

## Ekolojik Yeni Nesil Kerpiç

Ecological New Generation Adobe



ANTALYA  
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

Yıldız LEBLEBİCİER<sup>1\*</sup>

Arda AKINCI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Bilim ve Sanat Merkezi, Afyonkarahisar / Türkiye

<sup>1</sup>Dumlupınar Science and Art Center, Afyonkarahisar / Turkey

\*yildizleblebicier@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-2835-7584

ardaakinci0@gmailmail.com

ORCID: 0000-0002-0553-4613

### MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

**Geliş Tarihi / Date Received**

18.10.2020

**Kabul Tarihi / Date Accepted**

30.12.2021

**Yayın Tarihi / Date Published**

Aralık / December 2020

**Yayın Sezonu / Pub Date Season**

Aralık - Haziran / December - June

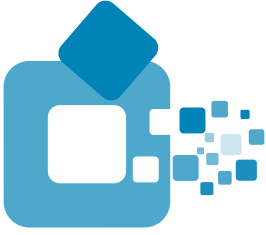
### ATIF / CITE as

Leblebicier, E., Akıncı, A. (2021).” Ekolojik Yeni Nesil Kerpiç” / ”Ecological New Generation Adobe”. bilar: Bilim Armonisi Dergisi, 4 (2): 12-19. doi: 10.37215/bilar.827628

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





## Ekolojik Yeni Nesil Kerpiç

Ecological New Generation Adobe



ANTALYA  
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

### ÖZET

Tüm dünyayı etkisi altına alan teknolojik gelişmeler; yüksek teknoloji bedeli olarak doğanın artık temizleyemediği çevre kirliliğini de beraber getirmiştir. Dünyamızdaki enerji kaynaklarının hızla tükenmesi birçok ülkeyi enerjiyi tasarruflu kullanacak şekilde yeni yöntemler arayışına itmiştir. Bu çalışmada enerji tasarrufu, ekonomi tasarrufu sağlayacak ve aynı zamanda çevreye karşı dost bir yapı yalıtım malzemesi üretimi amaçlanmıştır. Ülkemizin yarısına yakın nüfusu kırsal alanda yaşamaktadır. Kırsal kesime uygun bir yapı malzemesi de kerpiçtir. Kerpiç hem maliyeti az hem kolay yapılabilir hem de çevre dostudur. Bu çalışmanın temel amacı birtakım takviye malzemeleri kullanarak kerpiğin maliyetini koruyarak kalitesini artırmaktır. Takviye katkı malzemeleri olarak atık cam tozu, pomza, mermer tozu, alçı, sönmüş kireç ve volkanik tüf seçilmiştir. Bu malzemelerin toprak ile karışımlarından 3 farklı numune hazırlanarak bu malzemelerin optimum değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Bulunan optimum değerler ile hazırlanan yeni nesil kerpiğin basınç dayanımı yüksek, yoğunluğu ve termal iletkenliği düşüktür.

**Anahtar Sözcükler:** Kerpiç, ekolojik ürün, atık cam, tüf, pomza, alçı.

### ABSTRACT

Technological developments affect the whole world; As a cost of high technology, it has brought environmental pollution which nature can no longer tolerate. The rapid depletion of energy resources on earth has pushed many countries around the world to take control of energy-requiring works and to seek new methods for using energy efficiently. In this study, is aimed to produce an environmentally friendly building insulation material that will save energy and economy. Half of our country's population live in rural areas. Suitable building material for rural areas is adobe. Adobe is both cheap, easy to use and environmentally- friendly. The main purpose of this study is to increase the quality of adobe while protecting the cost of adobe by using some reinforcement materials. As reinforcement materials, stone glass powder, pumice, marble dust, gypsum slaked lime and volcanic tuff are selected. Preparing 3 different samples from the mixture of these materials with the soil, optimum values of these materials are tried to be found.

