



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 02.08.2022
Kabul Tarihi : 12.09.2022

Received Date : 02.08.2022
Accepted Date : 12.09.2022

FARKLI TANE BOYUTUNA SAHİP ÖĞÜTÜLMÜŞ ATIK MISIR KOÇANININ ALÇI ESASLI KOMPOZİTLERDE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF GROUND CORN COB WITH VARIOUS GRAIN SIZES IN GYPSUM-BASED COMPOSITES

Mert Sinan TÜRK^{1*} (ORCID: 0000-0002-5302-3607)
Ahmet Hayrullah SEVİNÇ² (ORCID: 0000-0003-3338-8366)
Muhammed Yasin DURGUN³ (ORCID: 0000-0003-4656-9430)
Yusuf URAS⁴ (ORCID: 0000-0001-5561-3275)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye

² Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi Programı, Kahramanmaraş, Türkiye

³ Bartın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

⁴ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mert Sinan TÜRK, mertsinanurk@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada tarımsal bir atık olan mısır koçanının alçı esaslı kompozitlerde kullanımı araştırılmıştır. Mısır koçanları 5,6 mm, 4 mm ve 2 mm olmak üzere 3 farklı boyutta öğütülmüştür. Mısır koçanları hacimce %20, %40 ve %60 oranlarında alçı karışımlarına eklenmiştir. 40x40x160 mm örnekler üretilmiş ve üretilen alçı esaslı kompozitlere birim ağırlık, ultrasonik ses geçiş hızı, su emme, kılcal su emme ve görünür porozite testleri uygulanmıştır. 200x160x20 mm boyutunda plaklar üretilerek örneklerin ısı iletim katsayıları ölçülmüştür. Mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi için ise basınç ve eğilme mukavemeti testleri uygulanmıştır. Mısır koçanı içeren örneklerin birim hacim ağırlıkları azalmıştır. Aynı zamanda ultrasonik ses geçiş hızları da düşmüştür. Görünür porozite değerleri ise artmıştır. Buna bağlı olarak örneklerin ısı iletim katsayılarında da bir düşüş gözlenmiştir, su emme ve kılcal su emme değerleri ise yükselmiştir. Eğilme ve basınç dayanımı değerleri ise düşmüştür. Öğütülmüş mısır koçanının incilmesi görünür porozite değerlerini yükseltmiştir. İncelik arttıkça birim hacim ağırlık ve ultrasonik ses geçiş hızı değerleri azalmıştır. Isıl iletim katsayısı, eğilme ve basınç dayanımı da düşmüştür. Su emme ve kılcal su emme değerleri ise yükselmiştir. Üretilen örneklerin mekanik özellikleri bir miktar zayıflasa da daha hafif ve ısı iletkenlik katsayısı daha düşük ürünlerin elde edilebilmiş olması, ürünün yalıtım amacı ve bölme elemanı olarak değerlendirilebileceği düşüncesini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alçı kompozit, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, mısır koçanı.

ABSTRACT

In this study, the use of corn cob, which is agricultural waste, in gypsum-based composites was investigated. Corn cobs were ground in 3 different grain sizes 5.6 mm, 4 mm, and 2 mm. Corn cobs were added to gypsum mixtures at 20%, 40% and 60% by volume. 40x40x160 mm prismatic samples were produced and unit weight, ultrasonic pulse velocity, water absorption, capillary water absorption, and apparent porosity tests were applied. 200x160x20 mm sized plates were produced and the thermal conductivity coefficients of the samples were measured. To evaluate the mechanical properties of the samples, compressive and bending strength tests were applied. The unit weights of the samples containing ground corn cobs were lower than the reference sample. Ultrasonic pulse velocity values were found to be lower. The use of corn cob increased the apparent porosity values. Accordingly, a decrease was observed in the thermal conductivity coefficients, while the water absorption and capillary water absorption values increased. The bending and compressive strength values decreased. Refining the grain size of the ground corn cob increased the apparent porosity values, the unit volume weight and ultrasonic pulse velocity values decreased.

ToCite: TÜRK, M. S., SEVİNÇ, A. H., DURGUN M. Y. & URAS, Y., (2022). FARKLI TANE BOYUTUNA SAHİP ÖĞÜTÜLMÜŞ ATIK MISIR KOÇANININ ALÇI ESASLI KOMPOZİTLERDE DEĞERLENDİRİLMESİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 681-690.

Similarly, the coefficient of thermal conductivity, bending and compressive strength also decreased. Water absorption and capillary water absorption values increased. Although the mechanical properties of the gypsum-based composites weaken somewhat, the fact that light-weight products with lower thermal conductivity coefficients can be obtained, it is thought that the produced material can be considered as an insulation purpose and a partition element.

