

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article e-ISSN: 2602 - 4136 <https://doi.org/10.5281/zenodo.17953929>

Atık Opal Mineralinin Seramik Sırına Etkilerinin Araştırılması

Pınar BİÇİCİ ÇETİNKAYA ^{*1}, Hikmet Serdar MUTLU ¹, Merve DİKİCİ ¹

¹ İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Seramik Bölümü, Malatya, Türkiye
Sorumlu Yazar Email: pinar.bicici@inonu.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 15.11.2025
Kabul: 15.12.2025

Anahtar Kelimeler

Seramik,
Sır,
Bentonit,
Opal,
Atık

Özet: Bu çalışmada, Ordu-Ünye bentonit atığı olarak elde edilen opal mineralinin seramik sırına etkisi araştırılmıştır. Bentonit, yüksek oranda su emme ve plastiklik özelliği nedeniyle seramik bünye ve sır üretiminde kullanılmaktadır. Bentonit üretimi sırasında atık olarak ortaya çıkan opal minerali yüksek oranda silisyum içermektedir. Araştırma kapsamında, 1050°C sıcaklık için tasarlanan farklı sır reçetelerine artan oranlarda atık opal minerali ilave edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yüzey, teknik ve estetik olarak değerlendirilmiştir. Özellikle sır reçetelerinde artan ergitici oranına göre opal mineralinin seramik sırlarına olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde atık opal mineralinin seramik sırlarına üstün teknik ve estetik özellikler kazandırdığı görülmüştür. Bu çalışmada atık opal mineralinin çevreye olan zararının azaltılmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Investigation of the Effects of Waste Opal Mineral on Ceramic Glaze

Article Info

Received: 15.11.2025
Accepted: 15.12.2025

Keywords

Ceramic,
Glaze,
Bentonite,
Opal,
Waste

Abstract: In this study, the effect of opal mineral obtained as Ordu-Ünye bentonite waste on ceramic glaze was investigated. Bentonite is used in the production of ceramic bodies and glazes due to its high water absorption and plasticity properties. The opal mineral produced as waste during bentonite production contains high amounts of silicon. As part of the research, waste opal mineral was added in increasing proportions to different glaze recipes designed for a temperature of 1050°C. The results were evaluated in terms of surface, technical, and aesthetics. It was observed that opal mineral had positive effects on ceramic glazes, particularly as the flux ratio in the glaze recipes increased. When all these data were evaluated, it was observed that waste opal mineral imparts superior technical and aesthetic properties to ceramic glazes. This study aimed to contribute to reducing the environmental impact of waste opal mineral.

1. Giriş

Seramiği keşfeden insan, zamanla onu geliştirerek kullanım alanlarını genişletmiştir. Her geçen gün seramiğe yeni özellikler kazandırılmış, işlevsel ve yaygın kullanılan materyal haline gelmiştir. Seramik; dayanıklı, yanmaz, hijyen, güvenli ve temizliği kolay ve estetik görünümde bir malzemedir. Genel olarak seramik, metal ve metal olmayan minerallerin tasarlanan oranlarda harmanlanıp öğütülmesi ve şekillendirilerek yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle oluşan yarı camı yapılardır (Çakıcı, 2014). Seramik ve sır üretiminde kullanılan kil ve kaolin hem plastiklik hem de pişirme sonrası gövde oluşumunu sağlayan hammaddelerdir. Bu mineraller, granit gibi feldspatik kayaçların doğa koşullarında fiziksel ve kimyasal bozulmaları sonucunda oluşmuştur. Montmorillonit grubu olan kil mineralleri genellikle bentonit olarak bulunur. Bentonit, alüminyum ve magnezyum açısından zengin volkanik kül, tuf ve lavların kimyasal ayrışmasıyla oluşan, çok küçük kristalli, koloidal silis yapılı, yumuşak, gözenekli ve kolay şekil alabilen bir kil türüdür (Toprakezer, 2009). Bentonit üretiminde atık malzeme olarak bilinen opal minerali ise, çok düşük sıcaklıktaki deniz tabanında ve 100 °C derecenin üzerindeki hidrotermal yataklarda oluşmakta, zaman ve sıcaklık etkisiyle daha kristalli kuvarslara dönüşebilmektedir. Oluşumunda su oranı yaklaşık %10 olan düzensiz kristobalit ve tridimitten oluşan silikanın sulu bir formu olduğu düşünülmektedir (Zucca, 2013).

