

MÜHENDİSLİK, TEKNOLOJİ, MİMARLIK VE TASARIMDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER
Prof. Dr. Abudulkadir GÜLLÜ
Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU
Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA

MÜHENDİSLİK, TEKNOLOJİ, MİMARLIK VE TASARIMDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

EDİTÖRLER
Prof. Dr. Abudulkadir GÜLLÜ
Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU
Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA

Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları: 13/2023 **Kitap Ölçü ve Yayın Tarihi:** 16 x 24 cm • 25 Ekim 2023

Yayıncı Sertifika No: 52866 **E-ISBN:** 978-625-7367-88-2

Bu bilimsel kitabının her türlü yayın hakkı GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI'na aittir. Yayınevinin yazılı izni olmadan, bilimsel/akademik kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayını, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz. ***Kitapta yer alan her bölüm ve makalenin sorumluluğu, görseller, grafikler, direkt alıntılar ve etik kurul ve kurum iznine yönelik sorumluluk ilgili yazarlara aittir. Bu yönde Oluşabilecek Herhangi Hukuki bir olumsuzlukta Yayınevi başta olmak üzere kitabın hazırlanmasına destek sağlayan kurumlar, kitabın düzenlenmesi ve tasarımından sorumlular kurum(lar) ve kitap editörleri, hakemler, düzenleme kurulu, bilim kurulu ve diğer kurullar ile yayınevi hiçbir konuda "maddi ve manevi" bir yükümlülük ve hukuki sorumluluğu kabul etmez ve etmesi istenemez; hukuki yükümlülük altına alınamaz. Her türlü hukuki yükümlülük ve sorumluluk "maddi ve manevi" yönden ilgili bölüm yazar(lar)ına aittir. Bu yöndeki haklarımızı maddi ve manevi yönden GÜVEN PULUS GRUP DANIŞMANLIK "YAYINCILIK"A.Ş. olarak ve kitap bilim/editörler kurulları adına saklı tutarız. Herhangi bir hukuki sorunda/durumda İSTANBUL mahkemeleri yetkilidir.*** Güven Plus Grup Danışmanlık bünyesinde hazırlanan ve yayınlan bu eser ISO: 10002:2014-14001:2004-9001:2008-18001:2007 belgelerine sahiptir. Bu eser TPE "Türk Patent Enstitüsü" tarafından "Güven Plus Grup A.Ş.2016/73232" ve "2015/03940" nolu tescil numarası ile markalı bir eserdir. Bu bilimsel/akademik kitap ulusal ve uluslararası nitelikte olup, İstanbul Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü İstanbul Basma Yazı ve Resimleri Derleme Müdürlüğünün Sayı: 37666426-207.01[207.02.02]-E.62175 Tarih: 21.01.2019 bilgileri ile resmi olarak belgelendirilmiştir. ***"2019 yılı akademik teşvik kriterleri kapsamında olup, 17/01/2020 tarihli ve 31011 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 16/1/2020 tarihli ve 2043 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı Uyarınca ilgili yayınlanan yönetmelik kapsamında değerlendirilmekte"*** olup, akademik teşvik kriterlerini karşılamaktadır. Çok bölümlü ve yazarlı olan bu bilimsel kitabı E-ISBN'li olup Kültür Bakanlığı Milli Kütüphaneler tarafından ve 18 Farklı Dünya Ülkesiyle Anlaşmalı olan Milli Kütüphanenin E Erişim sistemi tarafından da taranmaktadır. Bu kitap maddi bir değer ile alınıp satılamaz. Kitap yer alan bölüm, makalelerden alıntı yapmak ve ilgili bölüm ile makaleye atıf yapılmak koşulu ile kaynak gösterilmek üzere bilimsel ya da ilgili araştırmacılar tarafından kullanılabilir. ***Yayın evimiz ve kitap editörler kurulu kişisel verilerin korunması ve özel hayatın gizliliği kanunlarına uygun hareket eder. Bilimsel kitap bölüm yazarlarının da bu yönde hareket etmesini zorunlu kılar. Kişisel verilerin korunmasına ilişkin olarak işbu akademik/bilimsel kitabına sahip olan bireylerin ilgili kanun, yönetmelik ve uygulamalara göre hareket etmesi bir zorunluluktur. Bunun aksi hareket edenler hakkında oluşan hukuki, maddi ve manevi sorun ile zorunlulukları peşinen kabul etmiş sayılır.***

Metin ve Dil Editörleri
Doç. Dr. Gökşen ARAS (Türkçe – İngilizce)
Dr. Öğr. Üye. L. Santhosh KUMAR (İngilizce)

Kapak Tasarım ve Dizgi
Öğr. Gör. Ozan KARABAŞ

Baskı-Cilt

GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI®
Kayaşehir Mah. Başakşehir Emlak Konutları, Evliya Çelebi Cad. 1/A D Blok K4 D29 Başakşehir, İstanbul
Tel: +902128014061- 62 • Fax:+902128014063 • Mobile:+9053331447861

Kitap İmtiyaz Sahibi

GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI®
Kayaşehir Mah. Başakşehir Emlak Konutları, Evliya Çelebi Cad. 1/A D Blok K4 D29 Başakşehir, İstanbul
Tel: +902128014061-62-63 • +905331447861
info@guvenplus.com.tr • www.guvenplus.com.tr

İÇİNDEKİLER

JEOPOLİMER MALZEME TEKNOLOJİSİNDE UYGULANAN YENİLİKÇİ KÜR YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ **2**
Kübra EKİZ BARIŞ

MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLI İŞLETME YÖNETİMİ UYGULAMALARI: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **35**
Murat KORKMAZ, Senai YALÇINKAYA, Zeynep YAMAN

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ VE İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ **73**
Perihan ABAY

MÜHENDİSLİK VE STRATEJİK TEKNOLOJİ YÖNETİMİ: BİR LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **118**
Senai YALÇINKAYA, Perihan ABAY, Ozan DÜZ, Murat KORKMAZ, Ali Serdar YÜCEL

POSTMODERN DÖNEMLE BİRLİKTE GELİŞEN YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLARDA DEĞİŞEN SANAT VE TASARIM İLİŞKİSİ **162**
Setenay ALMACI

BAŞARILI KARİYER ROTALARININ BELİRLENMESİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI **190**
Şahika KOYUN YILMAZ, Mehmet İNCİ, Helin MURATYAN, Ümit BAKAN, Ferhat BAKAN, Mehmet S. AKTAŞ

KENTSEL DÖNÜŞÜMDE YAPAY ZEKÂ: GELECEĞİN ŞEHİRLERİ İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ **215**
Zeynep YAMAN, Senai YALÇINKAYA, Oğuz DÜZ, Ozan DÜZ

EDİTÖRLERDEN

Değerli Okurlar,

Sizlere "Mühendislik, Teknoloji, Mimarlık ve Tasarımda Yenilikçi Yaklaşımlar" adlı bu kitabı sunmaktan büyük bir memnuniyet duyuyoruz. Bu kitap, disiplinler arası bir bakış açısıyla mühendislik, teknoloji, mimarlık ve tasarım alanlarındaki yenilikçi yaklaşımları bir araya getiriyor ve bu disiplinlerin birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduğunu keşfetmeye davet ediyor.

Mühendislik, teknoloji, mimarlık ve tasarım, günümüz dünyasının temel taşlarıdır. Bu alanlar, insanların yaşam biçimlerini, çevrelerini ve işlerini şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, bu disiplinler hızla değişen bir dünyada kendilerini yeniden tanımlamak zorundadır. İşte bu kitap, bu yeniden tanımlama sürecinin bir parçası olarak ortaya çıkan yenilikçi yaklaşımları ele alıyor.

Kitap, çeşitli yazarlar tarafından yazılan makalelerden oluşmaktadır ve her biri kendi alanında uzmanlaşmıştır. Bu bölümler, geleceğin sürdürülebilir çözümlerini araştırırken, dijital dönüşümün etkilerini incelerken ve tasarımın insan yaşamına nasıl değer kattığını vurgularken, sizlere geniş bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır.

Kitabın içeriği, mühendislikten tasarıma, mimarlıktan teknolojiye kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Yazarlar, bu alanlardaki en son gelişmeleri ve geleceğe yönelik potansiyeli analiz ederken, sizlere ilham kaynağı olmayı hedeflemektedirler.

Bu kitabı okurken, mühendislik, teknoloji, mimarlık ve tasarımın birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduğunu, bu alanlardaki yenilikçi düşünce tarzlarını ve gelecekteki fırsatları daha iyi anlayacaksınız. Ayrıca, bu alanlarda çalışan profesyonellerin ve öğrencilerin kendi projelerine yeni perspektifler eklemelerine yardımcı olabilecek bilgi ve fikirler bulacaksınız.
"Mühendislik, Teknoloji, Mimarlık ve Tasarımda Yenilikçi Yaklaşımlar" adlı bu kitabı, bu disiplinlerin tutkulu takipçileri için bir kaynak olarak görüyoruz. Umarız bu kitap, sizi düşünmeye, sorgulamaya ve geleceği daha iyi bir şekilde şekillendirmeye teşvik eder.

Kitabı okurken keyif almanızı ve yeni fikirlerle dolmanızı dileriz.

JEOPOLİMER MALZEME TEKNOLOJİSİNDE UYGULANAN YENİLİKÇİ KÜR YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ

Kübra EKİZ BARIŞ

JEOPOLİMER MALZEME TEKNOLOJİSİNDE UYGULANAN YENİLİKÇİ KÜR YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİ

Kübra EKİZ BARIŞ[1]

Öz: Çimento içermeyen bir bağlayıcı türü olarak jeopolimerler, çeşitli alüminosilikat kaynaklarının alkali aktivatör ile reaksiyona girmesi sonucunda üretilen ve çevre üzerindeki etkinliği çimentoya nazaran daha düşük olan malzemelerdir. Jeopolimer malzeme özeliklerinin gelişiminde kullanılan hammaddelerin türü ve kimyasal ve mineralojik özelikleri, alkali aktivatörün molar derişimi, karışım oranı, üretim süreci ve kür koşullarının etkinliği büyüktür. Kür, taze haldeki bağlayıcının fiziksel ve mekanik özeliklerinin geliştiği süre içerisinde, sıcaklık ve nemlilik koşullarının sürdürülmesi için uygulanan yöntemdir. Jeopolimer malzeme geliştirme alanında yaygın olarak uygulanan kür yöntemleri; (i) ortam koşullarında kür, (ii) ısı kürü, (iii) otoklav kürü ve (iv) mikrodalga kürüdür. Bu araştırmada, jeopolimer malzemelere uygulanan kür yöntemlerinin malzeme özelikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Jeopolimer üretiminde diğer kür koşullarına nazaran nispeten yenilikçi bir yöntem olan "mikrodalga kürünün" etkinliği diğer yöntemlerle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, ortam koşullarında kür sıcaklığının ve kür süresinin arttırılması, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimini desteklemektedir. Isı kürü enerji-yoğun bir işlem olmasına rağmen, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimi için önemlidir. Ancak, ideal kür periyodundan daha uzun süre yüksek sıcaklıkta kürleme, malzemede su kaybına ve kuruma rötresine yol açmakta ve dayanımı azaltmaktadır. Otoklav kürü, aynı sıcaklıktaki ısı kürüne nazaran kür süresinin kısalmasını sağlamaktadır. Diğer kür koşullarına nazaran çok daha kısa sürede ve daha az enerji tüketilerek üretime imkân veren kür

[1]Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Kocaeli / Türkiye, e-mail: kubra.ekizbaris@kocaeli.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-3830-7185

yöntemi ise mikrodalga kürüdür. Mikrodalga küründe ısıtma geleneksel ısıtma teknolojilerine nazaran daha homojen olduğundan daha yüksek basınç dayanımı elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeopolimer, Alternatif Kür Yöntemleri, Kür Koşulu, Dayanım Gelişimi

