

## Seramik Kaplama Sektöründe Atık Yönetimi

Yağmur Çelik Saydam<sup>1</sup>, Burçin Atılğan Türkmen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Kimya Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

<sup>\*</sup>(burcin.atilganturkmen@bilecik.edu.tr)

**Özet** – Günümüzde sağlık ve çevresel açıdan düşünülmeden üretilip hızla hayatımıza giren tasarımlar bizi sürdürülebilir dünya görüşü üzerinde düşünmeye teşvik etmiştir. Nüfus yoğunluğunun, tüketimin ve çevresel düzenlemelerin giderek daha da arttığı günümüzde, seramik endüstrisinin yarattığı çevresel sorunları tespit etmek ve uygun şekilde ele almak kritik bir önem taşımaktadır. Seramik sektörü, yapmış olduğu çalışmalarda doğaya verebileceği zararlar nedeniyle üretim sürecindeki tüm aşamalarda sürdürülebilir olması zorunlu olan bir sektördür. Bu sektör hammadde ve enerji bakımından yoğundur ve sektörde yüksek oranda atık oluşumu vardır. Bundan dolayı da atık yönetimi büyük önem taşımaktadır. Yapılan bu araştırmanın amacı seramik kaplama sektöründe uygulanan sürdürülebilir atık yönetiminde kullanılan 3R Katı Atık Hiyerarşisi hakkında bilgi sunmaktır. Çalışmada ayrıca Dünya’da ve Türkiye’de seramik sektöründeki geri dönüşüm çalışmaları incelenmiştir. Amerika, Hollanda, Japonya, İspanya gibi ülkelerin seramik sektöründeki geri dönüşüme büyük önem verdiği görülmüştür. Ülkemizdeki seramik sektöründe uygulanan geri dönüşüm çalışmalarına da yer verilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda seramik sektöründe çevre adına en önemli sorunun pişmiş karoların geri dönüşüm maliyeti olduğu ve geri dönüşümün çok az firma tarafından yapılmakta olduğu anlaşılmıştır. Seramik üretimi yapan firmalar geri dönüşüm sistemlerini sonradan değiştirmek yerine tesis kuruluşunun en başında pişmiş karo atıklarının geri dönüşümünü projelerine dahil ettiğinde gelecek vadede hem çevresel açıdan hem de firmaların kendi kazancı açısından kar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

*Anahtar Kelimeler – Sürdürülebilirlik, seramik sektörü, atık yönetimi, atık azaltma, 3R hiyerarşisi*

### I. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte tüketim hızı artarken çevrenin tahribatı ve doğal kaynakların yok edilmesi hızlı bir şekilde etkilerini göstermeye başlamıştır [1]. Doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilirlik uygulamalarının sağlanması 21. yüzyıldan bu yana insanlığın en önemli sorunlarından biri olmaya devam etmektedir. Sektörel bazda sorunların ele alınarak alternatiflerin değerlendirilmesi sürdürülebilir ürün ve üretim açısından büyük önem taşımaktadır [2].

Sanayi ve inşaat sektörlerinden kaynaklanan atıkların üretimi son birkaç yılda artmıştır. Bu atıkların büyük bir kısmı, yeniden kullanım, geri dönüşüm veya değerlendirme potansiyeli göz

önünde bulundurulmadan düzenli depolama sahalarına atılmıştır [3].

Hızla gelişmekte olan seramik sektörü son yıllarda artan üretim kapasitesi ile dünya pazarında önemli bir konuma gelmiştir. Bu nedenle, seramik kaplama sektöründe uzun ömürlü ürünler tasarlamak, sürdürülebilir üretim ve tüketim amacına ulaşmak adına büyük önem taşımaktadır [4, 5].

Günümüzde yoğun nüfus artışıyla ortaya çıkan hızlı tüketim alışkanlıkları sonucunda kaynak kullanımında ve atık yönetiminde yeni yaklaşımlar geliştirilmiş olup bu yeni yaklaşımların sürdürülebilirliğin temel bileşenlerini oluşturduğu saptanmıştır [6]. Bu yaklaşımlardan biri 3R yaklaşımıdır. Atıkları azaltma (Reduce), kaynakları ve ürünleri yeniden kullanma (Reuse) ve geri dönüşüm (Recycle) ilkesi genellikle "3R" olarak

adlandırılır ve sürdürülebilir kaynak kullanımının temel stratejileri olarak karşımıza çıkmaktadır. Azaltma, üretilen atık miktarını azaltmak için eşyaları özenle kullanmayı seçmek anlamına gelir. Yeniden kullanım, hala kullanılabilir yönleri olan öğelerin veya öğelerin parçalarının tekrar tekrar kullanılmasını içerir. Geri dönüşüm ise atığın kendisinin kaynak olarak kullanılmasıdır. anlamına gelir. Atık minimizasyonu, öncelikle 3R'nin ilki olan azaltma, ardından yeniden kullanma ve daha sonra da geri dönüşüme odaklanarak gerçekleştirilebilir [7]. Tüm bu çabalar çevresel duyarlılığımızı artırarak atık sorununa çözüm aramak ve günümüzde gerçekleştirilen üretimlerin sürdürülebilir olması adına yapılan girişimlerdir. Sektörde üretim yapan firmalar kendi tanıtım sayfalarında bu kavram ve ilkeleri kullanmaktadırlar.