Seramik sıırı ise, seramik ürünlerin yüzeyini kaplayan ve reçetesine bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda eriyen, ince ve camı bir katmandır. Başka bir deyişle sır, farklı seramik ve sır hammaddelerinin belli oranlarda karıştırılması, su ile öğütülmesi ve seramik yüzeye uygulanarak pişirilmesi ile yüzeyini kaplayan camı bir tabakadır (MEGEP, 2007). Bentonit, volkanik kül veya tufün kimyasal ayrışmasıyla oluşan, montmorillonit içeren küçük kristalli, yumuşak ve gözenekli bir kildir. Bu grup killer, volkanik kökenli kayaçlarda bulunan camı malzemelerin hidrotermal etkilerle değişime uğramaları sonucunda oluşur. Yan ürün olarak zeolit, silisyumdioksit ve eriyik halinde metal iyonları ortaya çıkmaktadır. Bentonitler kökeni olan kayacın bileşimine göre sodyum, kalsiyum ve potasyum montmorillonitler halinde oluşmaktadır. Suda şişme özelliğine sahip olan bentonitler içerdikleri sodyum ve kalsiyum iyonlarına göre; sodyum bentonit, karışık bentonit (sodyum- kalsiyum) ve kalsiyum bentonit olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Ertürk, 2006). Na-bentonitler bünyeler 1-15 kat su emebilir ve koloidal özelliği ile geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Su şişme özelliği olmayan Ca-bentonitlerin tabakaları arasında değişebilen iyonlarda kalsiyum bulunmaktadır (Bol, 1986). Genelde bentonitler 950-1100 °C sıcaklıkları arasında sinterleşir ve daha üzeri sıcaklıklarda ergime görülürken, bentonitin kimyasal ve mineralojik yapısı yanında tüm fizikokimyasal özellikleri de değişmektedir (O'driscoll, 1992). Bentonitlerin kullanım alanlarının belirlenmesinde kimyasal bileşimlerinden çok fiziksel özellikleri önem taşımaktadır. Bentonit su ile karıştırıldığında koloidal özellik gösterir. Su ve bazı organik ortamlarda hacimce şişerek ve yüksek plastik özelliğe sahip olması nedeniyle birçok kullanım alanına sahiptir (Chimeddorj, 2007). Başlıca kullanım alanlarını; sondaj ve döküm sanayi, demir tozlarının peletlenmesi, inşaat sektörü (temel, baraj ve sıvı sızdırmazlığı), hayvan yemi sanayi, gübre yapımı ve toprak ıslahı, yemeklik sıvı yağların ağartılması, şarap ve meyve sularının berraklaştırılması, ilaç, kâğıt ve lastik sanayi, çimento ve seramik sanayi, kedi kumu üretimi, petrol rafinasyonu, atık suların temizlenmesi, boya sanayi ve yangın söndürücü üretimleri olarak sıralanabilir. Çalışmada kullanılan opal minerali Bentaş Bentonit Fabrikasından temin edilmiştir. Fabrika bu minerali, farklı element yapısına sahip bentonitlerin oluşturduğu çeşitli stok alanlarından tesise getirerek üretmektedir. Opal genellikle volkanik bölgelerde hidrotermal sular ve gayzerlerden oluşmaktadır. Ayrıca kayaçların çatlak ve boşluklarında solüsyon olarak da ortaya çıkan opalin yaygın olarak bulunması, düşük sıcaklıklarda oluşmasından kaynaklıdır. Opal minerali doğal yüzeylenmiş kristal düzeninden ziyade amorf silika yığınları veya küreleri şeklinde bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan opal minerali Bentaş Bentonit Fabrikasından temin edilmiştir. Fabrika bu minerali, farklı element yapısına sahip bentonitlerin oluşturduğu çeşitli stok alanlarından tesise getirerek üretmektedir. Opal genellikle volkanik bölgelerde hidrotermal sular ve gayzerlerden oluşmaktadır. Solisyon olarak kayaçların çatlak ve boşluklarında da yaygın olarak bulunur. Bunun nedeni opalin düşük sıcaklıklarda oluşmasından kaynaklıdır. Opal