GİRİŞ

Portland çimentosu üretimi önemli miktarda hammadde ve enerji tüketimine ve yüksek oranda sera gazı salımına yol açmaktadır (Lämmlein ve diğ., 2019; Xie ve diğ., 2019). 1 kg Portland çimentosu üretmek, yaklaşık olarak 0.66 ila 0.82 kg arasında değişen bir karbon emisyonuna neden olmaktadır. Bu oran, küresel CO_2 emisyonlarının neredeyse %5-7'sidir (Peng ve diğ., 2012). Uluslararası Çimento İnceleme Araştırması'na göre, 2018 yılında, küresel çimento üretimi 4.216 milyar metrik tondan daha fazladır. Bu miktarda çimentoyu üretmek için gereken enerji tüketiminin yaklaşık 9.476x107 Joule/ton olduğu belirtilmektedir (Jindal, 2019). 2030 yılına kadar küresel ölçekte çimento talebinin %216 artması beklenmektedir (Robayo-Salazar ve de Gutiérrez, 2018). Bu nedenle, dünya genelinde Portland çimentosunun alternatif bağlayıcı malzemelerle ikame edilmesi amacıyla birçok girişim vardır. Çimentosuz bir bağlayıcı olarak jeopolimerler, çimentoya nazaran daha enerji-etkin bir bağlayıcı malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Jeopolimer, çeşitli reaktif alüminosilikat kaynaklarının güçlü alkali çözeltilerle reaksiyonu sonucunda üretilen ve özelikleri uzun zamandır geliştirilmeye çalışılan malzemedir. Jeopolimer üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonu geleneksel çimento üretiminden kaynaklanan emisyona nazaran yaklaşık %60-80 daha düşüktür (Zhang ve diğ., 2014). Çünkü, jeopolimer bağlayıcı üretiminde yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen kalsinasyon işlemi bulunmamaktadır (RILEM TC 224-AAM, 2014). Jeopolimer bir betonun yaşam döngüsündeki sera gazı emisyonunun, Portland çimento esaslı betona nazaran yaklaşık %70-90 daha düşüktür (Davidovits, 2015). Diğer yandan, jeopolimer malzeme üretiminde kullanılan alkali aktivatörlerin nispeten yüksek üretim enerjisi, malzemenin enerji etkinliğini olumsuz etkileyen bir faktördür. Ancak bu olumsuz durum, daha düşük üretim enerjisine sahip aktivatörlerin geliştirilmesi ve jeopolimer karışımındaki toplam aktivatör oranının azaltılmasıyla giderilmeye çalışılmaktadır.

Jeopolimerlerin temel hammaddeleri amorf silis (SiO_2) ve alümin (Al_2O_3) içeren herhangi bir alüminosilikat kaynağı ve alkali aktivatörlerdir. Çeşitli doğal malzemeler, tarımsal, endüstriyel ve kentsel atık malzemeler jeopolimer üretiminde kullanılan başlıca alüminosilikat

kaynaklarıdır. Alkali aktivatör olarak ise, genellikle hidroksitler (ROH, $R(OH)_2$), zayıf asit tuzları (R_2CO_3), kuvvetli asit tuzları (Na_2SO_4, $CaSO_4.2H_2O$) ve silis tuzları ($R_2O(n)SiO_2$) kullanılmaktadır. Burada "R" terimi Na^+, K^+ veya Li^+ gibi alkali metal iyonlarını sembolize etmektedir.

Jeopolimerleşme reaksiyonları çözünme, oligomerleşme (jelleşme) ve polikondansasyon aşamalarından oluşmaktadır (González-García ve diğ., 2022). Çözünme aşamasında, alüminosilikat kaynağı bir alkali aktivatörle çözünür ve reaktif silikat ve alüminat fazlarına ayrışır (Xu ve Van Deventer, 2000). Oligomerleşme aşamasında silikat ve alüminat monomorlerinden oligomerler oluşur. Daha sonra, bu oligomerler yoğunlaşır ve farklı siliko-alüminat polimer zincirleri arasında çapraz bağlar oluşturarak üç boyutlu bir ağ yapısı elde edilir (Ferone ve diğ., 2011).

Jeopolimer malzemelerin özeliklerinin gelişimi üzerinde önemli etkinliği olan parametreler; alüminosilikat kaynağının mineralojik ve kimyasal bileşimi, içerdiği amorf faz oranı ve en büyük tanecik boyutu, kullanılan alkali aktivatörün türü, konsantrasyonu, karışım oranı ve kür koşullarıdır.

Kür, yeni üretilmiş bir bağlayıcının fiziksel, mekanik ve durabilite özeliklerinin geliştiği süre boyunca, nem ve sıcaklık koşullarının sürdürülmesini sağlamak amacıyla uygulanan işlemdir. Sertleşme aşamasındaki bağlayıcıya çevrenin etkisi büyüktür. Bu aşamada uygulanan kür koşulları, "sıcaklık, nem ve kür süresi" olarak özetlenebilir (Akman, 1987). Uygun kürleme, jeopolimer malzemenin hacimsel kararlılığını, geçirimsizliğini, dayanımını, aşınma direncini, fiziksel ve kimyasal nedenlerle oluşabilecek eskitme etkenlerine karşı uzun dönemdeki dayanıklılığını arttırır (Nahata ve diğ, 2014).

Jeopolimer malzemelere uygulanan farklı kür yöntemlerini beş temel gruba ayırmak mümkündür: (i) Ortam koşullarında kür; (ii) Isı kürü; (iii) Otoklav kürü; (v) Mikrodalga kürü. Jeopolimer bağlayıcıların su içerisinde kürlenmesi malzeme özeliklerinin gelişimi üzerinde olumlu etkiler yaratmamaktadır. Çünkü, geleneksel Portland çimento esaslı yapı malzemelerinin aksine, jeopolimer malzemelerin su içerisinde kürlenmesi çözeltideki alkali konsantrasyonunu azaltmaktadır. Aktivasyonun temel kaynağı olan alkali tuzlar (reaktif maddeler) su

içerisinde malzeme boşluklarından malzemeyi terk etmektedir. Zaman içerisinde malzemenin daha fazla su emmesiyle malzemeden eksilen alkali aktivatör miktarı artmaktadır. Bu durumda, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimi kısmen engellenmekte, böylece daha az miktarda jeopolimer jel oluşmakta ve malzeme bünyesi daha fazla boşluklu hale gelmektedir (El-Feky ve diğ., 2020). Bundan dolayı, su içerisinde kür yöntemi bu araştırmanın kapsamına dahil edilmemiştir.

Bu araştırmanın amacı, jeopolimerlere uygulanan kür yöntemlerinin malzeme özelikleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi ve özellikle jeopolimer teknolojisi için yenilikçi bir kür yöntemi olan "mikrodalga kürü" etkinliğinin diğer kür yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak tespit edilmesidir. Araştırmada, sözü edilen kür yöntemlerinde uygulanan kür koşulları "sıcaklık, nem ve kür süresi" bağlamında tartışılmakta ve her bir kür yönteminin diğer yöntemlere nazaran avantaj ve dezavantajları ortaya koyulmaktadır.

JEOPOLİMER MALZEME TEKNOLOJİSİNDE UYGULANAN KÜR YÖNTEMLERİ

Ortam Koşullarında Kür

Herhangi bir ısı enerjisi harcanmaksızın, jeopolimer karışımının yapıldığı ortam sıcaklığı ve bağıl nem koşullarında sürdürülen kürlemedir. Jeopolimer malzemelerin ortam koşullarında kürlenmesine yönelik olarak literatürde yer alan çalışmalar, kullanılan hammaddeler, karışım oranı, kür koşulları ve sonuç ürünün basınç dayanımı değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Ortam Koşullarında Kürlenen Jeopolimer Malzemelerin Hammadde Türü, Karışım Oranı, Kür Koşulları ve Basınç Dayanımı

Referans	Alüminosilikat Kaynağı	Alkali Aktivatör Türü	Kür Yöntemi	Kür Sıcaklığı (°C)	Kür Süresi (gün)	Basınç Dayanımı (MPa)
Rovnaník, 2010	Metakaolin	SS+NaOH	OKK	10	1	0
					28	~52
				20	1	~17
					28	~62
Heah ve diğ., 2011	Kaolin	SS+8M NaOH	OKK	22±3	1	0
					28	~1
Tuyan ve	Atık kil tuğlası	SS+10M	OKK	25±3	3	0

diğ., 2018	tozu	NaOH			90	18.7
Samantasinghar ve Singh, 2020	Yüksek fırın cürufu + uçucu kül	8M NaOH	OKK	-15 0 10 25	1	~0 ~2.1 ~3 ~4.8
El-Feky ve diğ., 2020	Cüruf	SS+11.6 M NaOH	OKK	21	7 28	~34 ~49
Haruna ve diğ., 2021	Uçucu kül	Kuru SS	OKK	25	28 90 365	~50 ~90 ~94
Bai ve diğ., 2022	Yüksek titanyum cürufu	SS+NaOH	OKK	20	7 28	45 55.1
González-García ve diğ., 2022	Meksika Puzolanı	KS+7M KOH	OKK	25±3C, %80BN	3 28	3.0 10.8
Allahverdi ve diğ., 2008a	Taftan Puzolanı	SS+NaOH	OKK	21±3°C	28	63
Allahverdi ve diğ., 2008b	Sircan Puzolanı	SS+NaOH	OKK	21±3°C	28	56
Tchakoute ve diğ., 2013	Djoungo Puzolanı Galim Puzolanı	SS+12M NaOH	OKK	24±3°C	28	19 50

SS: Sodyum silikat, OKK: Ortam koşulunda kür, BN: Bağıl nem

Ortam koşullarında kürlemede dikkat edilmesi gereken iki temel parametre: (i) kür sıcaklığı ve (ii) kür süresidir. Her iki parametrenin değiştirilmesiyle malzeme özelikleri önemli ölçüde değişebilmektedir. Örneğin, oda sıcaklığı altında (0-20 °C) kürleme, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimini önemli ölçüde yavaşlatması ve bağlayıcının sertleşmesini geciktirmesinden dolayı jeopolimerlerin üretimi için uygun değildir (Jiang ve diğ., 2022; Nath ve Sarker, 2015; Wang ve diğ., 2004; Hardjito ve diğ., 2004; Heah ve diğ., 2011). Samantasinghar ve Singh (2020), %60 yüksek fırın cürufu ve %40 uçucu kül karışımından oluşan alüminosilikatı 8M NaOH ile aktive ettikten sonra, -15, 0, 10 ve 25 °C'de 1 gün süreyle kürlemiştir. Çalışma sonucunda, bağlayıcının -15, 0, 10 ve 25 °C sıcaklıklarda kürleme sonundaki basınç dayanımı sırasıyla yaklaşık 0, 2.1, 3.0, 4.8 MPa'dır. Artan kür sıcaklığına bağlı olarak basınç dayanımının kademeli olarak artması, kür sıcaklığının jeopolimerleşme reaksiyonlarının bir katalizörü olduğunu gözler önüne sermektedir. Bir diğer çalışmada (Rovnaník, 2010), metakaolin, SS ve NaOH karışımıyla

aktive edilerek 10 ve 20 °C'de 28 güne kadar kürlenmiştir. Çalışmada, 10 °C'de 1 ve 3 gün kürlenen numunelerde, sertleşmenin gecikmesinden dolayı basınç dayanımı deneyi uygulanamamıştır. Kür sıcaklığının 20 °C'ye arttırılması, 1 günde 17 MPa basınç dayanımına sahip malzeme üretilmesini sağlamıştır. Yani, erken dönemde daha yüksek ortam sıcaklığı, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimini destekleyerek üç boyutlu jeopolimerik alüminosilikat hidrat yapının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca kür süresinin 28 güne arttırılmasıyla dayanım gelişimi tespit edilmiştir.

