sert köpük (EPS), petrolden elde edilen, köpük halinde, kapalı gözenekli, tipik olarak beyaz renkli bir ısı yalıtım malzemesidir. Polistren taneciklerin şişirilmesi ve birbiri ile kaynaşması ile elde edilen EPS ürünlerde, taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için pentan gazı kullanılır. İşletmelerde yalıtım malzemelerinin üretimi sırasında çok miktarda atık madde meydana gelmektedir. Çalışmada kullanılan strafor atıkları, Kahramanmaraş'ta yalıtım malzemesi üreten bir işletmeden alınmıştır.

Tekstil atığı, üretim birimlerinde, parça kumaş, iplik, şilte, elyaf atığı, pamuk tozu, üstüğü ve kadife tozu gibi endüstriyel katı atıklardan oluşmaktadır. Katı atıkların bir kısmını geri dönüşüm için değerlendirilmekte, bir kısmı ise çöpe atılmakta veya yakılmaktadırlar. Araştırmada kullanılan tekstil atığı, Kahramanmaraş'taki bir tekstil fabrikasından sağlanmıştır.

Alçıtaşı, kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat olan bir mineraldir. Bileşiminde iki molekül kristal suyu bulunan türüne jips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) denir. Alçı billurlarına kil ve marn içinde veya tuzlu ve alçı dağların boşluklarında rastlanır. Yukarı Kızılırmak bölgesinde büyük kayalar halinde bulunur. Alçı, alçıtaşının kırılıp, değirmenlerde ufalanıp, fırınlarda

**Çizelge 1.** Bazı tarımsal atıkların kimyasal analizleri (%).

	Ekin Sapı	Ayçiçek Sapı	Mısır Sapı
Holoselüloz	74,60	74,90	67,50
Selüloz	48,50	47,60	-
$\alpha$ -Selüloz	41,10	37,50	44,50
Lignin	15,90	18,20	20,20
Kül	5,10	8,20	8,10
Benzen çözünlülüğü	5,80	7,00	13,00
% 1 NaOH çözünlülüğü	43,60	29,80	44,70
Sıcak su çözünlülüğü	12,00	16,50	18,10
Soğuk su çözünlülüğü	7,89	15,50	17,40

**Çizelge 2.** Türkiye'nin tarımsal atık potansiyeli (Acar 2012).

Madde adı	Ekim alanı (da)	Üretim (ton)	Atık (ton)
Fındık	337.498.943	661.614	297.726
Çay	761.360	1.121.206	50.000
Buğday	85.738.019	20.159.394	20.159.394
Çeltik	990.433	696.000	139.200
Ayçiçeği	5.852.982	3.811.000	5.582.982
Mısır sapı	5.282.838	3.811.000	4.573.200
Kolza sapı	312.496	106.450	212.900

**Çizelge 3.** Alçının kimyasal özellikleri.

Kimyasal Özellikler	Normal alçı		Susuz alçı
	En çok	En az	
Bağlı su %	En çok	9	-
	En az	4	3
CaO	En az	24	27
SO <sub>3</sub>	En az	34	38

190°C'ye kadar yakılması ve tekrar değirmenden geçirilerek toz haline getirilmesi ile üretilir ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ). Bilhassa kalıp, model, tavan süsleri, iç sıva yapılmasında kullanılmaktadır. Alçı, kullanım amacına bağlı olarak çeşitli katkılarla birlikte kullanılmaktadır. Panellerin sıvanmasında kullanılan alçı bir ticari işletmeden alınmış sıva alçısıdır.

Bazı tarımsal atıkların kimyasal özellikleri Çizelge 1'de, tarımsal atık potansiyeli Çizelge 2 ve alçının kimyasal özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir (Akgül 1997, Acar 2012, Akgül vd. 2010).

İnşaat sanayinde kullanılan bazı malzemelerin ısı iletkenlik değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Standardların değerlendirmelerine göre ısı iletim katsayısı 0.065 W/mK'nın altında olan malzemeler ısı yalıtım

**Çizelge 4.** Bazı inşaat malzemelerinin ısı iletim hesap değerleri (TS 825, 2009).

Yapı malzemesi adı	Isı iletkenliği hesap değerleri (W/m.K)
Doğal taşlar	0,55 – 3,5
Yapay taş	1,3
Beton (donatılı)	2,5
Dökme bims çakalı	0,19
Saman	0,058
Bims agregalı beton	0,12
Gaz beton levhalar	0,2
Alçı duvar levhaları	0,35
Genleştirilmiş perlit levhalar	0,29
Tuğla duvarlar	0,17 – 0,81
Gaz betonlar	0,11 – 0,29
Bims bloklar	0,18 – 0,21
Polistiren, sert köpük parçacıkları	0,05
Mantar malzemeler	0,045-0,055
Ahşap yünü levhalar	0,035-0,070

malzemeleri, üzerinde olan malzemeler yapı malzemeleri olarak tanımlanmaktadır (TS EN 13171 2010 ve TS 825 2009).

Ahşap polimer kompozitler kendisini meydana getiren malzemelerden daha iyi özelliklere sahip mühendislik malzemeleridir. Ahşap polimer kompozitlerin üretilmesinde kullanılan lignoselüloz matrisli malzemelerin sağladığı biyolojik bozunabilirlik ekolojik açıdan bu kompozit malzemeye olan ilgiyi arttırmaktadır (Kaymakçı vd. 2014).