minerali doğal yüzeylenmiş kristal düzeninden ziyade amorf silika yığınları veya küreleri şeklinde bulunmaktadır. Opal, renk oyunu gösteren ve bileşimi sulu silisyum dioksit olan önemli süs taşlarından birisidir. Ancak opaller renksiz, beyaz, sarı, turuncu, kırmızı, mor, mavi, yeşil, gri, kahverengi ve siyah renklerde görülebilirler. Fiziksel özelliklerine opalin 99 çeşidi bulunmaktadır, Ayrıca değerli olma, doğal ve yapay olma özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadır. Bu araştırmanın amacı, bentonit üretiminde atık malzeme olan opal mineralinin seramik sırlarında değerlendirilmesi ve atık malzeme ile ilgili deneyimsel bilgi edinmektir. Aynı zamanda atık malzemelerin bir çevre sorununa dönüşen tehlikelerine karşı farkındalık yaratmak ve geri dönüşüm durumuna dikkat çekmek istenmiştir. Bu çalışmada kuramsal ve uygulamalı yöntemler birlikte kullanılmıştır. Kuramsal olarak literatür taraması yapılmış; seramikte sır teknolojisi, kil mineralleri, bentonit ve atık opal minerali üzerine bilimsel kaynaklar incelenmiştir. Ayrıca, seramik sırında atık malzeme kullanımı yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Mimarlık alanında atıkların geri dönüşümü ile oluşturulan projeler incelendiğinde konut ölçeğinden, kentsel ölçekte kamusal mekânların oluşturulmasına kadar çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. (Batar ve ark., 2009) atık bor, atık kağıt ve Perlit katkılı sıva malzemesi üretmiştir. Endüstriyel atık malzemelerin seramik ürünlerde geri dönüştürülmesi/yeniden kullanılması, ekonomik ve çevresel etkileri nedeniyle son yıllarda trend olan bir araştırma konusu olmuştur. (Çakır ve ark., 2023) üretiminde ortaya çıkan atık demir oksidi Aventurin sırlarda kullanılmasını araştırmıştır. Uygulama aşamasında ise, atık opal minerali farklı sır reçetelerine belirli oranlarda eklenerek harmanlanmış ve test karo yüzeylerine uygulanmıştır. Denemeler 1050°C’de elektrikli kamara fırınında pişirilmiştir. Sırın yüzey oluşumları teknik ve Şekil açısından incelenmiş ve sonuçlar atık opal mineralinin sır içindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, Ordu-Ünye bölgesindeki bentonit atığı olan opal minerali, sır reçetelerine artan oranlarda eklenmiş ve bu sır yüzeylerinde farklı etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sır reçetelerinde kullanılan Ordu-Ünye bölgesindeki bentonit ve atığı olan opal minerali ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan opal minerali Bentaş Bentonit Fabrikasından temin edilmiştir. Fabrika bu minerali, farklı element yapısına sahip bentonitlerin oluşturduğu çeşitli stok alanlarından tesise getirerek üretmektedir. Opal genellikle volkanik bölgelerde hidrotermal sular ve gayzerlerden oluşmaktadır. Ayrıca kayaçların çatlak ve boşluklarında solüsyon olarak da ortaya çıkan opalin yaygın olarak bulunması, düşük sıcaklıklarda oluşmasından kaynaklıdır. Opal minerali doğal yüzeylenmiş kristal düzeninden ziyade amorf silika yığınları veya küreleri şeklinde bulunmaktadır. Opal, renk oyunu gösteren ve bileşimi sulu silisyum dioksit olan önemli süs taşlarından birisidir. Ancak bazı opaller de renksiz, beyaz, sarı, turuncu, kırmızı, mor, mavi, yeşil, gri, kahverengi ve siyah renklerde görülebilirler. Fiziksel özelliklerine opalin 99 çeşidi bulunmaktadır, Ayrıca değerli olma, doğal ve yapay olma özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadır.