Keywords: Gypsum composite, physical properties, mechanical properties, corn cob

GİRİŞ

Dünyada mısır tarımı, buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada gelmektedir. 2020/2021 yılı verilerine göre dünyada 1117 milyon ton mısır üretimi yapılmıştır. Türkiye'nin de hemen hemen her bölgesinde yetiştirilebilen mısır, buğday ve arpa tarımından sonra tarımı en çok yapılan ürün olarak görülmektedir. 2020 yılında 691632 ha alana mısır ekilmiş ve buna karşılık 6,5 milyon ton mısır üretimi gerçekleştirilmiştir (Mısır Durum Tahmin Raporu 2021/2022, 2021; Toprak Mahsulleri Ofisi, 2022). Görüldüğü üzere mısır dünyada ve Türkiye'de en çok üretilen ve tarımı için en çok toprak ayrılan ürünlerin başında gelmektedir. Gıda sektörü ve yem sanayii gibi değişik iş kollarında önemli bir hammadde olarak kullanılan mısırın endüstriyel süreçler sonunda geriye kalan koçan veya sırk denilen kısmı tarımsal bir atık olarak kabul edilmektedir. Ortaya çıkan koçan miktarı toplam mısır üretiminin yaklaşık olarak %15'i kadardır (Memon & Khan, 2018). Çin ve Hindistan gibi büyük miktarlarda mısır üretimi ve tüketimi gerçekleştiren ülkelerde bu rakam ciddi problemler oluşturacak bir atığın varlığını işaret etmektedir. Ortaya çıkan mısır koçanlarının sadece belirli bir kısmı hayvan yemi üretimi veya mantar kültürü için kullanılmaktadır. Geri kalan büyük bir kısım ise çöp olarak kalmakta veya yakılmaktadır (Xu vd., 2021). Tarım ülkelerinde bu ve buna benzer biyokütle atıklarının yakılıyor olması beraberinde birçok farklı problemi de getirmektedir. Bunlardan en büyüğü hava kalitesinin düşmesi, havada süreklilik arz eden puslu bir durum oluşmasıdır. Bu durumun insan sağlığı üzerinde çok büyük olumsuz yansımaları görülmektedir. Atmosfere salınan is ve zararlı partiküllerin yanı sıra yapılan yakma işlemlerinin topraktaki biyo-çeşitliliği ve jeomorfik süreci de etkileyerek toprak ve gelecekteki tarım için de endişe verici bir durum oluşturmaktadır. Özellikle Çin ve Hindistan gibi tarıma bağlı ekonomi modeline sahip ülkelerde mısır koçanları açık alanlarda yakılmakta ve belirtilen problemler ortaya çıkmaktadır (Aransiola vd., 2019; Memon vd., 2019). Günümüzde ve önümüzdeki dönemlerde bu atıkların doğaya zarar vermeden depolanması ve yok edilmesi büyük bir problemdir ve problem olmaya devam edecektir.

Endüstrinin bir başka büyük problemi de enerji performansıdır. Yapı endüstrisinde termal performansı artırmak en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Bu noktada binaların ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri ısı transferinin azaltılması ve enerji korunumunda kritik bir rol oynamaktadır (Binici vd., 2016). Avrupa piyasası bu bakımdan çok farklı türlerde ve geniş yelpazede yalıtım malzemeleri sunmaktadır. %60 oranında mineral ve inorganik malzemeler, %30 oranında "extruded polystyrene (XPS) ve "expanded polystyrene" (EPS) gibi fosil kaynaklar ve %10 oranında ise doğal ürünler içeren malzemeler kullanılmaktadır (Ramos vd., 2021). Doğal ürünler içeren malzemelerin miktarının kullanım oranının yapay malzemelere oranla oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu bakımdan çevreye verilen zararın minimuma indirgenmesi ve doğal kaynaklardan meydana gelen atık ürünlerin değerlendirilmesi adına çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalardan birinde doğal olarak hücreli ve boşluklar içeren mısır koçanı ile yapay yalıtım malzemelerinden XPS karşılaştırılmıştır (Pinto vd., 2011). Araştırmacılar yaptıkları incelemelerde her iki malzemenin de mikro-yapılarının benzer olduğunu, kapalı hücreli bir yapı içerdiklerini belirlemişlerdir. Endüstriyel süreçler ile üretilen XPS'te bu yapıların çok daha düzenli olduğu, doğal olan mısır koçanında ise daha düzensiz bir yapı gözlemlendiği belirtilmiştir. Ancak yapılarında var olan yüksek derecede benzerlik sebebiyle endüstriyel süreçler ile üretilen malzemeler yerine doğal ve biyolojik olan mısır koçanlarının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir potansiyeline dikkat çekmişlerdir. Buradan yola çıkarak bir kısım araştırmacılar mısır koçanlarının yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmışlardır. Faustino vd. (2012), mısır koçanları kullanarak ses yalıtım levhaları üretilebilirliğini araştırmışlardır. Bazı yapay ve doğal ses izolasyonu sağlayan malzemeler ile yapılan karşılaştırmalar, mısır koçanı kullanılarak üretilen yalıtım levhalarının başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Faustino vd., 2012). Pinto vd. (2012) mısır koçanının ısı iletkenlik özelliğini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçların yaygın olarak kullanılan ısı yalıtım malzemelerine nazaran daha yüksek olduğunu ancak ısı yalıtımı özelliklerinin yapısal uygulamalarda kullanılmak için yeterli olduğunu rapor etmişlerdir (Pinto vd., 2012). Binici vd. (2016), mısır koçanlarını epoksi bağlayıcı kullanarak plak haline getirerek ısı yalıtım malzemesi üretimini amaçlamışlardır. Ürettikleri mısır koçanı esaslı ürünlerden bir kısmının TS 805 EN 601 standardında verilen ısı yalıtım malzemeleri için minimum değerleri sağladığını ifade etmişlerdir (Binici vd., 2016). Bovo vd. (2022), mısır koçanlarını farklı dizilimlerde ve boyutlarda

