



## İçme Suyu Arıtma Çamuru Atığının Seramik Duvar Karosu Üretiminde Kullanım Potansiyeli

### Use Potential of Drinking Water Treatment Sludge Waste in Ceramic Wall Tile Production

Suna Çetin<sup>1\*</sup>

*Başvuru/Received:* 28/04/2023

*Kabul / Accepted:* 02/06/2023

*Çevrimiçi Basım / Published Online:* 30/06/2023

*Son Versiyon/Final Version:* 30/06/2023

#### Öz

Atık su arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurunun gün geçtikçe artması ve depolanması önemli bir çevresel sorundur. Günümüzde bu tür atıkların alternatif imha yöntemlerinin çevre dostu olmaması nedeni ile yararlı yeniden kullanım ve yeni alternatif geri dönüşüm stratejilerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Adana Çatalan İçme Suyu Arıtma tesisinden temin edilen çamurun nihai bertarafına bir alternatif olarak duvar karo üretimi için kaplama seramik malzemesi imalatında püskürtülerek kurutulmuş atık çamurun kullanımı analiz edilmiştir. Yığın bileşimlerine ağırlıkça %5,10 ve 20 oranında içme suyu arıtma çamuru atığı ilave edilmiş, laboratuvar koşullarında kuru presleme ile şekillendirilerek bir dizi seramik karo formülasyonu hazırlanmıştır. Numuneler 1145 °C de 35 dakika süre ile endüstriyel koşullarda pişirilmiştir. Numunelerin pişme küçülmesi, su emme ve eğme dayanımları gibi teknolojik özelliklerinin yanı sıra mikroyapı analizleri de araştırılmıştır. Yapılan testler, içme suyu arıtma çamuru atığının, duvar karosu bünyesinde ikincil hammadde olarak % 5 oranında kullanılabileceğini göstermiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*“İçme suyu arıtma çamuru, duvar karosu, geri dönüşüm”*

#### Abstract

The increase and storage of sewage sludge produced in wastewater treatment plants is an important environmental problem. Since alternative disposal methods of such wastes are not environmentally friendly, it is important to determine useful reuse and new alternative recycling strategies. In this work, the production potential of industrial solid waste obtained from Adana Çatalan Drinking Water Treatment Plant in ceramic wall tile manufacturing was investigated. A series of ceramic tile formulations were prepared with 5, 10 and 20 wt% of drinking water treatment sludge waste incorporation into the batch compositions and shaping by dry pressing under laboratory conditions. Samples were fired at 1145 °C for 35 minutes under the industrial conditions. In addition to the technological properties of the samples such as firing shrinkage, water absorption and bending strength, microstructure analyzes were also investigated. Tests have shown that drinking water treatment sludge waste can be used as a secondary raw material at a rate of 5% in wall tiles.