Seramik kaplama sektöründe temiz üretim yaklaşımları, katı atık ve uygulama alanları büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı seramik kaplama sektöründe uygulanan sürdürülebilir atık yönetiminde kullanılan 3R Katı Atık Hiyerarşisi ile ilgili uygulama koşullarının ve sektördeki örneklerinin sunulmasıdır.

## II. SERAMİK KAPLAMA SEKTÖRÜNDE 3R KATI ATIK HİYERARŞİSİ

Günümüzde seramik kaplama sektöründe hammadde, su, enerji gibi doğadaki kıt kaynaklar kullanılmakta ve yapılan üretimler sonucunda oluşan atıklar çevresel sorun yaratmaktadır. Su, enerji ve hammadde geri dönüşümü, üretimin her aşamasında uygulanabilmektedir. Seramik sektöründe yeniden kullanılmayan atık oluşumunu geri dönüşümü zor olan pişmiş atıklar oluşturmaktadır. Pişmiş ıskarta karoların yeniden kullanımı depolanması ya da imha edilmesi zor atıklar sınıfına girmektedir [8]. Bu nedenle seramik sektöründe pişmiş seramik atıkların geri dönüşümü önemli uygulamalar arasında yer almaktadır. Seramik sektöründe pişmemiş atıklar geri dönüştürülerek üretime katılmaktadır [4]. Seramik kaplama sektöründe üretimin her aşamasında oluşan atıklar, yaratmış oldukları çevresel sorunlar dışında depolanma zorunluluğundan dolayı ilave bir maliyet getirmektedir. Bu sebeple başlangıçta kaynağından azaltma, atık oluşumunu önleme ya da atık oluşumunu en aza indirebilmek önemlidir [9].

3R Atık hiyerarşisinin amacı öncelikle kaynakta atık azaltımı, atıkların yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesiyle etkin bir biçimde kullanılabilmesi belirtilmektedir. Tablo 1'de seramik kaplama sektöründe 3R Katı Atık Yönetimi için kullanılan uygulama örnekleri sunulmuştur.

Tablo 1. Seramik Kaplama Sektöründe 3R Katı Atık Hiyerarşisi Uygulamaları [4]

Azaltma (Reduce)	Yeniden kullanım (Reuse)	Geri dönüşüm (Recycled)
Hammadde kullanımının azaltılması	Eski(modası geçmiş) seramik kaplamaların yeniden kullanımı	Pişmemiş seramik atıklarının geri dönüşümü
Su kullanımının azaltılması	Eski seramik kaplamaların antika olarak kullanımı	Pişmiş seramik atıklarının geri dönüşümü
Kaynakta atık azaltımı		Su geri dönüşümü
Enerji verimliliğinin artırılması		Ambalaj geri dönüşümü
		Enerji geri dönüşümü

### A. Seramik Kaplama Sektöründe Atık Azaltma (Reduce)

Atık oluşumu seramik üretiminin hammadde ve malzeme üretimi aşamasında başlar. Bu süreçte oluşan atıkların üretimde yeniden değerlendirilmesi atıkların azaltılmasında önemli rol oynar. Seramik kaplama üretimi sürecinin en önemli aşamalarından biri olan tasarım aşamasında atık oluşumuyla ilgili önlemlerin dikkate alınması, hammaddelerin yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir özelliklerinin göz önünde bulundurulması önemlidir. Ayrıca atıkların ekonomik açıdan da sağladığı kazançlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi, sektörün atık önleme çalışmaları ile işletmelerde önemli kazançlar sağlaması mümkün olabilmektedir [10].

### B. Seramik Kaplama Sektöründe Yeniden Kullanım (Re-Use)

Atık yönetiminde yeniden kullanım önemli bir adımdır. Yeniden kullanım "Atığın hiçbir işleme tabi tutulmadan ekonomik ömrünü veya kullanım ömrünü tamamlayana kadar tekrar kullanımı" olarak

ifade edilmekte, herhangi bir üretimin benzer amaçla tekrar kullanılması anlamına gelmektedir. Seramik kaplama sektöründe yeniden kullanım, atık karoların mozaik olarak değerlendirilmesi, eski karoların temizlenerek antika karo olarak kullanılması ya da atıkların yol ve duvar yapımında kullanılması gibi örneklerde karşımıza çıkmaktadır [11, 12].