Heah ve diğ. (2011), kaolin esaslı jeopolimer bağlayıcıyı yukarıda sözü edilen çalışmalara nazaran daha yüksek ortam sıcaklığında (23 °C) 1, 3, 7 ve 28 gün ve Tuyan ve diğ. (2018), atık kil tuğlası tozu esaslı jeopolimer bağlayıcıyı 25 °C'de 3, 7, 28 ve 90 gün süreyle kürlemiştir. Her iki çalışmada da 7 günlük kür süresine kadar reaksiyon hızının yavaş olduğu, sertleşmenin tam olarak gerçekleşmediği ve yeterli dayanım kazanımı için daha uzun kür süresine gereksinim olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yapılan içyapı analizlerinde, ortam koşullarında ilk 3 gün içerisinde alüminosilikat kaynağında çözünmüş mineral fazların bulunması, jeopolimerleşmenin ilk aşaması olan çözünmenin gerçekleştiğini göstermektedir. 7 ve 14 gün arasında çözünmüş fazlar hala reaksiyon ortamında bulunmaktadır ve jeopolimer matris oluşumu devam etmektedir. 28. günde, polikondansasyon reaksiyonlarıyla ilişkili olan yoğunlaşmış bir içyapı oluşumu tespit edilmiştir. Bu içyapının artan kür süresiyle birlikte daha fazla gelişmesine bağlı olarak, daha yüksek basınç dayanımı değerleri elde edilmektedir (González-García ve diğ., 2022). Nitekim, Tablo 1'de yer alan araştırmalarda, alüminosilikat kaynağı, alkali aktivatör türü ve karışım oranları önemsenmeksizin, ortam sıcaklığında 28 gün ve daha uzun kürlemeyle numunelerin basınç dayanımlarında gözlenen önemli artışlar bu bilgiyi doğrular niteliktedir (Allahverdi ve diğ., 2008a; Allahverdi ve diğ., 2008b; Tchakoute ve diğ., 2013; El-Feky ve diğ., 2020; González-García ve diğ., 2022; Bai ve diğ., 2022). Örneğin, uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcının 25 °C'de 28 gün kürlenmesiyle elde edilen basınç dayanımı 50 MPa'dır. Kür süresinin 90 güne kadar arttırılmasıyla basınç dayanımı %71,2 artarak 90 MPa'a ulaşmıştır. Ancak, kür süresinin 365 güne arttırılmasıyla basınç dayanımındaki artış ilk 90 gündeki artışa nazaran göz ardı edilebilecek

düzeydedir (Haruna ve diğ., 2021). Yani, üç boyutlu jeopolimerik ağ yapısının oluşumu, reaksiyon ürünleri ile henüz reaksiyona girmeyen tanecikler arasındaki boşlukların dolması ve buna bağlı olarak basınç dayanımının artmasında ilk 90 günlük kür süresinin etkinliği önemli bir parametredir.

Isı Kürü

Isı kürü enerji-yoğun bir işlem olmasına rağmen, jeopolimerleşme reaksiyonlarının başlayabilmesi için bir enerjiye ihtiyaç duyulmasından dolayı jeopolimer üretiminde genellikle uygulanmaktadır (Athira ve diğ., 2021). Kür sıcaklığı 50 °C'nin altında uygulandığında, alüminosilikat kaynağının çözünmesi erken dönemde tamamlanamamakta, oligomerlerin oluşumu yetersiz kalmakta ve sonuç ürünün özelikleri düşük olmaktadır (Muñiz-Villarreal ve diğ., 2011). Daha yüksek kür sıcaklıkları, reaksiyonun gelişimindeki bu sorunları ortadan kaldırmakta ve reaktif bileşenlerin çözünmesini desteklemektedir (Jiang ve diğ., 2022). Böylece, iyi bir şekilde çözünen bileşenler, amorf yapı içerisinde çapraz bağların oluşumunu desteklemekte ve nispeten boşluksuz, geçirimsiz ve yüksek mekanik özeliklere sahip malzeme üretimini sağlamaktadır (Ferone ve diğ., 2011). Yapılan araştırmalar, kür sıcaklığını artırmanın jeopolimer malzemelerin fiziksel ve mekanik özelikleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Isı Etkisiyle Kürlenen Jeopolimer Malzemelerin Hammadde Türleri, Karışım Oranı, Kür Koşulları ve Basınç Dayanımı

Referans	Alüminosilikat Kaynağı	Alkali Aktivatör Türü	Alkali / Puzolan	Kür Yöntemi	Kür Sıcaklığı (°C)	Kür Süresi (gün)	Basınç Dayanımı (MPa)
Palomo ve diğ., 1999	Uçucu kül	KS+18 M KOH	0.3	IK	65	2s	0
						24s	39.0
					85	2s	16.0
						24s	35.9
Swanepoel ve Strydom, 2002	Uçucu kül	SS+NaOH	0.16	IK	40	6s	~2
						3	~1.5
					50	6s	~1.9
						3	~3.9
					60	6s	~1.4
						3	~4.9
					70	6s	~1.4

						3	~5.4
Heah ve diğ., 2011	Kaolin	SS+8M NaOH	1.0	IK	40	1	~2.5
						3	~4
					60	1	~2.6
						3	~5.5
					80	1	~3.5
						3	~4
					100	1	~6
						3	~5.8
Takeda ve diğ., 2014	Japonya volkanik külü	SS+7.5 M NaOH	-	IK	50 C, 80% BN	1	26
						11	32
Graytee ve diğ., 2018	Uçucu kül	SS+8M NaOH	0.25	IK	60	1	52
						7	78
					90	1	73
						7	86
					90	30dk	32
						60dk	47
					120	30dk	35
						60dk	61
Tuyan ve diğ., 2018	Atık kil tuğlası tozu	SS+10 M NaOH	-	IK	50	1	5
						7	15.2
					60	1	7.5
						7	21
					70	1	12.5
						7	32.5
					80	1	13.2
						7	35
					90	1	15
						7	36.2
Samantasinghar ve Singh, 2020	Yüksek fırın cürufu + uçucu kül	8M NaOH	0.30	IK	45	1	7.2
					60		11.1
					90		14.8
Li ve diğ., 2022	Metakaolin	SS+NaOH	1.52	IK	60, %90 BN	1	59.7
						7	74.4
					90, %90 BN	1	69.2
						7	63.8

SS: Sodyum silikat, KS: Potasyum silikat, IK: Isı kürü, BN: Bağıl nem, s: Saat, dk: Dakika

Tuyan ve diğ. (2018), atık tuğla tozu esaslı jeopolimer bağlayıcının ısı etkisiyle ve ortam koşullarında kürlenmesi sonucunda malzemenin mekanik özeliklerinde önemli farklılıklar tespit etmiştir. 90 °C'de 7 gün kürlenen numunelerin basınç dayanımı 36.2 MPa iken, ortam koşullarında 90 gün kürlenen numunelerin basınç dayanımı (Tablo 1) bunun yaklaşık yarısıdır (18.7 MPa). Buradan, ısı kürünün ortam

koşullarında küre nazaran jeopolimerleşme reaksiyonlarının derecesini arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Samantasinghar ve Singh (2020), %60 yüksek fırın cürufu ve %40 uçucu kül karışımından oluşan alüminosilikatı 8M NaOH ile aktive ettikten sonra etüvde 45, 60 ve 90 °C'de 1 gün süreyle kürlemiştir. Çalışma sonucunda, bağlayıcının reaktivitesinin kür sıcaklığının artmasına paralel olarak arttığı ve 45, 60 ve 90 °C'de sırasıyla 7.2, 11.1 ve 14.8 MPa basınç dayanımına sahip malzeme üretilebildiği tespit edilmiştir. Elde edilen basınç dayanımı değerlerinin ortam koşullarında kürlemede elde edilen değerlerden (Tablo 1) yaklaşık 3 kat daha yüksek olması, ısı kürünün jeopolimerlerin aktivasyonundaki önemini gözler önüne sermektedir.

Graytee ve diğ. (2018), uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcının basınç dayanımının kür sıcaklığının 60 °C'den 90 °C'ye ve kür süresinin 1 günden 7 güne arttırılmasıyla arttığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada, 90 ve 120 °C sıcaklıklarda kısa süreli kürlemenin (30 dk, 45 dk ve 60 dk) etkileri de araştırılmıştır. Buna göre, kür sıcaklığının 90 °C'den 120 °C'ye arttırılmasıyla 30 ve 45 dakikalık kür sürelerinde basınç dayanımında önemli bir gelişme olmamıştır. Çünkü, ısı küründe numune dış yüzeyinden başlayarak çekirdeğe doğru yavaş yavaş ısınmaktadır ve numunenin çekirdeğinin uygun sıcaklığa erişebilmesi için daha uzun bir ısıtma periyodu gerekmektedir. Basınç dayanımındaki belirgin artış (32 MPa'dan 61 MP'a artan) ancak 60 dakikalık kür süresinde sağlanabilmiştir.

Palomo ve diğ. (1999), uçucu külü potasyum silikat (KS) ve 18 M potasyum hidroksit (KOH) karışımıyla aktive ettikten sonra 65 ve 85 °C'de 2 ve 24 saat süreyle kürlemiştir. Çalışma sonucunda, kür sıcaklığının artmasına bağlı olarak dayanımın arttığı ve özellikle daha yüksek kür sıcaklığında (85 °C) 2 saatlik kür süresinin daha fazla etkili olduğu ve 24 saat kürlemenin basınç dayanımını arttırmadaki etkinliğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Swanepoel ve Strydom (2002), uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcıyı 40, 50, 60 ve 70 °C'de 6 saatten 3 güne kadar ısı kürüne tabi tutmuştur. 60 °C'de 2 gün kürlenen numunelerin 7 günlük basınç dayanımı en yüksektir. Kür süresini 2 günden 3 güne arttırmak basınç dayanımı gelişimini ya etkilememiştir ya da azaltmıştır. Bir diğer araştırmada (Heah ve diğ., 2011), kaolin-esaslı jeopolimer bağlayıcı 40, 60, 80 ve 100 °C'de 3 güne kadar ısı

kürüne tabi tutulmuştur. 80 ve 100 °C'de diğer kür sıcaklıklarına nazaran erken dönemde daha iyi bir dayanım gelişimi tespit edilmesine rağmen, kür süresinin 3 güne çıkarılmasıyla dayanımda düşme tespit edilmiştir. Bu durum, muhtemelen yüksek sıcaklıkta uzun süre kürlemenin malzemede su kaybına yol açması ve kuruma sırasında rötre çatlakları gelişiminden kaynaklanmaktadır. Malzemenin herhangi bir çatlamaya maruz kalmadan strüktürel bütünlüğünü koruması için kür sırasında bünyesinde az miktarda da olsa su bulundurmalıdır. 40 ve 60 °C'de uzun süre kürlemede ise basınç dayanımında herhangi bir azalma görülmemiş, numuneler uzun dönemde mukavemet kazanmaya devam etmiştir.

Japonya'da bulunan Shinmoe Dağı volkanik külü esaslı jeopolimer bağlayıcı 50 °C sıcaklık ve %80 bağıl nemde 1-11 gün kürlenmiştir (Takeda ve diğ., 2014). 50 °C'de kür süresinin 3 güne kadar arttırılması, 1 günlük sonuçlara nazaran, basınç dayanımını 26 MPa'dan 30 MPa'a arttırmıştır. Yeterli basınç dayanımının elde edilmesi için 3 günlük kür süresinin ideal olduğu, bu süreden sonra daha uzun bir kür periyodunun basınç dayanımını daha fazla arttırmada etkili olmadığı veya dayanımı azaltabildiği tespit edilmiştir. 50 °C'de, bağlayıcı içerisindeki suyun buharlaşması hızlı olduğundan ve bu durum numunelerde rötre çatlağına yol açabileceğinden, daha uzun süre kürlemeden kaçınılması gerektiği vurgulanmıştır. Bir diğer araştırmada, Li ve diğ. (2022), metakaolin esaslı jeopolimer bağlayıcıyı 60 °C'de kürlerken kür süresini 1 günden 7 güne arttırdığında basınç dayanımı 59.7 MPa'dan 74.4 MPa'a artmıştır. Ancak, 90 °C gibi nispeten yüksek sıcaklıkta kür süresinin 7 güne arttırılması, dayanımı 1 günlük basınç dayanımının gerisine (63.8 MPa) düşürmüştür. Buradan, yüksek sıcaklıkta uzun süre kürlemenin kuruma rötresi nedeniyle matrisin jel fazında mikro ölçekte kusurlara sebep olduğu ve bundan dolayı mekanik performansın azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, 70-90 °C gibi nispeten daha yüksek sıcaklıkta uzun süre kürlenen numunelerin yüzeylerinde önemli ölçüde nem kaybına bağlı olarak gözle görülebilir rötre çatlakları oluşabilmektedir (Perera ve diğ., 2006; Chindaprasirt ve diğ., 2007; Zuhua ve diğ., 2009). Bundan dolayı, çatlaksız ve bütünlüğü korunan bir jeopolimer malzeme üretebilmek için, ideal kür sıcaklığında kürleme

yapılırken kürleme işlemi boyunca nemlilik sağlanmalı ve gereksiz yere uzun süre kürlemeden kaçınılmalıdır.