Numunelerin üretilmesinde ayçiçek sapı, mısır sapı, ekin sapı, tekstil atığı, strafor atığı, palmye yaprağı kullanılmıştır. Panel yapılmasına 28×28×6 cm boyutlarında içi boş, tahta çerçeveler hazırlanarak başlanmıştır. Bu boyutlar, ısı iletim katsayısının bulunmasında kullanılan cihazın ölçülerine uygun olduğu için seçilmiştir. Şekil 1’de palmye lifli panelin hazırlanmasına ait örnek verilmiştir. Hazırlanan numuneler üç farklı şekilde sıvanmıştır. Her iki yüzü çimento harcı, her iki yüzü alçı ve bir yüzü alçı, diğer yüzü çimento harcı ile sıvanmıştır. Çizelge 5’te panellerin sıvanmasında kullanılan malzemelerin karışım oranları, Çizelge 6’da panelleri

oluşturan malzemeler, Çizelge 7’de ise panellerin birim ağırlıkları verilmiştir.

## 2.2. Yöntemler

### 2.2.1. Panel Numunelerin Isı İletim Katsayısı Tayini

Panel numunelerin ısı iletim katsayıları KSÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği malzeme laboratuvarında, Thermal Conductivity Instrument cihazıyla bulunmuştur. Cihaz içerisinde tek bölme bulunmaktadır. Bu bölmeye yerleştirilen numune tüm olarak test edilmektedir. Şekil 2’de Thermal Conductivity Instrument cihazı verilmiştir.

### 2.2.2. Panel Numunelerin Ultrases Geçirgenliğinin Bulunması

Ultrases dalgasının hızı ile malzemelerin yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Malzeme, içerisindeki boşluk miktarı arttıkça, ses üstü dalga hızı daha az olmaktadır.

**Çizelge 5.** Sıva yapımında kullanılan malzemelerin karışımı.

	Su	Alçı	Çimento	İnce kum
Alçı Sıva (kg/m <sup>3</sup> )	1000	1600	-	-
Çimento harcı (Kısım)	0,5	-	1	3

**Çizelge 6.** Panel numunelerin adları ve malzemeleri.

Numune adı	Malzemeler								
	Çimento	Kum	Alçı	Ekin sapı	Palmye	Tekstil atığı	Mısır sapı	Strafor atığı	Ayçiçek
PEÇ	X	X		X					
PPÇ	X	X			X				
PTÇ	X	X				X			
PMÇ	X	X					X		
PŞÇ	X	X						X	
PAÇ	X	X							X
PEA			X	X					
PPA			X		X				
PTA			X			X			
PMA			X				X		
PSA			X					X	
PAA			X						X
PEAÇ	X		X	X					
PPAÇ	X		X		X				
PTAÇ	X		X			X			
PMAÇ	X		X				X		
PSAÇ	X		X					X	
PAAÇ	X		X						X

Çizelge 7. Panellerin birim ağırlıkları.

Panel adı	Birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
PEÇ	1630
PMÇ	1550
PTÇ	1820
PTÇ	1770
PPÇ	1680
PAÇ	1730
PSC	950
PEAÇ	1180
PMAÇ	1100
PTAÇ	1230
PPAÇ	980
PAAÇ	950
PEA	450
PMA	680
PTA	460
PPA	590
PAA	240
PSA	230

Malzeme panelin bir yüzeyinden içeriye gönderilen ses üstü dalganın, panelin diğer yüzeyine geçtiği süre ölçüldükten sonra, dalga hızı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$V = (S / t) \text{ (Neville 2000).}$$

Burada; V = P dalga hızı (kilometre/mikro saniye)

S= Malzemede bloğun ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (kilometre)

t = P dalganın gönderilmiş olduğu malzeme yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zamandır (mikro saniye).

### 2.2.3. Panel Numunelerin Isı Absorpsiyon Özelliklerinin Saptanması

Panel numunelerin, ısı absorpsiyon özellikleri Şekil 3'teki cihazla bulunmuştur. Cihaz içerisinde 3 bölme bulunmaktadır. Ortadaki bölme numune konulur. Diğer bölmelerden biri sıcak, diğeri ise soğuk hücre olarak adlandırılmaktadır. Sıcak hücreye istenilen değerde sıcaklık verilir, diğeri hücrede ise geçen sıcaklık alınır. Dış ortamdaki sıcaklık 20° iken, sıcak hücreye her malzeme için 60 °C ısı verilmiştir. Malzemelerin ısı iletimlerinin farklı olmasına bağlı olarak, soğuk hücrede okunan sıcaklıkların farklı olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Palmiye lifli panel.



Şekil 2. Isı iletkenlik cihazı.



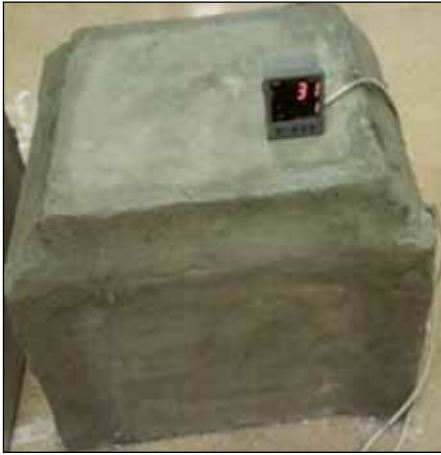
Şekil 3. Sıcaklık absorpsiyon ölçüm cihazı.

