Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitusu Dergisi
Cilt 28, Sayı 1, 42-52, 2024

Süleyman Demirel University
Journal of Natural and Applied Sciences
Volume 28, Issue 1, 42-52, 2024

DOI: 10.19113/sdufenbed.1360161

Atık Mısır Koçanı Külünün Jeopolimer Harç Üretiminde Kullanımı

Kübra Ekiz BARIŞ*[1]

[1]Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 41300, Kocaeli, Türkiye

(Alınış / Received: 14.09.2023, Kabul / Accepted: 04.03.2024, Online Yayınlanma / Published Online: 27.04.2024)

Anahtar Kelimeler
Mısır koçanı külü,
Atık değerlendirme,
Jeopolimer harç

Öz: Mısır koçanı, mısır hasatı sırasında oluşan tarımsal bir atıktır. Bu atığın depolanması çeşitli teknik, sosyal ve çevresel sorunlar oluşturmaktadır. Mısır koçanının yakılmasıyla üretilen atık külden alternatif bağlayıcı malzemeler üretilebilmektedir. Bu araştırmanın amacı, atık mısır koçanı külü içeren metakaolin esaslı jeopolimer harcın fiziksel, mekanik ve ısıl özelikleri üzerinde mısır koçanı külü oranının etkilerini ve üretilen malzemenin yapı sektöründe kullanım olanaklarını belirlemektir. Alkali aktivatör olarak 10 molar sodyum hidroksit ve sodyum silikat çözeltileri kullanılmıştır. Metakaolin:mısır koçanı külü oranı ağırlıkça 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 ve 0:100 olarak hazırlanan karışımlar, 24±2°C ve %60±5 bağıl nemli ortam koşullarında 28 gün kürlenmiştir. Çalışma sonucunda, en düşük porozite (%14.24), su emme oranı (%5.56) ve en yüksek birim hacim ağırlık (1.99 g/cm^3), ultrases hızı (2.71 km/s), elastiklik modülü (14.61 GPa), eğilmede çekme (3.87 MPa) ve basınç dayanımı (18.76 MPa) %70 metakaolin ve %30 mısır koçanı külü içeren harçta elde edilmiştir. Harcın ısı iletkenlik katsayısı 0.21-1.22 W/mK aralığındadır ve atık kül oranı arttıkça bu değer azalmaktadır. Yani, ısıl performans kriterlerinin önemli olduğu uygulamalarda atık kül oranı daha yüksek malzeme üretilebilmektedir. Üretilen jeopolimer harçlar, yapı sektöründeki geleneksel harç ve sıvaların gereksinimlerini karşıladığından, bu malzemelere alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahiptir.

Use of Waste Corn Cob Ash in Geopolymer Mortar Production

Keywords
Corn cob ash,
Waste utilization,
Geopolymer mortar

Abstract: Corn cob is an agricultural waste generated during the corn harvest. Storage of this waste creates various technical, social, and environmental problems. Alternative binder materials can be produced from the waste ash produced by burning corn cobs. The aim of this research is to determine the effects of the corn cob ash ratio on the physical, mechanical, and thermal properties of metakaolin-based geopolymer mortar containing waste corn cob ash and the usage possibilities of the produced material in the construction sector. 10 molar sodium hydroxide and sodium silicate solutions were used as alkaline activators. The mixtures prepared with metakaolin:corn cob ash ratios of 100:0, 70:30, 50:50, 30:70, and 0:100 by weight were cured for 28 days under environmental conditions of 24±2°C and 60±5% relative humidity. As a result of the study, the lowest porosity (14.24%), water absorption ratio (5.56%), and the highest unit weight (1.99 g/cm^3), ultrasound velocity (2.71 km/s), modulus of elasticity (14.61 GPa), flexural strength (3.87 MPa), and compressive strength (18.76 MPa) were obtained in the mortar containing 70% metakaolin and 30% corn cob ash. The thermal conductivity coefficient of the mortar is in the range of 0.21-1.22 W/mK, and this value decreases as the waste ash ratio increases. In other words, in applications where thermal performance criteria are important, materials with a higher waste ash content can be produced. Since the produced geopolymer mortars meet the requirements of traditional mortars and plasters in the construction industry, they have the potential to be used as an alternative to these materials.

*İlgili yazar: kubra.ekizbaris@kocaeli.edu.tr

1. Giriş

Gelişmekte olan ülkelerde artan şehirleşme faaliyetleri sırasında yoğun olarak kullanılan Portland çimentosunun (PÇ) 2050 yılına kadar 226 milyar ton CO_2 salımına yol açacağı öngörülmektedir [1] Hızla artan PÇ kullanımı sera gazı emisyonunu kayda değer bir biçimde attırmaktadır [2]. Sera gazının olumsuz etkileri küresel ısınma ve çevresel zararlardır [3]. Bu olumsuz etkiler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın "sağlık ve refah" ilkeleriyle çelişmektedir [4, 5]. PÇ üretiminden kaynaklanan sera gazının olumsuz etkileri elimine etmek amacıyla geliştirilmeye çalışılan potansiyel çözümlerden biri, çimentonun alternatif bağlayıcı malzemelerle kısmen ya da tamamen ikame edilmesidir. Çimentoyu ikame etmek amacıyla kullanılan hammaddeler çoğunlukla uçucu kül, kömür külü, volkanik kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve metakaolin gibi endüstriyel atıklar ya da pirinç kabuğu külü, kaju fıstığı kabuğu külü, palmiye yağı yakıt külü, küspe külü ve mısır koçanı külü gibi tarımsal atıklardır [6, 7]. Bu hammaddelerin kullanımı, yalnızca PÇ üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonlarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda inşaat sektöründe ihtiyaç duyulan PÇ esaslı malzeme hacmini de azaltır [8].

Kalsiyum silikat ve alüminosilikat içeren çeşitli hammaddelerin alkali aktivatörle karıştırılmasıyla üretilen jeopolimer bağlayıcılar, çimentoya sürdürülebilir bir alternatif malzeme grubudur. Davidovits, cüruf yan ürünüyle jeopolimer bağlayıcı üretmek için gereken toplam enerjinin (1965 MJ/ton), Portland çimento üretimi için gereken enerjiye (4700 MJ/ton) nazaran %59 daha düşük olduğunu tespit etmiştir [9]. Yukarıda sözü edilen endüstriyel ve tarımsal atıklar, jeopolimer bağlayıcı üretiminde alüminosilikat hammadde kaynağı olarak kullanılabilmektedir.

Mısır koçanı (MK), mısır hasadı sırasında oluşan tarımsal bir atıktır. 100 kg mısır üretiminde yaklaşık 18 kg MK elde edildiğinden her yıl dünya genelinde önemli miktarda MK atığı oluşmaktadır [10]. Bu atıkların düzenli depolama alanlarında depolanması bir dizi teknik, sosyal ve çevresel sorun yaratmaktadır [11]. MK'nın yakılması sonucunda ortaya çıkan atık haldeki kül mısır koçanı külüdür (MKK). MKK, bileşiminde yüksek oranda reaktif silis ve %10-20 CaO içerdiğinden dolayı puzolanik özeliğe sahip bir atık olarak tanımlanmakta [12] ve çimento esaslı bağlayıcı, harç ve beton üretiminde değerlendirilmektedir [13-17]. Ayrıca, MKK'nün çimentoya enerji etkin bir alternatif olan jeopolimer bağlayıcı, harç ve beton üretiminde değerlendirilmesine yönelik araştırmalar da bulunmaktadır [18-27].

Oyebisi ve diğ. jeopolimer beton üretiminde alüminosilikat kaynağı olarak MKK ve yüksek fırın cürufu (YFC) kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmada, üretilen malzemenin yoğunluk ve basınç dayanımı özeliklerinin geleneksel PÇ esaslı betonla karşılaştırmıştır. Araştırma sonuçları, jeopolimer beton numunelerin PÇ esaslı betona nazaran daha yüksek basınç dayanımı sağladığını, MKK ve YFC'nun jeopolimer beton üretiminde kullanılabileceğini gözler önüne sermiştir [19]. Aynı araştırmacılar bir diğer araştırmasında, YFC esaslı jeopolimer beton içerisindeki YFC miktarını %20, 40, 60, 80 ve 100 oranında MKK ile ikame ederek özeliklerdeki değişimi incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, cüruf esaslı jeopolimer betona MKK eklemek gerek taze haldeki gerekse sertleşmiş betonun özeliklerini geliştirmiştir. İdeal MKK ikame oranı %40 olarak belirlenmiştir [20]. Bir diğer araştırmada ise, aynı karışım oranına sahip malzemenin mekanik özelikleri, mikroyapı davranışı ve minerolojik fazları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, deneylerden elde edilen veriler ile önerilen model denklemleri arasında iyi bir ilişki bulunduğu ve önerilen modellerin, tarımsal ya da endüstriyel atık içeren jeopolimer betonların mukavemet tasarımının geliştirilmesinde kullanılabileceği vurgulanmıştır [21]. Bir diğer araştırmada, aynı karışım oranına sahip jeopolimer betonun durabilite özelikleri incelenmiştir. MKK ve YFC katkısının jeopolimer betonun sülfat atağına karşı dayanıklılığını geliştirdiği ve geleneksel betona nazaran daha yüksek sülfat direncine sahip olduğu tespit edilmiştir [22]. Ayrıca, aynı karışım oranına sahip jeopolimer beton kirişlerin eğilmede çekme dayanımları hem deneysel olarak hem de geliştirilen modellerle tespit edilmiştir. Deneysel ve modellerle hesaplanan dayanımlar arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir [23]. Bir diğer araştırmada ise, aynı malzemenin ısıl performansı tespit edilmiştir. Jeopolimer beton, PÇ esaslı betona nazaran daha düşük ısı iletkenlik katsayısı, ısı yayılımı ve daha yüksek özgül ısı kapasitesi sergilemekte ve daha iyi ısı yalıtımı sağlamaktadır [24].