Otoklav Kürü

Otoklav kürü, çeşitli hammadde kaynaklarıyla beton blok, gazbeton, kireç-kumtaşı tuğla, ısı yalıtım levhası ve lif takviyeli çimento esaslı levha ve ayrıca jeopolimer esaslı yapı malzemelerinin üretimi için verimli bir yöntemdir. Kür sıcaklığına bağlı olarak yüksek ve düşük basınçlı (atmosferik) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Düşük basınçlı (atmosferik) buhar küründe sıcaklık 100 °C'nin altındadır ve bu yöntem, doygun su buharı ortamı sağlayan özel bir nem kürüdür (Neville, 2011). Prekast beton ürünlerin üretimi amacıyla kullanılan düşük basınçlı buhar kürü, erken dayanım gelişimini hızlandırdığı için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Benammar ve diğ., 2013). Kür sıcaklığı ve süresi, malzemede ulaşılması hedeflenen 1 günlük basınç dayanımı değerine göre düzenlenmektedir. İdeal sıcaklık ve sürede, düşük basınçlı buharda kürlenen betondan beklenen en düşük basınç dayanımı, normal koşullarda 28 gündeki 10 MPa'lık basınç dayanımının %50-60'ı arasında olmasıdır (Benammar ve diğ., 2013). 100 °C'nin üzerinde uygulanan ve daha yüksek buhar basıncında üretime imkân veren otoklav kürü ise "yüksek basınçlı otoklav kürü" olarak tanımlanmaktadır. Jeopolimer malzemelerin otoklav kürüyle üretilmesine yönelik olarak literatürde yer alan çalışmalara ait veriler Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Otoklav Kürüyle Üretilen Jeopolimer Malzemelerin Hammadde Türleri, Karışım Oranı, Kür Koşulları ve Basınç Dayanımı

Referans	Alüminosilikat Kaynağı	Alkali Aktivatör Türü	Alkali / Puzolan	Kür Yöntemi	Kür Sıcaklığı (°C)	Kür Süresi (saat)	Basınç Dayanımı (MPa)
Yunsheng ve diğ., 2007	Metakaolin +yüksek fırın cürufu (70:30)	SS+NaOH	-	OKK	20, %100 BN	3g	49.1
				OK	80	2	58.5
						8	75.2
					150	2	70
Zuhua ve diğ., 2009	Metakaolin+ uçucu kül (1.5:1)	SS+12M NaOH	-	OK	80	1g 7g	~59 ~51
Kani ve	Taftan	SS+NaO	0.6	OK	45	5	15

Allahverdi, 2009	Puzolanı (İran)	H				20	23.75
					65	5	25
						20	40
					85	5	40
						20	57.5
					125	20	80
						50	100
					150	20	97.5
						50	105
					180	20	105
						50	108.75
					210	20	107.5
						50	108.75
Yewale ve diğ., 2016	Uçucu kül	SS+16M NaOH	-	OK	60 110	18	21 62

SS: Sodyum silikat, OKK: Ortam koşullarında kür, OK: Otoklav kürü, BN: Bağıl nem, g: Gün

Yunsheng ve diğ. (2007), %70 metakaolin ve %30 yüksek fırın cürufundan ürettikleri jeopolimer bağlayıcıyı 80 °C'de düşük (atmosferik) basınçlı buhar küründe 2 ve 8 saat ve 150 °C'de yüksek basınçlı otoklav küründe 2 saat süreyle kürlemiştir. Çalışma sonucunda, en düşük basınç dayanımının (49.1 MPa) ortam koşullarında kürlenen referans numunelerde elde edildiği belirtilmiştir. Ortam koşullarında 3 günde elde edilen basınç dayanımından yaklaşık %20 daha yüksek basınç dayanımı otoklavda 80 °C'de 2 saatte elde edilmiştir. Otoklav kür süresinin kademeli olarak 8 saate kadar arttırılması bu dayanım gelişimini %53'e kadar arttırmıştır. Bir diğer araştırmada (Zuhua ve diğ., 2009), metakaolin ve uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcı 80 °C otoklavda 7 güne kadar kürlenmiştir. En yüksek basınç dayanımının (~ 59 MPa) 1 gün kürlenen numunelerden elde edilmesi ve kür süresinin arttırılmasıyla basınç dayanımının azalması, ısı küründe de bahsedildiği üzere, yüksek sıcaklık altında ideal süreden daha uzun kürlemenin malzemenin içyapısını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Isı küründen farklı olarak, aynı sıcaklıktaki otoklavda doygun halde su buharı bulunması, numunelerin yüzeyinde rötre çatlağı oluşumunu engellemektedir.

Kani ve Allahverdi (2009), Taftan Puzolanı'nı SS ve NaOH çözeltisi karışımıyla aktive ettiği jeopolimer bağlayıcıyı düşük basınçlı (45, 65, 85 °C'de, 5-20 saat) ve yüksek basınçlı (125, 150, 180 ve 210 °C'de, 20-50

saat) otoklav kürüyle üretmiştir. Düşük basınçlı buhar küründe en yüksek basınç dayanımı (57.5 MPa) en yüksek sıcaklık ve en uzun kür periyodunda (85 °C ve 20 saat) elde edilmiştir. Yüksek basınçlı otoklav küründe ise, en yüksek basınç dayanımı (108.75 MPa), 210 °C sıcaklıkta 30 saatte elde edilmiştir. Uygulanan bütün kür sıcaklıklarında kür süresini 30 saatin ötesinde arttırmak basınç dayanımında herhangi ek bir gelişme sağlamadığından, daha uzun kür periyoduyla daha fazla enerji harcamak uygun bulunmamıştır.

Mikrodalga Kürü

Jeopolimer malzemelerin üretilmesinde uygulanan kürleme stratejilerinin çoğu, yeterli jeopolimerizasyon ve mukavemet gelişimini sağlamak için uzun bir kür süresi gerektirir. Son yıllarda, mukavemetin hızlı bir şekilde geliştirilmesini sağlayan teknolojiler, jeopolimer malzeme geliştirme alanında büyük ilgi görmektedir (Sun ve diğ., 2021). Bu bağlamda, mikrodalga kürü diğer kür yöntemlerine nazaran "yenilikçi" bir kür yöntemi olarak tanımlanmakta ve jeopolimer malzeme teknolojisinde geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Mikrodalga, 300 MHz ila 300 GHz arasında değişen frekanslara sahip elektromanyetik radyasyondur ve bu, temel olarak enerjinin polar moleküller ve iyonik iletimle soğurulmasıyla dielektrik ısıtmaya neden olur. Mikrodalga ışınlaması, gıda işleme, tıbbi sterilizasyon, kimyasal ve polimer sentezi vb. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel ısıtma ile karşılaştırıldığında, mikrodalganın avantajları; (i) kısa reaksiyon süresi, (ii) geliştirilmiş reaksiyon kinetiği, (iii) düşük ısı kaybı, (iv) eşit ısıtma ve (v) yüksek enerji verimliliğidir (Sun ve diğ., 2021). Geleneksel ısıtma yöntemlerinde, termal enerji, taşınım, iletim ve ısı radyasyonu yoluyla malzemenin yüzeyinden malzemenin çekirdeğine aktarılır (Graytee ve diğ., 2018). Bu nedenle numunedeki ısınma her yönden eşit değildir ve gerekli sıcaklığa ulaşmak için uzun bir ısıtma süresi gereklidir. Ayrıca, geleneksel ısıtma yöntemlerinde yüksek termal gradyandan dolayı homojen bir şekilde ısıtmanın elde edilmesi zordur ve ısıtılan malzemelerde ısı iletimi ve konveksiyon yoluyla enerji kaybı önemlidir (Sun ve diğ., 2021). Geleneksel ısıtmada, homojen bir ısıtma sağlanamadığından numunenin yüzeyi ve köşeleri çekirdeğe nazaran çok daha fazla ısınır ve malzeme kalitesi bölgeden bölgeye değişebilir (El-Feky ve diğ., 2020). Diğer yandan, mikrodalga ısıtma, homojen bir

hacimsel ısıtma için uygun olan, konumdan bağımsız ısıtma noktaları oluşturmak için kutupsal moleküller tarafından ısının emilmesinden dolayı sıcaklığın yükselmesini sağlar (Sun ve diğ., 2021). Yani, mikrodalga küründe enerji, elektromanyetik alanla moleküler etkileşim yoluyla doğrudan malzemeye iletilir ve elektromanyetik enerji termal enerjiye dönüştürülür (Graytee ve diğ., 2018). Mikrodalga enerjisinin polar moleküller (örn. su molekülleri) tarafından soğurulması hızlı ısınmayı sağlamakta ve jeopolimerlerin iç ısısının artmasını teşvik etmektedir. Bununla birlikte, uygun olmayan mikrodalga ışınımı, jeopolimerlerde yüzey çatlamasına neden olabilir ve bu durum yapısal bütünlüğü bozarak ve malzeme dayanımını azaltır. Bundan dolayı, mikrodalga kürünün uygulanma prensiplerinin jeopolimer özelliklerinin gelişimini nasıl etkileyeceğini anlamak önemlidir (Sun ve diğ., 2021).

Mikrodalga kürü, jeopolimerleşme reaksiyonlarının bütün aşamalarını olumlu yönde destekleyebilmektedir. Jeopolimerleşmenin ilk aşaması olan çözünmede, alüminosilikat kaynağı alkali çözeltisinin etkisiyle çözünerek alüminat ve silikat monomerleri oluşturmaktadır. Bu aşamada, polar su molekülleri mikrodalgayı emer ve hızla değişen bir elektriksel alanda dipolar yönelimlerini düzenler. Bu durum jeopolimerin içten ısınmasına neden olarak çözünme reaksiyonlarının gelişimini hızlandırır. Akabinde, Al^{3+} ve Si^{4+} maddeleri oligomerlere dönüştürülür ve polikondansasyon ile daha büyük ağ yapılı jel üretilir. Büyüyen jel, polikondansasyon yoluyla amorf bir alüminosilikat yapısı oluşturmak üzere yeniden birleşmeye devam eder. Mikrodalga işlemi büyüyen jelin kısa bir süre içerisinde sürekli olarak yeniden düzenlenmesini gerçekleştirebilir ve üç boyutlu alüminosilikat ağ yapısı elde edilir (Sun ve diğ., 2021). Jeopolimer malzemelerin mikrodalga kürüyle üretilmesine yönelik olarak literatürde yer alan çalışmalara ait veriler Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. Mikrodalga Kürüyle Üretilen Jeopolimer Malzemelerin Hammadde Türleri, Karışım Oranı, Kür Koşulları ve Basınç Dayanımı

Referans	Alüminosilikat Kaynağı	Alkali Aktivatör Türü	Alkali/ Puzolan	Kür Yöntemi	Mikrodalga gücü (W)	Kür Sıcaklığı (°C)	Kür Süresi (dk)	Basınç Dayanımı (MPa)

Somaratna ve diğ., 2010	Uçucu kül	4, 6, 8, 10M NaOH	0.40	IK MK	- 240	75 -	48s 120 d	12-38 8-56
Chindaprasirt ve diğ., 2013	Uçucu kül	SS+10M NaOH	0.53	IK MK	- 90	65 -	24s 3d 5d 10d	32.7 9.4 16.2 17.4
				IK+MK		65°C, 24s IK+90W, 3d MK	24s +3d	32.4
				MK+IK		90W, 3d MK+65°C, 12s IK	12s +3d	29.0
						90W, 5d MK+65°C, 12s IK	12s +5d	35.5
						90W, 10d MK+65°C, 12s IK	12s +10 d	34.6
Kim ve diğ., 2015	Hwangtoh Puzolanı	SS+8M NaOH	0.55	MK	60	-	2s 4s	~17 ~21
Grayte e ve diğ., 2018	Uçucu kül	SS+8M NaOH	0.25	MK	200	~140	15d 20d 25d 30d 45d 60d	59 63 65 70 77 90
Hong ve diğ., 2019	Kömür dip külü	14M NaOH	0.38	IK+MK	700	75°C, 12s IK 75°C, 12s IK+700W, 1d MK 75°C, 12s IK+700W, 3d MK 75°C, 12s IK+700W, 5d MK 75°C, 12s IK+700W, 7d MK 75°C, 24s IK 75°C, 24s IK+700W, 1d MK 75°C, 24s IK+700W, 3d	12s 12s +1d 12s +3d 12s +5d 12s +7d 24s 24s +1d 24s +3d	1.4 1.8 17.5 34.9 28 10.7 11.5 33