#### 2.2.4. Kapalı Mekânların Ses Geçirme Özelliklerinin Tayini

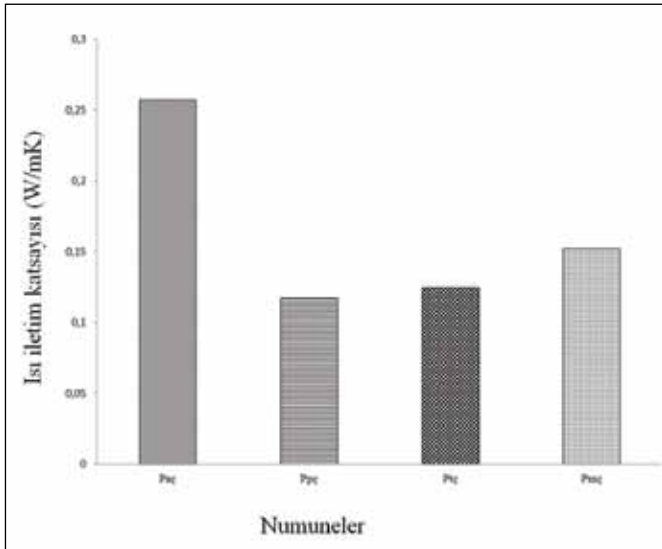
Üretilen panellerden aynı özellikte olanlar kullanılarak küçük mekânlar oluşturulmuştur. Mekânların içerisine, boşlukta ortalama 116 db şiddetinde ses çıkarabilen korna yerleştirilip malzeme, kenarlarından boşluk kalmayacak şekilde sıvanmıştır. Malzeme içerisinde korna çalarken dışarıya çıkan sesin şiddeti ölçülmüştür. Şekil 4’te iki yüzü çimento harcı ile sıvanmış kapalı mekân görülmektedir.

#### 2.2.5. Sıva Malzemelerinin Eğilme Dayanımlarının Bulunması

40x40x160 mm boyutlarında hazırlanan prizma numuneler kullanılarak sıva malzemelerinin eğilme dayanımları tespit edilmiştir. Bu amaçla, Zwick/ Roell 2010 Üniversal Test aleti kullanılmıştır. Test aleti bir noktadan yüklemelidir.



Şekil 4. İki yüzü çimento harcı ile sıvanmış kapalı panel mekân.



Şekil 5. İki yüzü çimento harcı sıvalı panellerin ısı iletim katsayıları.

### 3. Bulgular ve Tartışma

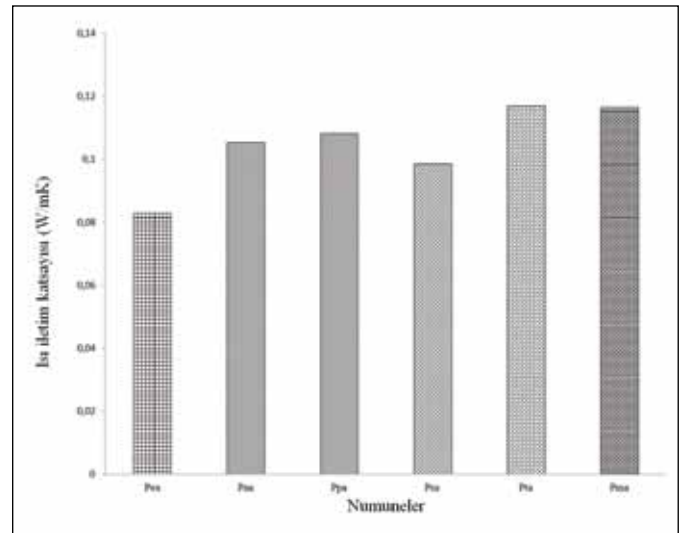
#### 3.1. Isı İletim Katsayısı

Dolgu malzemeleri ayçiçek sapı, palmye yaprağı, tekstil atığı ile mısır sapı olan ve çimento harcı ile sıvanmış panellerin ısı iletim katsayıları Şekil 5’te verilmiştir.

Şekil 5 incelendiğinde; en yüksek ısı iletim katsayısı ( $\lambda$ ) P<sub>AC</sub> numunesinde 0.2574 W/mK, ve en düşük ısı iletim katsayısı ise P<sub>PC</sub> numunesinde 0.1175 W/mK bulunmuştur. En düşük ısı iletim katsayısı ile en yüksek ısı iletim katsayısı arasında 0.1199 W/mK fark vardır. Çizelge 4’te verilen bazı malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerleri incelendiğinde ahşap yünü levhaların 0.035-0.07 W/mK arasında olduğu görülür. Buna göre palmye yaprağı ve tekstil atığı ile hazırlanan panellerin ısı iletim katsayısının ahşap yünü levhalara yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 6’da iki yüzü alçı harcı ile sıvanmış ekin sapı, ayçiçek sapı, palmye yaprağı, strafor atığı, tekstil atığı ve mısır sapı dolgulu ve iki yüzü alçı sıvalı panellerin ısı iletim katsayıları görülmektedir.

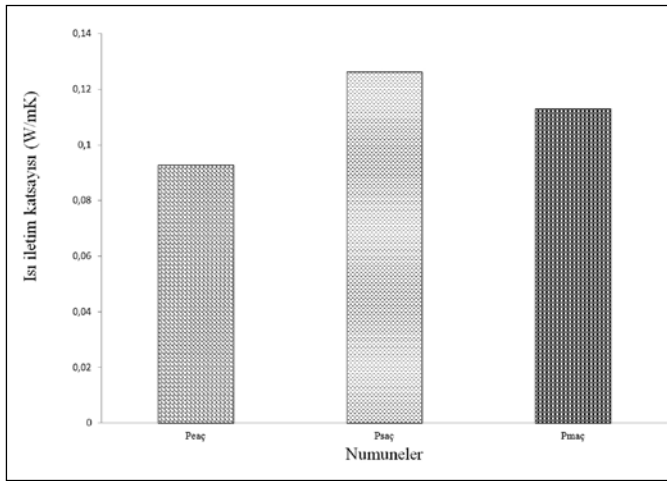
Şekil 6 incelendiğinde; tekstil atığı ile hazırlanan panelin en yüksek ısı iletim katsayısına sahip olduğu görülmektedir (0.116 W/mK). Ekin sapı ile hazırlanan panel ise en düşük ısı iletim katsayısına sahiptir (0.082 W/mK). İki arasında katsayı farkı 0.0341 W/mK’dir. Bulunan değerlere göre ekin sapının ısı iletim katsayısının daha düşük olduğu ve ısı yalıtımı için daha uygun bir malzeme olabileceği söylenebilir. Diğer malzemelerden yapılan panellerin ısı iletim katsayılarının Çizelge 4’teki yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarından daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 6. İki yüzü alçı ile sıvanmış panellerin ısı iletim katsayıları.