kullanarak yalıtım panelleri üretmişlerdir. Sonuç olarak mısır koçanlarının panellerdeki dizilimlerinin ve boyutlarının ısı yalıtım performansı üzerine önemli etkileri olduğu ifade edilmiş, en iyi ısı yalıtım performansının öğütülmüş mısır koçanı kullanılarak üretilen panellerden elde edildiği belirtilmiştir (Bovo vd., 2022). Choi vd. (2022) mısır koçanı atıklarını kullanarak faz değiştiren malzeme içeren kompozitleri ısı performansını artırmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak üretilen ürünün ısı özelliklerini oldukça iyi olması nedeniyle yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğin vurgulanmıştır (Choi vd., 2022). Gradiaru vd. (2021) çimentolu kompozitlerde mısır koçanı ve ayçiçeği saplarını kullanmışlardır. Bununla birlikte karışımlarda uçucu kül kullanmışlardır. Nerdeyse %50 oranında bitkisel agregalar kullanarak daha hafif kompozit malzemeler üretmenin mümkün olduğunu rapor etmişlerdir (Grădinaru vd., 2021). Bunun yanında yakılan mısır koçanlarının küllerinin kullanımı ile yapı malzemesi üretimine dair bir kısım çalışmalarla da karşılaşılmaktadır (Aransiola vd., 2019; Memon vd., 2019; Memon & Khan, 2018; Rajwade & Netam, 2020).

Yapı teknolojisinde alçı esaslı kompozitlerin tek başına veya katmanlı şekillerde akustik özelliklerinin iyi olması nedeniyle iç duvarlar ve tavanlarda cephe kaplaması olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra alçı kompozitlerin ısı yalıtım özelliklerinin iyi olduğu ve aynı zamanda yangın direncinin yüksek olduğu bilinmektedir (Elkhessaimi vd., 2017).

Bu çalışmada izolasyon açısından birçok avantajı bulunan bir malzeme olan alçı ile mısır koçanlarının birlikte kullanımı araştırılmıştır. Bu şekilde piyasada yaygın şekilde kullanılan alçı kompozitlere bir alternatif olarak doğal ve atık malzemeler içeren yeni bir alçı kompozit üretimi hedeflenmiştir. Mısır koçanları farklı boyutlarda öğütülmüş ve her bir tane boyutu %20 ve %40 oranlarında alçı karışımlarında kullanılmıştır. Üretilen örneklerin ısı iletim katsayıları incelenmiştir. Bununla birlikte farklı mühendislik özelliklerinin incelenmesi adına birim hacim ağırlık, ultrasonik ses geçiş hızı (UPV), atmosferik su emme, kılcal su emme, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı gibi testler de uygulanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Kullanılan Malzemeler

Çalışmada kullanılan alçı TS EN 459-1 standardına uygundur ve ticari olarak temin edilmiştir. Alçının özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Kullanılan mısır koçanları Kahramanmaraş yöresi mısır tarlalarından toplanmış ve bıçaklı öğütücülerde 5,6 mm, 4 mm ve 2 mm boyutlarda olacak şekilde öğütülmüştür. Öğütülmüş mısır koçanları Şekil 1’de verildiği gibidir. Boyutlarına göre mısır koçanlarının yoğunlukları sırasıyla 0,185, 0,16 ve 0,125 g/cm³ şeklindedir.

Tablo 1. Kullanılan Alçının Özellikleri

Bileşen	Miktar (%)
SiO ₂	3,16
Al ₂ O ₃	0,44
Fe ₂ O ₃	0,37
CaO	40,71
MgO	0,61
SO ₃	51,79
Na ₂ O+K ₂ O	0,26
Kızdırma Kaybı	%18,84
Fiziksel Özellikler	
Yoğunluk (g/cm ³)	2,29
İncelik (m ² /kg)	500



Şekil 1. Öğütülmüş Mısır Koçanları a) 5,6 mm b) 4 mm c) 2 mm

Metot

Farklı boyutlarda öğütülmüş mısır koçanları alçı esaslı karışımlara hacimce %20, %40 ve %60 oranlarında karıştırılmıştır. Karışım oranları Tablo 2’de gösterildiği gibidir.

Tablo 2. Karışım Oranları

Numune kodu	Alçı (g)	Su (g)	Mısır koçanı (g)
R	1200	720	-
M20-5,6	1050	630	33,3
M40-5,6	900	540	66,6
M60-5,6	750	450	99,9
M20-4	1050	630	28,8
M40-4	900	540	57,6
M60-4	750	450	86,4
M20-2	1050	630	22,5
M40-2	900	540	45,0
M60-2	750	450	67,5

Tablo 2’de numune kodları kullanılırken mısır koçanı referans örneği için “R”, mısır koçanı içeren tüm seriler için “M” harfi kullanılmıştır. M harfinin sağındaki sayı kullanılan mısır koçanının oranını ve daha sonra verilen sayı ise mısır koçanının tane büyüklüğünü ifade etmektedir. Örneğin M20-5,6 kodu, %20 oranında 5,6 mm tane büyüklüğüne sahip mısır koçanı içeren alçı esaslı karışım anlamına gelmektedir.