**Keywords:** Adobe, ecological product, waste glass, tuff, pumice, plaster.

## 1. GİRİŞ

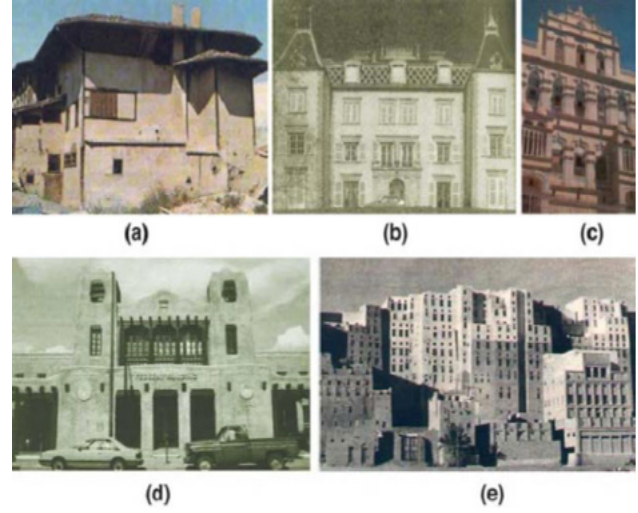
Tüm dünyayı etkisi altına alan teknolojik gelişmeler; yüksek teknoloji bedeli olarak doğanın artık temizleyemediği çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir (Acun ve Gürdal 2003). Teknoloji gelişirken çok çeşitli yapı malzemeleri üretilmekte ancak bu durum aynı zamanda yaşadığımız dünyanın da kirlenmesine neden olmaktadır. Oysa gelecek nesillere yaşanabilir bir doğa bırakmak kaçınılmazdır. Yeryüzündeki enerji kaynaklarının hızla tükenmesi dünyadaki birçok ülkeyi enerji gerektiren çalışmalarını kontrol altına almaya ve enerjiyi tasarruflu kullanmak için yeni yöntemler arayışına itmiştir (Batar vd. 2009).

Dolayısıyla çevre korunumunu ön plana alan araştırmacılar, üretiminde enerji kullanılmayan veya çok az enerjiye ihtiyaç duyan, kullanımı sırasında enerji tasarrufunu sağlayan malzemelere yönelmişlerdir. Kyoto protokolünde belirlenen hedeflere göre, 1990 yılı ile karşılaştırıldığında 2020 yılı itibarıyla; %20 daha az enerji tüketilmesi, %20 daha az karbon emisyonu yapılması ve üretilen enerjinin %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması yönünde çalışmalar yapılmaktadır (Çalış vd. 2009)

Geçmişten gelen geleneksel bir yapı malzemesi olan “kerpiç” hem yapım esnasında hem de kullanımı sırasında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık %30'u kerpiç evlerde yaşamaktadır (Parra-Saldívar ve Batty 2006). Kerpiç, doğal ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Ekonomik olması, kolaylıkla üretilebilmesi ve üretiminde enerji kullanılmaması kerpiğin en önemli üstünlüklerindedir. Çünkü günümüz yapı malzemelerinin önemli materyali olan tuğlalar üretilirken 900 °C'deki fırınlarda pişirilerek enerji tüketimine neden olmaktadır. Oysa kerpiç hazırlandıktan sonra açık havada kurutulmaktadır. Ayrıca kerpiğin üretimi sırasında zararlı gaz (CO<sub>2</sub> gibi) salınımının olmaması ekosisteme olumlu katkısı açısından en önemli ayrıcalığıdır. Kerpiç herkes tarafından kolaylıkla üretilebilir. Üretilirken çevreye atık bırakılmaz, üstelik kerpiç ömrünü tamamladığında oluşan atıklar doğaya uyumludur. Kerpiç üretiminde insan gücü yeterli olurken tuğla üretimi esnasında basınçlı özel dizaynedilmiş sıkıştırıcı aletlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kerpiç toprağındaki gözenekli yapıdan dolayı nemi hapseder ve kullanıldığı alanların nem dengesini sağlar (Çavuş vd 2015).

Özellikle Anadolu, Orta Asya, Afrika gibi bölgelerde ve dünyanın pekçok yerinde geçmiş zamanlardan beri kerpiç kullanılmaktadır. Dünyada kerpiç yapı malzemesi ile yapılmış çeşitli yapılar mevcuttur. Hatta bazı özgün yapılar da bile kerpiç kullanımı görülmektedir (Acun ve Gürdal 2003). Binaların daha az enerji harcaması, sıfır atık kapsamındaki geri

dönüşüm malzemelerinin kullanılması ile ekolojiye saygılı olunabilir. Ekolojik kerpiç binalar maksimum derecede ekolojiyi korumaya alırken, yapılarda yaşanabilecek en uygun ortamı sağlamaktadır. Enerji tasarruflu yapı malzemesi olan kerpiçler, maksimum düzeyde gün ışığından faydalanmaktadır. Yapılar doğal yoldan havalanmaktadır (Koçu 2012).