Murthi ve diğ. sodyum hidroksit (NaOH) ve sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve ile aktive edilen uçucu kül esaslı jeopolimer harcı, YFC ve MKK ile ikame ettikleri deneysel araştırmada, YFC ve MKK içeren jeopolimer harcın basınç dayanımı gelişiminin kontrol harcına nazaran daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bundan dolayı, söz konusu puzolanik hammaddelerin jeopolimer karışımında güvenle kullanılabileceği vurgulanmıştır [25]. Saloni ve diğ. pirinç kabuğu külü ve ultra ince cüruf esaslı jeopolimer betonun taze haldeki, sertleşmiş haldeki ve durabilite özelikleri üzerinde farklı MKK oranının (%0, 3, 6, 9 ve 12) etkilerini araştırmıştır. Aktivatör olarak 8 M NaOH ve Na_2SiO_3 kullanılmıştır. MKK, jeopolimer betonun dayanım ve durabilite özeliklerini geliştirmiştir. %6 MKK ikamesi, sürdürülebilir bir jeopolimer beton üretimi için ideal oran olarak tespit edilmiş ve yaklaşık 48 MPa basınç dayanımına sahip malzeme üretimine olanak sağlamıştır [26]. Arif ve diğ. tek kısımlı (sadece su eklenen) jeopolimer harç üretiminde farklı MKK ve

boksit (B) atık oranlarının (MKK:B ağırlıkça 10:90, 20:80, 30:70) etkinliğini araştırmıştır. Alkali aktivatör olarak Na_2SiO_3 kullanılmıştır. 7 ve 28 günlük en yüksek basınç dayanımları sırasıyla 18.1 ve 20.76 MPa olan jeopolimer harç, %20 MKK ve %80 B karışımından üretilmiştir. Söz konusu karışımın basınç dayanımı geleneksel PÇ esaslı harcın basınç dayanımına nazaran daha yüksektir. Çalışma sonucunda, MKK ve B içeren tek kısımlı jeopolimerin PÇ yerine kullanım potansiyelinin yüksek olduğu vurgulanmıştır [27].

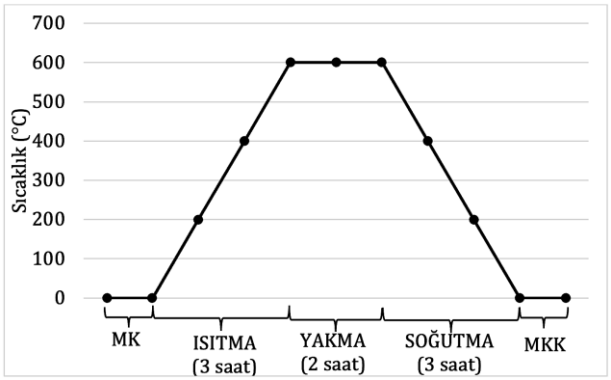
Literatür verileri, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, pirinç kabuğu külü ve boksit gibi çeşitli alüminosilikat hammadde kaynaklarıyla üretilen jeopolimer malzemelerin, farklı oranlarda MKK ile ikame edilmesine yönelik bilgiler sunmaktadır. Ancak, jeopolimer üretiminde yaygın olarak kullanılan hammadde kaynaklarından biri olan "metakaolinin" MKK ile ikame edilmesinin malzeme özelikleri üzerindeki etkinliği herhangi bir araştırmada değerlendirilmemiştir. Bundan dolayı, bu araştırmanın amacı, farklı oranlarda MKK içeren metakaolin esaslı jeopolimer harcın gerek taze halde gerekse sertleşmiş haldeki özelikleri ve ısıl performansı üzerinde MKK oranının etkilerinin araştırılmasıdır. Elde edilen deneysel verilerin optimize edilmesiyle, ideal jeopolimer harç karışım oranları belirlenmekte ve geliştirilen malzemenin yapı sektöründe kullanılan geleneksel yapı malzemeleri arasındaki yeri tespit edilmeye çalışılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Hammaddeler

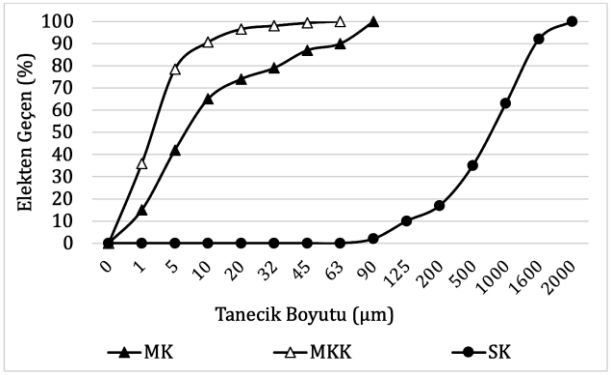
Jeopolimer bağlayıcı üretimi için gereken alüminosilikat kaynağı, metakaolin (MK), ticari bir firmadan temin edilmiştir. MK'in özgül ağırlığı 2.54 g/cm^3 olup TS EN 196-6 [28]'ya uygun olarak Blaine yöntemiyle tespit edilen özgül yüzey alanı 8647 cm^2/g'dır.

Karadeniz Bölgesinden (Ordu) temin edilen mısır koçanının 600°C'de 2 saat yakılması sonucunda mısır koçanı külü (MKK) üretilmiştir. Yakma işlemi sırasında, kül fırınının sıcaklığı saatte 200°C arttırılarak toplam 3 saatte 600°C'ye ulaşılmış, 600°C'de 2 saatlik yanma süresi boyunca sıcaklık sabit tutulmuş ve yine saatte 200°C azaltılarak kademeli olarak soğutulmuştur. MKK üretimi için uygulanan ısıtma, yakma ve soğutma döngüsü Şekil 1'de verilmiştir. MKK'nün özgül ağırlığı 2.14 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 1. MK'dan MKK üretimine yönelik ısıtma, yakma ve soğutma döngüsü

Jeopolimer harç üretimi için TS EN 196-1 [29]'e uygun, 2.56 g/cm^3 özgül ağırlığa sahip CEN Standart Kumu (SK) kullanılmıştır. MK, MKK ve SK'un tanecik boyutu dağılımları Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, MKK en ince hammaddedir ve %100'ü 63 µm elekten geçmektedir. MK ve SK'un en büyük tanecik boyutları ise sırasıyla 90 µm ve 2 mm'dir.



Şekil 2. MK, MKK ve SK'un tanecik boyutu dağılımları

MK ve MKK'nün yarı kantitatif element (X-ışını Floresan spektometre=XRF) analizi Philips 71 PW-2404 model XRF cihazı ile gerçekleştirilmiş olup elde edilen bulgular Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre, MK ve MKK, TS 25 [30], BS EN 8615-2 [31] ve ASTM C 618 [32]'e göre doğal puzolan olarak tanımlanabilmek için gereken minimum silikon dioksit (SiO_2) + alüminyum oksit (Al_2O_3) + demir oksit (Fe_2O_3) oranını (%70) karşılayabilmektedir. Ayrıca, maksimum sülfür oksit (SO_3), magnezyum oksit (MgO), and sodyum oksit (Na_2O) oranlarının sırasıyla %3, %4 ve %5'in altında olması, hammaddelerin söz konusu standartların gereksinimlerini karşıladığını göstermektedir. Yani, MK ve MKK her üç standardın gereksinimlerine uygun bir puzolan olarak nitelendirilebilmektedir. Bu bulguyu kanıtlamak amacıyla, TS 25 [30]'e uygun olarak puzolanik aktivite deneyi gerçekleştirilmiştir. MK ve MKK'nün puzolanik aktivite deneyi sonucunda elde edilen eğilmede çekme (sırasıyla 2.86 ve 2.31 MPa) ve basınç dayanımları (sırasıyla 6.79 ve 5.93 MPa) standartta belirtilen minimum 1.0 MPa ve 4.0 MPa kriterini karşıladığından, MK ve MKK puzolanik hammaddelerdir.

Tablo 1. MK ve MKK'nün kimyasal bileşimi

Bileşen	MK	MKK
SiO_2	55.50	65.61
Al_2O_3	41.00	8.92
Fe_2O_3	0.71	4.20
CaO	0.16	17.20
MgO	0.17	0.18
SO_3	-	0.20
K_2O	1.06	1.02
Na_2O	0.13	0.33
KK	1.27	2.34

Alkali aktivatör olarak 10 molar konsantrasyona (M) ve %99 saflığa sahip sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ve silis modülü (SiO_2/Na_2O) 3.2 olan sıvı sodyum silikat (SS) kullanılmıştır. NaOH çözeltisi harç karışımına eklenmeden 24 saat önce deiyonize su ile karıştırılarak hazırlanmış ve çözelti suyunun buharlaşmaması için kapalı bir cam kap içerisinde ortam sıcaklığına kadar soğutulmuştur. NaOH çözeltisi ortam sıcaklığına ulaştıktan sonra, daha iyi bir harç performansı elde edebilmek amacıyla [33], SS ile SS:NaOH oranı ağırlıkça 2.5:1 olacak şekilde karıştırılmış ve alkali aktivatörler kullanıma hazır hale gelmiştir.