Bütün karışımlarda su/alçı oranı 0,6 olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu oranın bütün karışımlarda kalıba yerleşmeyi sağlayacak yeterli bir oran olduğu görülmüştür. Karışım hazırlanırken laboratuvar tipi harç mikseri kullanılmıştır. İlk önce kullanılacak mısır koçanlarının tamamı bir miktar su içerisinde bekletilerek nemlendirilmiş ve böylece karışım suyunu emmeleri engellenmiştir. Mikserde alçı ve su 60 s boyunca karıştırılmış, daha sonra nemlendirilmiş mısır koçanları eklenerek 90 s daha karıştırılarak homojen bir karışım oluşması sağlanmıştır. Hazırlanan karışımlar 40x40x160 mm prizmatik ve 200x160x20 mm boyutlarında plak şeklinde kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıba yerleştirilmiş taze karışımlara kalıbın hafifçe yere vurulması ve tokmaklanması şeklinde vibrasyon uygulanmıştır. Ayrışma riskine karşı vibrasyon masası kullanılmamıştır. Örneklerin tamamı yaklaşık yarım saat içerisinde sertleşmiştir. Örnekler bir gün sonra kalıptan çıkartılmış ve 7 gün laboratuvar şartlarında bekletilmiştir. Test edilmeden önce 72 saat 60 °C sıcaklığa sahip etüvde bekletilerek bünyedeki serbest nem uzaklaştırılmıştır. Üretilen örnekler Şekil 2’de görülmektedir.

**Şekil 2.** Üretilen Örnekler

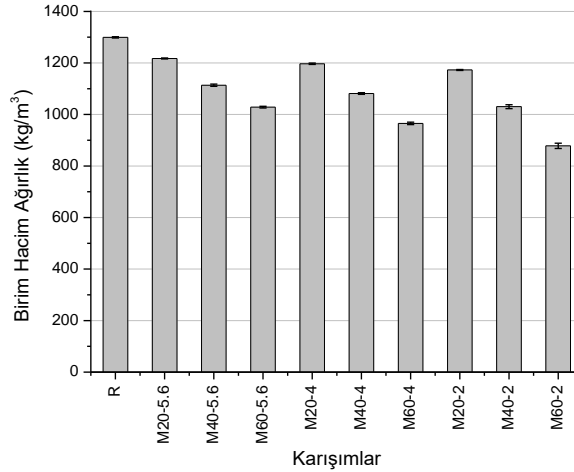
40x40x160 mm boyutunda üretilen örnekler birim ağırlık (TS EN 1015-10), ultrasonik ses geçiş hızı (ASTM C 597), su emme (ASTM C 20), kılcal su emme (TS EN 1015-18), görünür porozite (ASTM C 20) testleri uygulanmıştır. Aynı zamanda mekanik özellikleri test etmek için TS EN 1015-11 standardına göre basınç ve eğilme dayanımı testleri uygulanmıştır. Isıl iletkenlik katsayısının tayini için ise ASTM C 1113’ uygun cihaz kullanılarak “Hot Wire” yöntemi uygulanmıştır. Şekil 3’te deneysel uygulamalardan bazı görüntüler verilmiştir.



Şekil 3. Deneysel Çalışmalardan Görüntüler a) Birim Ağırlık Tayini b) Görünür Porozite Tayini c) Eğilme Dayanımı d) Basınç Dayanımı e) Ultrasonik Ses Geçiş Hızı f) Isıl İletkenlik Katsayısı Tayini

BULGULAR VE TARTIŞMA

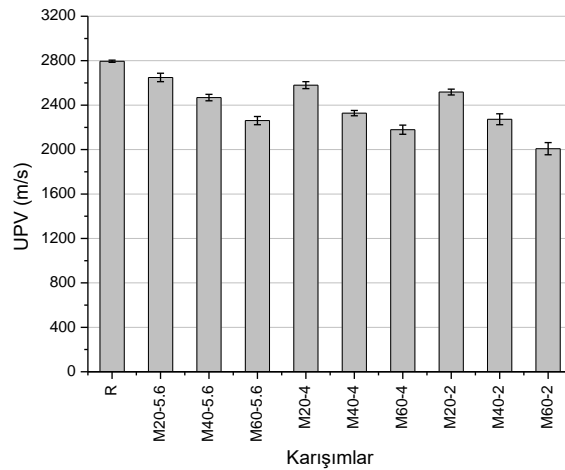
Örneklerin sertleşmiş birim hacim ağırlık değerleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Örneklerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Birim hacim ağırlığı değerleri $878,4 - 1299,2 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek değer referans örneğinden elde edilmiştir. Mısır koçanı kullanımı bütün örneklerde referanstan daha düşük değerler elde edilmesine neden olmuştur. En küçük değer ise M60-2 örneğinden elde edilmiştir. Seriler kendi içerisinde incelendiğinde mısır koçanı kullanım oranının artmasının birim hacim ağırlıkları düşürdüğü görülmüştür. Mısır koçanı hücrel ve boşluklu yapısı nedeniyle birim hacim ağırlığı oldukça düşük bir malzemedir. Alçı matrisinden daha hafif olan bu malzemenin, alçı ile yer değiştirme oranının artması belirli bir hacim için örneklerin daha hafif olmasını sağlamıştır. Bununla birlikte kullanılan mısır koçanının tane boyutunda meydana gelen küçülme birim hacim ağırlığın hafifçe daha düşük olmasına neden olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre örnekler mısır koçanı kullanımı ile %6,3 ile %32,4 arasında değerlerde daha hafif olarak üretilmiştir. Binici vd. yaptıkları çalışmada epoksi esaslı bağlayıcı ve mısır koçanı kullanarak birim ağırlığı 280 kg/m^3 değerine kadar düşürmüşlerdir. Çimento ve alçı matris kullanarak ürettikleri kompozitlerde ise bu değerler $540 - 800 \text{ kg/m}^3$ arasındadır. Ancak bu durum mekanik özelliklerde ciddi kayıplara yol açmıştır. (Binici vd., 2016). Grădinaru vd. ise mısır koçanı kullandıkları örneklerden $1500 - 2000 \text{ kg/m}^3$ arasında yoğunluk değerleri elde etmişlerdir (Grădinaru vd., 2021)