Şekil 7'de, ekin sapı, strafor ve mısır sapı dolgululu ve bir yüzü alçı bir yüzü çimento harcı ile sıvanmış panellerin ısı iletim katsayıları verilmiştir.

Şekil 7'ye göre; en yüksek ısı iletim katsayısının (0.126 W/mK) strafor atığı ile hazırlanan panelde, en düşük ısı iletim katsayısının ise (0.092 W/mK) ekin sapı ile hazırlanan panelde olduğu görülmektedir. En yüksek ile en düşük ısı iletim katsayıları arasındaki fark 0.033 W/mK' dir. Bir yüzü alçı, bir yüzü çimento harcı ile sıvanmış panellerde ekin sapı ve mısır sapının ısı iletim katsayılarının strafora göre daha düşük oldukları gözlenmiştir. Üçgül ve Turak (2015) tarafından tekstil katı atıklarının değerlendirildiği paneller

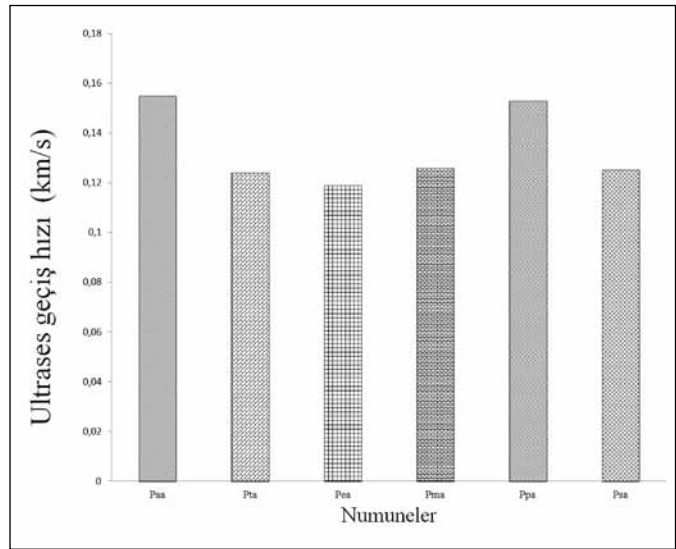


Şekil 7. Bir yüzü alçı, bir yüzü çimento harcı sıvalı panellerin ısı iletim katsayıları.

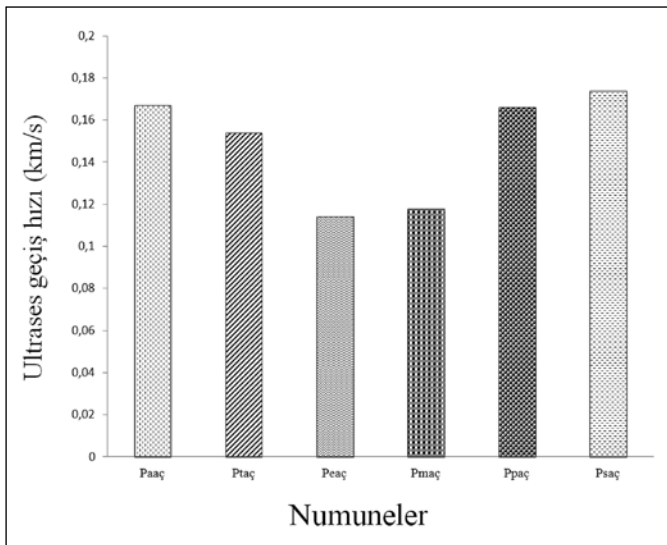
üzerinde en düşük ısı yalıtımı değeri (0,687 W/mK) pamuk atıkları ile yapılmış panellerde bulunmuştur. Doğal lifli malzemelerle üretilmiş panellerde ölçülen ısı geçirgenlik dirençleri daha yüksek bulunmuştur.

### 3.2. Ultrases Geçirgenlik Hızı

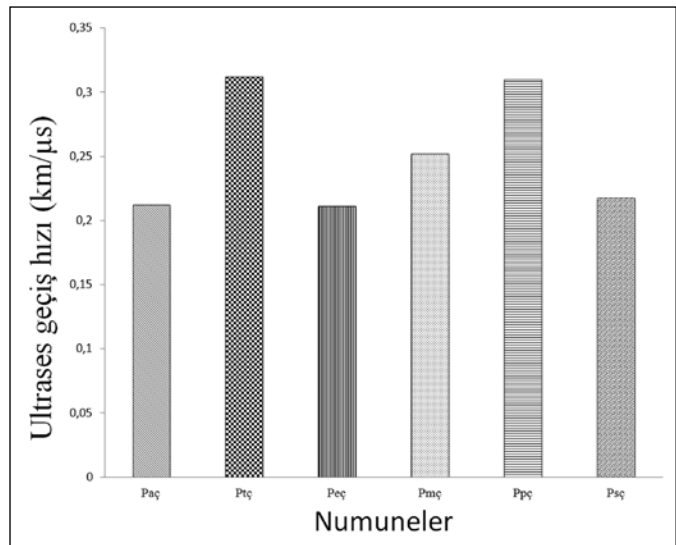
Hazırlanan panellerin ultrasonik cihazla saptanan ölçüm sonuçları şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 8' de iki yüzü alçı, Şekil 9'da bir yüzü alçı diğer yüzü çimento harcı ve Şekil 10'da iki yüzü çimento harcı sıvalı ayçiçek sapı, tekstil atığı, ekin sapı, mısır sapı, palmye yaprağı ve strafor atığı dolgululu panellerin ultrases geçirme hızları verilmiştir.