Şekil 1. Geleneksel Kerpiç Yapı Örnekleri a) Anadolu evlerinden bir örnek, b) Fransa'da kerpiç duvarlı tarihi şato yapısı, c) Yemen'de, kerpiç duvarlı Ishshah sarayı, d) Yemen'de kerpiç duvarlı banka binası, e) Yemen'de, kerpiç duvarlı toplu konutlar (Eroğlu ve Akyol 2017).

Kerpiç malzemenin avantajlarının yanında dezavantajları da vardır:

Basınç dayanımı (basınca karşı koyma gücü) düşüktür. Suya karşı hassasiyeti yüksek olduğundan kullanıldığı alanlarda sık sık bakım gerektirir (Çalış vd. 2009). 1980 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde TÜBİTAK MAG 505 Projesi kapsamında doğal ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan kerpiğin teknik özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmaları yapılmış ve alçılı kerpiçler (ALKER) üretilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada geleneksel kerpiç üretiminden farklı bir şekilde üretim yapılarak kerpiğin zayıf özellikleri iyileştirilmiştir. Hazırlamak istediğimiz yeni nesil kerpiç için toprak seçimi önemlidir. İyi bir toprak, yarı nemli durumda avuç içinde sıkıldığında ele yapışarak top haline gelmeli, yere bırakılınca dağılmadan yere yapışmalı bir bütün halinde kalmalıdır. Bu özelliklere sahip Afyonkarahisar Ateş Tuğla Fabrikası'ndan sağlanan toprağa eklenen çeşitli oranlarda alçı, kireç, boraks, pomza ve volkanik tüf katkısının, karışımının bünyesel davranışını hangi oranda değiştirdiğini göstermek için numuneler hazırlanmıştır.

## 2.1. Yeni Nesil Kerpeç için Toprak Seçimi

Afyonkarahisar Ateş Tuğla Fabrikası'ndan temin edilen toprağa farklı oranlarda alçı, kireç, pomza, atık cam tozu, organik elyaf olarak keten lifleri ve bölgemizdeki volkanik tüf atıklarından ilave edilerek numuneler hazırlanmıştır. Çizelge 1 yeni nesil kerpeç hazırlamada kullanılacak toprağın fabrika tarafından MTA'ya (Maden Tetkik Arama) yaptırılan analiz sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 1. Kerpeç yapımında kullanılacak toprağın MTA analiz sonuçları.		
Testler	Test Sonuçları	
Toprağın Rengi	Koyu Bej Renginde	
Yaş Elek Analizi		
2,8 mm üstü %	1,59	TS 4790
0,2 mm üstü %	15,31	
İri tanelerin cinsi	Kalsit	TS 4790
Kalıplama yeteneği	İyi	Gözlem
Plastiklik suyu %	27,68	TS 4790
Toplam doğrusal küçültme %	5,38	TS 4790
Su emme tayini		TS EN 777-1
(Suda kaynatma metodu) %	21,97	TS EN 777-7

Kullanılacak toprağın yeni nesil kerpeç için uygun olup olmadığı çamurlaşma deneyi ile belirlenmiştir.

## 2.2. Numune İçeriklerinin Sembolleri:

Yeni nesil kerpeç hazırlamak üzere kullanılacak toprağa katılması planlanan katkı maddeleri ve sembolleri Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Katkı maddeleri ve sembolleri	
Numune Sembolü	Numune İçeriği
C1	1 numaralı atık cam tozu katkılı numune
C2	2 numaralı atık cam tozu katkılı numune
C3	3 numaralı atık cam tozu katkılı numune
P1	1 numaralı pomza tozu katkılı numune
P2	2 numaralı pomza tozu katkılı numune
P3	3 numaralı pomza tozu katkılı numune
O1	1 numaralı organik elyaf keten katkılı numune
O2	2 numaralı organik elyaf keten katkılı numune
O3	3 numaralı organik elyaf keten katkılı numune
A1	1 numaralı alçı katkılı numune
A2	2 numaralı alçı katkılı numune
A3	3 numaralı alçı katkılı numune
K1	1 numaralı kireç katkılı numune
K2	2 numaralı kireç katkılı numune
K3	3 numaralı kireç katkılı numune
V1	1 numaralı volkanik tüf katkılı numune
V2	2 numaralı volkanik tüf katkılı numune
V3	3 numaralı volkanik tüf katkılı numune

## 2.3. Kerpeç Çamurunun ve Numunelerinin Hazırlanması

Kerpeç yapmak için uygun toprak olarak, Afyonkarahisar-Uşak bölgesinden sağlanan toprak seçilmiştir. Kerpeç toprağının iyi biçimlendirilmesi için, toprağın kıvamının iyi ayarlanması gerekir. Toprağın kıvamı, katılan su miktarı ile değişir. Toprak su karışımında su arttıkça, yeni nesil kerpeçin dayanımı azalır, zor kurur. Kuruma sırasında fazla büzülme ve çatlama yaptığı gibi, biçimi bozulabilir.