2.2. Karışım oranları

Jeopolimer harç tasarımı özel bir standart ya da yönetmeliğe sahip değildir. Bundan dolayı, TS EN 196-1 [29] harç karışım oranlarını belirlemede bir kılavuz olarak kullanılmıştır. Malzemeler ağırlık oranlarına göre karıştırılmıştır. Kum:bağlayıcı oranı 3:1, su:bağlayıcı oranı 0.5:1 ve alkali aktivatör:bağlayıcı oranı 0.3:1 olarak sabit tutulmuştur. MKK içeren harç ve betonların strüktürel uygulamalarda kullanılabilmesi için ideal MKK oranının %20 ila %30 arasında olması gerektiği literatürde belirtilmektedir [13, 34-37]. Ancak, amaçlanan malzemenin taşıyıcı malzeme olması kriteri bulunmadığından, MK:MKK oranı 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 ve 0:100 olacak şekilde karışımlar hazırlanmıştır. MKK oranının malzeme özelikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla %100 MK ile üretilen numune kontrol numunesi olarak belirlenmiştir. Hazırlanan bütün karışım oranları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. MKK içeren jeopolimer harçların karışım oranları

Numune	MK (g)	MKK (g)	SK (g)	NaOH (g)	SS (g)	SS: NaOH	SK: Bağlayıcı	Alkali: Bağlayıcı	Su: Bağlayıcı
100MK:0MKK (Kontrol)	450	0	1350	38.57	96.43	2.5:1	3:1	0.3:1	0.5:1
70MK:30MKK	315	135	1350	38.57	96.43	2.5:1	3:1	0.3:1	0.5:1
50MK:50MKK	225	225	1350	38.57	96.43	2.5:1	3:1	0.3:1	0.5:1
30MK:70MKK	135	315	1350	38.57	96.43	2.5:1	3:1	0.3:1	0.5:1
0MK:100MKK	0	450	1350	38.57	96.43	2.5:1	3:1	0.3:1	0.5:1

2.3. Karışım hazırlama, döküm ve kür koşulları

Karışımlar TS EN 196-1 [29]'de belirtilen gereksinimlere uygun olarak 24±2°C ve %60±5 bağıl nemli laboratuvar koşullarında hazırlanmış, karıştırılmış ve dökülmüştür. İlk olarak, kuru hammaddeler homojen bir karışım elde edilinceye kadar harç mikseriyle düşük hızda (140±5 dk^{-1}) 2 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra, bu karışıma su ve alkali aktivatörler eklenerek yüksek hızda (285±5 dk^{-1}) 1 dakika daha karıştırılmıştır. Taze haldeki harç karışımı 40x40x160 mm prizmatik kalıplara yerleştirilmiş, harç bünyesindeki suyun hızlı bir şekilde buharlaşmaması için polietilen kaplanarak 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonra kalıplar sökülmüş ve numuneler, 24±2°C ve %60±5 bağıl nemli ortam koşullarında 28 gün kürlenmiştir. Her bir deney sonucu üç adet numuneden elde edilen sonucun aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir.

2.4. Uygulanan deneyler

Taze haldeki jeopolimer harç karışımlarının işlenebilirliği TS EN 12350-5 [38]'e uygun olarak gerçekleştirilen yayılma tablası deneyiyle belirlenmiştir. Priz başlangıç ve bitiş süreleri TS EN 196-3 [39] uyarınca Vicat aleti kullanılarak tespit edilmiştir. Sertleşmiş harç numunelerinin birim hacim ağırlığı TS EN 1015-10 [40] ve kütlece su emme oranı TS EN 13755 [41]'e uygun olarak tespit edilmiştir. Özgül ağırlık kurutulmuş numunenin boşluksuz haldeki birim hacminin kütlesidir ve TS 699 [42]'a uygun olarak tespit edilmiştir. Porozite, Denklem 1 uyarınca hesaplanmıştır:

$$P = [1 - (\Delta / \rho)]\, x\, 100 \quad (1)$$

"Δ" birim hacim ağırlık ve "ρ" özgül ağırlıktır (g/cm^3).

Sertleşmiş harç numunelerinin ultrases hızı (V) TS EN 14579 [43]'e uygun olarak ultrases cihazı kullanılarak Denklem 2 uyarınca tespit edilmiştir:

$$V = (l / t) \quad (2)$$

"l" numunenin uzunluğu (m) ve "t" sesin numunenin uzunluğu boyunca geçtiği süredir (μs).

Birim hacim ağırlığı ve ultrases hızı belirlenen numunelerin dinamik elastiklik modülü (MoE) Denklem 3 uyarınca hesaplanmıştır:

$$MoE = (10^5\, x\, V^2 x\, \Delta) / g \quad (3)$$

"V" ultrases hızı (km/s) ve "g" yer çekimi ivmesidir (9.81 m/s).

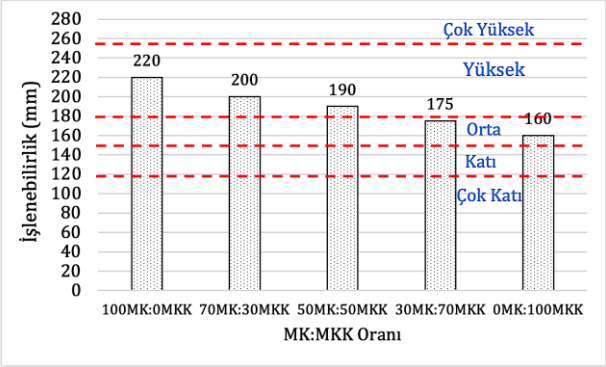
Numunelerin eğilmede çekme ve basınç dayanımı deneyleri TS EN 196-1 [29]'e uygun olarak Universal marka eğilmede çekme ve basınç dayanımı deney cihazları kullanılarak belirlenmiştir. Isı iletkenlik katsayısı ASTM C518-17 [44]'e uygun olarak kararlı durum koşullarında ısı akış ölçer cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Taze harcın özelikleri

İşlenebilirlik

Farklı MK:MKK oranlarına sahip taze haldeki jeopolimer harçların işlenebilirlik değerleri Şekil 3'te verilmiştir.

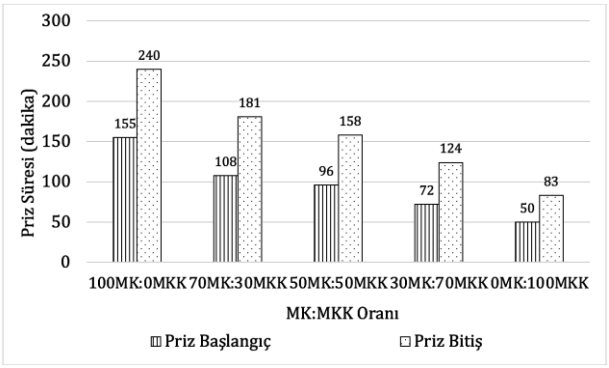


Şekil 3. MK:MKK oranının jeopolimer harçların işlenebilirliği üzerindeki etkisi

En yüksek işlenebilirlik (220 mm) %100 MK içeren (100MK:0MKK) kontrol numunesinde elde edilmiştir. Karışıma MKK eklenmesi ve MKK oranının kademeli olarak arttırılması jeopolimer harcın işlenebilirliğini azaltmıştır. Bu azalışın temel nedeni, tarımsal bir hammadde olan MKK'nün su emme eğiliminin yüksek olması ve böylece karışım suyunu emmesidir. Elde edilen bu bulgu, diğer tarımsal kül içeren harçların işlenebilirliğinde tespit edilen azalmayla uyumlu olması bakımından önemlidir [26, 45-46]. Ayrıca, kullanılan hammaddeler arasında en yüksek silis oranına sahip olan MKK (%65.61) karışımın toplam silis oranını arttırmaktadır. Artan bu silis iyonları ile MKK'den gelen yüksek orandaki Ca iyonları (%17.20) arasında, jeopolimerleşmeye ek olarak, Portland çimentosundakine benzer bir reaksiyon gerçekleşmekte ve bunun sonucunda jeopolimer matris içerisinde kalsium-silikat-alüminat-hidrat (C-S-A-H) jeli oluşmaktadır. Bu reaksiyon daha ileriki bölümlerde açıklanmaktadır. C-S-A-H jeli oluşumu su tüketen bir reaksiyon olduğundan, karışım suyu daha fazla azalmakta ve işlenebilirliği düşmektedir. Ghosh ve diğ. tarafından yapılan işlenebilirlik sınıflandırmasına göre [47], 100MK:0MKK, 70MK:30MKK, 50MK:50MKK numunelerinin işlenebilirlik değerleri (sırasıyla 220, 200 ve 190 mm) "yüksek işlenebilirlik" aralığında yer almaktadır. 30MK:70MKK ve 0MK:100MKK numunelerin işlenebilirlik değeri (sırasıyla 175 ve 160 mm) ise "orta işlenebilirlik" aralığındadır. Daha yüksek işlenebilirliğin amaçlandığı koşullarda MKK, harç karışımına eklemenden önce suya doygun hale getirilerek kullanılabilir.

Priz süresi

Farklı MK:MKK oranlarına sahip taze haldeki jeopolimer harçların priz başlangıç ve bitiş süreleri Şekil 4'te verilmiştir.