						MK 75°C, 24s IK+700W, 5d MK	24s +5d	35.5
						75°C, 36s IK	36s	12.8
						75°C, 36s IK+700W, 1d MK	36s +1d	24
						75°C, 36s IK+700W, 3d MK	36s +3d	41.5
						75°C, 36s IK+700W, 5d MK	36s +5d	36
Samantasinghar ve Singh, 2020	Yüksek fırın cürufu + uçucu kül (60:40)	8M NaOH	0.30	MK	200 300 600 200 300 600 200 300 600	-	10d 30d 60d 	18.12 22.05 23.51 22.69 30.13 30.93 25.68 30.87 28.82
El-Feky ve diğ., 2020	Cüruf	SS+ 11.6 M NaOH	0.37	MK	720	-	2d 4d 6d 	7 gün= ~52 28 gün=~60 7 gün= ~32 28 gün=~35 7 gün= ~24 28 gün=~28
Bai ve diğ., 2022	Karbonize yüksek titanyum cürufu	SS+NaOH	0.20	MK+ OKK IK+ MK	210 210	210W, 15d MK +1g OKK 210W, 15d MK +7g OKK 210W, 15d MK +28g OKK 60°C, 3s IK+210W, 15d MK 60°C, 6s IK+210W, 15d MK	15d +1g 15d +7g 15d +28 g 3s+ 15d 6s+ 15d	49.83 ~50 55.0 ~55 66.30

				60°C, 9s IK+210W, 15d MK	9s+ 15d	~60
				60°C, 12s IK+210W, 15d MK	12s +15 d	~53
				90°C, 3s IK+210W, 15d MK	3s+ 15d	~50
				90°C, 6s IK+210W, 15d MK	6s+ 15d	69.30
				90°C, 9s IK+210W, 15d MK	9s+ 15d	~51
				90°C, 12s IK+210W, 15d MK	12s +15 d	~54
		MK+ IK	210	210W, 15d MK+60°C, 3s IK	3s+ 15d	48
				210W, 15d MK+60°C, 6s IK	6s+ 15d	53
				210W, 15d MK+60°C, 9s IK	9s+ 15d	45
				210W, 15d MK+60°C, 12s IK	12s +15 d	43
				210W, 15d MK+90°C, 3s IK	3s+ 15d	59
				210W, 15d MK+90°C, 6s IK	6s+ 15d	60
				210W, 15d MK+90°C, 9s IK	9s+ 15d	58
				210W, 15d MK+90°C, 12s IK	12s +15 d	57

SS: Sodyum silikat, OKK: Ortam koşullarında kür, IK: Isı kürü, MK: Mikrodalga kürü, d: Dakika, s: Saat, g: Gün

Somaratna ve diğ., (2010), uçucu külü 4, 6, 8 ve 10 M NaOH ile aktive ettikten sonra 240, 360 ve 600 W gücündeki mikrodalgada 120 dakika süreyle kürlemiştir. Çalışmada, mikrodalga gücünün artmasına bağlı olarak numune sıcaklığının arttığı tespit edilmiştir. 600 W'lık bir güç

seviyesinde, numuneler 5-10 dakikalık kürlemede kırılırken, 360 W'ta kırılma 60-120 dakika arasında meydana gelmiştir. Numuneler 240 W'lık bir güç seviyesine maruz bırakıldığında numune çatlaması gözlenmediğinden deneysel süreç 240 W mikrodalgayla devam ettirilmiştir. 120 dakikadan daha uzun kür periyodunda basınç dayanımının daha fazla artmadığı ve numunelerin yüzeyinde çatlaklar oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, 240 W mikrodalgada 120 dakika kürlenen numunelerin basınç dayanımı geleneksel ısı kürüyle 75 °C'de 48 saat kürlenen numunelere yakın veya onlardan daha yüksektir. Daha yüksek basınç dayanımı, mikrodalga kürünün numuneyi hacimsel olarak topyekûn ve homojen bir şekilde ısıtmasından dolayı homojen bir içyapı gelişimini sağlanmasıyla açıklanmıştır. Isı küründe ise dış yüzeylerinden çekirdeğe doğru gerçekleşen ısı transferi homojen ısınmayı sağlayamamakta, termal gradyanlar nedeniyle numunede gerilme oluşmakta ve daha düşük basınç dayanımı elde edilmektedir. Bir diğer araştırmada (Kim ve diğ., 2015), Kore'de bulunan Hwangtoh Puzolanı SS ve 8 M NaOH karışımıyla aktive edildikten sonra 60 W mikrodalgada 2 ve 4 saat süreyle kürlemiştir. Çalışmanın deneysel sürecinde 40 W mikrodalga gücünün çok düşük bir ısıtma hızına neden olması ve 80 W ısıtma gücünün ise numunelerde birkaç dakika içerisinde önemli çatlaklara yol açmasından dolayı ideal mikrodalga gücü 60 W olarak belirlenmiştir. Mikrodalga kür süresinin 4 saate artırılmasıyla basınç dayanımı 17 MPa'dan 21 MPa'a artmıştır. 60 °C'de 3 gün uygulanan geleneksel ısı kürüyle elde edilen basınç dayanımının (17.24 MPa) mikrodalgada 2 saat içerisinde elde edilebilmesi yenilikçi bir teknoloji olan mikrodalga kürünün enerji ve zaman tasarrufu sağlaması açısından önemlidir.

Graytee ve diğ. (2018), uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcıyı ön deneylerde 200, 300, 400 ve 600 W mikrodalga gücünde 15 dakika kürleyerek ideal mikrodalga gücünü tespit etmeye çalışmıştır. Mikrodalga gücü 300 W'a kadar arttırıldığında dayanımın arttığı, 400 ve 600 W'ta ise numunenin yüzeyinde geniş çatlakların oluşmasına bağlı olarak dayanımın azaldığı tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni mikrodalga gücü aşırı arttırıldığında, çok kısa süre içerisinde numune sıcaklığının suyun kaynama sıcaklığı olan 100 °C'nin üzerine çıkmasıdır. Bu durumda jeopolimerleşme için gereken su hızlı bir şekilde

buharlaşmakta ve reaksiyon yeterince gelişememektedir. Ayrıca, suyun hızla buharlaşması malzemenin önemli miktarda nem kaybına yol açarak boşluk oranını arttırmakta ve iç gerilmeler oluşturarak çatlamayı beraberinde getirmektedir. Bundan dolayı, çalışmanın deneysel sürecinde 200 W ideal mikrodalga gücü olarak tespit edilmiş ve numuneler 200 W mikrodalgada 15, 20, 25, 30, 45 ve 60 dakika süreyle kürlemiştir. Tablo 2'de yer alan bilgiler ışığında, geleneksel ısı küründe (90 ve 120 °C'de 30, 45 ve 60 dakika) elde edilen basınç dayanımı değerleri, mikrodalgada (200 W) 30, 45 ve 60 dakikalık kürlemeye nazaran daha düşüktür. Bu sonuçların, enerjinin malzemeye iletilme şeklindeki farklılıkla ilgili olması muhtemeldir. Isı küründe, ısı enerjisi malzemeye iletim, taşınım ve radyasyonla malzemenin yüzeyinden çekirdeğe doğru yayılmasıyla aktarılmaktadır. Aksine, mikrodalga küründe, enerji doğrudan malzemenin çekirdeğine iletilir. Mikrodalga malzemelere nüfuz edebilir ve malzemenin tüm hacminde ısı üretilir. Yani mikrodalga kürü, mukavemet kazanımını hızlandıran ve numunelerin mikro yapısını geliştiren hızlı ve düzgün bir ısıtma sağlar. Bir diğer çalışmada, Samantasinghar ve Singh (2020), %60 yüksek fırın cürufu ve %40 uçucu kül karışımından oluşan alüminosilikatı 8M NaOH ile aktive ettikten sonra mikrodalgada 200, 300 ve 600 W altında 10, 30 ve 60 dakika kürlemiştir. Mikrodalga gücü ve kür süresinin artmasıyla (600 W'ta uygulanan 60 dakika kür süresi hariç) malzemenin basınç dayanımının arttığı belirlenmiştir. Sadece 600 W'ta 60 dakika uygulanan mikrodalga küründe uygulanan enerjinin yüksek olması numunenin hızlı nem kaybetmesine, buna bağlı olarak çatlak oluşumuna ve dayanımda azalmaya yol açmıştır.

El-Feky ve diğ. (2020), SS ve 11.6 M NaOH ile aktive edilmiş yüksek fırın cürufu esaslı jeopolimer bağlayıcıyı 720 W mikrodalgada 2, 4 ve 6 dk kürlemiştir. Çalışmada, mikrodalganın bir kürleme yöntemi olarak kullanılması, basınç dayanımını ortam koşullarında kürlenen bağlayıcıya kıyasla yaklaşık %22,5 (Tablo 1) arttırmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı sonuçları karşılaştırıldığında, mikrodalga kürünün jeopolimerleşme reaksiyonlarının yaklaşık %90'ını ilk 7 gün içerisinde tamamlandığı anlaşılmaktadır. Isı küründe ise 7. günde final dayanımın %67'si elde edilebilmiştir. Bu, mikrodalganın jeopolimer matrise daha iyi nüfuz etme ve daha homojen ısıtma kabiliyetinden

kaynaklanmaktadır. 2 dakika mikrodalga kürü jeopolimerleşme reaksiyonlarının süresinin kısalmasına ve mukavemet kazanımından sorumlu hidratasyon ürünlerinin artmasına neden olmuştur. İdeal kür süresinden daha fazla mikrodalga kürü uygulaması numunelerin basınç dayanımını önemli ölçüde azaltmıştır. 4 ve 6 dakika mikrodalga ile kürlenen numuneler, 2 dakikada kürlenenlere göre %56,7 ve %48,3 daha düşük dayanıma sahiptir. Bunun nedeni daha uzun süre kürlemede jeopolimer hamurun sıcaklığının artmasına bağlı olarak jeopolimerleşmenin ilk aşaması olan çözünme reaksiyonları henüz tamamlanmadan polikondansasyon reaksiyonlarının hızlanması ve jeopolimerik jelin daha erken dönemde oluşmasıdır. Ayrıca, mikrodalga uygulama süresinin artması nedeniyle kürleme sıcaklığının artması, karışımdaki serbest suyun hızla buharlaşmasına ve böylece tamamlanamamış bir jeopolimerizasyona yol açmaktadır.

Yukarıda sözü edilen araştırmalarda jeopolimer malzemelerin geliştirilmesinde mikrodalga kürü tek başına bir kür yöntemi olarak kullanılmıştır. Ancak literatürde mikrodalga kürü ve ısı kürünün ya da mikrodalga kürü ve ortam koşullarında kürün birlikte uygulandığı kombine kür yöntemleri de bulunmaktadır. Bu araştırmalarda farklı kür yöntemlerinin uygulanma sırası jeopolimer malzemenin özeliklerini değiştiren bir parametre olarak tespit edilmiştir. Örneğin, Chindaprasirt ve diğ. (2013), uçucu kül esaslı jeopolimer bağlayıcıyı yalnızca geleneksel ısı kürüyle (65 °C'de 24 saat), yalnızca mikrodalga kürüyle (90 W, 3, 5 ve 10 dakika), ısı kürü + mikrodalga kürüyle (65 °C'de 24 saat ısı kürünün ardından 90 W mikrodalgada 3 dakika) ve mikrodalga kürü + ısı kürüyle (90 W, 3, 5 ve 10 dakika mikrodalga kürünün ardından 65 °C'de 12 saat ısı kürü) üretmiştir. Çalışma sonucunda, yalnızca ısı kürüyle kürlenen kontrol numunelerin basınç dayanımı 32.7 MPa olarak tespit edilmiştir. Sadece mikrodalgada (90 W) 3, 5 ve 10 dakika süreyle kürlenen numunelerin basınç dayanımı kontrol numunenin dayanımının %28–50'si oranında daha düşüktür. 65 °C'de 24 saat ısı kürünün ardından mikrodalgada 3 dakika kürlenen numunelerin dayanımı da (32.4 MPa) kontrol numunesinin dayanım değerine ulaşamamıştır. Çünkü yeterli süre (24 saat) uygulanan ısı kürüyle jeopolimerleşme reaksiyonu tamamlanabilmiştir. Mikrodalga kürü ardından uygulanan ısı kürü (mikrodalga + ısı kürü)

jeopolimerlerde iyi bir mukavemet artışı sağlamıştır. 3 dakika uygulanan mikrodalga kürü ardından 65 °C'de ısı kürünün 24 saat yerine 12 saat uygulanması gerekli mukavemeti sağlamaya olanak tanımış ve ısı kürü süresi yarı yarıya azaltılmıştır. Yani, taze haldeki numuneye öncelikle uygulanan mikrodalga kürü aktivatör çözeltinin hızlı bir şekilde ısınmasını sağlayarak uçucu küldeki Si ve Al bileşiklerinin çözünmesini desteklemekte ve jeopolimer jel oluşumuna katkı sağlamaktadır. Daha sonra uygulanan ısı kürü ise ek reaksiyon ürünleri üretimini desteklemekte ve jeopolimerleşme derecesini arttırmaktadır. Bu iki kür yönteminin birleştirilmesiyle üretim sürecinde zaman ve enerjiden tasarruf sağlanmakta ve sonuç ürünün maliyeti düşmektedir.