Şekil 2. Ahşap Kalıp

Karışımında standart kıvam için gereken su miktarı TS 2514'te tanımlanan "2.1.3-Standard Kıvamın Elde Edilmesi" tarifine göre belirlenmiştir. Kerpeçin uygun kıvamı için gerekli su miktarı belirlendikten sonra, bunun bir kısmı

katkı maddesi karışımı için ayrılmıştır. Geri kalan su ile toprak iyice karıştırılıp sert bir hamur kıvamına geldiğinde 24 saat dinlendirilmiştir. Çamuru oluşturulan toprağın kuru ağırlığına göre belirlenen katkı maddesi (alçı, kireç, pomza, atık cam tozu ve keten atıklar) ayrılan suya mekanik karıştırıcıda karıştırılır. Akıcı kıvamdaki bu karışım dinlendirilmiş çamurla iyice karıştırılarak tavllanmış çamur, kalıba yerleştirilmeye hazır hale gelir. Çamurun karşılaştırılması ve kalıba yerleştirilmesi katkı maddesinin katılma süresinden daha kısa zamanda bitirilmelidir. Kerpeç üretimi için uygun kıvamdaki çamur, ahşap kalıplara dökülerek şekillendirilir.

Yukarıda anlatıldığı gibi 1000 g toprağı çamur haline getirmek için öncelikle göz açıklığı 30 mm olan elekten toprak eilenmiş ve optimum su miktarı 220 ml olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan çamur 24 saat dinlendirilmiş ve Çizelge 3'te yer alan katkı maddeleri oranlarına göre karıştırılmış ve kalıplanmıştır. Kurutulan numunelerin özellikleri karakterizasyon çalışmaları ile belirlenmiştir. Kuruma işlemine gölgede başlanmış ve çevrilerek bütün yüzeylerin aynı şekilde kuruması sağlanmıştır. Örnekler değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutma işlemine devam edilmiştir.

Çizelge 3. Yeni nesil kerpiçteki pomza, sönmüş kireç, volkanik tüf, alçı cam tozu ve organik keten lifi oranları.

Numune	% Atık cam	% Pomza	% organik lif	% Alçı	% sönmüş kireç	% Volkanik Tüf	% toprak	Kümülatif
Kontrol A							100	100
C1	2						98	100
C2	4						96	
C3	6						94	
P1		2					98	
P2		4					96	
P3		6					94	
O1			1				99	
O2			2				98	
O3			3				97	
A1				10			90	
A2				20			80	
A3				30			70	
K1					2		98	
K2					4		96	
K3					6		94	
V1						5	94	
V2						10	88	
V3						15	82	

### 2.3.1. Organik lif katılması

Yeni nesil kerpiç içine organik lif veya bitki artıklarının katılması ile dengeli, homojen kuruma sağlanır, büzülme ve çatlama azalır, dayanım artar. Anadolu'da eskiden beri kerpiçin sağlamlığını arttırmak ve çatlama önlemek için, saman katılmaktadır.

### 2.4. Kerpiç Toprağının Suda Dağılıma Deneyi

Kerpiç yapımı için seçilen toprağın bu işlem için uygun olup olmadığını belirlemek üzere suda dağılıma deneyi yapıldı. Hazırlanan üç numune kurutulduktan sonra Şekil 3'deki gibi alt ucu 5 cm suyun içine girecek biçimde asıldı. Suya batırılmasından, sudaki kısmın kopup ayrılmasına kadar geçen süre belirlendi. Deney numunesinin suya batırılmış kısmı bir saatte koparsa bu numune suda kolayca çamurlaşacak türden sayılır. Süre bir saatten fazla ise çamurlaşması zor demektir. 45 dakika veya daha kısa sürede kopup ayrılan numunelere ait çamurdan ise hiçbir zaman kerpiç yapılmamalıdır (Çavuş vd 2015).