Şekil 8. İki yüzü alçı ile sıvanmış panellerin ultrases geçirme hızları.



Şekil 9. Bir yüzü alçı, bir yüzü çimento harcı sıvalı panellerin ultrases geçirme hızları.



Şekil 10. İki yüzü çimento harcı sıvalı panellerin ultrases geçirgenlik hızları.

Üstün kalitedeki betonlarda ultrases hızının 4,5 km/μs'den büyük, zayıf dayanımlı betonlarda ise 2,0 km/s den küçük çıktığı belirtilmiştir (Erdoğan 2003). Şekil 8'de verilen değerlere göre, test edilen panellerin ultrases geçirme hızlarının, zayıf dayanımlı betondan bile (2,0 km/μs) çok küçük olduğu için ses yalıtımı amacıyla kullanılabilmesi düşünülebilir. En küçük ultrases geçirme hızı, ekin sapı dolgulu panelde, en yüksek ultrases hızı ise ayçiçek sapı dolgulu panelde bulunmuştur. İkisi arasındaki ses hızı farkı 0.036 km/μs'dir. Ekin sapı ile hazırlanan panelin ses hızının daha az olması, diğer panellere göre daha boşluklu yapıya sahip olmasına bağlanabilir. Ayçiçek sapının da diğer panellere göre daha dolu bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Şekil 9'a göre; ekin sapı ile hazırlanan panelin ultrasonik ses hızı 0.114 km/μs'dir. En yüksek ses hızı strafor ile hazırlanan panelde görülmektedir (0.174 km/μs). İkisi arasındaki ses hızı farkı; 0.060 km/μs'dir. Ekin sapı dolgulu panele en yakın değer mısır sapı ile hazırlanan panelde ölçüldüğü görülmektedir.

İki yüzü çimento harcı ile sıvanmış tüm panellerin ultrases geçirgenlik hızları, iki yüzü alçı ve bir yüzü alçı diğer yüzü çimento harcı ile sıvanmış panellerden yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, bilindiği üzere, çimento harcının birim ağırlığı alçı harcından daha yüksektir bu ise ultrases hızının yükseltmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından doğal lifler kompozit malzeme üretilmesinde kullanılmıştır. Araştırmalarda güçlendirici malzeme olarak doğal liflerin kullanılması sayesinde, eğilme dayanımı, kesme dayanımı ve tokluk gibi özellikleri kesin olarak artarken malzeme maliyeti daha ekonomik olmuştur (Ali 2012). Diğer bazı

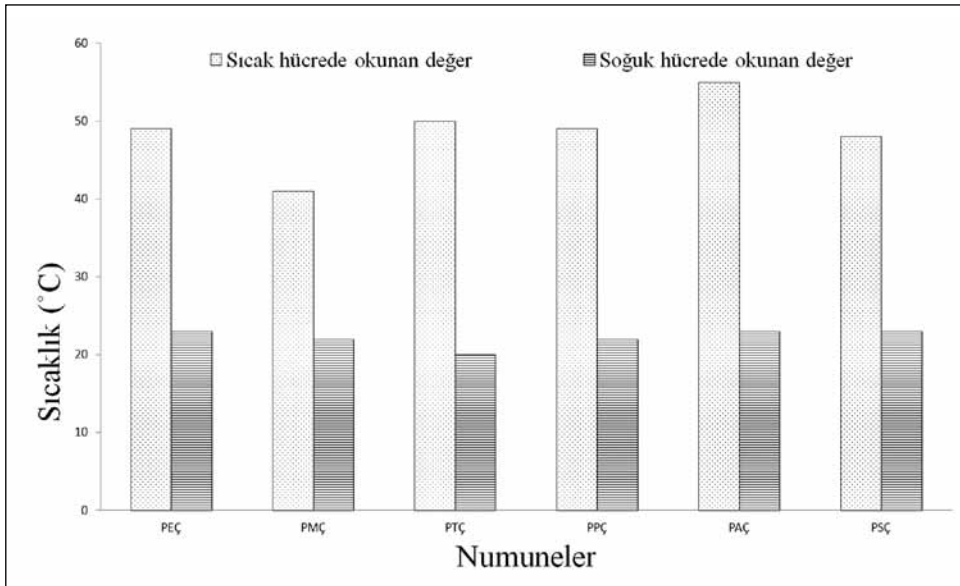
çalışmalarda, lifli kompozit malzemelerin iyileşen mekanik özellikleri yanında, lifli maddelerin çatlak azalmasına neden olduğu ve lif oranının artmasının bağlı olarak numunelerin çökme değerlerinin düştüğü belirlenmiştir (Saandepani 2013).

### 3.3. Isı Absorpsiyonu

Isı absorpsiyonu belirleme cihazı ile yapılan testte, numunenin bir yüzüne 5 dakika süre ile sıcaklık verilir diğer yüzden geçen ısı değeri okunmuştur. Panellere verilen ısıdan alınan ısı çıkarılarak ısı absorpsiyonu değerleri bulunmuştur. Bu yolla bulunan ısı absorpsiyon değerleri Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te sunulmuştur. Şekil 11'de ekin ve mısır sapı, tekstil atığı, palmye yaprağı, ayçiçek sapı ve strofor atığı dolgulu ve iki yüzü çimento sıvası ile sıvanmış panellerin sıcaklık absorpsiyon değerleri verilmiştir.