2.1. Araştırmada tasarlanan sır reçetelerinde kullanılan hammaddeler

- Sülyen (Pb_3O_4): Seramik sırlarında en çok kullanılan hammaddelerden biri olan sülyen, 880 °C’de eriyen kurşun bileşiğidir. Silikat karışımının içinde çok iyi ergitici görevi üstlenen kurşun oksit (PbO) sıırı yumuşatarak, esneklik kazandırır ve renk veren oksitler için de çok iyi

bir çözücüdür. Zehirli bir hammadde olması nedeniyle yiyecek-içecek seramik kaplarında fritlenmeden kullanımı zararlıdır.

-Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$): Cam yapıcı ve güçlü bir ergitici olan üleksit, sır bileşimlerinde kullanılan bir hammaddedir. Fırın pişirim sırasında, 1000°C 'de erimeye başlamakta ve $1200-1300^\circ\text{C}$ sıcaklıkta renksiz camsı bir yapıya dönüşmektedir. Sırlarda fazla oranda kullanıldığında “bor tülü” adı altında bilinen beyaz örtücülük meydana getirmektedir.

- Bor Oksit (B_2O_3): Seramik sırlarında cam yapıcı olarak silikanın yerine kullanılan tek oksittir. Bor Oksit'in erime sıcaklığı 577°C olup sırların erime sıcaklıklarını düşürmek için kullanılmaktadır. Ancak sırda fazla oranlarda kullanıldığında beyaz bor tülünü oluşturabilir. Sır çatlağının giderilmesi için az oranda bor oksit katkısı olumlu sonuçlar verebilir. Bu oran %12 üzerine çıkıldığında ise olumsuz etkiler gözlenmektedir.

2.2. Atık opal mineralinin sır reçetelerinde kullanılması

Araştırma kapsamında üretilmek üzere tasarlanan 1050°C 'de olgunlaşan sır reçetelerinde kullanılacak olan atık opal minerali, porselen değirmende toz haline gelmesi için 1.5 saat sürede öğütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Atık opal mineralinin öğütülme işlemi.

Toz halinde öğütülen atık opal minerali, tasarlanan sır reçetelerinde kullanılmak için hassas laboratuvar terazisinde tartımı yapılmıştır. Kullanılan ham madde oranları farklı olan her bir sır reçetelerinin ayrı ayrı kodlamaları yapılmıştır. Kodlanan her reçete sulu olarak porselen havanda öğütülmüş ve akıtma yöntemiyle deneme plakaları sırla kaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Tasarlanan Sır Reçetelerindeki Hammaddelerin Tartılması.

3. Bulgular ve Tartışma

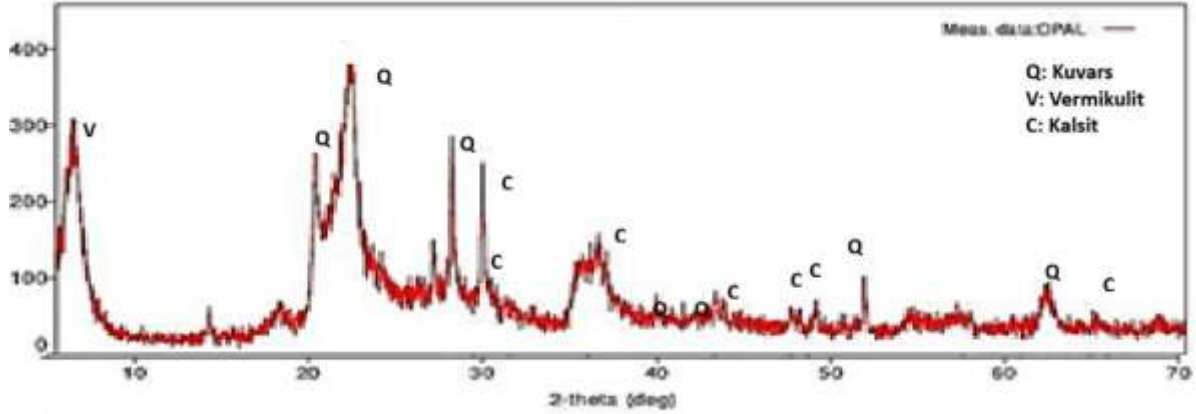
Araştırmada kullanılan atık opal mineralinin kimyasal (XRF) ve minerolojik analizi (XRD) Eskişehir Seramik Araştırma Merkezi'nde (SAM) yapılmıştır (Tablo 1 ve 2).