Şekil 5. örneklerin ultrasonik ses geçiş hızlarını göstermektedir.

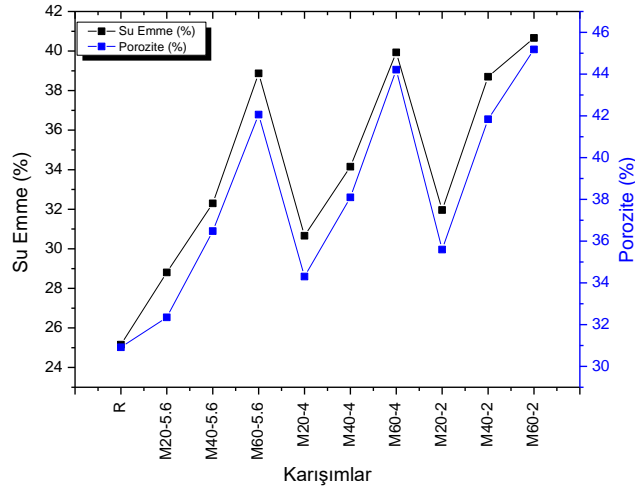


Şekil 5. Örneklerin Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Değerleri

Örneklerin ultrasonik ses geçiş hızı değerleri $2008 - 2795 \text{ m/s}$ arasında değişmektedir. Ultrasonik ses geçiş hızı ile malzemelerin boşluk yapısı arasında önemli bir ilişki olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda bu durum mekanik özellikler ile de bağlantılıdır (Benaicha vd., 2015). En yüksek ultrasonik ses geçiş hızı değeri tamamen alçıdan üretilmiş olan referans örneğinden elde edilmiştir. Değerler mısır koçanı kullanımı ile azalmıştır. Mısır koçanı miktarının artmasına bağlı olarak da bir azalma gözlenmektedir. Ses dalgalarının katı ve içi dolu ortamlarda daha hızlı yayıldığı, ancak boşluk içeren katı ortamlarda daha yavaş ilerleyebildiği gerçeği göz önüne alındığında mısır koçanı kullanımından kaynaklı, daha boşluklu bir ortam meydana geldiği düşünülebilir. Bununla birlikte mısır koçanı boyutundaki küçülmenin de sonuçları hafifçe azalttığı gözlenmiştir. Binici vd. epoksi matrise sahip mısır

koçanı katkılı yalıtım malzemelerinden çok daha düşük ultrasonik ses geçiş hızları elde etmişlerdir. Ancak burada mekanik özelliklerin de oldukça düşük olduğu gözlenmiştir (Binici vd., 2016).

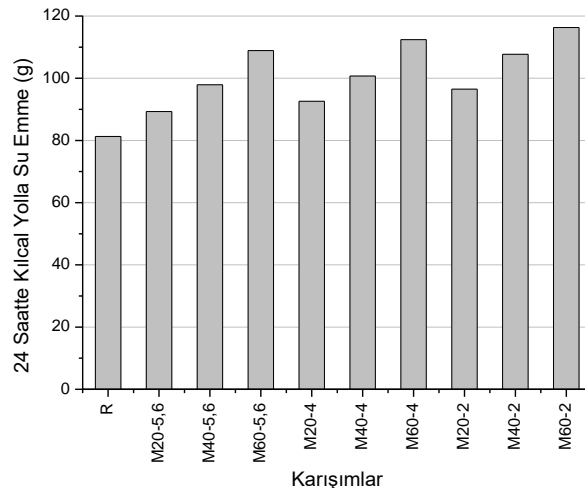
Şekil 6. görünür porozite ve atmosferik su emme değerlerini göstermektedir.