Şekil 3. Kerpiç için seçilen toprağın çamurlaşma deneyi.

### 2.5. Basınç Dayanımı Testi

Hazırlanan numunelerin basınç dayanımını ölçmek üzere numunelere kg cinsinden kuvvet uygulandı. Uygulanan kuvvet Pascal olarak hesaplanır. Üç kez deney yapıp ortalaması alındı.



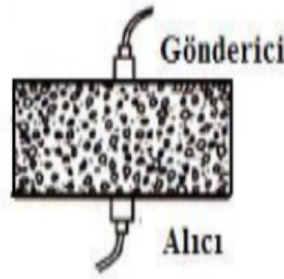
Şekil 4. Basınç dayanımı testi

### 2.6. Ultrasonik Ses Dalgaları Hızı Deneyi

Ultrasonik dalga hızı yöntemi; sinyal alıcı ve gönderici başlıkların numuneye doğrudan iletim yöntemi (Şekil 5) ile yerleştirilerek numunenin içerisine gönderilen Ultrasonik dalgaların numunenin bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçme süresi Posso Cihazı ile ölçüldü. (Şekil 6) P-dalgahızı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanır (Zebari vd 2017):  $V_p = (A/t)$  (cm<sup>2</sup>/μs)

$V_p$ : Ses üstü dalga hızı (m/s),

t: Ultrasonik dalganın bir yüzeyden diğerine ulaşana kadar geçen zaman (μs)



Şekil 5. Doğrudan iletim yöntemi



Şekil 6. Ultrasonik ses dalgaları ölçüm cihazı

### 2.7. Termal İletkenlik Testi

Termal iletkenlik, malzemelerin ısı taşıma özelliklerinin tanımlanması için kullanılan termodinamik özellikler arasında önemli olanıdır. Termal iletkenlik analiz cihazı ile malzemelerin termal iletkenlik sabiti değerleri (k) W/mK cinsinden belirlenmiştir.

### 2.8. Yoğunluk Hesabı

Yapı malzemelerinin en önemli fiziksel özelliklerinden biri de yoğunluktur. Malzeme ağırlığının boşluklar çıktıktan sonraki katı kısmının hacmine olan oranıdır. Aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:



$$\text{Yoğunluk (d)} = m/V$$

$$d = \text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{)},$$

$$m = \text{Malzemenin toplam ağırlığı (g)},$$

$$V = \text{Malzemenin toplam hacmi (cm}^3\text{)}$$

Bu çalışmada malzeme boşlukları ihmal edilmiştir. Belirlenen optimum katkı oranları ile yeni nesil kerpeç numunesi hazırlanmış ve Şekil 5 kalıplanmıştır. Hazırlanan yeni nesil kerpeç için termal iletkenlik, basınç dayanımı, yoğunluk değerleri hesaplanmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Kerpeç Toprağının Suda Dağılıma Deneyi

Suya dayanıklılık deneyi TS 2514'te tanımlanan "2.2.2.3- Kerpeç Blokların Su Etkisiyle Dağılıma Deneyi" ne uygun olarak yapılmıştır. Şekil 1'de gösterilen düzenekle kerpeç yapımında kullanılacak toprağın çamurlaşma süresi ortalama 83 dakika olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen verileri anlamlı hale getirmek ve sonuçların güvenilirliğini test etmek amacı ile üç numune hazırlanmış ve ortalaması alınmıştır.

#### 3.2. Basınç Dayanımı ve Ultrasonik Ses Dalgaları Hız Ölçümleri

Hazırlanan 30x30 mm Boyutlarındaki silindirik test numunelerine standartlara uygun basınç dayanımı testleri uygulanmıştır. En yüksek basınç dayanımı organik elyaf keten katkılı numunelerde gözlenmiştir. Ultrasonik ses dalgalarının geçiş hızı basınç dayanımını desteklemek için yapılmıştır.

Kerpeçin basınç dayanımı  $P_{max}$  = Kırılma yükü (kgf )

$$A = \text{Numunenin basınç uygulanan alanı (mm}^2\text{)}$$

$\sigma_k$  = Kerpeçin basınç dayanımı kgf/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanır.