Hong ve diğ. (2019) ise, kömür dip külünü 14 M NaOH ile aktive ederek ürettiği jeopolimer bağlayıcıyı 75 °C'de 12, 24 ve 36 saat ısı kürüne tabi tuttuktan sonra 700 W'ta 1, 3, 5 ve 7 dakika mikrodalga kürüyle desteklemiştir. Isı küründe elde edilen en yüksek mukavemet 75 °C'de 36 saat sonunda 12.8 MPa'dır. Numuneler mikrodalga enerjisine maruz bırakıldığında ise kür süresi ile birlikte basınç dayanımı bir miktar artmış ve maksimum değerlerine ulaştıktan sonra azalmaya başlamıştır. 75 °C'de 36 saat ısı kürü sonunda 3 dakika mikrodalgada kürlenen numuneler en yüksek basınç dayanımını vermektedir (41.5 MPa) ve bu değer mikrodalgasız en yüksek değerin yaklaşık üç katıdır. 24 saat etüvde kürlenen numunelere nazaran mikrodalga kürünün uygulanmasıyla elde edilen basınç dayanımı 3.6 kat daha yüksektir. 12 saat etüvde kürlenen numunelere nazaran mikrodalga kürünün uygulanmasıyla elde edilen basınç dayanımı yaklaşık 25 kat daha yüksektir (1.4 MPa'dan 34.9 MPa'a). Bir diğer araştırmada (Bai ve diğ., 2022), yüksek titanyum cürufu esaslı jeopolimer bağlayıcı 210 W gücünde mikrodalgada 15 dakika kürledikten sonra 1, 7 ve 28 gün ortam koşullarında bırakmıştır. Bir grup numune ise aynı koşullarda mikrodalgada kürledikten sonra (210 W, 15 dakika) etüvde 60 °C ve 90 °C'de 3, 6, 9 ve 12 saat kürlenmiştir. Diğer grup numune ise ilk olarak ısı kürüne (60 °C ve 90 °C etüvde 3, 6, 9 ve 12 saat) tabi tutulmuş ve sonrasında mikrodalgada 210 W'ta 15 dakika kürlenmiştir. 210 W mikrodalgada 15 dakika kürlemeden sonra numunenin basınç dayanımı 49.83 MPa olup ortam sıcaklığında 28 günlük numunenin (55.00 MPa)

%90,6'sıdır. Yani, mikrodalga kürleme yöntemi, polikondansasyon sürecini gözle görülür şekilde teşvik etmiş ve jeopolimerleşme süresini önemli ölçüde azaltmıştır. Çalışma sonucunda, gerek ısı + mikrodalga kürü gerekse mikrodalga + ısı kürü uygulanan numunelerin basınç dayanımının yalnızca ısı kürü ya da mikrodalga kürüyle üretilenlere nazaran yüksek olması, ısı etkisiyle alüminosilikatın alkali çözeltide çözünmesinin hızlanmasını ve jeopolimer yapının daha fazla yoğunlaşmasını ve sonuç ürünün daha boşluksuz, çatlaksız ve yüksek mukavemetli olmasını sağlamıştır.

KÜR YÖNTEMLERİNİ ENERJİ ETKİNLİĞİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRME

Jeopolimer malzemeleri geliştirmek amacıyla literatürde uygulanan beş farklı kür yönteminin malzeme özelikleri üzerindeki etkinliği ve her bir kür koşulunun avantaj ve dezavantajları önceki bölümlerde açıklanmıştır. Yapı malzemelerinin üretimi için tüketilen enerji miktarı, özellikle enerji-etkin tasarımın öneminin anlaşıldığı günümüz yapı sektöründe göz önünde bulundurulması gereken bir faktördür. Bu bağlamda, farklı kür yöntemleriyle geliştirilen doğal puzolan esaslı jeopolimer bağlayıcının basınç dayanımı ve üretim sırasında tüketilen elektrik enerjisi miktarı Tablo 5'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5. Farklı Kür Yöntemleriyle Geliştirilen Doğal Puzolan Esaslı Jeopolimer Bağlayıcının Basınç Dayanımı ve Üretim Sırasında Tüketilen Elektrik Enerjisi Miktarının Karşılaştırması

Kür Yöntemi	Kür Sıcaklığı (°C)	Kür Süresi	Basınç Dayanımı (MPa)	Saatte tüketilen elektrik (kWh)	Toplam tüketilen elektrik (kWh)
Ortam koşullarında	21	28 gün	5.65	-	-
Isı kürü	80	7 gün	10.36	2.5	420
Otoklav kürü	80	6 saat	10.43	3	18
Mikrodalga kürü	200W	30 dakika	11.17	0.2	0.1

Tablo 5'e göre, ortam koşullarında kürlemede herhangi bir elektrik enerjisi harcanmamaktadır. Ancak, 28 günlük uzun bir kürleme süresine

rağmen, jeopolimer malzemenin basınç dayanımının düşük seviyede olması pratik uygulamalar açısından "kısa süre içerisinde yüksek dayanımlı bir malzeme üretme" kriterini sağlayamamaktadır. Jeopolimer bağlayıcının daha kısa sürede dayanım kazanmasını sağlayarak üretimde geçen süreyi minimize etmek için uygulanan ısı ve otoklav küründe elektrik enerjisi tüketilmiştir. Otoklavda ve etüvde tüketilen bu enerji miktarını karşılaştırmak amacıyla, aynı sıcaklıktaki etüv ve otoklav cihazlarının bir saatte harcadığı elektrik enerjisi kür süresiyle çarpılarak hesaplanmıştır. Buna göre, aynı üretim bandında, aynı sayıda ve birbirine çok yakın basınç dayanımına sahip malzeme üretebilmek için etüvde 80 °C'de 7 günde toplam 420 Kilowatt saat (kWh) elektrik enerjisi tüketilirken, otoklavda aynı sıcaklıkta 6 saat kürleme sonucunda 18 kWh elektrik enerjisi tüketilmektedir. Bu durum, aynı özeliklere sahip jeopolimer üretiminde otoklav kürünün etüv kürüne nazaran daha enerji etkin bir üretim yöntemi olduğunu göstermektedir.

Mikrodalga kürü jeopolimerleşmenin çözünme ve jel oluşumu aşamalarını hızlandırdığından, malzemenin dayanımı kısa süre içerisinde gelişmektedir. Ayrıca, mikrodalgada geleneksel ısıtma teknolojilerine nazaran ısıtma daha homojen olduğundan geleneksel ısı küründe 7 gün ve otoklavda 6 saatte elde edilen basınç dayanımından daha yüksek bir dayanım değeri 200 W gücündeki mikrodalgada 30 dakikada elde edilebilmektedir. Ayrıca mikrodalga kürü ısı etkisindeki diğer kür yöntemlerine nazaran çok daha düşük bir enerji tüketimine (0.1 kWh) yol açmaktadır. Bunun temel nedeni mikrodalgada sağlanan üniform hacimsel ısıtmanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltması ve hacimsel ısıtma işleminin, geleneksel fırınlarda uygulanan dirençli ısıtmadan daha verimli olmasıdır (Sun ve diğ., 2021). Ancak, mikrodalga teknolojisinin endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya başlanmasından önce çözülmesi gereken çeşitli zorluklar vardır. Örneğin, mikrodalga küründe enerji tüketimi büyük ölçüde uygulama ölçeklerine bağlıdır (Peng ve diğ., 2018). Mikrodalga ısıtmanın, küçük ölçekte geleneksel ısıtmadan daha enerji verimli olduğu tespit edilmiştir. Reaksiyon gelişimi daha uzun saatler sürdürüldüğünde, yani daha uzun kür periyodunda, mikrodalga ısıtmanın verimliliği düşük olabilmektedir (Razzaq ve Kappe, 2008). Ayrıca, elektrikten mikrodalga enerjisine

enerji dönüşüm verimliliğinin (%50) geleneksel buharlı üretimdeki verimliliğe nazaran (%90 elektrik-buhar dönüşümü ve % 65 fosil yakıt-buhar dönüşümü) daha düşüktür. Bu nedenle, büyük ölçekli uygulamalardan önce mikrodalga kürüyle jeopolimer üretiminin enerji kontrolü açısından ilgili parametreleri daha derinlemesine araştırılmalıdır (Sun ve diğ., 2021).

SONUÇ

Jeopolimer malzeme teknolojisinde uygulanan kür yöntemlerinin etkinliğinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde ifade edilebilmektedir:

- *Farklı kür yöntemlerinin ve bu yöntemlerde uygulanan kür koşullarının (sıcaklık, nem ve kür süresi) jeopolimer malzemelerin özeliklerinin gelişimi üzerindeki etkisi büyüktür.*
- *Oda sıcaklığı altındaki ortam koşullarında kürleme, jeopolimerleşme reaksiyonlarının hızını önemli ölçüde yavaşlatması ve bağlayıcının sertleşmesini geciktirmesinden dolayı jeopolimerlerin üretimi için uygun değildir. Ancak ortam koşullarında kür sıcaklığının ve süresinin arttırılması, jeopolimerleşme reaksiyonlarının gelişimini destekleyerek üç boyutlu jeopolimerik alüminosilikat hidrat yapının oluşmasını sağlamaktadır.*
- *Isı kürü enerji-yoğun bir işlem olmasına rağmen, ısı kürü etkisiyle çözünme aşamasında iyi bir şekilde çözünen bileşenler, amorf yapı içerisinde daha sonradan ortaya çıkan çapraz bağların oluşumunu desteklemekte ve nispeten boşluksuz, geçirimsiz ve yüksek mekanik özeliklere sahip malzeme üretimini sağlamaktadır.*
- *Isı kürü uygulanırken dikkat edilmesi gereken temel parametre uygun kür süresinin belirlenmesidir. İdeal kür periyodundan daha uzun süre yüksek sıcaklıkta kürleme, malzemede serbest haldeki suyun kaybına ve kuruma rötresine yol açmakta, malzemede oluşan iç gerilmeler çatlaklı bir yapı meydana getirmekte ve dayanım düşmektedir.*
- *Sıcaklık ve buhar etkisinin birlikte sağlandığı otoklav kürüyle, jeopolimer malzemenin erken dayanımı birkaç saat içerisinde gelişebilmekte, kuruma rötresi problemleri önlenmekte ve malzeme daha erken kalıptan çıkarılabilmektedir. Ancak, burada da dikkat*

edilmesi gereken en önemli etken ideal sıcaklık altında ve minimum sürede malzemeden beklenen performans kriterlerinin sağlanmasıdır.