Şekil 6. Örneklerin Görünür Porozite ve Su Emme Değerleri

Örneklerin görünür porozite değerleri %30,9 - %45,2 arasında değişmektedir. En düşük porozite değeri referans örneğinden elde edilmiştir. Porozite değerleri mısır koçanı miktarının artışı ile yükselmiştir. %20 oranında mısır koçanı kullanımı tane boyutuna göre (5,6 – 4 ve 2 mm) poroziteyi sırasıyla, %1,4, %3,4 ve %4,7 oranında artırmıştır. %40 oranında mısır koçanı kullanımı artış oranlarını %5,6, %7,2 ve %10,9'e yükseltmiştir. Kullanım oranının %60'a yükselmesi ise bu değerleri %11,2, %13,3 ve %14,27'ye yükseltmiştir. Mısır koçanı kullanım oranının artması açık bir şekilde boşluk miktarını artırmıştır. Diğer taraftan daha önceki sonuçları destekler biçimde, tane boyutunda bir azalma oluşması porozite değerlerini hafifçe yükseltmiştir. Benzer biçimde su emme değerleri de porozite değerlerinin eğilimine paralel sonuçlar vermiştir. Su emme değerleri %25,2 ile %40,7 arasında değişmektedir. Tıpkı porozite değerlerinde olduğu gibi en düşük değer referans örneğinden elde edilirken en yüksek değer porozitenin en yüksek olduğu M60-2 örneğinden elde edilmiştir.

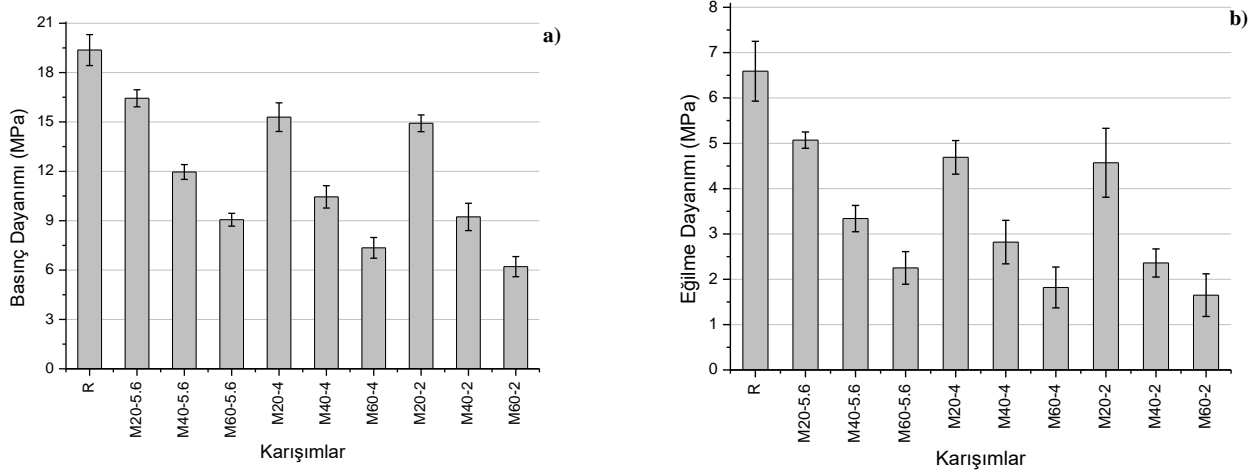
Şekil 7. örneklerin 24 saatlik süre sonunda kılcal yolla emdikleri su miktarını göstermektedir.



Şekil 7. Örneklerin 24 Saatte Kılcal Yolla Emdikleri Su Miktarı

Örneklerin 24 saatlik kılcal su emme testi sonunda emdikleri su miktarı 81,3 – 116,3 g arasında değişmektedir. Kılcal su emilimi en zayıf olan örnek referans örneği olurken en yüksek örnek ise M60-2 örneği olmuştur. Mısır koçanı kullanımının kılcal su emilimi üzerinde de önemli etkisi olduğu gözlenmektedir. Mısır koçanı miktarındaki artış, tüm gruplarda kılcal su emilimini artırmıştır.

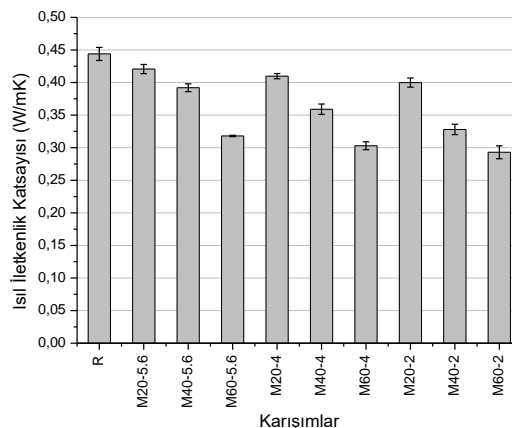
Şekil 8. Örneklere uygulanan basınç ve eğilme testlerinin sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 8. Örneklerin a) Basınç Dayanımı Değerleri b) Eğilme Dayanımı Değerleri