Şekil 11 incelendiğinde; tekstil atığı kullanılarak hazırlanmış panelin ısıyı diğer panellere göre daha çok absorbe ettiği görülmektedir. Sıcak hücrede ölçülen sıcaklık 50°C iken soğuk hücrede okunan sıcaklığın 20°C olduğu belirlenmiştir. Isıyı en az absorbe eden panel ise mısır sapıdır. Bu panelde sıcak hücrede okunan değer 41°C iken soğuk hücrede okunan sıcaklığın 22°C olduğu görülmektedir. Strafor içeren panellerin 25°C sıcaklık absorbe ettiği belirlenmiştir. Bu grup içinde en yüksek ısı absorbe eden numunenin tekstil atığı dolgulu olduğu görülmüştür. En düşük ise mısır sapı dolgulu panel olmaktadır.

Şekil 12'de her iki yüzü alçı ile sıvanmış panellerin ısı absorpsiyon değerleri verilmiştir. Şekil 12'ye göre; en fazla ısı absorbe eden panelin, tekstil atığı ile hazırlanan panel



Şekil 11. İki yüzü çimento harcı sıvalı panellerin ısı absorpsiyon değerleri.

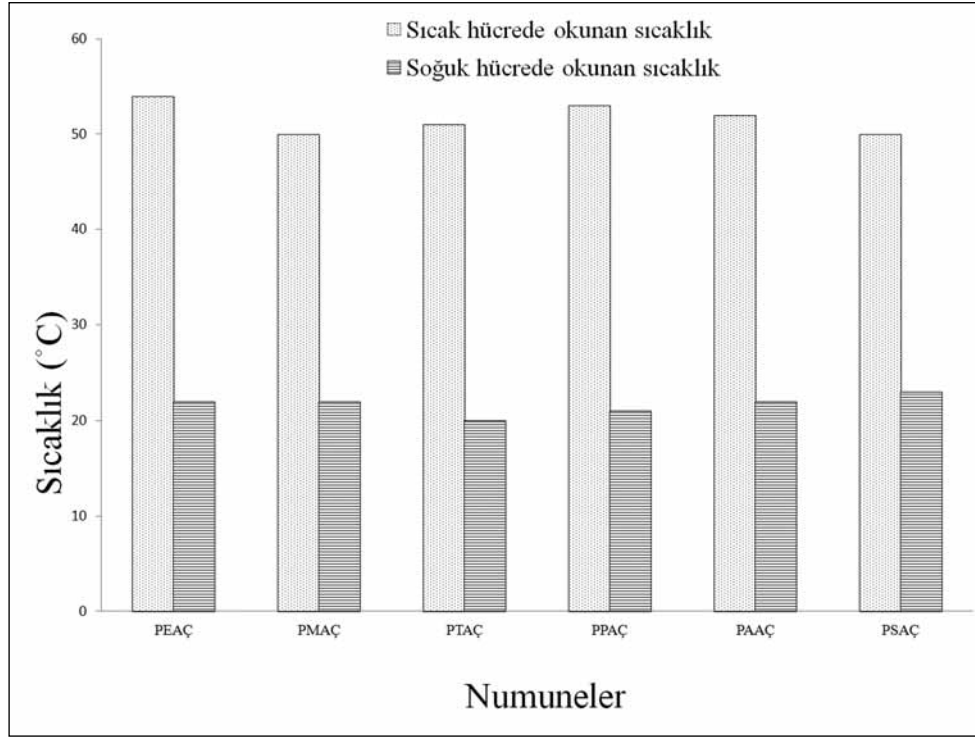


olduğu, Ayçiçek sapı ile hazırlanan panelin, diğer panellere oranla daha az sıcaklık absorbe ettiği görülmektedir.

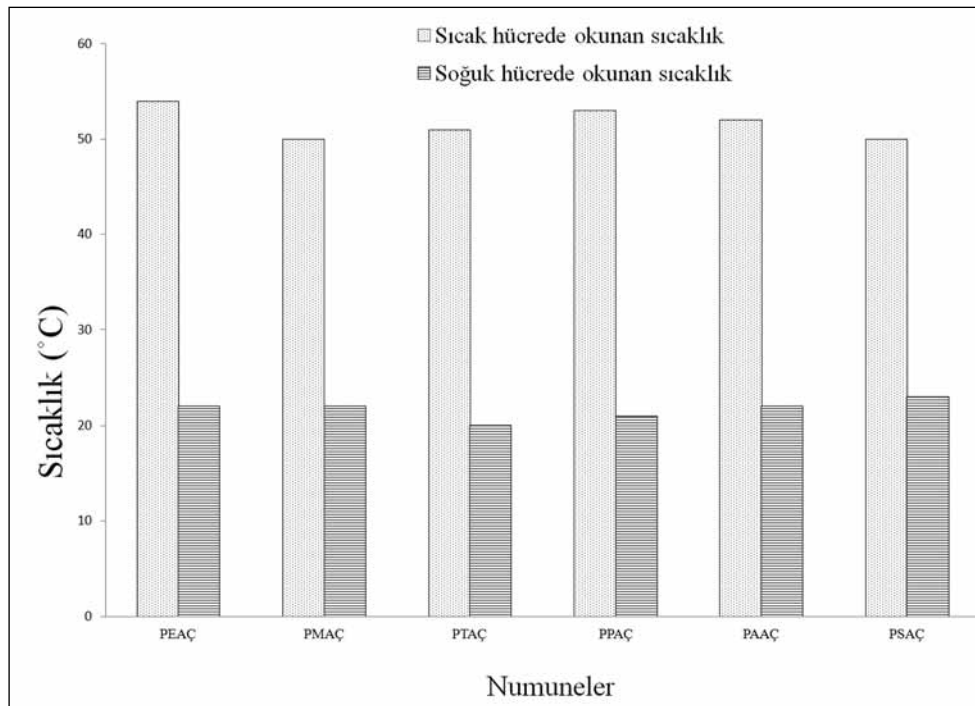
Şekil 13'te bir yüzü alçı, diğer yüzü çimento harcıyla sıvanmış panellerin ısı absorpsiyon değerleri görülmektedir. Şekil 13 incelendiğinde en fazla ısı absorbe eden 32 °C ile PEAÇ ve

PPAÇ numunelerininidir. En az ısı absorbe eden numune ise PSAÇ numunesidir. Bu numunelerin absorbe ettiği ısı 27 °C dır.