Tablo 1. Atık Opal Mineralinin Kimyasal Analizi (XRF).

$\text{P}_2\text{O}_5(\%)$	$\text{SiO}_2(\%)$	$\text{Al}_2\text{O}_3(\%)$	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\%)$	$\text{CaO}(\%)$	$\text{MgO}(\%)$	$\text{TiO}_2(\%)$	$\text{K}_2\text{O}(\%)$	$\text{Na}_2\text{O}(\%)$	$\text{CO}_2(\%)$
0,53	50,73	19,88	4,22	2,67	1,82	1,50	0,85	0,58	17,24

Tablo 1 incelendiğinde; atık opal mineralinin kimyasal analizinde %50,73 gibi yüksek oranda SiO₂ bulunduğu görülmektedir.

Tablo 2. Atık Opal Mineralinin Minerolojik Analiz (XRD).



Tablo 2’de görüldüğü üzere, atık opal mineralinin minerolojik analizinde 90.12 oranında SiO₂ bulunduğu anlaşılmaktadır. Her iki analiz sonuçlarına göre atık opal mineralinin içeriğinde yüksek oranda SiO₂ bulunmaktadır. Bu nedenle, araştırmada 1050°C için tasarlanan sır reçetelerinde cam fazının oluşmasını kolaylaştıran ve ergitici özelliği yüksek olan boraks, üleksit ve sülyen kullanılmıştır. Atık opal mineralinin sır reçetelerinde katkı oranı artırıldıkça, sır yüzeyinde uçuk pembe ve sarı renk tonlarında gözenekli yapının, toplanmaların ve kılcal çatlakların oluştuğu görülmüştür. Sır reçetelerinde atık opal minerali azaltıldığında ise farklı bej rengi tonları oluşmuştur (Tablo 3). Reçetelerde ergitici hammadde oranlarının artırılması ile de sır yüzeyinde parlaklık artmaktadır. Tasarlanan sır reçeteleri 1050°C’de pişirildiğinde beyaz bünyeli deneme plakalarında kılcal çatlaklara da rastlanmıştır.

Tablo 3. Boraks ve Atık Opal Mineral Katkılı Sır Denemeleri (1050 °C)

Boraks ve Atık Opal ile Yapılan Sır Denemeleri (1050°C)			
	B.1. Boraks % 50 Atık Opal %50 Koyu sarı camsı ve toplanmalı		B.3. Boraks % 65 Atık Opal % 35 Opak bej renkli ve kalın kılcal çatlaklı
	B.2. Boraks % 60 Atık Opal % 40 Opak bej renkli ve kılcal çatlaklı		B.4 Boraks %40 Atık Opal %60 Opak bej-sarı renkli ve az kılcal çatlaklı

Tablo 4. Üleksit ve Atık Opal Mineral Katkılı Sır Denemeleri (1050 °C)

Üleksit ve Atık Opal ile Yapılan Sır Denemeleri (1050°C)			
	Ü.1. Üleksit % 50 Atık Opal %50 Opak beyaz ve gözenekli		Ü.3. Üleksit % 65 Atık Opal % 35 Opak beyaz ve çok az gözenekli
	Ü.2. Üleksit % 60 Atık Opal % 40 Opak beyaz ve koyu renkli gözenekli		Ü.4 Üleksit % 40 Atık Opal % 60 Opak beyaz ve gözenekli

Tablo 5. Sülyen ve Atık Opal Mineral Katkılı Sır Denemeleri (1050 °C)

Sülyen ve Atık Opal ile Yapılan Sır Denemeleri (1050°C)			
	S.1. Sülyen % 50 Atık Opal %50 Sarı renkli şeffaf parlak camsı ve kılcal çatlaklı		S.3. Sülyen % 65 Atık Opal % 35 Sarı renkli şeffaf parlak camsı ve kısa çatlaklı
	S.2. Sülyen % 60 Atık Opal % 40 Sarı renkli şeffaf parlak camsı ve kalın çatlaklı		S.4 Sülyen % 40 Atık Opal % 60 Sarı renkli şeffaf parlak camsı ve hareli