Örneklerin basınç dayanımı değerleri 6,21 – 19,37 MPa arasında değişmektedir. En yüksek değer referans örneğinden elde edilmiştir. Basınç dayanımları mısır koçanı miktarının artmasına bağlı olarak azalmıştır. En düşük basınç dayanımı ise M60-2 örneğinden elde edilmiştir. Porozite sonuçları ve ultrasonik ses geçiş hızı sonuçları mısır koçanı içeren örneklerin boşluk miktarının daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Yapı içerisindeki boşluk oranının yüksek olması mekanik özellikleri olumsuz etkilemiştir. Nitekim 5,6 mm tane boyutuna sahip olan mısır koçanının %20 oranında kullanılması basınç dayanımını %15,1 oranında düşürmüş, kullanım oranının %60'a çıkması ile bu oran %38,3'e yükselmiştir. Fakat yapılan deneyler sonucu elde edilen değerlerinin tamamının TS EN 13729-1 standardında farklı alçı türleri için verilen minimum değerler olan 2-6 MPa değerini sağlamaktadır. Aynı zamanda tane boyutunda meydana gelen küçülmenin de basınç dayanımlarını olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu durum ile daha önceki sonuçlarda da karşılaşılmıştır. Oluşan durumun tane boyutunun küçülmesi sonucu daha çok tanenin bünye içerisinde yer alması ve boşluk yapıcı malzeme miktarı ve dağılımının artmasına bağlanmaktadır. Bu nedenle daha çok mısır koçanının yapıya dahil olması daha yüksek oranda boşluk oluşmasına ve mekanik özelliklerin de oluşan boşluk miktarına bağlı olarak azalmasına neden olduğu düşünülebilir. Eğilme dayanımı değerleri ise 1,7 – 6,6 MPa arasında değişmektedir. Burada da en yüksek değer referans örneğinden elde edilmiştir. Basınç dayanımında olduğu gibi mısır koçanı kullanımı eğilme dayanımlarında da azalmaya neden olmuştur. Elde edilen eğilme basınç dayanımından elde edilen eğilme ile oldukça uyumludur. Yine en düşük değer M60-2 örneğinden elde edildiği görülmektedir. Grădinaru vd. çimento esaslı bir matris ve uçucu kül katkısı da kullanarak basınç dayanımlarını 10 MPa seviyesine kadar yükseltebilmişlerdir (Grădinaru vd., 2021). Binici vd. çalışmasında ise çok çimento ve alçı matrisli kompozitlerde çok daha düşük değerler elde edilmiştir. Elde edilen en yüksek değer 0,29 MPa olarak belirtilmiştir (Binici vd., 2016). Başka bir çalışmada mısır koçanı kullanılarak üretilen briketlerden en fazla 0,12 MPa basınç dayanımı elde etmek mümkün olmuştur (Ajmotokan vd., 2019). Abdullah ve Lee'nin çalışmasında ise yine çimento esaslı matris kullanılarak üretilen mısır koçanlı tuğlalarda 10 MPa seviyesine ulaşmak mümkün olmuştur (Abdullah & Lee, 2017).

Şekil 9'da plak örneklere uygulanan ısı iletkenlik testinden elde edilen ısı iletkenlik katsayılarını göstermektedir.



Şekil 9. Örneklerin Isıl İletkenlik Katsayıları

Örneklerin ısı iletkenlik katsayıları 0,293 – 0,444 W/mK arasında değişmektedir. En yüksek ısı iletkenlik katsayısı referans örneğinden elde edilmiştir. En düşük değer ise M60-2 örneğinden elde edilmiştir. Mısır koçanı kullanımı ile örneklerin ısı iletkenlik katsayılarında önemli oranda düşüşler elde edilebilmiştir. 5,6 mm boyutunda mısır koçanının %20 oranında kullanımı ısı iletkenlik katsayısının %5,2 oranında azalmasını sağlarken aynı boyutta %60 oranında mısır koçanı kullanımı %28,4 oranında azalmaya neden olmuştur. Daha küçük boyutta mısır koçanı kullanımı bu düşüşü bir miktar daha artırmıştır. 2 mm boyutunda mısır koçanının %20 oranında kullanılması ısı iletkenlik katsayısını %9,9 oranında azaltırken, aynı boyutta mısır koçanının %60 oranında kullanılması bu değeri %34'e yükseltmiştir. Mısır koçanının hücreli ve boşluklu bir yapıda oluşu, malzemenin doğal bir yalıtkan görevi görmesini sağlamıştır. Bünyede oluşturduğu boşluklu yapı sayesinde ısı iletkenlik katsayıları azalmıştır. Daha önceki testlerde elde edilen sonuçlar, ısı iletkenlik katsayısı testlerinden elde edilen sonuçlar ile uyum içerisindedir. Binici vd. alçı ve çimento esaslı matris kullanarak ürettikleri mısır koçanlı ürünlerde 0,075 – 0,1588 W/mK değerleri arasında ısı iletkenlik katsayıları elde edilmiştir (Binici vd., 2016). Ancak bu ürünlerin mekanik özellikleri oldukça düşüktür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada alçı karışımlarda atık mısır koçanlarının değerlendirilebilirliği incelenmiş, mısır koçanları farklı boyutlarda öğütülerek alçı kompozitler üretilmiştir. Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibidir;