Şekil 11,12, 13 incelendiğinde atık malzemelerle üretilen panellerden PAÇ, PMA, PTA, PEAÇ ve PPAÇ



Şekil 12. İki yüzü alçıyla sıvalı panellerin ısı absorpsiyon değerleri.



Şekil 13. Bir yüzü alçı, bir yüzü çimento harcıyla sıvalı panellerin ısı absorpsiyon değerleri.

numunelerinde absorbe edilen ısı 32 °C. Panellerle aynı kalınlıktaki camyünü levha, beton, tuğla ve gazbeton ile yapılan deney sonuçları da göz önüne alındığında camyünü levhanın sıcaklığı en fazla absorbe ettiği görülmektedir (37°C). Atık maddelerden yapılan panellerce absorbe edilen ısı miktarı tuğla, gazbeton ve normal betondan daha iyidir.

### 3.4. Küçük Mekânların Ses Geçirgenliği

Yüzey sıvası aynı olan malzemelerden yapılan küçük mekânların içine, boşlukta 116 dB şiddetinde ses çıkarabilen bir korna konulmuştur. Kornanın açıkta ölçülen ses şiddeti ile mekânın içindeki ses şiddetinin, doğal olarak farklı olduğu görülmüştür. Sessiz ortamda ölçülen ses şiddeti, sessiz ortamda ölçülen korna sesi şiddeti ve yüzey sıvalarına göre yapılan küçük mekânların içinde ölçülen korna sesi şiddeti Şekil 14'te verilmiştir.

Şekil 14'e verilen değerlere göre dış ortamdaki korna sesi şiddeti 116 dB. İken, iki yüzü alçı sıvalı kapalı mekân içinde çalan korna sesi, mekân dışında 82 dB ölçülmüştür. İki yüzü çimento harcı ile sıvanmış mekânın içinde korna çalarken, mekân dışında 96 dB bulunmuştur. Bir yüzü alçı, diğer yüzü çimento harcı ile sıvanan mekânın içinde korna sesi dışardan 84 dB ölçülmüştür. Saptanan sonuçlar her iki yüzü alçı sıvalı mekânın 34 dB bir yüzü alçı, diğer yüzü çimento harçlı mekânın 20 dB ve bir yüzü alçı, diğer yüzü çimento harçlı

mekânın ise 32 dB. Şiddetindeki sesi tutmuştur. Panellerin ses tutma özelliklerinin olduğu anlaşılmıştır.

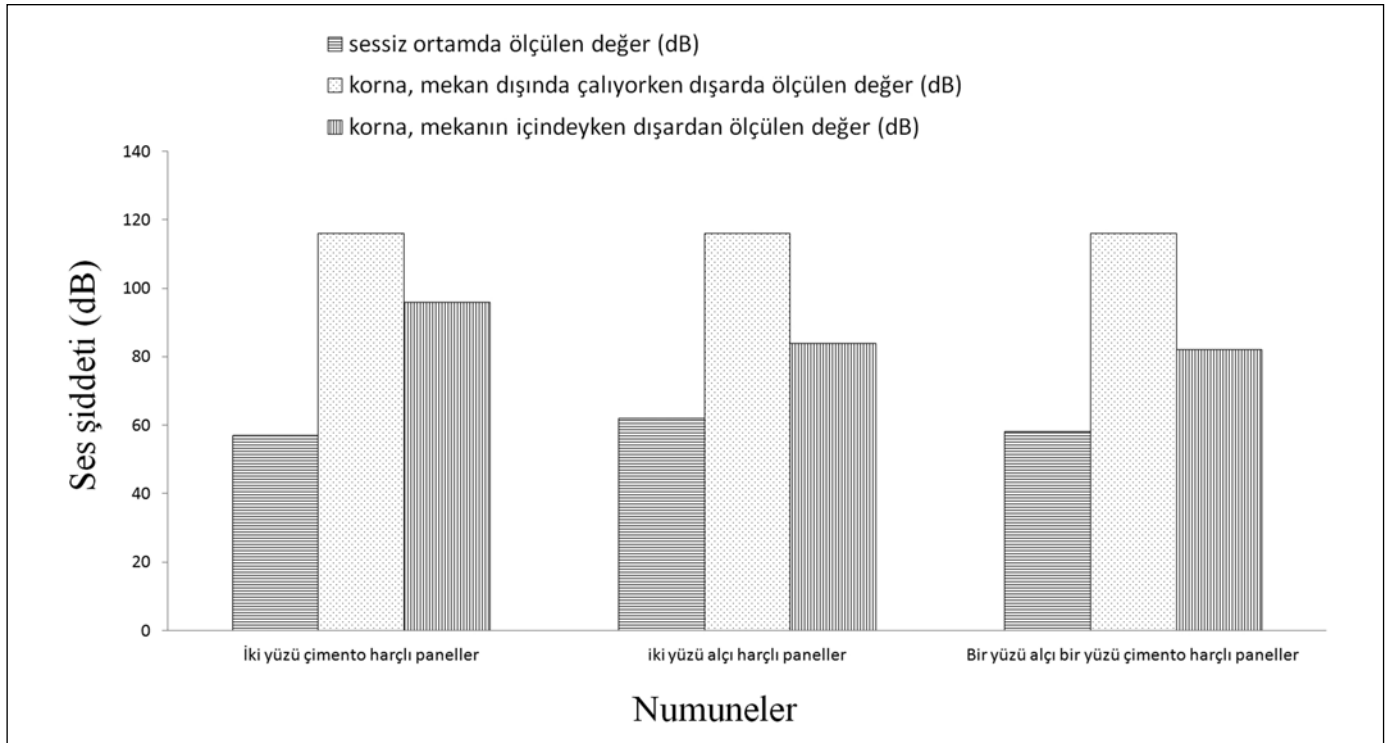
### 3.5. Sıva Malzemelerinin Eğilme Dayanımları

Sıva malzemelerinin Zwick/ Roell 2010 Üniversal Test aleti ile bulunan eğilme dayanımları; alçı 1.193 N/mm<sup>2</sup>, çimento harcı 3.308 N/mm<sup>2</sup> dir. Verilen sonuçlar üç numunenin eğilme dayanımının ortalamasıdır. Beklendiği gibi çimento harcının eğilme dayanımı, alçı sıva malzemesinin dayanımından yüksek çıkmıştır.