- *Diğer kür koşullarına nazaran çok daha kısa sürede ve daha az enerji tüketilerek jeopolimer malzeme üretimine imkân veren mikrodalga kürü "yenilikçi" bir kür yöntemi olarak adlandırılabilir. İdeal mikrodalga gücünde, mikrodalga kürü jeopolimerleşmenin çözünme ve jel oluşumu aşamalarını hızlandırdığından, malzemenin dayanımı kısa süre içerisinde gelişmektedir. Ayrıca, mikrodalga küründe ısıtma geleneksel ısıtma teknolojilerine nazaran daha homojen olduğundan daha yüksek basınç dayanımı değerleri çok daha kısa sürede elde edilebilmektedir. Bu durum, üretim sırasında tüketilen enerji miktarında belirgin bir düşmeyi beraberinde getirmektedir.*

- *Daha yüksek mekanik özeliklere sahip jeopolimer malzeme üretmek amacıyla, mikrodalga kürü geleneksel ısı kürü ya da ortam koşullarında kürle kombine bir şekilde de uygulanabilmektedir. Ancak burada kür yöntemlerinin uygulama sırasındaki değişikliklerin sonuç ürünün performansını değiştirdiği göz önünde bulundurulmalı ve uygun kür koşulu titizlikle seçilmelidir.*

KAYNAKÇA

Akman, S. (1987). *Yapı Malzemeleri*. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.

Allahverdi, A., Mehrpour, K. ve Kani, E. N. (2008a). *Taftan Pozzolan-Based Geopolymer Cement*. IUST International Journal of Engineering Science, 19(3):1-5.

Allahverdi, A., Mehrpour, K., and Kani, E. N. (2008b). *Geopolymer Cement from Sirjan Pozzolan*. Mayıs 21, 2018 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/313188430 adresinden erişildi

Athira, V. S., Bahurudeen, A., Saljas, M. ve Jayachandran, K. (2021). *Influence of Different Curing Methods on Mechanical and Durability Properties of Alkali Activated Binders*. Construction and Building Materials, 299:123963. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.123963

Bai, C., Deng, Y., Zhou, Q., Deng, G., Yang, T. ve Yang, Y. (2022). *Effect of Different Curing Methods on the Preparation of Carbonized High-Titanium Slag Based Geopolymers*. Construction and Building Materials, 342(A):128023. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.128023

Benammar, B., Mezghiche, B. ve Guettala, S. (2013). *Influence of Atmospheric Steam Curing by Solar Energy on the Compressive and Flexural Strength of Concrete*s. Construction and Building Materials, 49:511-518. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.08.085

Chindaprasirt, P., Chareerat, T. ve Sirivivatnanon, V. (2007). *Workability and Strength of Coarse High Calcium Fly Ash Geopolymer*. Cement and Concrete Composites, 29(3):224-229. Doi:10.1016/j.cemconcomp.2006.11.002

Chindaprasirt, P., Rattanasak, U. ve Taebuanhuad, S. (2013). *Role of Microwave Radiation in Curing the Fly Ash Geopolymer*. Advanced Powder Technology, 24(3):703-707. Doi:10.1016/j.apt.2012.12.005

Davidovits, J. (2015). *False Values on CO_2 Emission for Geopolymer Cement/Concrete Published in Scientific Papers*. Geopolymer Institute Library. Ocak 25, 2018 tarihinde www.geopolymer.org adresinden erişildi

El-Feky, M. S., Kohail, M., El-Tair, A. M. ve Serag, M. I. (2020). *Effect of Microwave Curing as Compared with Conventional Regimes on the Performance of Alkali Activated Slag Pastes*. Construction and Building Materials, 233:117268. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117268

Ferone, C., Colangelo, F., Cioffi, R., Montagnaro, F. ve Santoro, L. (2011). *Mechanical Performances of Weathered Coal Fly Ash Based Geopolymer Bricks*. Procedia Engineering, 21:745-752. Doi:10.1016/j.proeng.2011.11.2073

González-García, D. M., Téllez-Jurado, L., Jiménez-Álvarez, F. J., Zarazua-Villalobos, L. ve Balmori-Ramírez, H. (2022). *Evolution of a Natural Pozzolan-Based Geopolymer Alkalized in the Presence of Sodium or Potassium Silicate/Hydroxide Solution*. Construction

and Building Materials, 321:126305. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.126305

Graytee, A., Sanjayan, J. G. ve Nazari, A. (2018). *Development of A High Strength Fly Ash-Based Geopolymer in Short Time by Using Microwave Curing*. Ceramics International, 44(7):8216-8222. Doi:10.1016/j.ceramint.2018.02.001

Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J. ve Rangan, B. V. (2004). *On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. ACI Materials Journal, 101:467-472. Doi:10.14359/13485

Haruna, S., Mohammed, B. S., Wahab, M. M. A., Kankia, M. U., Amran, M. ve Gora, A. M. (2021). *Long-Term Strength Development of Fly Ash-Based One-Part Alkali-Activated Binders*. Materials, 14(15):4160. Doi:10.3390/ma14154160

Heah, C. Y., Kamarudin, H., Mustafa Al Bakri, A. M., Binhussain, M., Luqman, M., Khairul Nizar, I., Ruzaidi, C. M. ve Liew, Y. M. (2011). *Effect of Curing Profile on Kaolin-based Geopolymers*. Physics Procedia, 22:305-311. Doi:10.1016/j.phpro.2011.11.048

Hong, S. ve Kim, H. (2019). *Robust Synthesis of Coal Bottom Ash-Based Geopolymers Using Additional Microwave Heating and Curing for High Compressive Strength Properties*. *Korean* Journal of Chemical Engineering, 36(7):1164-1171. Doi:10.1007/s11814-019-0286-y

Jiang, D., Shi, C. ve Zhang, Z. (2022). *Recent Progress in Understanding Setting and Hardening of Alkali-Activated Slag (AAS) Materials*. Cement and Concrete Composites, 134:104795. Doi:10.1016/j.cemconcomp.2022.104795

Jindal, B. B. (2019). *Investigations on the Properties of Geopolymer Mortar and Concrete with Mineral Admixtures: A Review*. Construction and Building Materials, 227:116644. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.08.025

Kani, N. E. ve Allahverdi, A. (2009). *Effects of Curing Time and Temperature on Strength Development of Inorganic Polymeric Binder Based on Natural Pozzolan*. Journal of Materials

Science, 44:3088-3097. Doi:10.1007/s10853-009-3411-1

Li, Q., Chen, S., Zhang, Y., Hu, Y., Wang, Q., Zhou, Q., Yan, Y., Liu, Y. ve Yan, D. (2022). *Effect of Curing Temperature on High-Strength Metakaolin-Based Geopolymer Composite (HMGC) with Quartz Powder and Steel Fibers*. Materials, 15(11):3958. Doi:10.3390/ma15113958

Lämmlein, T. D., Messina, F., Wyrzykowski, M., Terrasi, G. P. ve Lura, P. (2019). *Low Clinker High Performance Concretes and Their Potential in CFRP-Prestressed Structural Elements*. Cement and Concrete Composites, 100:130-138. Doi:10.1016/j.cemconcomp.2019.02.014

Muñiz-Villarreal, M. S., Manzano-Ramírez, A., Sampieri-Bulbarela, S., Ramón Gasca-Tirado, J., Reyes-Araiza, J. L., Rubio-Ávalos, J. C., Pérez-Bueno, J. J., Apatiga, L. M., Zaldivar-Cadena, A. ve Amigó-Borrás, V. (2011). *The effect of Temperature on the Geopolymerization Process of a Metakaolin-Based Geopolymer*. Materials Letters, 65(6):995-998. Doi:10.1016/j.matlet.2010.12.049

Nahata, Y., Kholia, N. ve Tank, T.G. (2014). *Effect of Curing Methods on Efficiency of Curing of Cement Mortar*. APCBEE Procedia, 9:222-229. Doi:10.1016/j.apcbee.2014.01.040

Nath, P. ve Sarker, P.K. (2015). *Use of OPC to Improve Setting and Early Strength Properties of Low Calcium Fly Ash Geopolymer Concrete Cured at Room Temperature*. Cement and Concrete Composites, 55:205-214. Doi:10.1016/j.cemconcomp.2014.08.008

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (Fifth Edition). ISBN 978-0-273-75580- 7.

Palomo, A., Grutzeck, M. W. ve Blanco, M. T. (1999). *Alkali-Activated Fly Ashes: A Cement for the Future*. Cement and Concrete Research, 29(8):1323-1329. Doi:10.1016/S0008-8846(98)00243-9

Panagiotopoulou, C. H., Kontori, E., Perraki, T. H. ve Kakali, G. (2006). *Dissolution of Aluminosilicate Minerals and By-Products in Alkaline Media*. Journal of Materials Science, 42, 2967-2973.

Doi:10.1007/s10853-006-0531-8

Peng, J. X., Huang, L., Zhao, Y. B., Chen, P., Zeng, L. U. ve Zheng, W. (2012). *Modeling of Carbon Dioxide Measurement on Cement Plants*. Advanced Materials Research, 610-613:2120-2128. Doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.610-613.2120

Peng, L. Appels, L. ve Su, H. (2018). *Combining Microwave Irradiation with Sodium Citrate Addition Improves the Pre-Treatment on Anaerobic Digestion of Excess Sewage Sludge*. Journal of Environmental Management, 213:271-278. Doi:10.1016/j.jenvman.2018.02.053

Perera, D. S., Uchida, O., Vance, E. R. ve Finnie, K. S. (2006). *Influence of Curing Schedule on the Integrity of Geopolymers*. Journal of Materials Science, 42:3099-3106. Doi:10.1007/s10853-006-0533-6

Razzaq, T. ve Kappe, C. O. (2008). *On the Energy Efficiency of Microwave-Assisted Organic Reactions*. ChemSusChem, 1:123-132. Doi:10.1002/ cssc.200700036

RILEM TC 224-AAM. (2014). *State-of-the-Art Report*. Alkali Activated Materials. Doi:10.1007/978-94-007-7672-2_6

Robayo-Salazar, R. A. ve de Gutiérrez, R. M. (2018). *Natural Volcanic Pozzolans as an Available Raw Material for Alkali-Activated Materials in the Foreseeable Future: A Review*. Construction and Building Materials, 189:109-118. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.08.174

Rovnaník, P. (2010). *Effect of Curing Temperature on the Development of Hard Structure of Metakaolin-Based Geopolymer*. Construction and Building Materials, 24(7):1176-1183. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.12.023

Samantasinghar, S. ve Singh, S. (2020). *Effects of Curing Environment on Strength and Microstructure of Alkali-Activated Fly Ash-Slag Binder*. Construction and Building Materials, 235:117481. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117481

Somaratna, J., Ravikumar, D. ve Neithalath, N. (2010). *Response of Alkali*

Activated Fly Ash Mortars to Microwave Curing. Cement and Concrete Research, 40(12):1688-1696. Doi:10.1016/j.cemconres.2010.08.010

Sun, Y., Zhang, P., Hu, J., Liu, B., Yang, J., Liang, S., Xiao, K. ve Hou, H. (2021). *A Review on Microwave Irradiation to the Properties of Geopolymers: Mechanisms and Challenges*. Construction and Building Materials, 294:123491. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.123491

Swanepoel, J. C. ve Strydom, C. A. (2002). *Utilisation of Fly Ash in A Geopolymeric Material*. Applied Geochemistry, 17(8):1143-1148. Doi:10.1016/S0883-2927(02)00005-7

Takeda, H., Hashimoto, S., Kanie, H., Honda, S. ve Iwamoto, Y. (2014). *Fabrication and Characterization of Hardened Bodies from Japanese Volcanic Ash Using Geopolymerization*. Ceramics International, 40(3):4071-4076. Doi:10.1016/j.ceramint.2013.08.061

Tchakoute, H. K., Elimbi, A., Yanne, E. ve Djangang, C. N. (2013). *Utilization of Volcanic Ashes for the Production of Geopolymers Cured at Ambient Temperature*. Cement and Concrete Composites, 38:75-81. Doi:10.1016/j.cemconcomp.2013.03.010

Tuyan, M., Andiç-Çakir, Ö. ve Ramyar, K. (2018). *Effect of Alkali Activator Concentration and Curing Condition on Strength and Microstructure of Waste Clay Brick Powder-Based Geopolymer*. Composites Part B: Engineering, 135:242-252. Doi:10.1016/j.compositesb.2017.10.013

Xie, N., Dang, Y. ve Shi, X. (2019). *New Insights into How Mgcl2 Deteriorates Portland Cement Concrete*. Cement and Concrete Research, 120:244-255. Doi:10.1016/j.cemconres.2019.03.026

Xu, H. ve Van Deventer, J. S. J. (2000). *The Geopolymerisation of Alumino-Silicate Minerals*. International Journal of Mineral Processing, 59(3):247-266. Doi:10.1016/S0301-7516(99)00074-5

Wang, K., Shah, S. P. ve Mishulovich, A. (2004). *Effects of Curing Temperature and NaOH Addition on Hydration and Strength*

Development of Clinker-Free CKD-Fly Ash Binders. Cement and Concrete Research, 34(2):299-309. Doi:10.1016/j.cemconres.2003.08.003

Yewale, V. V., Shirsath, M. N. ve Hake, S. L. (2016). *Evaluation of Efficient Type of Curing for Geopolymer Concrete*. International Journal of New Technologies in Science and Engineering, 3(8):10-14.