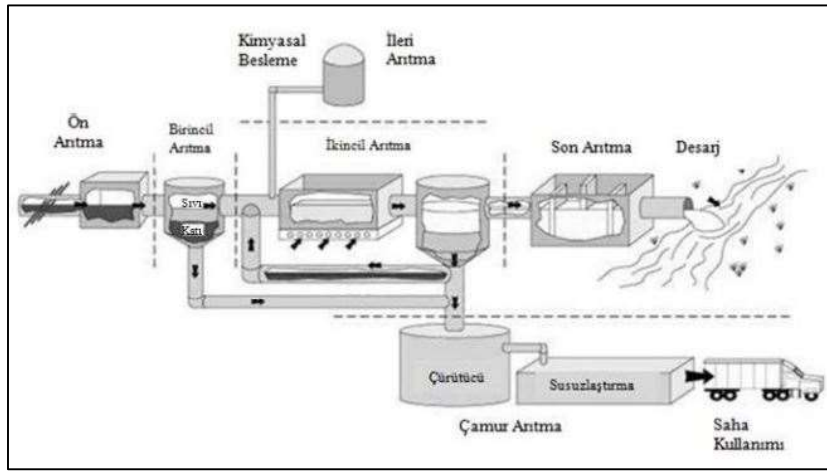
#### Key Words

*“Drinking water treatment sludge, wall tile, recycling”*

## 1. Giriş

Katı atık yönetimi; yüksek enerji tüketimi, endüstriyel atıklarda orantısız artış ve çevre kirliliği gibi birçok sorunla sonuçlanan küresel bir sorundur. Pek çok çevre sorunu, çoğunlukla hacimleri ve potansiyel olarak toksik elementlerin içerikleri ile ilgili olarak, endüstriyel ve evsel atıkların ve çamurun birikmesinden kaynaklanmaktadır. Tüm bu konular, sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak için yeni çözümlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Temiz üretim, endüstrilerdeki atık ve kirlenmelerin işlenmesine yönelik entegre bir yaklaşımdır (Visvanathan et al., 1999). Bu yaklaşım, enerji kullanımında, hammadde kullanımında iyileştirmeler ve emisyon ve atıkta azalmayı kapsayan ekonomik, çevre dostu bir üretim sistemini gerektirir. Atığın hammadde olarak kullanılması, hem ilgili ekonomik maliyetlerle birlikte depolama alanı sorunlarının hem de herhangi bir yeni ürünün imalatında kullanılacak hammaddelerin çıkarılması ihtiyacının azalmasını temsil etmektedir (Tarrago et al., 2017). Bu açıdan bakıldığında, atıkların değerlendirilmesi çevrenin korunmasını ve doğal kaynakların rasyonel kullanımını teşvik eden bir tedbirdir.

Atık su arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurunun hacminin sürekli büyümesi, kullanımı ve depolanması önemli bir çevresel sorundur. Kentsel atık su arıtma tesisinin işlem süreci Şekil 1'de görüldüğü üzere özetlenebilir. Atık su arıtma çamurları doğrudan nehirlere, derelere, göletlere, göllere, kanalizasyona vb. deşarj edilmekte veya ticari depolama alanlarına gönderilerek tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Bu alternatif imha yöntemleri çevre dostu değildir, bu nedenle özelliklerine göre yararlı yeniden kullanım ve yeni alternatif geri dönüşüm stratejilerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.



**Şekil 1.** Atık su arıtma tesisi örnek akış şeması (chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.hlccvre.com/images/PDF/sektorel-kilavuzlar/barajlar-ve-hesler.pdf)

Özellikle seramik sektöründe doğal hammadde kaynaklarının hızla tükenmesi, alternatif hammadde kaynağı olarak atık maddelerin kullanılmasının önemini artırmaktadır. Ayrıca, bu tür yararlı yeniden kullanımlar arasında, çamurun yapı endüstrisi için potansiyel bir ikame malzeme olarak kullanılması güvenli bertaraf yöntemleri sağlayabilir (El-Din et al., 2011; Benlalla et al., 2015). Bu bağlamda yapı için seramik malzeme üretiminden bahsedebiliriz. Bazı seramik fabrikalarında üretilen ürünlerin rengi, kil içerisinde az miktarda  $Fe_2O_3$  ve çok miktarda ince dağılan karbonatlar nedeniyle soluktur. Seramik ürünlerin rengi, oluşum kütlelerine boyar katkı maddeleri katılarak değiştirilebilir. Bu katkı maddelerinin az bir miktarı bile (kuru malzeme kütlelerinin %1-5'i) seramik ürünlerin maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle, seramik ürünlerin rengini değiştirebilecek ve aynı zamanda nihai ürünün fiyatını çok fazla etkilemeyecek katkı maddelerinin üretimde kullanılması rasyoneldir. Su arıtma tesislerinde oluşan çamur yukarıda belirtilen özelliklerle karakterize edilir. Bu atıklar sadece seramik gövdelerin rengini değil aynı zamanda fiziksel ve mekanik özellikleri ile seramik gövdenin yapısal özelliklerini de etkilemektedir. 2020'de dünya karo üretiminin 16,093 milyon  $m^2$ 'ye yükseldiği göz önünde bulundurulduğunda atık su arıtma çamurlarının küçük yüzdelere seramik karo ve tuğla gibi yapı endüstrisinde kullanılan bu ürünlere dahil edilmesi bile, çamurun potansiyel kullanımı açısından çok önemli olacaktır (Cresta, 2021; Cremades et al., 2018).