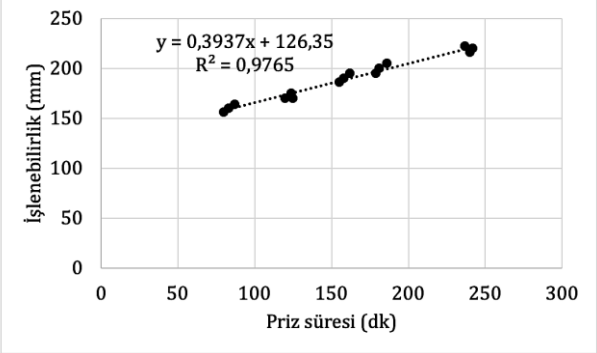
Şekil 4. MK:MKK oranının jeopolimer harçların priz başlangıç ve bitiş süreleri üzerindeki etkisi

Üretilen jeopolimer harçların priz başlangıcı 50-155 dakika ve priz bitişi 83-240 dakika arasında değişmektedir. En geç priz başlangıcı ve en uzun priz süresi %100 MK içeren (100MK:0MKK) numunede tespit edilmiştir. Jeopolimer harca MKK eklenmesiyle priz başlangıcı ve toplam priz süresi kademeli olarak kısalmıştır. Alüminosilikat kaynağının kimyasal bileşiminin harcın priz süresini değiştirdiği [48] ve özellikle yüksek SiO_2/Al_2O_3 oranına ve CaO içeriğine sahip malzemelerin prizi hızlandırdığı yönündeki bulgular literatürde mevcuttur [49]. Bu bağlamda, priz süresinin en kısa 0MK:100MKK numunesinde olması MKK'nün SiO_2/Al_2O_3 oranının (7.35) ve CaO (%17.20) miktarının MK'e nazaran (sırasıyla SiO_2/Al_2O_3=1.35 ve CaO=%0.16) çok daha yüksek olmasından kaynaklanabilmektedir.

Jeopolimer bir harcın daha uzun priz süresi harcın yüksek akışkanlıkta, yani işlenebilirlikte, olmasıyla yakından ilişkilidir [50-52]. Şekil 5, üretilen jeopolimer harçların işlenebilirlik ve priz bitiş süresi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu çalışmada üretilen jeopolimer harçların işlenebilirliği ve priz bitiş süresi arasındaki bağıntı Denklem 4'te verilmiştir:

$$İ = 0.3937\ x\ (Ps) + 126.35 \qquad (2)$$

"İ" işlenebilirliği ve "Ps" priz bitiş süresini sembolize etmektedir. Bu bağıntıdaki R^2 değerinin %97 olması, harcın işlenebilirlik ve priz süresi arasında yüksek bir korelasyon olduğunu doğrulamaktadır.

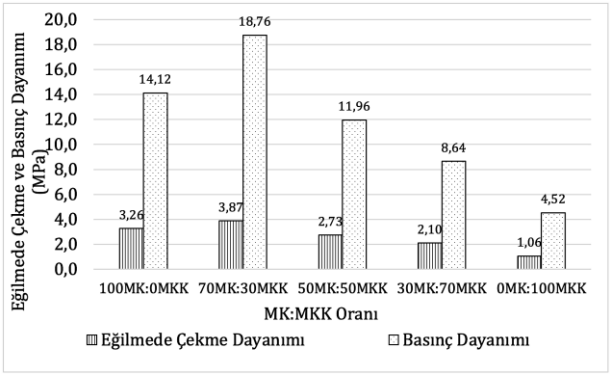


Şekil 5. MKK içeren jeopolimer harçların işlenebilirlik ve priz bitiş süresi ilişkisi

3.2. Sertleşmiş harcın özelikleri

Eğilmede çekme ve basınç dayanımı

Farklı MK:MKK oranlarına sahip sertleşmiş haldeki jeopolimer harçların eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

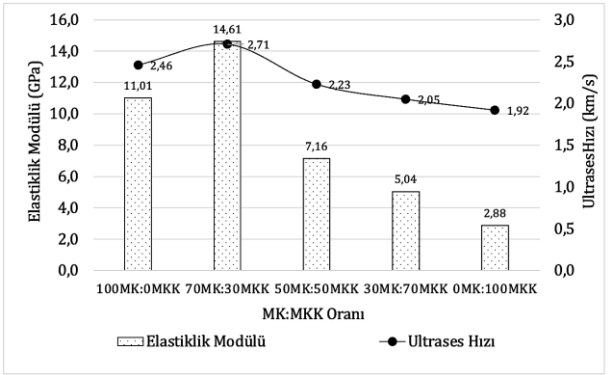


Şekil 6. MK:MKK oranının jeopolimer harçların eğilmede çekme ve basınç dayanımı üzerindeki etkisi

%100 MK içeren (100MK:0MKK) kontrol numunesinin eğilmede çekme ve basınç dayanımları sırasıyla 3.26 ve 14.12 MPa'dır. Karışıma %30'a kadar MKK eklenmesi (70MK:30MKK) dayanım özeliklerini arttırırken, %50 ve daha fazla MKK oranı (50MK:50MKK, 30MK:70MKK ve 0MK:100MKK) özelikleri olumsuz yönde etkilemiştir. Özeliklerde tespit edilen bu değişimin temel nedeni alüminosilikat kaynağındaki CaO içeriğinin değişmesidir. Kalsiyum içeriğine göre jeopolimerler iki kategoriye ayrılmaktadır: (i) düşük kalsiyumlu bağlayıcılar, (ii) yüksek kalsiyumlu bağlayıcılar. Düşük kalsiyum içeren bağlayıcıların reaksiyon ürünü üç boyutlu inorganik alkali polimer ya da alkali alüminosilikat hidrat olarak adlandırılan N-A-S-H jelidir ve zeolit öncüsü olarak kabul edilmektedir. Yüksek kalsiyum içeren bağlayıcıların reaksiyon ürünü, Portland çimentosunun reaksiyon ürününe benzer olarak, bileşiminde alüminyum içeren kalsiyum silikat hidrat (C-A-S-H) jelidir. Ancak, bunların dışında, günümüzde üçüncü bir aktivasyon modeli tanımlanmaktadır. "Hibrit alkali bağlayıcı" olarak adlandırılan bu bağlayıcıda SiO_2, Al_2O_3 ve CaO bileşenleri bir arada bulunmakta ve temel reaksiyon ürünü N-A-S-H ve C-A-S-H jelinden oluşmaktadır [53]. Bu araştırmada, reaksiyon ortamındaki SiO_2 ve Al_2O_3 MK ve MKK'den, CaO ise %17.20 oranıyla yalnızca MKK'den sağlanmaktadır (Tablo 1). Yani, reaksiyonlar sırasında bir yandan puzolanik hammaddelerden gelen SiO_2 ve Al_2O_3 ile alkali aktivatörler arasında N-A-S-H jeli oluşurken, diğer yandan ortamdaki yüksek CaO oranının sayesinde C-A-S-H jeli üretilmektedir. Her iki jelin jeopolimer yapıda eşzamanlı oluşumu malzeme bünyesinde bulunan boşlukların dolmasını, yani malzeme porozitesinin azalmasını sağlamıştır. Daha dolu bir bünyeye ulaşan malzeme, mekanik etkiler altında daha yüksek performans sergilemektedir. Bundan dolayı, ideal MK:MKK oranında (30MK:70MKK) mekanik özelikler en yüksektir. Ayrıca MKK'nün daha küçük tanecik boyutu, harç içerisindeki boşlukların daha fazla dolmasını sağlayarak yüksek mekanik özeliklerin elde edilmesine katkı sağlayabilmektedir. Ancak, %50'den daha fazla MKK oranı eğilmede çekme ve basınç dayanımlarında kademeli bir azalmaya yol açmıştır. Özellikle, en düşük mekanik özeliklerin (1.06 MPa eğilmede çekme dayanımı ve 4.52 MPa basınç dayanımı) %100 MKK içeren numunede tespit edilmesi, MKK'nün toplam SiO_2 ve Al_2O_3 oranının (%74.5) MK'kine nazaran (%96.5) daha düşük olması nedeniyle, ortamda MK yokken, reaksiyon için gerekli olan toplam SiO_2 ve Al_2O_3 oranının yeterli olmamasından kaynaklanabilmektedir.

Ultrases hızı ve elastiklik modülü

Farklı MK:MKK oranlarına sahip sertleşmiş haldeki jeopolimer harçların ultrases hızı ve elastiklik modülü değerleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. MK:MKK oranının jeopolimer harçların ultrases hızı ve elastiklik modülü üzerindeki etkisi

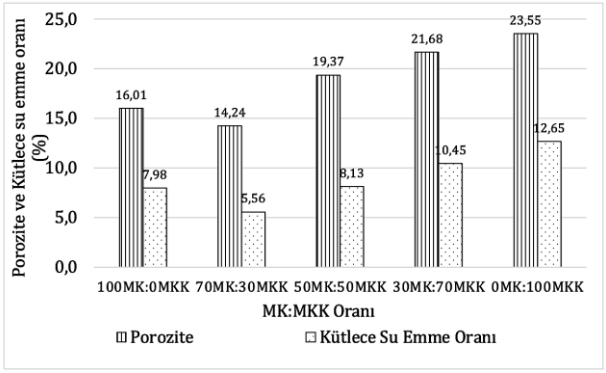
Jeopolimer harç numunelerinin ultrases hızı 1.92-2.71 km/s aralığında değişmektedir. %100 MK içeren (100MK:0MKK) kontrol numunesinin ultrases hızı 2.46 km/s'tir. En yüksek ultrases hızının (2.71 km/s) 70MK:30MKK numunesinde tespit edilmesi mekanik özeliklerde elde edilen sonuçla örtüşmektedir. Alüminosilikat hammaddelerin ideal oranda karıştırılması sonucunda harç içerisindeki boşluklar hem jeopolimerik jel hem de kalsiyum silikat hidrat jeli tarafından doldurulmaktadır. Böylece matris içerisinde ultrasesin geçişine engel teşkil ederek ses geçiş hızını azaltan boşluk, oyuk ya da çatlak oluşumu

engellenmektedir. Ayrıca MKK'nün inceliğinin (özgül yüzey alanı) yüksek olması, malzeme içerisindeki boşlukların daha iyi dolmasını sağlayarak ultrases geçişini kolaylaştırıcı bir faktör haline gelmektedir. Bu bulgular, porozite ve su emme deney sonuçlarıyla da örtüşmektedir.