## 5. Sonuçlar

Türkiye'de yalıtım özelliği bulunan doğal malzemeler kamış, ekin sapı vb. yeterince değerlendirilmemekte; bazı yabancı ülkeler tarafından ithal edilip ülkelerinde ısı yalıtımı malzemelerinin üretilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmanın bulguları bu malzemelerin ülkemizde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Test edilen ısı iletim katsayısı değerlerine göre; ekin sapı dolgulu panellerin ısı iletim katsayısının, diğer malzemelerle yapılan panellere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ekin sapına en yakın değerler palmye yaprağı dolgulu panelde elde edilmiştir. Mısır sapı, ayçiçek sapı, tekstil atığı, strafor atığı dolgulu paneller



Şekil 14. Yüzey sıvasına göre oluşturulan kapalı mekânlarda ölçülen ses şiddeti.

- ısı yalıtımları bakımından, duvar yapımında kullanılan birçok malzemeden daha iyi sonuçlar vermektedir. Uluslararası geçerli standartlara göre bir malzemenin yalıtım malzemesi kabul edilmesi için ısı iletim katsayısının 0,065 W/mK küçük olması gerekir. Ekin sapı kullanılarak üretilen panellerin ısı iletim katsayısı bu koşula yaklaşmıştır. Sapların sıkıştırılması ile standard değerler yakalanacağı düşünülmektedir.
2. Panellerle yapılan kapalı mekânların önemli miktardaki gürültüyü absorbe ettiği saptanmıştır.
  3. Yapılan çalışmalar; doğal ve yapay atık lifli malzemelerin özellikle duvar panellerinin üretilmesinde kullanılması halinde önemli miktarda avantajlar sağlayacağını göstermiştir.
  4. Kırsal alandaki yerleşim birimlerinde (özellikle orman içi ve yakın köylerde) kamu kurumlarının desteği ile atık lifli malzemelerden üretilmiş panel duvarlı ve döşemeli binalar yapılarak yararlı halka öğretilmelidir. Araştırmada kullanılan panellerin kalınlığı 6 cm alınmıştır. Panel kalınlığının artırılması halinde yapı elemanının ısı ve ses tutma kapasitesinin yükseleceği düşünülmektedir.

## 6. Kaynaklar

- Acar, M. 2012.** Türkiye Biyoatık Potansiyeli ve Değerlendirilmesi. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun, s.26.
- Akgül, M. 1997.** Buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarından organosolu yöntemle kağıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD. 93s.
- Akgül, M., Güler, C., Çöpür, Y. 2010.** Certain physical and mechanical properties of medium density fiber boards manufactured from blends of corn stalks and pine (*pinusnigra*) wood. *Turk J Agric For*, 34:197-206.
- Ali, M. 2012.** Natural fibres as construction materials. *J. Civil Eng. Const. Tech.*, 3(3): 80-89.
- Avcı, E. 2007.** <http://heryerdenhaber.com/V1/Pg/DetailCity/New ID/40832>
- Berge, B. 2009.** The Ecology of Building Materials. Second ed., 978-1-85617-537-1.
- Briga-Sá, A., Paiva, A., Boaventura-Cunha, J., Lanzinha, J.C. 2012.** Contribution of the Trombe wall to sustainable buildings: experimental work. In: 38th IAHS World Congress on Housing Science, İstanbul, Turkey.
- Eken, M. 2012.** Yalıtım Malzemelerinin Üretilmesinde Atık Malzemelerin Kullanılması Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. ABD.
- Erdoğan, TY., 2003.** Beton. METU Pres.
- Eryıldız, DI., Başkaya, A. 2000.** Saman Balyası ile yapılanma: Kırıkkale-Hasandede'de Bir Prototip Yapımı. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 15, 87-104.
- Ibrahim, SH., Sia, WK., Baharun, A., Nawi MNM., Affandi, R. 2014.** Thermal Performance of Oil Palm Fibre and Paper Pulp as the Insulation Materials. *UNIMAS e-J. Civil Eng.*, 22-24.
- Karakoç, TH., Binyıldız, E., Turan, O. 1999.** Binalarda ve Tesisatlarda Isı Yalıtımı, ODE Tek. Yayınları, Yayın No: 20, İstanbul.
- Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut, T. 2014.** Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım: Ahşap Polimer Kompozitler. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3-4 Nisan, Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş – İstanbul.
- Neville, A., 2000.** Properties of Concrete. Pearson Education Limited.
- TS EN 13171. 2010.** Isı yalıtım mamülleri-Binalarda kullanılan-fabrika yapımı odun lifi (wf) mamüller-Özellikler.
- TS 825. 2009.** Binalarda ısı yalıtım kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Üçgül, İ., Turak, B. 2015.** Tekstil Katı Atıklarının Geri Dönüşümü ve Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. *APJES III-III*, 39-48.
- Vajje., S. Murthy., NRK. 2013.** Study On Addition Of The Natural Fibers Into Concrete. *Int. J. Scientific Tech. Res.*, 2 (11): 213-218.