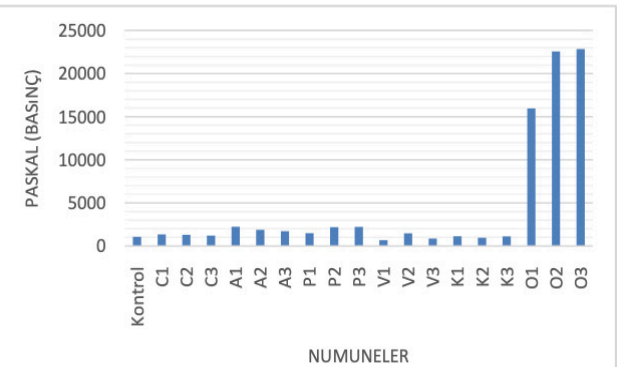
Çizelge 4. Numunelerin basınç dayanım testi sonuçları			
Numuneler	Ultrasonik Ses dalgaları hızı (cm <sup>2</sup> /us)	Numuneler	Basınç Dayanımı (Pascal)
Kontrol Grubu	0,406	Kontrol Grubu	1075
C1	0,428	C1	1346
C2	0,408	C2	1304
C3	0,395	C3	1207
A1	0,446	A1	2234
A2	0,398	A2	1873
A3	0,369	A3	1720
P1	0,422	P1	1498
P2	0,451	P2	2192
P3	0,389	P3	2220
V1	0,407	V1	679
V2	0,443	V2	1470
V3	0,389	V3	874

Çizelge 4. Numunelerin basınç dayanım testi sonuçları			
Numuneler	Ultrasonik Ses dalgaları hızı (cm <sup>2</sup> /us)	Numuneler	Basınç Dayanımı (Pascal)
K1	0,356	K1	1137
K2	0,356	K2	971
K3	0,396	K3	1124
O1	0,422	O1	1595
O2	0,427	O2	2256
O3	0,435	O3	2284

Kerpeç numunesinin içerisinden geçen ultrasonik sesin hızı ile basınç dayanımı hakkında direkt bir ilişki yoktur. Fakat kerpeçin yoğunluğu ile alakalıdır. Yoğunluğu az olan bir kerpeçte (boşlukları fazla olan kerpeç), ultrasonik kerpeçin bir yüzeyinden diğer yüzeyine ulaşma süresi daha uzundur. Başka bir deyişle kerpeçin içerisindeki boşluk arttıkça, ultrasonik geçiş hızı yavaşlar; kerpeçin içerisindeki boşluk azaldıkça, ultrasonik geçiş hızı da artar. UPV ölçümlerine göre numunelerimiz Çizelge 5 referans alındığında "çok iyi" sınıfına dahil olmaktadır.

Çizelge 5. Betonun UPV'ye göre sınıflandırılması (IS.1992).	
UPV (km/s)	Beton kalitesi
>4,5	Çok iyi
3,5-4,5	iyi
3,0-3,5	orta
< 3,0	kötü

Kerpeç numunelerinin basınç dayanımı değerleri karşılaştırıldığında elde edilen grafiğe göre (Şekil 7 organik elyaf katkılı numunelerin (O1,O2,O3) doğal yapısı sebebiyle basınç dayanımlarının diğer numunelere göre çok fazla olduğu gözlenmiştir.)



Şekil 7. Numunelerin basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

#### 3.3. Termal İletkenlik Değeri

Malzemelerin iyi bir ısı yalıtım özelliği gösterebilmesi için ısı iletkenlik değerinin diğer malzemelere göre düşük olması gerekir. Isı iletkenlik değeri ne kadar sıfıra (0) yakınsa malzeme o derece ısı yalıtım özelliğine sahiptir. Isı iletkenlik değeri Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (Netzsch) cihazı ile ölçülmüştür. Çizelge 6'da ölçülen değerler karşılaştırıldığında en düşük ısı iletkenlik değeri volkanik tüf katkılı kerpeç numunelerinde gözlenmiştir.

Çizelge 6. Numunelerin ısı iletkenlik değerleri.	
Numune ismi	Isı İletk. Hes. D.λ (W/mK)
Kontrol Z	0,64
C1	0,91
C2	0,89
C3	0,87
P1	0,62
P2	0,68
P3	0,68
O1	0,40
O2	0,47
O3	0,51
A1	2,34
A2	2,11
A3	2,70
K1	1,13
K2	1,01
K3	0,91
V1	0,37
V2	0,42
V3	0,38

### 3.4. Hazırlanacak Numunelere İlave Edilecek Katkıların Belirlenmesi

Yapılan testler doğrultusunda kerpiç toprağımıza katılacak katkıların optimum değerleri Çizelge 7’de belirlenmiştir.