- Mısır koçanı kullanımı örneklerin birim hacim ağırlıklarının düşmesine neden olmuştur. Mısır koçanı kullanımı %32,4'e kadar daha hafif ürünler üretimine imkân vermiştir.
- Mısır koçanı kullanımı ultrasonik ses geçiş hızlarının azalmasına neden olmuştur. Bu durum mısır koçanı kullanımının bünyedeki boşluk miktarını artırmasından kaynaklanmaktadır. Bu düşünce porozite sonuçları ile desteklenmektedir. Örneklerin görünür porozite değerleri %30,9'dan %45,2'ye kadar yükselmiştir.
- Örneklerin hem atmosferik su emme hem de kılcal su emme değerleri mısır koçanı kullanımına bağlı olarak artmıştır. Bu durumun mısır koçanlarının hücreli ve boşluklu yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Mısır koçanı kullanımı örneklerin mekanik özelliklerinin zayıflamasına neden olmuştur. Daha düşük basınç ve eğilme dayanımları elde edilmiştir. Ancak yine de elde edilen minimum basınç dayanım değeri, standartlarda yapı alçılarından istenen minimum değerlerin üzerindedir.
- Mısır koçanı kullanımı ile örneklerin ısı yalıtım özellikleri iyileşmiştir. Isı iletkenlik katsayılarında %34'e varan azalmalar meydana gelmiştir.
- Mısır koçanının farklı boyutlarda kullanımı incelendiğinde daha ince boyutta öğütülmüş olan mısır koçanlarının daha yüksek oranda boşluk yapıcı olarak görev yaptıkları görülmektedir. Böylece örneklerin hafifliği bir miktar artarken ısı iletkenlik katsayıları bir miktar azalmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre atık mısır koçanlarının çeşitli boyutlarda öğütülerek alçı kompozitler üretiminde kullanılması ile daha hafif ve ısı yalıtım özellikleri daha gelişmiş yalıtım veya bölme elemanları üretmenin mümkün olabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abdullah, A. C., & Lee, C. C. (2017). Effect of Treatments on Properties of Cement-fiber Bricks Utilizing Rice Husk, Corncob and Coconut Coir. *Procedia Engineering*, 180, 1266–1273. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.288>
- Ajimotoke, H. A., Ibitoye, S. E., Odusote, J. K., Adesoye, O. A., & Omoniyi, P. O. (2019). Physico-mechanical Properties of Composite Briquettes from Corncob and Rice Husk. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4(3), 159–165. <https://doi.org/10.12162/jbb.v4i3.004>
- Aransiola, E. F., Oyewusi, T. F., Osunbitan, J. A., & Ogunjimi, L. A. O. (2019). Effect of binder type, binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette. *Energy Reports*, 5, 909–918. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.07.011>
- Benaicha, M., Jalbaud, O., Hafidi Alaoui, A., & Burtschell, Y. (2015). Correlation between the mechanical

behavior and the ultrasonic velocity of fiber-reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 101, 702–709. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.047>

Binici, H., Aksogan, O., & Demirhan, C. (2016). Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*, 20, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.004>

Bovo, M., Giani, N., Barbaresi, A., Mazzocchetti, L., Barbaresi, L., Giorgini, L., Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2022). Contribution to thermal and acoustic characterization of corn cob for bio-based building insulation applications. *Energy and Buildings*, 262, 111994. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111994>

Choi, J. Y., Nam, J., Yun, B. Y., Kim, Y. U., & Kim, S. (2022). Utilization of corn cob, an essential agricultural residue difficult to disposal: Composite board manufactured improved thermal performance using microencapsulated PCM. *Industrial Crops and Products*, 183, 114931. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114931>

Elkhessaimi, Y., Tessier-Doyen, N., & Smith, A. (2017). Effects of microstructure on acoustical insulation of gypsum boards. *Journal of Building Engineering*, 14(September), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.09.011>

Faustino, J., Pereira, L., Soares, S., Cruz, D., Paiva, A., Varum, H., Ferreira, J., & Pinto, J. (2012). Impact sound insulation technique using corn cob particleboard. *Construction and Building Materials*, 37, 153–159. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.064>

Grădinaru, C. M., Şerbănoiu, A. A., Muntean, R., & Şerbănoiu, B. V. (2021). The Synergy between Bio-Aggregates and Industrial Waste in a Sustainable Cement Based Composite. *Materials*, 14(20), 6158. <https://doi.org/10.3390/ma14206158>

Memon, S. A., Javed, U., & Khushnood, R. A. (2019). Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 195, 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.063>

Memon, S. A., & Khan, M. K. (2018). Ash blended cement composites: Eco-friendly and sustainable option for utilization of corncob ash. *Journal of Cleaner Production*, 175, 442–455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.050>

Mısır Durum Tahmin Raporu 2021/2022. (2021).

Pinto, J., Cruz, D., Paiva, A., Pereira, S., Tavares, P., Fernandes, L., & Varum, H. (2012). Characterization of corn cob as a possible raw building material. *Construction and Building Materials*, 34, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.014>

Pinto, J., Paiva, A., Varum, H., Costa, A., Cruz, D., Pereira, S., Fernandes, L., Tavares, P., & Agarwal, J. (2011). Corn's cob as a potential ecological thermal insulation material. *Energy and Buildings*, 43(8), 1985–1990. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.04.004>

Rajwade, B., & Netam, N. (2020). Investigation of effects of corncob ash in fly ash bricks. *Materials Today: Proceedings*, 28, 2431–2434. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.721>

Ramos, A., Briga-Sá, A., Pereira, S., Correia, M., Pinto, J., Bentes, I., & Teixeira, C. A. (2021). Thermal performance and life cycle assessment of corn cob particleboards. *Journal of Building Engineering*, 44(July), 102998. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102998>

Toprak Mahsulleri Ofisi. (2022). www.tmo.gov.tr

Xu, M., Huang, Q., Lu, J., & Niu, J. (2021). Green synthesis of high-performance supercapacitor electrode materials from agricultural corncob waste by mild potassium hydroxide soaking and a one-step carbonization. *Industrial Crops and Products*, 161(July 2020), 113215. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113215>