%100 MK içeren kontrol numunesinin elastiklik modülü 11.01 GPa'dır. En yüksek elastiklik modülü (14.61 GPa) 70MK:30MKK numunesinde tespit edildiğinden bu numunenin yük altında deformasyona karşı en yüksek mertebede direnç gösterdiği, yani daha rijit olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, %50'den daha fazla MKK oranı (50MK:50MKK, 30MK:70MKK, 0MK:100MKK) bu özelliği kademeli olarak azaltmıştır. Çünkü, daha yüksek MKK oranlarında daha boşluklu bir içyapı ortaya çıkmakta ve harcın yoğunluğu azalmaktadır. Üretilen jeopolimer harçların elastiklik modülündeki değişim trendinin mekanik özeliklerdeki değişim trendine paralel olması, jeopolimerlerin elastiklik modülünün jeopolimerik mikro yapıya bağlı olduğu [54] bilgisiyle örtüşmesi bakımından önemlidir.

Porozite, birim hacim ağırlık ve kütlece su emme oranı

Farklı MK:MKK oranlarına sahip sertleşmiş haldeki jeopolimer harçların porozite ve kütlece su emme oranları Şekil 8'de ve birim hacim ağırlıkları Şekil 9'da verilmiştir.



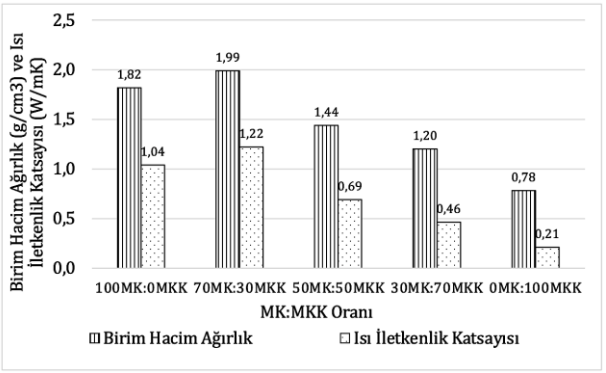
Şekil 8. MK:MKK oranının jeopolimer harçların porozite ve kütlece su emme oranı üzerindeki etkisi

%100 MK içeren (100MK:0MKK) kontrol numunesinin porozite, birim hacim ağırlık ve su emme oranı sırasıyla %16.01, 1.82 g/cm^3 ve %7.98'dir. Karışıma %30 MKK eklenmesi (70MK:30MKK) sonucunda porozite ve su emme oranında tespit edilen %11 ve %30 azalış ve birim hacim ağırlıkta tespit edilen %9 artış jeopolimerleşme reaksiyonları sırasında reaksiyon ürünlerinin üç boyutlu inorganik bir ağ yapısı oluşturması ve harç içerisindeki boşlukları en iyi şekilde doldurmasıyla açıklanabilmektedir. Diğer yandan, %50'den daha fazla MKK oranına sahip numunelerin (50MK:50MKK, 30MK:70MKK, 0MK:100MKK) daha düşük yoğunluklu, daha fazla boşluklu ve daha fazla su emme eğiliminde olması nedeniyle söz konusu fiziksel özelikler olumsuz yönde etkilenmiştir. Ayrıca MKK'nün özgül ağırlığının (2.14 g/cm^3) MK'kine nazaran (2.54 g/cm^3) daha düşük olması, yüksek oranda MKK içeren numunelerin daha düşük yoğunlukta olmasının bir diğer etkenidir. Bu bulgu, MKK katkılı jeopolimer beton [26] ve hafif beton [55] üretimi amacıyla gerçekleştirilen araştırmalarda da tespit edilmiştir.

Isı iletkenlik katsayısı

Isı enerjisinin sıcaklıkları farklı bir ortamdan diğer bir ortama geçişi iletim, taşınım ve ışınım olmak üzere üç şekilde gerçekleşmektedir [56]. İletimde enerji, katı cismi oluşturan moleküllerin titreşimiyle bir molekülden diğerine aktarılarak yayılır ve malzemelerde başlıca ısıl transfer türüdür. Diğer yandan, ısının sıvı ve gaz gibi akışkanlardaki geçiş yöntemi olan taşınımda, moleküller hareket ederek enerjiyi taşımaktadır. Ancak, 4 mm'den daha küçük boşluk boyutuna sahip malzemelerde taşınımın etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir [57, 58]. Malzemelerin yüzey özeliklerine ve sıcaklıklarına bağlı olarak yüzeylerinden elektromanyetik dalga olarak yaydıkları enerji ise ışınımdır ve herhangi bir taşıyıcı ortama gerek olmadan yayılabilmektedir. Ancak, 600°C'den daha düşük sıcaklıklarda ışınımın etkisi de ihmal edilebilecek düzeydedir [59]. Bundan dolayı, bu araştırmada "ısının iletimle yayılması" temel ısıl transfer türü olarak göz önüne alınmış ve jeopolimer harç numunelerinin ısıl performansı "ısı iletkenlik katsayısının" hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Farklı MK:MKK oranlarına sahip sertleşmiş haldeki jeopolimer harçların birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayısı değerleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. MK:MKK oranının jeopolimer harçların birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayısı üzerindeki etkisi

En yüksek ısı iletkenlik katsayısı (1.22 W/mK) en yüksek doluluk oranına sahip 30MK:70MKK numunesinde elde edilmiştir. Diğer yandan, durgun havanın ısıl iletkenliği çevresindeki dolu jeopolimer matrisinkinden daha düşük olduğundan, en yüksek poroziteye, yani ısı yalıtımı işlevi görebilecek en fazla boşluğa sahip 0MK:100MKK numunesinin ısı iletkenlik katsayısı en düşüktür (0.21 W/mK). Üretilen jeopolimer harçların ısı iletkenlik katsayılarının birim hacim ağırlıktaki değişime paralel yönde değiştiği tespit edilmiştir. Isıl performans kriterlerinin önemli

olduğu bir jeopolimer harç üretmek için karışımdaki MKK oranı maksimum olarak seçilmelidir. Ancak, bu durumda, geliştirilen malzemenin mekanik özeliklerindeki muhtemel azalmalar göz ardı edilmemelidir.

Farklı MK:MKK oranlarına sahip sertleşmiş haldeki jeopolimer harçların birim hacim ağırlık, ısı iletkenlik katsayısı ve basınç dayanımı değerleri yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan harç ve sıvaların özelikleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Jeopolimer harçların birim hacim ağırlık, ısı iletkenlik katsayısı ve basınç dayanımlarının yapı sektöründe kullanılan harç ve sıvaların özelikleriyle karşılaştırılması

Malzeme	Birim hacim ağırlık (g/cm^3) [60]	Isı iletkenlik katsayısı (W/mK) [60]	28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)
Kireç harcı ve sıva	1.80	1.00	0.5-1 [61]
Takviyeli (kireç+ çimento) harç ve sıva	1.80	1.00	3.3-8.4
Hidrolik kireç harcı	1.80-2.00	1.00-1.60	5-15 [61]
Horasan Harcı	1.80	1.00	2-10 [61]
Çimento harcı	2.00	1.60	27.6 [62]
Alçı ve kireçli alçı harcı	1.40	0.70	1.14 [61]
Hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	0.80-1.00	0.30-0.38	>2.00
Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan harç ve sıvalar	0.40-0.80	0.14-0.29	>2.00
Isı yalıtım sıvaları	>0.20	0.07-0.10	-
Jeopolimer Harç Numuneleri			
100MK:0MKK	1.82	1.04	14.12
30MK:70MKK	1.99	1.22	18.76
50MK:50MKK	1.44	0.69	11.96
70MK:30MKK	1.20	0.46	8.64
0MK:100MKK	0.78	0.21	4.52