Çizelge 7. Numunelerin katkı oranları, basınç dayanımı, termal iletkenlik ve ultra ses dalgaları hız değerleri											
Numune İsmi	% Atık cam tozu	% Pomza	% Alçı	% sönmüş kireç	% Volkanik Tuf	% Organik Elyaf katkı	% toprak	Kümüllülük	Basınç dayanımı (Pascal)	Termal İlet. Kat. (W/mK)	Ultr. ses dal. Hızı (cm <sup>2</sup> /ms)
Kontrol							100	100	1075	0,64	0,406
C1	2						98		1207	0,91	0,428
C2	4						96		1304	0,89	0,408
C3	6						94		1346	0,87	0,395
P1	6	2					98		1498	0,12	0,422
P2		4					96		2192	0,18	0,451
P3		6					94		2220	0,22	0,389
A1			10				90		2234	0,40	0,446
A2	6	6	20				80		1873	0,47	0,398
A3			30				70		1720	0,51	0,369
K1				2			98		1137	1,13	0,356
K2	6	6	10	4			96		971	1,01	0,356
K3				6			94		1124	0,91	0,396
V1					5		95		679	0,37	0,407
V2	6	6	10	2	10		90		1470	0,42	0,443
V3					15		85		874	0,91	0,389
O1						1	99		15958	0,37	0,422
O2	6	6	10	2	10	2	98		22563	0,42	0,427
O3						3	97		22841	0,38	0,435

Çizelge3’te belirtilen karışım oranlarına göre hazırlanan kerpiçlerdeki atık cam tozu oranlarının belirlenmesi için C1, C2, C3 numuneleri; pomza oranlarının belirlenmesi için P1, P2, P3 numuneleri; alçı oranlarının belirlenmesi için A numuneleri, Sönmemiş kireç oranlarının belirlenmesi için K1, K2, K3 numuneleri; volkanik tuf oranlarının belirlenmesi için V1, V2, V3 numuneleri ve organik elyaf olarak keten liflerinin oranlarının belirlenmesi için O numuneleri hazırlanmıştır. Z numunesi kontrol numunesi olarak katkısız hazırlanmıştır. Basınç dayanımı, yoğunluk, termal iletkenlik katsayısı ve Ultrasonik ses dalgaları hız test sonuçlarına göre (Çizelge7) optimum olarak pomza %6, alçı %10, sönmüş kireç %2, volkanik tuf %10 ve organik lif keten oranı %3 olarak belirlenmiştir. Atık camın basınç dayanımı düşüklüğü ve ısı iletkenlik katsayısının yüksekliği nedeni ile yeni nesil katkılı kerpiç için kullanılmamasına karar verildi. Bu oranlara göre hazırlanan yeni nesil kerpiçin karakteristik özellikleri Çizelge 8’de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Yeni nesil katkılı kerpiç termal iletkenlik, basınç dayanımı, Ultrasonik ses hızı ve yoğunluk değerleri.				
Yeni Nesil Kerpiç	Basınç dayanımı (Pascal)	Termal İlet. Kat. (W/mK)	Ultr. ses dal. Hızı (cm <sup>2</sup> /ms)	yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
	5532	0,42	0,407	2,555

## 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmalarla doğal ve sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan kerpiçin teknik özellikleri iyileştirilmek suretiyle, bu malzemenin yeniden gündeme getirilmesi ve bu konuda farkındalık oluşturarak kullanım alanının genişletilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla Afyonkarahisar Ateş Tuğla Fabrikası’ndan temin edilen toprağın çamurlaşma süresi 83 dakika olarak belirlenmiştir. Toprak kerpiç yapımı için uygun bulunmuştur (Çavuş vd2015).

Çizelge 7’ ye göre optimum olarak pomza %6, alçı %10 sönmüş kireç %2, volkanik tuf %10 ve organik lif keten oranı %3 olarak belirlenmiştir. Atık cam basınç dayanımı düşüklüğü ve ısı iletkenlik katsayısının yüksek olması yüzünden çalışmada kullanılmamıştır. Isı iletkenlik katsayısı Çizelge 2’de görüldüğü gibi en düşük volkanik tuf katkılı numunelerde gözlenmiştir. Bu oranlara göre hazırlanan yeni nesil ‘kerpiç’in karakteristik özellikleri Çizelge8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4’teki verilere göre organik elyaf katkılı numunelerin basınç dayanımları diğerlerine göre oldukça yüksektir. Organik elyaf katkısının kullanılması Galab vd (2010)’in belirttiği gibi basınç dayanımının artmasına neden olmuştur. Organik elyaf katkısının kerpiç numunelerin davranışını etkilediğinden önceki davranış gösterdiği düşünülmektedir. Bu sonuçları destekleyen ultrasonik ses hızı (Çizelge 5) UPV değerlerine göre çok iyi durumdadır.

Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında (TS.825) soğuk iklim bölgeleri için tavsiye edilen ( $UD=0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ısı yalıtım şartlarını sağladığı ortaya konmuştur. Yapılan analizlerde termal iletkenlik katsayısı ( $0,44 \text{ W/m}^2\text{K} < 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) UD değerinden küçük çıktığı için uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Çizelge 8’deki nihai ürün katkılı kerpeç için yapılan test sonuçlarına göre; basınç dayanımı oldukça yüksek, ısı iletkenlik katsayısı ise düşük yeni nesil bir kerpeç hazırlanmıştır. Katkı malzemesi olarak atık Yeni nesillere temiz ve yaşanabilir bir çevre bırakmak için yapı malzemeleri olarak sadece dayanıklı değil aynı zamanda doğaya duyarlı, geri dönüşümlü, az enerji tüketen malzemelerin seçilmesi gereklidir.

Bu çalışma literatürdeki diğer araştırmalardan farklı olarak daha genel bir değerlendirmeye sahiptir, gelişen teknoloji ile daha efektif ölçüm cihazları ve daha tutarlı deneyler ile geliştirilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada desteklerini esirgemeyen Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ve Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM birimine ayrıca Dumlupınar BİLSEM idarecilerine çok teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Acun, S., Gürdal, E. (2003). “Yenilenebilir Bir Malzeme: Kerpeç Ve Alçılı Kerpeç”. Türkiye Mühendislik Haberleri, 427: 71-77.

Batar, T. Köksal, N., Yersel, E. (2009). “Atık Bor, Atık kağıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu”. Ekoloji, 18 (72): 45-53.

Çalış, A. Tereci, A., Eicker, U. (2009). “ Bir Ekolojik Yerleşim Örneği Scharnhauser Park”. Yapı, 333: 48-52.

Çavuş, M. Dayı, M. Ulusu, H., Aruntaş, H. Y. (2015). “Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpeç”. Gazi Üniversitesi ISBS ,184-192.

Eroğlu, M., Akyol, A. (2017). “Antik Yapı Malzemesi Olarak Tuğla ve Kiremit: Boğsak Adası Bizans Yerleşimi Örneği”. Sanat ve Tasarım Dergisi, (20): 141-163.

Galab-Marín, C. Rivera-Gomez, C. & Petric, J. 2010, Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre, Construction and Building Materials, 24, 1462-1468.

Kafescioğlu, R. (2016). “Alker ve Nitelikleri”. Retrieved from İstanbul Teknik Üniversitesi. Erişim adresi: [https://web.itu.edu.tr/~isikb/alker03doc\\_01.html](https://web.itu.edu.tr/~isikb/alker03doc_01.html). Son erişim tarihi: 17.05.2019

Karasu, B. ,Kaya, G. (2002). “Etibor Kırka Boraks İşletmesi Konsantre ve Türev Atıklarının Duvar Karosu”. Researchgate.net. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/259082501> Son erişim tarihi: 12.01.2019

Özkan, Ş., Tuncer, G. (2001). “Pomza Madencilğine Genel Bir Bakış”. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Özet kitapçığı, 200-207.

Koçu, N. (2012). “Sürdürülebilir Malzeme Bağlamında ‘Kerpeç’ ve Çatı-Cephe Uygulamaları (Konya-Çavuş Kasabası Örneği)”. Yeşil Bina Dergisi. Erişim adresi: <http://www.yesilbinadergisi.com> Son erişim tarihi: 01.01.2019

TS 825, (2008), Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.

Parra-Saldivar, M.L., Batty, W.(2006). Thermal behaviour of adobe constructions, Building and Environment, 41:1892-1904.

Yılmaz, D. Kılıç, H., Aksoy, K. (2017). “rPET Atıkları Kullanılarak Bor, Zeolit ve Pomza Partikül Takviyeli Nanokompozit”. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1):191-200

Zebari, Z. Bedirhanoğlu, İ., Aydın, E. (2017). “Beton basınç dayanımının Ultrasonik ses dalgası yayılma”. Dicle Üniversitesi Mühendislik dergisi, 8(1): 43-52.