İçme suyu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamuru ağırlıkça %70 artan oranlarda seramik kaplama imalatında kullanan Cremades L.V arkadaşları, çamur ilave yüzdesindeki artışla seramik numunelerin yüksek bir açık gözenekliliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu iki özellik dikkate alındığında, bu malzemenin olası bir uygulamasının sırlı karoların imalatı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Mevcut çalışmada, içme suyu arıtma çamuru atığının seramik duvar karosu üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla Kale-Seramik fabrikası Ar-Ge laboratuvar ölçeğinde deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma takip edilen süreci, elde edilen seramik duvar karosunun karakterizasyonunu ve bunların çevresel değerlendirmelerini göstermektedir.

## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, kullanılan içme suyu arıtma çamur atığı Adana ilinde bulunan 500.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteye sahip “Çatalan İçme Suyu Arıtma” yüzey suyu arıtma tesisinden temin edilmiştir. Endüstriyel seramik duvar karo üretim formülasyonu Kaleseramik standart (Std) duvar karo bileşiminden seçilmiştir. İçme suyu arıtma çamur atığının kimyasal analizini belirlemek için X-ışını floresans spektrometresi (Panalitix Axios XRF, Kale Seramik Araştırma Merkezi) kullanılmıştır. Standart duvar karo reçetesi ile kıyaslama yapmak için oluşturulan katkılı duvar karo reçetelerinde ağırlıkça % 5, %10 ve % 20 içme suyu arıtma çamur atığı kullanılmıştır. Standart duvar karo ve içme suyu arıtma çamur atığı içeren bünye kompozisyonları, laboratuvar tipi bilyalı değirmen kullanılarak sulu öğütme ile hazırlanmıştır. Değirmenden alınan çamur 110 °C’de kurutularak, 63 µm’nin altına öğütülerek ağırlıkça % 6 su ile nemlendirildi. Nemlendirilmiş karışımlar, Gabrielli marka pres kullanılarak 50 mm çapında disk numuneler, 36 bar basınçta preslendi. Mukavemet testleri için ise 100x50x5 mm ebadındaki karolar 130 bar basınçta preslenerek şekillendirildi. Şekillendirilen örnekler, 110 °C’de kurutularak endüstriyel rulo fırınında 35 dakika süre ile 1145 °C’de sırlanmadan pişirilmiştir.

Deneme numunelerine standartlar dâhilinde fiziksel ve mekanik testler uygulanmış, ortalama değerleri alabilmek amacıyla her bir test için üçer adet numune hazırlanmıştır. Pişmiş üründe oluşan fazların tespiti Empyreon model Panalitix marka XRD cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Mikroyapısal incelemeler için ise numunelerin dağlanmış kırık yüzeylerinde (FEI Quanta FEG 650 model SEM) taramalı elektron mikroskobu ile ikincil elektron görüntüleri alınmıştır İki analiz; Çukurova Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan nihai ürünler, TS EN 14411 (Grup BIII, E >%10) standart test serisine göre değerlendirilmeye alınmıştır. Numunelerin renk değerleri Minolta CR 300 marka renk ölçüm cihazı ile ölçülmüş, 3 nokta mukavemet değerleri Gabrielle CR5/650 marka mukavemet cihazı ile Çanakkale Seramik fabrikası Ar-Ge laboratuvarında tespit edilmiştir. Pişmiş karo örneklerinin su emme değerleri ISO 10545-3 standardına göre ölçülmüştür.

## 3. Deneysel Çalışmalar

### 3.1. Kimyasal Analiz

Çalışmada kullanılan hammaddelerin kimyasal kompozisyonları Tablo 1’de, farklı oranlarda içme suyu arıtma çamur atığı içeren bünye kompozisyonları da Tablo 2’ de verilmiştir.