Tablo 3'e göre, MKK içermeyen kontrol numunesinin (100MK:0MKK) birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayısı kireç harcı ve sıvası, takviyeli harç ve sıva, hidrolik kireç harcı ve horasan harcı için gereken standart gereksinimi aralığında yer almaktadır. Aynı numunenin basınç dayanımı ise hava kireci (hidrolik olmayan) esaslı harçlara nazaran daha yüksektir ve hidrolik kireç harçları için belirtilen aralıktadır. En yüksek birim hacim ağırlığa ve ısı iletkenlik katsayısına sahip 30MK:70MKK numunesinin yoğunluğu çimento harcına uygun olmasına rağmen, ısı iletkenlik katsayısı (1.22 W/mK) çimento harcından (1.60 W/mK) daha düşük olduğundan çimentoya nazaran daha yüksek ısıl performans sergilemektedir. Ancak, söz konusu harcın basınç dayanımı (18.76 MPa) çimento harcına nazaran daha düşük, kireç esaslı harçlara nazaran daha yüksektir. 50MK:50MKK numunesinin yoğunluğu ve ısı iletkenlik katsayısı alçı harcı ve kireçli alçı harcının gereksinimlerini karşılamasına rağmen, basınç dayanımı (11.96 MPa) söz konusu harçlara nazaran daha yüksektir. Yalnızca MKK içeren, en düşük birim hacim ağırlık ve ısı iletkenlik katsayısına sahip 0MK:100MKK numunesinin özelikleri ise genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan harç ve sıvaların bütün gereksinimlerini karşılamaktadır. Buradan, jeopolimer harçların MK:MKK oranının düzenlenmesiyle yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan harç ve sıvaların gereksinimlerini karşılayan alternatif malzeme üretilebileceği çıkarılabilmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Deneysel yöntemle yürütülen bu araştırmadan elde edilen sonuçları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Yapay bir puzolan olarak metakaolin, tarımsal bir atık olan mısır koçanı külü ile karıştırıldığında, jeopolimer harç üretimi için elverişli bir alüminosilikat kaynağı haline gelmektedir.
- Taze ve sertleşmiş haldeki jeopolimer harcın fiziksel, mekanik ve ısıl özelikleri üzerinde metakaolin:mısır koçanı külü oranının (MK:MKK) etkisi önemli bir parametredir.
- Taze haldeki jeopolimer harcın işlenebilirliği MKK oranının artmasıyla azalmaktadır. Bunun nedeni, MKK'nün su emme eğiliminin yüksek olmasıdır. Ayrıca harcın priz süresi ile işlenebilirliği arasında yüksek korelasyonlu bir doğru orantı vardır.
- Sertleşmiş haldeki jeopolimer harçta, en düşük porozite, su emme oranı ve en yüksek birim hacim ağırlık, ultrases hızı, elastiklik modülü, eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri ağırlıkça %70 metakaolin ve %30 mısır koçanı külü içeren karışımda elde edilmektedir. Daha yüksek özeliklerin sağlanmasının ana etkeni, mısır koçanı külünün yüksek kalsiyum içeriğine sahip olması nedeniyle C-A-S-H jelinin ve jeopolimerleşme reaksiyonlarıyla oluşan N-A-S-H jelinin matris içerisinde bir arada bulunmasıdır. Böylece, harç içerisindeki boşluklar daha yüksek oranda reaksiyon ürünleriyle dolmaktadır.
- Değişen MK:MKK oranı jeopolimer harcın ısıl performansını etkilemektedir. Daha fazla MKK içeren harcın ısı iletkenlik katsayısı, daha boşluklu ve daha az yoğun bir içyapının gelişmesine bağlı olarak azalmaktadır. Bu durumda, ısıl performans kriterlerinin önemli olduğu uygulamalarda MKK maksimum oranda kullanılabilmektedir.
- MK:MKK oranının değiştirilmesiyle elde edilen ve çeşitli birim hacim ağırlık, ısı iletkenlik katsayısı ve basınç dayanımına sahip jeopolimer harçlar, yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan harç ve sıvaların gereksinimlerini karşıladığından, söz konusu malzemelere alternatif olarak üretilip kullanılma potansiyeline sahiptir.

Teşekkür

Çalışmanın yazarı alkali aktivatörlerin temininde destek olan Balmumcu Kimya A.Ş. ve standart kumun temininde destek olan Limak Çimento A.Ş.'ye teşekkürlerini sunmaktadır.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederim.

Kaynakça

[1] Bai, X., Dawson, R. J., Ürge-Vorsatz, D., Delgado, G. C., Barau, A. S., Dhakal, S. 2018. Six Research Priorities for Cities and Climate Change. Nature, 555(7694), 23-25.

[2] Malhotra, V. M. 2002. Introduction: Sustainable Development and Concrete Technology. Concrete International, 24(7), 22.

[3] Sperling, F., Granoff, I., Northrop, E., Olhoff, A., Gale, A. S. 2016. Bridging The Gap – The Sustainable Development Goals and Climate Change Mitigation. ss 40-47. In The Emissions Gap Report 2016: A Unep Synthesis Report, UNEP DTU Partnership.

[4] Sustainable Development Goals. 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, Report of the United Nations Statistics Division. https://unstats.un.org/sdgs (Erişim Tarihi: 21.08.2023).

[5] Sustainable Development Goals. 2017. The Sustainable Development Goals Report of the United Nations Statistics Division, United Nations Publication issued by the Department of Economic and Social Affairs (DESA). https://unstats.un.org/sdgs (Erişim Tarihi: 22.08.2023).

[6] Xie, T., Visintin, P. 2018. A Unified Approach for Mix Design of Concrete Containing Supplementary Cementitious Materials Based on Reactivity Moduli. Journal of Cleaner Production, 203, 68-82.

[7] Palomo, A., Grutzeck, M. W., Blanco, M. T. 1999. Alkali-Activated Fly Ashes: A Cement for the Future. Cement and Concrete Research, 29(8), 93-102.

[8] Dave, N., Misra, A. K., Srivastava, A., Sharma, A. K., Kaushik, S. K. 2017. Study on Quaternary Concrete Microstructure, Strength, Durability Considering the Influence of Multi-factors. Construction and Building Materials, 139, 447-457.

[9] Davidovits, J. 2013. Geopolymer Cement: A Review. http://www.geopolymer.org/library/technical-papers/21-geopolymer-cement-review. (Erişim Tarihi: 24.05.2023).

[10] Tsai, W. T., Chang, C. Y, Wang, S. Y., Chang, C. F., Chien, S. F., Sun, H. F. 2001. Cleaner Production of Carbon Adsorbents by Utilizing Agricultural Waste Corn Cob. Resources, Conservation and Recycling, 32(1), 43-53.

[11] Alaneme, G. U., Olonade, K. A., Esenogho, E. 2023. Eco-friendly Agro-waste Based Geopolymer-Concrete: A Systematic Review. Discover Materials, 3(14).

[12] Raheem, A., Oyebisi, S. O., Akintayo, S. O., Oyeniran, M. O. 2010. Effects of Admixture on the Properties of Corncob Ash Cement Concrete. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, 16, 13-20.

[13] Kamau, J., Ahmed, A., Hirst, P., Kangwa, J. 2016. Suitability of Corncob Ash as a Supplementary Cementitious Material. International Journal of Material Science and Engineering, 4(4), 215-228.

[14] Adesanya, D. A., Raheem, A. A. 2009. A Study of the Workability and Compressive Strength Characteristics of Corn Cob Ash Blended Portland Cement Concrete. Construction and Building Materials, 23(1), 311-317.

[15] Shakouri, M., Exstrom, C. L., Ramanathan, S., Suraneni, P. 2020. Hydration, Strength, and Durability of Cementitious Materials Incorporating Untreated Corn Cob Ash. Construction and Building Materials, 243, 118171.

[16] Raheem, A. A., Adesanya. D. A. 2011. A Study of Thermal Conductivity of Corn Cob Ash Blended Cement Mortar. The Pacific Journal of Science and Technology, 12(2), 106-111.

[17] Oyebisi, S., Ede, A., Ofuyatan, O., Oluwafemi, J., Akinwumi, I. 2018. Comparative Study of Corncob Ash-Based Lateritic Interlocking and Sandcrete Hollow Blocks. International Journal of GEOMATE, 15(51), 209-216.

[18] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Ofuyatan, O., Alayande, T. 2019. Building a Sustainable World: Economy Index of Geopolymer Concrete. 10th International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-10), 20-25 Mayıs, Chicago, 1-6.

[19] Oyebisi, S., Ede, A., Ofuyatan, O., Alayande, T., Mark, G., Jolayemi, J., Ayegbo, S. 2018. Effects of 12 Molar Concentration of Sodium Hydroxide on the Compressive Strength of Geopolymer Concrete. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 413, 012066.

[20] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Igba, T., Ramonu, J. 2019. Rheology of Slag-Based Geopolymer Concrete Using Corncob Ash as A Pozzolanic Material. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 640(1), 012057.

[21] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Omole, D. 2020a. Geopolymer Concrete Incorporating Agro-industrial Wastes: Effects on Mechanical Properties, Microstructural Behaviour and Mineralogical Phases. Construction and Building Materials, 256, 119390.

[22] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Ogbiye, S. 2020b. Evaluation of Reactivity Indexes and Durability Properties of Slag-Based Geopolymer Concrete Incorporating Corn Cob Ash. Construction and Building Materials, 258, 119604.

[23] Oyebisi, S., Owamah, H., Ede, A. 2021. Flexural Optimization of Slag-based Geopolymer Concrete Beams Modified with Corn Cob Ash. Scientia Iranica, 28(5), 2582-2595.

[24] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Owamah, H., Igba, T. 2022. Slag-based Geopolymer Concrete Incorporating Ash: Effects on Thermal Performance. Australian Journal of Civil Engineering, 20(1), 208-221.

[25] Murthi, P., Poongodi, K., Saravanan, R., Rajesh Chary, K., Gobinath, R. 2020. Effect of the Ratio Between Na2SiO3 and NaOH Solutions and Curing Temperature on the Early Age Properties of Geopolymer Mortar. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 981(3), 032060.

[26] Saloni, Parveen, Pham, T. M., Lim, Y. Y., Pradhan, S. S., Jatin, Kumar, J. 2021. Performance of Rice Husk Ash-Based Sustainable Geopolymer Concrete with Ultra-Fine Slag and Corn Cob Ash. Construction and Building Materials, 279, 122526.

[27] Arif, R., Iqtidar, A., Khattak, S. U. 2023. Utilizing Corn Cob Ash and Bauxite as One-Part Geopolymer: A Sustainable Approach for Construction Materials. Engineering Proceedings, 44(1), 18.

[28] TS EN 196-6, 2020. Çimento Deney Yöntemleri – Bölüm 6: İncelik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[29] TS EN 196-1, 2016. Çimento Deney Metotları– Bölüm 1: Dayanım Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[30] TS 25, 2008. Doğal Puzolan (Tras)-Çimento ve Betonda Kullanılan-Tarifler, Gerekler ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[31] BS 8615, 2019. Specification for Pozzolanic Materials for Use with Portland Cement High Reactivity Natural Calcined Pozzolana. British Standards Institute, London.

[32] ASTM C618, 2022. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. ASTM International, Washington, D.C.