Çalışmada tasarlanan sır reçetelerinde kullanılan atık opal mineralinin ergime derecesini düşürmek için boraks, üleksit ve sülyen oksitlerinin ergiticilik özelliğinden yararlanılmış ve oranları değiştirilerek tablodaki sonuçlar elde edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Ordu ili Ünye ilçesinde bulunan bentonit yataklarından üretimi sırasında açığa çıkan atık opal mineralinin, seramik sırlarında kullanılabilirliği araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel süreçte, atık opal mineralinin tasarlanan farklı seramik sırrı reçetelerinde kullanılması hem teknik hem de estetik açıdan değerlendirilmiştir.

Atık opal mineralinin kimyasal ve minerolojik analizleri sonucunda ortaya çıkan yüksek orandaki silisyum nedeniyle sır içindeki ergime yeteneğini, sırrın opak ve parlak oluşumundaki etkileri araştırılmıştır. Buna göre; atık opalın ergime derecesini düşürmek için düşük derecede eriyebilen bor oksit, üleksit ve sülyen kullanılmıştır. Ergiticilerin oranları azaldıkça toplanmalı ve çatlamalı sır yüzeyleri oluşmuştur. Bunlar da kendi içlerinde opak ve şeffaf cam fazlarını meydana getirmiştir. Yapılan sır denemeleri 1050°C de pişirilmiştir ve elde edilen sırların özgül

yapıları ve renk geçişlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu sırlar sadece işlevsel değil, aynı zamanda sanatsal bir malzeme olarak da kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Öneriler: Atık opal mineralinin sır reçetesinde kullanılacak farklı oksitlerle birlikte etkileri araştırılabilir. İleride atık opal katkılı sır reçetelerinde renk veren metal oksitlerle birlikte kullanılması üzerine çalışmalar yapılabilir. Bu sır denemeleri daha yüksek sıcaklıklarda pişirilerek elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir.

Başka bir çalışmada atık opalin seramik çamuruna etkileri araştırılarak hem sır hem de gövde malzemesi olarak kullanım potansiyeli değerlendirilebilir. Bu sonuçlar, hem geleneksel seramik üretiminde hem de çağdaş seramik üretiminde kullanılarak doğadaki atık veya yan ürünlerin değerlendirilmesi sağlanarak çevresel kirlenme önlenabilir ve ülke ekonomisine katkılar sağlayabilir.

Kaynaklar

- Arcasoy, A., Başkırkan, H., 2019. Seramik Teknolojisi. Mimar Sinan Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü, İstanbul.
- Batar, T., Köksal, M.S., Yersel, Ş.E., 2009. Atık bor, atık kâğıt ve perlit katkılı sıva malzemesinin üretimi ve karakterizasyonu. *Ekoloji*, 18: 45-53.
- Bol, G.M., 1986. Bentonite Quality and Evaluatio Methods. SPE Drilling England.
- Chimeddorj, M., 2007. Farklı bentonitlerin nem alıcı (desikant) özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakıcı, R.İ., 2014. Seramik üretiminde alternatif hammaddelerin kullanılma olanaklarının araştırılması ve maliyet azaltma çalışmalarının yapılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çakır, A., Arianpour, F., 2023. Çelik üretiminde ortaya çıkan atık demir oksit'in aventurin sırlarda yeniden kullanımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 143-152.
- İpekoğlu, B., Kurşun, İ., 1997. Türkiye bentonit potansiyeline genel bir bakış. 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir.
- Karakaya, M., 2007. Seramik hammaddelerinin mineralojisi, kimyası ve tüflerin "1" değerlendirilmesi. *IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri (SERES'07)*, Bildiriler Kitabı, 10 - 12 Ekim, Eskişehir, s. 230-240.
- MTA, 1989. Bentonit Mevcut Durum, Zuhurlar ve Yataklar, Potansiyel Bölgeler. MTA Yayınları.
- O'driscool, M., 1992 Evropean Cat Litte Absorbing Market Growth Industrial Minerals August.
- Zucca, A., 2013. Industrial Ceramic Technology: Characteristics of Raw Materials and Ceramic Properties. University of Cagliari, Italy, pp. 37.