**Tablo 1.** İçme suyu arıtma çamur atığı ve standart duvar karo bileşiminin kimyasal analizleri (ağırlıkça %)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	A.Z.
İçme suyu arıtma çamur atığı	61,10	11,12	14,57	3,75	0,64	Eser	0,37	0,36	7,16
Standart duvar karo bileşimi	57,93	17,68	2,02	7,21	0,81	0,90	2,34	0,85	10,27

A.Z.: Ateş zaiyatı

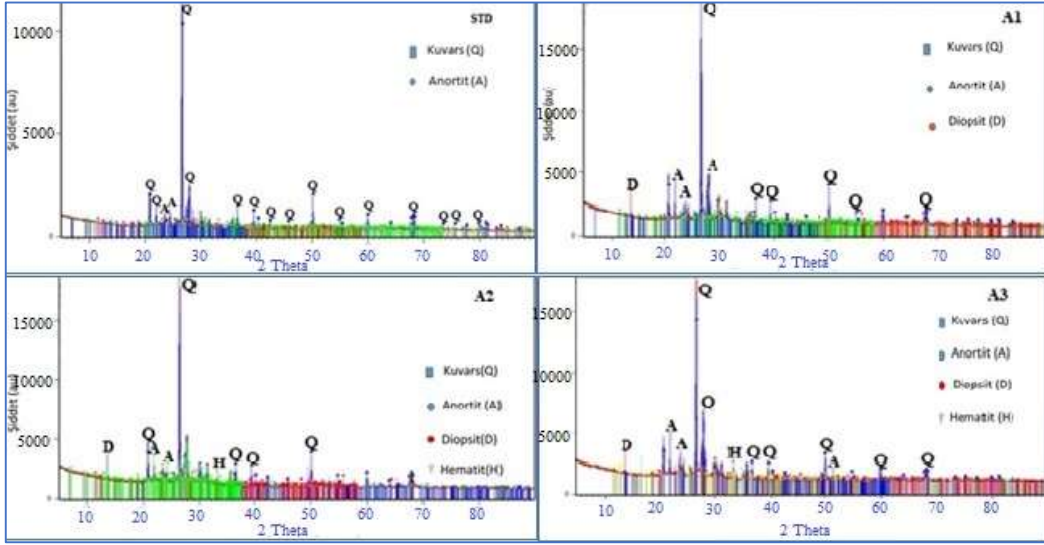
**Tablo 2.** Karışımların ağırlıkça oranları