[33] Nath, P., Sarker, P. K. 2014. Effect of GGBFS on Setting, Workability and Early Strength Properties of Fly Ash Geopolymer Concrete Cured in Ambient Condition. Construction and Building Materials, 66, 163-171.

[34] Oyebisi, S., Ede, A., Olutoge, F., Ofuyatan, O., Oluwafemi, J. 2018. Influence of Alkali Concentrations on the Mechanical Properties of Geopolymer Concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(8), 734-743.

[35] Abdul-Manan, D. 2016. Exploring the Potential of Alternative Pozzolana Cement for the Northern Savannah Ecological Zone in Ghana. American Journal of Civil Engineering, 4(30), 74-79.

[36] Olofintuyi, I., Oluborode, K. 2015. Strength Evaluation of Corn Cob Ash in a Blended Portland Cement. International Journal of Web Engineering and Technology, 9001(12), 2277-3754.

[37] Price, A. A., Yeargin, R., Fini, E. H., Abu-Lebdeh, T. 2014. Investigating Effects of the Introduction of Corncob Ash into Portland Cements Concrete: Mechanical and Thermal Properties. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 7, 137-148.

[38] TS EN 12350-5, 2019. Taze Beton Deneyleri – Bölüm 5: Yayılma Tablası Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[39] TS EN 196-3, 2017. Çimento Deney Yöntemleri – Bölüm 3: Priz Süreleri ve Genleşme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[40] TS EN 1015-10, 2001. Kagir Harcı-Deney Metotları – Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[41] TS EN 13755, 2014. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri – Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[42] TS 699, 2009. Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[43] TS EN 14579, 2015. Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri – Ses Hızı İlerlemesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[44] ASTM C518-17, 2021. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Appatatus. ASTM International, Washington, D.C.

[45] Afriansya, R., Astuti, P., Ratnadewati, V. S., Randisyah, J., Ramadhona, T. Y., Anisa, E. A. 2021. Investigation of Setting Time and Flowability of Geopolymer Mortar Using Local Industry and Agriculture Waste as Precursor in Indonesia. International Journal of GEOMATE, 21(87), 64-69.

[46] Saleh, F., Prayuda, H., Monika, F., Pratama, M. M. A. 2019. Characteristics Comparison on Mechanical Properties of Mortars using Agriculture Waste as a Cement Replacement Materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 650(1), 012039.

[47] Ghosh, K., Ghosh, P. 2012. Effect of Na2O/Al2O3, SiO2/Al2O3 and W/B Ratio on Setting Time and Workability of Fly Ash Based Geopolymer. International Journal of Engineering Research and Applications, 2(4), 2142-2147.

[48] Wijaya, S. W., Hardjito, D. 2016. Factors Affecting the Setting Time of Fly Ash-Based Geopolymer. Materials Science Forum, 841, 90-97.

[49] Chen, X., Sutrisno, A., Struble, L. J. 2018. Effects of Calcium on Setting Mechanism of Metakaolin-Based Geopolymer. Journal of the American Ceramic Society, 101(2), 957-968.

[50] Senff, L., Barbetta, P. A., Repette, W. L., Hotza, D., Paiva, H., Ferreira, V. M., Labrincha, J. A. 2009. Mortar Composition Defined According to Rheometer and Flow Table Tests Using Factorial Designed Experiments. Construction and Building Materials, 23(10), 3107-3111.

[51] Al-Majidi, M. H., Lampropoulos, A., Cundy, A., Meikle, S. 2016. Development of Geopolymer Mortar under Ambient Temperature for In Situ Applications. Construction and Building Materials, 120, 198-211.

[52] Huseien, G. F., Ismail, M., Khalid, N. H. A., Hussin, M. W., Mirza, J. 2018. Compressive Strength and Microstructure of Assorted Wastes Incorporated Geopolymer Mortars: Effect of Solution Molarity. Alexandria Engineering Journal, 57(4), 3375-3386.

[53] Garcia-Lodeiro, I., Palomo, A., Fernández-Jiménez, A. 2015. An Overview of the Chemistry of Alkali-Activated Cement-Based Binders. ss 19-47. Pacheco-Torgal, F., Labrincha, J. A., Leonelli, C., Palomo, A., Chindaprasirt, P., ed. 2015. Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes, Woodhead Publishing, UK, 26.

[54] Luhar, S., Chaudhary, S., Luhar, I. 2019. Development of Rubberized Geopolymer Concrete: Strength and Durability Studies. Construction and Building Materials, 204, 740-753.

[55] Pinto, J., Vieira, B., Pereira, H., Jacinto, C., Vilela, P., Paiva, A., Pereira, S., Cunha, V. M. C. F., Varum, H. 2012. Corn Cob Lightweight Concrete for Non-Structural Applications. Construction and Building Materials, 34, 346-351.

[56] Prud'homme, E., Joussein, E., Rossignol, S. 2015. Alkali-Activated Concrete Binders as Inorganic Thermal Insulator Materials. ss 687-728. Pacheco-Torgal, F., Labrincha, J. A., Leonelli, C., Palomo, A., Chindaprasirt, P., ed. 2015. Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes, Woodhead Publishing, UK, 26.

[57] Schulle, W., Schlegel, E. 1991. Fundamentals and Properties of Refractory Thermal Insulating Materials. Interceramics, 40(7), 1-12.

[58] Wei, S., Yiqiang, C., Yunsheng, Z., Jones, M. R. 2013. Characterization and Simulation of Microstructure and Thermal Properties of Foamed Concrete. Construction and Building Materials, 47, 1278-1291.

[59] Incropera, F. P., DeWitt, D. P. 2002. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. John Wiley & Sons, New York.

[60] TS 825, 2013. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[61] Ersen, A., Gürdal, E., Güleç, A. 2011. Geleneksel Harçlar ve Koruma Harçları, Bağlayıcı Olarak Kullanılacak Kireç ve Hidrolik Kireçli, Puzzolanlı, Tuğla Tozlu ve Tuğla Kırıklı Harçlardaki Malzeme Oranlarının Belirlenmesi Çalışması Raporu. http://dergipark.org.tr/tr/download/issue-file/23374. (Erişim Tarihi: 21.01.2023).

[62] ASTM C150, 2012. Standard Specification for Portland Cement. ASTM International, Washington, D.C.

Dergi Kurulları

İmtiyaz Sahibi / Privilige Owner



Prof. Dr. Mehmet SALTAN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTY
0000-0001-6221-4918
Türkiye

Ulaşım ve Trafik

Baş Editör / Editor-in-Chief

Doç. Dr. Mert ŞEKERCİ
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
0000-0003-0870-0506
Türkiye

Genel Fizik

Editörler / Editors

Doç. Dr. Tunahan TURHAN

Prof. Dr. Yasemin COŞKUN

Doç. Dr. Cengiz GAZELOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Banu ESENCAN TÜRKASLAN

Prof. Dr. Hakan OĞUZ

Prof. Dr. Rağbet Ezgi DURAN

Prof. Dr. Sedat AKLEYLEK

Doç. Dr. Oğuz YAYLA

Doç. Dr. Yalçın ERZURUMLU

Dr. Öğr. Üyesi Ekinhan ERİŞKİN

Öğr. Gör. Dr. Faruk Süleyman BERBER

Tunahan TURHAN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
0000-0002-9632-2180
Türkiye

Cebirsel ve Diferansiyel Geometri

- Dergi Ana Sayfası
- Hakkında
- Amaç ve Kapsam
- Makale Gönder
- Dergi Kurulları
- İstatistikler
- Yazım Kuralları
- Etik İlkeler ve Yayın Politikası
- Ücret Politikası
- Dizinler
- Arşiv
- İletişim
- Dergi Hakkında
- Yazar Rehberi
- Hakem Rehberi
- Duyurular
- Yayın İlkeleri

Geri Bildirim



Prof. Dr. Yasemin COŞKUN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
0000-0001-7741-3987
Türkiye

Biyoloji, Bitki Biyoteknolojisi

Doç. Banu ESENCAN TÜRKASLAN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
Türkiye

Malzeme Bilimi ve Teknolojileri, Polimer Bilimi ve Teknolojileri, Nanoteknoloji



Dr. Öğr. Üyesi Cengiz GAZELOĞLU
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
0000-0002-8222-3384
Türkiye Web

2010 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi İstatistik bölümünden mezun olduktan sonra 2012 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı İstatistik Anabilim dalında yüksek lisansımı tamamlamış bulunmaktayım. 1 yıl aradan sonra 2014 yılı eylül ayında başladığım Eskişehir'deki Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uyulamalı İstatistik Anabilim Dalından 2016 yılı Nisan ayında mezun oldum.