Yunsheng, Z., Wei, S., Qianli, C. ve Lin, C. (2007). *Synthesis and Heavy Metal Immobilization Behaviors of Slag Based Geopolymer*. Journal of Hazardous Materials, 143(1-2):206-213. Doi:10.1016/j.jhazmat.2006.09.033

Zhang, Z., Provis, J. L., Reid, A. ve Wang, H. (2014). *Geopolymer Foam Concrete: An Emerging Material for Sustainable Construction*. Construction and Building Materials, 56:113-127. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.01.081

Zuhua, Z., Xiao, Y., Huajun, Z. ve Yue, C. (2009). *Role of Water in the Synthesis of Calcined Kaolin-Based Geopolymer*. Applied Clay Science, 43(2):218-223. Doi:10.1016/j.clay.2008.09.003

İLGİLİ MAKAMA/KİŞİYE/KİTAP YAZARLARINA

KONU : Güven Yayıncılık A.Ş. Faaliyetleri Hakkında

TARİH : 31.12.2022

AÇIKLAMA : Güven şirketler grubu 2016 yılına kadar bir aile şirketi olarak geçmişi 60 yılı aşkın süredir faaliyet içerisindedir. 2016 yılından itibaren A.Ş. olarak faaliyetlerine devam etmektedir. Güven Yayıncılık Güven Plus Grup A.Ş. bünyesinde yayıncılık, matbaacılık, dağıtım, basım, satış ve dijital yayıncılık alanında faaliyetlerini sürdürmektedir. Güven Yayıncılık Güven Plus Grup Danışmanlık A.Ş.'nin bünyesinde yayın yapan bir alt gruptur. 2019 yılı akademik teşvik kriterleri kapsamında olup, 17/01/2020 tarihli ve 31011 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 16/1/2020 tarihli ve 2043 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı Uyarınca ilgili yayınlanan yönetmelik kapsamında değerlendirilmekte" olup başta akademik teşvik kriterleri ve doçentlik kriterlerini karşılamaktadır. Güven Yayıncılık, Kültür Bakanlığı İstanbul Derleme müdürlüğüne bağlı olarak resmi işlemlerini gerçekleştirmektedir. İstanbul derleme müdürlüğü tarafından Sayı: 7666426-207.01[207.02.02]-E.62175, Tarih: 21.01.2019 tarafından yayınevine tahsis edilen resmî belgede görüleceği üzere 2011 yılı itibariyle 2018 yılı aralık ayına kadar ilgili yayın evi tarafından 1387 adet basılı eser ve bu yayınların işlemleri tamamlanmış olup her eserden altışar adet olmak üzere derleme kütüphanesine ulaştırılmıştır. Bu kitaplar Milli Kütüphanenin ortak olduğu 18 farklı dünya ülkesi kütüphanesi tarafından taranmakta ve indekslenmektedir. Güven Yayıncılık 147 adet Sosyal Bilimler, 59 Adet Sağlık Bilimleri "TIP", 71 adet mühendislik ve 211 adet diğer bilim dallarına ait ulusal ve uluslararası yayın kategorisinde yer almaktadır. Ve ayrıca teşvik ve doçentlik kriterleri gereğince son beş yıl içerisinde dijital kitap (PDF) olarak ise 20 farklı ülkeden 20 farklı yazara ait bilimsel kitap basmıştır. Bu bilgiler ve kitaplara ait ISBN numaraları ekteki belgede sunulmuştur. Ayrıca bu bilgilerin doğruluğu Kültür Bakanlığı ISBN merkezi ve İstanbul Derleme Müdürlüğünde teyit edilebilir. Güven Yayıncılık A.Ş., uluslararası kriterler doğrultusunda ULUSLARARASI değerlendirilen bir yayınevidir. Güven Yayıncılık A.Ş. İstanbul İkitelli V.D. 4510317918 ve İstanbul Ticaret Odası 50743-5 sicil numarası ile aktif olarak çalışma hayatına devam etmektedir. Ayrıca Kültür Bakanlığının son on yıl içerisinde Güven Yayıncılık A.Ş.'ye tahsis etmiş olduğu uluslararası yayınevi kriterlerini karşılamak üzere 36934 ve 52866 yayınevi sertifikaları ile yayıncılık sürecini kesintisiz olarak faal şekilde sürdürmektedir. İşbu belge yayınevinden kitap/bölüm çıkaran yazarların Güven Yayıncılık A.Ş.'nin uluslararası yayınevi olduğunu, akademik teşvik ve doçentlik kriterlerini belgelenmesi adına hazırlanmıştır. İşbu belge ekte beyan edilmiş olan belgeler doğrultusunda kullanılabilecek resmî belge niteliğindedir. Gereğini arz/rica ederiz. **31.12.2022**

GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş.
Kayaşehir Mah. Eviya Çelebi Cad. VA D Blok K4 D29
Başakşehir / İSTANBUL
İkitelli V.D.: 451 031 7918 Mersis No: 045103179180 0010
Tel:+90 0212 801 40 61-63 Fax:+90 212 801 40 62

Dr. Öğr. Üyesi Senai YALÇINKAYA — Editör
Doç. Dr. Ali Serdar YÜCEL — Editör
Prof. Dr. Asuman Seda SARAÇOĞLU — Editör
Prof. Dr. Ayhan AYTAÇ — Editör
Prof. Dr. Çetin YAMAN — Editör
Prof. Dr. Mustafa TALAS — Editör
Prof. Dr. Ümran SEVİL — Editör

Doğrulama Kodu : 64024e15-320e-4b20-b695-130ba18464c4

T.C.
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

SERTİFİKA

FİRMA ADI	:	**GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK ANONİM ŞİRKETİ**
ADRESİ	:	**KAYABAŞI MAH. BAŞAKŞEHİR EMLAK KONUTLARI EVLİYA ÇELEBİ CAD. 1/A D BLOK K4 D29 BAŞAKŞEHİR İSTANBUL BAŞAKŞEHİR / İSTANBUL**
VERGİ DAİRESİ	:	**İKİTELLİ VERGİ DAİRESİ MÜD.**
VERGİ NUMARASI	:	**4510317918**
FAALİYET ALANI	:	**DAĞITIM (KİTAP, MÜZİK VB), İTHALAT, MATBAA, SATIŞ, YAYINEVİ**
VERİLİŞ NEDENİ - TARİHİ	:	**Yeni Sertifika Başvurusu - 19.11.2021**

İş bu sertifika açık unvan ve adresi yazılı olan işyeri, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunu uyarınca yukarıda belirlenen alan/alanlara ilişkin faaliyet gösterir.

e-imzalıdır

Nihan DOĞAN
Müdür a.
İl Müdür Yardımcısı

SERTİFİKA NO	GEÇERLİLİK TARİHİ
52866	19.11.2021 - 19.11.2025

10.07.2019

Turcademy

Turcademy Türkiye Akademik Yayınlar Platformu ile ülkemizde akademik yayıncılık alanında öncü olan A...

Detay →

10.07.2019

Elsevier Science Direct

Tıp, eczacılık, mühendislik, fen bilimleri ve farklı bilimsel disiplinlerde 28,000'in üzerinde Elsevier e-...

Detay →

10.07.2019

Sayısal Kitap

Türkiye'nin seçkin yayınevlerinden derlenen nitelikli e-Kitap ve e-Dergilerin yer aldığı Sayısal Kitap.

Detay →

Tarama

Türkiye'de Sağlık Bilimleri alanında yayımlanan 451 Türk dergisinin birbirlerine atıf yapmalarını ve ulu...

Detay →

BSOL ÖNLİNE (BS, ISO, EN, IEC) uluslararası standartlar/teknik dokümanlar veri tabanı Dünya'nın ilk ulusal...

Detay →

Dünyanın önde gelen Arapça e-bilgi sağlayıcısıdır. Erişim için tıkayınız.

Detay →

10.07.2019

Bridgeman Education

Güzel sanatlar, mimari, kültür ve tarih alanlarında dünyanın en önde gelen görüntüsüm...

Detay →

10.07.2019

E-Book Central

ProQuest Ebook Central ProQuest Ebook Central, kurumunuz aracılığı ile erişiminize sunulmuş, geniş ve yetkili elektronik...

Detay →

10.07.2019

E-Marefa

"World Company for Digital Content" tarafından yönetilen bir Arap elektronik veritabanı olan e-Marefa'ya...

Detay →



09.10.2020

World e-Book Library

World eBook Library akademik araştırmalara yardımcı elektronik kitap ve elektronik belgelerin sunulduğu dünyanın en...

Detay →

10.07.2019

Brill - Encyclopaedia of Islam

Encyclopaedia of Islam Online (EI Online) 2 baskı ("EI2") ve 3. baskıların ("EI3") her ikisini...

Detay →



10.07.2019

Brill Cold War Intelligence (Soğuk Savaş İstihbarat Bilgileri)

ABD İstihbarat örgütünün Sovyetler Birliği üzerindeki casusluk çalışmalarının başarı ve...

Detay →



10.07.2019

Brill Osmanlı - Rus İlişkileri Online Part I-II-III-IV

Rusya Milli Kütüphanesi ile işbirliği dahilinde, Türkiye, Rusya, Ortadoğu ve Batı Avrupa Rusya - Osmanlı...

Detay →



10.07.2019

U.S. Intelligence on the Middle East

ABD'nin Ortadoğu'daki İstihbarat Çalışmaları 1945 -2009

Detay →

10.07.2019

Ebrary e-kitap veritabanı

Ebrary elektronik kitap veritabanı 80.000 üzerinde e-kitap içermektedir ve koleksiyona hergün yeni kita...

Detay →

10.07.2019

Index Islamicus Online Veritabanı

İslam dünyası ile ilgili tüm konu alanlarını kapsayan yayınların uluslararası sınıflandırılmış bibliyografik b...

Detay →

10.07.2019

Pressreader Gazete - Dergi Veritabanı

PressReader; kullanıcılarınızın her gün 120 ülkeden, 60 dilde, yaklaşık 7,500'in üzerinde güni...

Detay →

10.07.2019

Proquest Central

ProQuest Central bugün pazarda bulunan en geniş multidisipliner tam metin veri tabanıdır. ProQuest Central, 175&rsq...

Detay →

10.07.2019

Proquest Hospital Collection Veritabanı

Hastanelerde, ister tıp uzmanları, ister hastane yöneticileri, hatta isterse hastalar ve yakınları için olsu..

Detay →

24.07.2019

Proquest Tez Veritabanı

"Sahip olduğu 4,9 milyondan fazla tez (tam metin, özet) ile ProQuest Dissertations & Theses (PQDT) editörl..

Detay →

24.07.2019

Proquest Süreli Yayın Veritabanı

Periodicals Archive Online beşeri bilimler ve sosyal bilimler alanlarındaki elektronik dergilerin bilimsel dergilerin ba..

Detay →

24.07.2019

Springer e-Kitap Veritabanı

Springer'e ait mimarlık ve tasarım, işletme ve ekonomi - sosyal bilimler ve hukuk elektronik kitap ver tabanlarının..

Detay →

05.10.2020

ProQuest Arts Premium Collection

ProQuest Arts Premium Collection, binlerce dergi içeren çapraz aranabilir veritabanlarını kapsar. Uzman ko..

Detay →

05.10.2020

ProQuest Music Periodicals

Hem özet / endeksli hem de tam metin yayınlar dahil olmak üzere, müziğin genel, lisans ve ilen düze..

Detay →

05.10.2020

Avery Index

Mimari Süreli Yayınlar Dizini Avery Index, Columbia Üniversitesi Avery Mimari ve Güzel Sanatlar Kütü..

Detay →

05.10.2020

DAAI: Design and Applied Arts Index

Design and Applied Arts Index (DAAI), 1973'ten itibaren tasarım ve uygulamalı sanat dergilerinde yayınlanan makalele..

Detay →