Karışım adı	Std	İçme Suyu Arıtma Çamur Atığı
A1	95	5
A2	90	10
A3	80	20

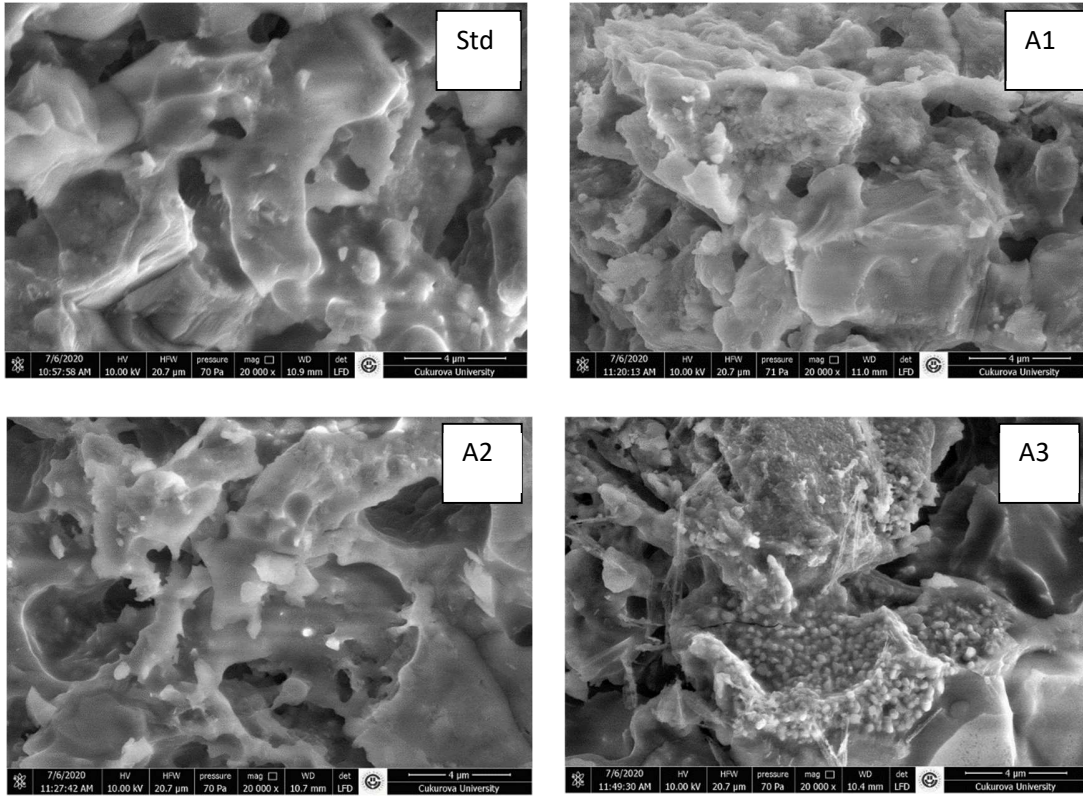
### 3.2. Faz Analizleri

Numunelere ait XRD analizleri sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. XRD analizi sonuçlarına göre, sinterlenmiş standart duvar karo bünyesinin ana kristal fazı kuvarstır. A1 duvar karo bünyesinde ana kristal fazlar kuvars, anortit ve diopsittir. Ayrıca A2 ve A3 bünyelerinde pik şiddeti az da olsa hematit fazı görülmektedir. İçme suyu arıtma çamur atığı yaklaşık % 15 oranında demir oksit içermektedir. Dolayısı ile hematit fazının, standart duvar karo bünyesine ilave edilen içme suyu arıtma çamur atığı miktarındaki artışı sebebi ile olduğu söylenebilir.

Sinterlenmiş örneklerin SEM görüntüleri ise Şekil 2’de verilmiştir. Örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, gözeneklilik açısından benzer oldukları görülmektedir. Örneklerin su emme yüzdelerinin birbirine yakın olması bu durumu desteklemektedir (Tablo 3). Anortit kristalleri, termal döngü sırasında kalsit dekompozisyonundan kaynaklanır. Yapılan çalışmada tüm örneklerde oluşan Anortit (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) mineral fazı XRD analizi ile tespit edilmiştir.



Şekil 2. STD, A1, A2 ve A3 bünyelerine ait XRD görüntüleri



Şekil 3. Standart ve geliştirilen A1, A2 ve A3 bünyelerine ait SEM görüntüleri

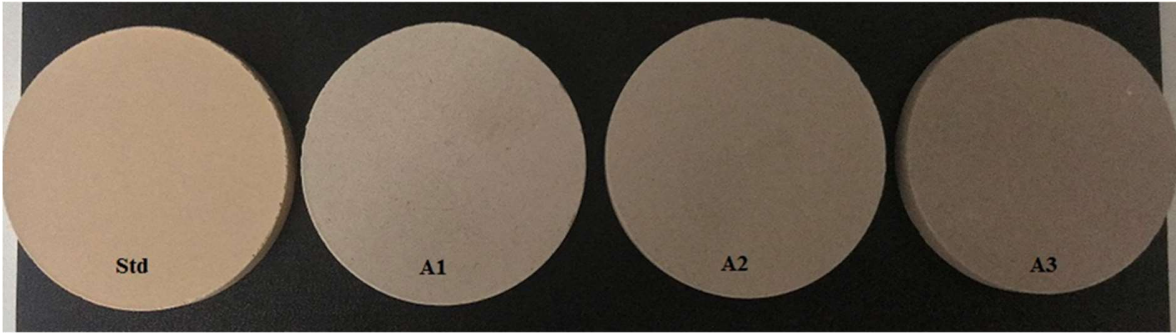
### Teknolojik Özellikler

Fırınlanan duvar karo gövdelerinin teknolojik özellikleri karakterize edilmiş ve sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir.