İstatistik



Prof. Dr. Hakan OĞUZ
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
0000-0002-0855-2032
Türkiye Web

Bilgisayar Yazılımı, Programlama Dilleri, Peyzaj Mimarlığı, Peyzaj Mimarlığında Bilgisayar Teknolojileri, Peyzaj Teknikleri, Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama



Doç. Dr. Oğuz YAYLA
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Türkiye Web

Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji, Cebir ve Sayı Teorisi

Prof. Dr. Rağbet Ezgi DURAN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Türkiye

Bitki Biyoteknolojisi, Matematik

Doç. Dr. Sedat AKLEYLEK
ONDOKUZ MAYIS UNIVERSITY
0000-0001-7005-6489

Türkiye

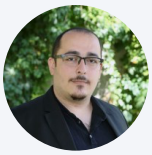
Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji, Bilgisayar Yazılımı



Yrd. Doç. Dr. Yalcin ERZURUMLU
SULEYMAN DEMIREL UNIVERSITY, FACULTY OF PHARMACY, DEPARTMENT OF BASIC PHARMACEUTICAL SCIENCES, DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY

Türkiye

Hayvan Hücresi ve Moleküler Biyoloji



Dr. Öğr. Üyesi Ekinhan ERİŞKİN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ

0000-0002-0087-0933

Türkiye Web

Ulaşım Planlaması, Ulaşım ve Trafik, Ulaştırma Mühendisliği, Karayolu Taşımacılığı ve Nakliye Hizmetleri, Toplu Taşıma



Dr. Öğretim Görevlisi Faruk Süleyman BERBER
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ, REKTÖRLÜK

0000-0002-1339-6150

Türkiye

Bilgi ve Bilgi İşleme Bilimleri, Bilgi Güvenliği Yönetimi, Adli Bilişim, Veri ve Bilgi Gizliliği, Bilgisayar Yazılımı

Danışma Kurulu / Advisory Board

Ahmet Ali IŞILDAR

Türkiye

Toprak Bilimleri ve Bitki Besleme

Prof. Dr. Ayşegül ÖKSÜZ

Prof. Dr. Bahri KARLI
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ

Türkiye

Ziraat, Veterinerlik ve Gıda Bilimleri, Tarımsal Yönetimde Pazarlama, Tarım İşletmeciliği

Prof. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
0000-0001-9259-4800
Türkiye

Gıda Bilimleri, Gıda Kimyası ve Gıda Sensör Bilimi, Gıda Teknolojileri

Ersan AKYILDIZ



Prof. Dr. Ersin YÜCEL

Türkiye

Biyoloji

Gerhard-wilhelm WEBER

Güven ÖNBİLGİN

Mehmet POLAT



Prof. Dr. Metin AYDOĞDU
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

Türkiye

Mühendislik

Muhsin KONUK
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

Türkiye

Biyokimya ve Hücre Biyolojisi, Enzimler, Hücre Metabolizması, Endüstriyel Biyoteknoloji, Hayvan

Hücresi ve Moleküler Biyoloji

Prof. Dr. Mehmet KANBUR
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Türkiye

Sismoloji, Jeofizik, Uygulamalı Jeofizik

Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ EĞİRDİR SU ÜRÜNLERİ FAKÜLTESİ
Türkiye

Sucul Kültür ve Balıkçılık

Prof. Dr. Serdar CARUS
Türkiye

Ormancılık



Prof. Dr. Serpil PEHLİVAN
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ, FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ
0000-0002-2474-2995
Türkiye

Operatör Cebirleri ve Fonksiyonel Analiz



Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
GAZI UNIV
Türkiye

Bilgi ve Bilgi İşleme Bilimleri, Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji, Büyük Veri, Yapay Zeka, Bilgisayar Yazılımı

Doç. Dr. Tolga TAŞDİZEN
UNİVERSİTY OF UTAH, SALT LAKE CİTY, UTAH, USA
Amerika Birleşik Devletleri

Mühendislik

Urfat NURİYEV

Mizanpaj Editörleri



Arş. Gör. İbrahim Arda CANKAYA
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Türkiye

Bilgi ve Bilgi İşleme Bilimleri



Arş. Gör. Muhammet Çağrı GENCER
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Türkiye

Görüntü İşleme, Video İşleme, Bilgisayar Yazılımı

Son Güncelleme Zamanı: **5.03.2024 10:24:09**

e-ISSN: 1308-6529

Dizinler

Her veri tabanından dergilerin dizin güncelliği kontrol edilmelidir. DergiPark sorumluluk almamaktadır.

Atıf Dizinleri

TR Dizin

Diğer Dizinler

zbmath

worldcat

base-search

- Dergi Ana Sayfası
- Hakkında
- Amaç ve Kapsam
- Makale Gönder
- Dergi Kurulları
- İstatistikler
- Yazım Kuralları
- Etik İlkeler ve Yayın Politikası
- Ücret Politikası
- Dizinler
- Arşiv
- İletişim
- Dergi Hakkında
- Yazar Rehberi
- Hakem Rehberi
- Duyurular
- Yayın İlkeleri

e-ISSN: 1308-6529

TR DİZİN

Giriş Yap

Yayın | Dergi | Yazar | Kurum

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitusu Dergisi

ÜAK Doçentlik başvurularında yer alan "Ulusal Hakemli Dergi" tanımında yer alan ULAKBİM TR Dizin dergi listesidir.

Bulunan Toplam Sonuç : 1

Dergi Önerisi | Başlık A-Z

Filtrelerde Ara..

Yıl (15)

2024	1
2023	1
2022	1
2021	1
2020	1
2019	1



Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

EISSN: 1308-6529

Editör Mert ŞEKERCİ

2024 2023 2022 2021 *Tüm Yıllar* **Web Adresi**

Toplam Kayıt: 1

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Makale Sayısı	Atıf Sayısı	Kendine Atıf Sayısı
1210	1092	56

Atıf Alan Makale Sayısı	Atıf Ortalaması	Kendine Atıf Oranı
451	0,9	%5,13



EISSN: 1308-6529

İlk Yayın Yılı: 1995

Dizinlendiği Yıllar:	1998 (Fen)	2000-2002 (Fen)	2014-2024 (Fen)

Yayın Periyodu: Nisan, Agustos, Aralık

Yayın Formatı: Elektronik

Yayın Dili: Türkçe | İngilizce

Editör: Mert ŞEKERCİ | Buket Çapalı | Mevlüt Ersoy

Yayıncı: Süleyman Demirel Üniversitesi

Web Adresi:
http://dergipark.org.tr/sdufenbed

Konu Kategorisi: Fen > Mühendislik | Fen > Temel Bilimler | Fen > Ziraat

Konu Alanları: Bilgisayar Bilimleri, Yapay Zeka | Bilgisayar Bilimleri, Sibernitik | Bilgisayar Bilimleri, Bilgi Sistemleri | Mühendislik, Elektrik ve Elektronik | Mühendislik, Makine | Jeoloji | Malzeme Bilimleri, Biyomalzemeler | Telekomünikasyon | Malzeme Bilimleri, Kompozitler | Taşınım Bilimi ve Teknolojisi | Nanobilim ve Nanoteknoloji | Malzeme Bilimleri, Kâğıt ve Ahşap | Enerji ve Yakıtlar | Bilgisayar Bilimleri, Donanım ve Mimari | Metalürji Mühendisliği | Malzeme Bilimleri, Özellik ve Test | Entomoloji | Limnoloji | Matematik | Kimya, Analitik | Kimya, Uygulamalı | Kimya, Tıbbi | Kimya, Organik | Kimya, İnorganik ve Nükleer | Mantar Bilimi | Biyoloji Çeşitliliğinin Korunması | Kuş Bilimi | Zooloji | Fizik, Uygulamalı | Fizik, Matematik | Fizik, Nükleer | İstatistik ve Olasılık | Tarımsal Ekonomi ve Politika | Bitki Bilimleri | Ziraat, Toprak Bilimi | Savunma Bilimleri | İnşaat ve Yapı Teknolojisi | Ziraat Mühendisliği | Hücre ve Doku Mühendisliği | Mimarlık | Mühendislik, Hava ve Uzay | Mühendislik, Kimya

GÜNCEL SAYI

Cilt: 28 Sayı: 1, 27.04.2024

YIL: 2024

Makaleler

Araştırma Makalesi

1. İzosiyanat İçermeyen Su Esaslı Poli (Hidroksi Üretan) Filmlerin Sentezi ve Kendini Onarma Özelliklerinin İncelenmesi

Dilek Dalgakıran *

Sayfa : 1-11 PDF

Araştırma Makalesi

2. Sert Hammadde Tane Boyutu ve Pişirim Sıcaklığının Duvar Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi

Belgin Tanışan * Gamze Karakedi Sakarya

Sayfa : 12-18 PDF

Araştırma Makalesi

3. Dumanlı Dağları (Refahiye-Erzincan)'nın Endemik Bitki Çeşitliliği

Mustafa Korkmaz * İbrahim Onkaş

Sayfa : 19-26 PDF

Araştırma Makalesi

4. Hakkâri İlinde Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss) Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yapısal Analizi

Fatih Ünal Öznur Özil *

Sayfa : 27-34 PDF

Araştırma Makalesi

5. Domateste Kök ur nematodu Kontrolünde Ticari Biyonematisit ve Kitosan Kombinasyonları

Fatma Gül Göze Özdemir *

Sayfa : 35-41 PDF

Araştırma Makalesi

6. Atık Mısır Koçanı Külünün Jeopolimer Harç Üretiminde Kullanımı

Kübra Ekiz Barış *



Kapak Resmi İndir

- SAYI DOSYALARI
  - Sayı Tam Dosyası

289 180 0

- Arşiv
  - Cilt: 27 Sayı: 2, 25.08.2023
  - Cilt: 27 Sayı: 3, 25.12.2023
  - Cilt: 28 Sayı: 1, 27.04.2024

Sayfa : 42-52 PDF

Araştırma Makalesi

7. Elastic, Electronic, Dynamic and Thermodynamic Properties of YbPdH3

Selgin Al *

Sayfa : 53-59 PDF

Araştırma Makalesi

8. Desenleştirilmiş Karma Verilerin Transfer Öğrenme Yöntemi Kullanılarak Evrişimli Sinir Ağlarıyla Sınıflandırılması

Bahadır Elmas * Elif Özge Özdamar

Sayfa : 60-68 PDF

Araştırma Makalesi

9. Sismik ve boyutsal parametrelerin istinat duvarlarının maliyetine etkisi

Münire Fındık *

Sayfa : 69-80 PDF

Amaç ve Kapsam

Yazım Kuralları

Etik İlkeler ve Yayın Politikası

Ücret Politikası

e-ISSN: 1308-6529