**Tablo 3.** Numunelere ait teknolojik özellikler

Ürün Kodu	Pişme Küçülmesi	Pişmiş Mukavemet (N/mm <sup>2</sup> )	Su Emme	Renk Analizi		
				L*	a*	b*
Std	0,30	24,9	16,28	73,56	7,21	21,41
A1	0,20	23,2	17,04	73,28	4,67	12,28
A2	0,10	21,8	18,20	70,63	4,99	12,44
A3	0,50	20,4	15,80	64,66	5,21	12,86

Tablo 3'deki sonuçlara göre içme suyu arıtma çamur atığı bazlı karışımların standart duvar karosu karışımı ile kıyaslandığında A1 kodlu örneğin benzer değerler gösterdiği görülebilir. Renk açısından standart ve A1 kodlu örnekler kıyaslandığında A1 kodlu örneğin a\* ve b\* değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Dolayısı ile standart pişmiş karo örneğine göre A1 kodlu örneğin daha koyu renkte olduğu görülmektedir (Şekil 4).

**Şekil 4.** Örneklerin fiziksel görüntüleri

#### 4. Sonuç

Yapılan bu çalışmada; içme suyu arıtma çamuru atığının seramik duvar karosu üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla standart duvar karosu reçetesine artan oranlarda (%5, %10 ve %20) içme suyu arıtma çamuru atığı ilave edilerek laboratuvar ölçeğinde duvar karosu üretimi yapılmıştır. Yapılan standart testler sonucunda;

- A1 kodlu örneğin standart duvar karosu örneği ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. A1 kodlu örneğin renk testi sonucuna bakıldığında standart duvar karosu örneğinden daha koyu renkte pişme rengi verdiği görülmektedir. Renk farkı A1 kodlu örnek için geliştirilecek sır tabakası ile giderilebilir.
- Türkiye'nin güneyindeki su arıtma tesisinden çıkan içme suyu arıtma çamuru atığının, duvar karosu bünyesinde ikincil hammadde olarak % 5 oranında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.
- Bu çalışma göstermiştir ki, atıkların depolanması ve taşınmasının yanı sıra çevreye verilen zararın azaltılabilmesi için bu tip çalışmaların daha çok desteklenmesi önem arz etmektedir.

#### Teşekkür

Deneysel çalışmalarım için endüstriyel laboratuvar imkanı sağlayan Kale-Seramik Ar-ge çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

#### Referanslar

Benlalla, A., Elmoussaouiti, M., Dahhou, M., Assafi, M. (2015). Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics bricks. Applied Clay Science, 118, 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.09.012>

Crasta, G. P. (2021). Tile International 3. İtalya, Tile Edizioni.

Cremades, L.V., Cusidó, J.A., Arteaga, F. (2018). Recycling of sludge from drinking water treatment as ceramic material for the manufacture of tiles. Journal of Cleaner Production, 201, 1071-1080. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.094>

Çevresel Etkiler ve Alınacak Önlemler Kılavuzu-AtıkSu Arıtma Tesisleri (2017) 15 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.hlcevre.com/images/PDF/sektorel-kilavuzlar/barajlar-ve-hesler.pdf

- El-Din, B., Hegazy, E., Fouad, H.A., Hassanain, A.M. (2011). Reuse of water treatment plant sludge in brick manufacturing. *Journal of Applied Sciences Research*, 4, 1223-1229.
- Kizinievič, O., Žurauskienė, R., Kizinievič, V., Žurauskas, R. (2013). Utilisation of sludge waste from water treatment for ceramic products. *Construction and Building Materials*, 41, 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.041>
- Tarrago, M., Garcia-Valles, M., Mobarak, A., Martínez, S. (2017). Valorization of sludge from a wastewater treatment plant by glass-ceramic production. *Ceramics International*, 43, 930-937. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.10.083>
- Visvanathan, C., Kumar, S. (1999). Issues for better implementation of cleaner production in Asian small and medium industries. *Journal of Cleaner Production*, 7, 127-134. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(98\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(98)00050-X)