### **C. Seramik Kaplama Sektöründe Geri Dönüşüm (Recyled)**

Geri dönüşüm, oluşumu kaynakta önlenemeyen veya yeniden kullanılamayan atıklara uygulanan bir yöntemdir. Kelime anlamı yeniden kullanım olan geri dönüşüm "Atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere çevrilmesidir. Seramik kaplama sektöründe "karo üretiminde kullanılan hammaddeler, doğadan direkt veya çeşitli zenginleştirme işlemlerinden geçirildikten sonra alınarak kullanılır. Fakat doğal kaynaklar günden güne azalmaktadır. Bu yüzden kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ve atıkların değerlendirilmesi gerekmektedir [5, 13].

Avrupa seramik karo üretiminde farklı aşamalarında (şekillendirme, pişirir, sırlama, parlatma, taşlama) ortaya çıkan kırık ya da alt standart üretimler sonucu çok yüksek miktarda atık oluşmaktadır. Üretim işlemleri esnasında seramik malzemenin bileşimlerinden kaynaklanan değişiklikler nedeniyle (kil ve sır gibi) önemli bir yüzdesi tekrar kullanılamaz hale gelmektedir. Pişmiş ıskarta karoların yeniden kullanımı depolanması ya da imha edilmesi zor atıklar sınıfına girmektedir [6].

Seramik sektöründe oluşan bu atıklar inşaat sektöründe düşük değerli dolgu malzemesi (agrega) olarak kullanılmakta ya da depolanmaktadır. Seramik kaplama sektöründe artan üretim hızı sonucu ortaya çıkan hammadde sıkıntıları sebebiyle, sürdürülebilir kaynak kullanımı ve atık geri dönüşümü son derece önem kazanmıştır [14, 15].

### **III. UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

Dünya seramik kaplama firmalarının üretimlerinden kaynaklanan atıkların depolanması ya da yok edilmesinin büyük problem yarattığı bilinmektedir. Bugün dünya seramik kaplama sektöründe yapılan üretimlerde, pişmiş atıkların geri

dönüşümü yüksek oranlarda gerçekleştirilebilmektedir [6]. Özellikle Avrupa Birliği'nde, hükümetler ve tüketiciler çevreye karşı daha duyarlı hale gelmekte ve seramik ürünlerinin üretimi, geri dönüşümü ve kullanımı konusunu daha çevreci bir yaklaşımla ele alınmaktadır [16].

Dünya çapında bazı ülkelerin ve firmalarının sürdürülebilirlik yaklaşımlarını yakından inceleyecek olursak pek çok çalışmaya rastlamamız mümkündür. Örneğin, Hollanda hükümeti sürdürülebilir ürün kriterlerini ortaya koymakta ve yalnızca sürdürülebilir kaynaklardan ürün almayı planlamaktadır [16]. Fire Clay Tile firması sürdürülebilir üretim uygulamaları kullanarak geri dönüşümlü malzemeler ile üretim yapan Amerika'nın önde gelen seramik karo şirketlerinden biridir. 1986 yılında kurulan, karo üretimi alanında 50 yılı aşkın deneyime sahip firma, sürdürülebilir üretim süreçleri ve pişmiş atık geri dönüşüm yöntemlerine odaklanarak kurucusu tarafından kendini sürdürülebilir üretim yolları bulmaya odaklanmıştır. Yerel atık sahasından satın aldığı atık malzemeleri kullanan firma, Zanker ve Recology adlı atık değerlendirme şirketiyle anlaşarak 8 ayda 150 tondan fazla atık porseleni öğüterek tekrar üretimde kullanmayı başarmıştır. Firmanın %25 sanayi sonrası geri dönüştürülmüş içerik ile başlayan Debris serisi bugün % 60 tüketici sonrası geri dönüştürülmüş içerikli malzemelerle üretilmektedir. Firma üretimlerinde doğal kurşunsuz sır kullanmaktadır ve karbon ayak izi sertifikasına sahiptir [17]. Geri dönüşüm içerikli üretimler gerçekleştiren bir diğer Amerikan firması ise seramik firmasıdır. 1986 yılında kurulmuş, porselen ve seramik kaplama üreten firma yeşil üretim sertifikasına sahiptir. Crossville seramik sistemlerinde özel bir değişik yapılarak karo üretiminde atık porseleni geri dönüştürmekte pişmiş atık geri dönüşümlü üretimler yapmaktadır. Metal görümlü duvar karosu % 50 tüketici sonrası geri dönüştürülmüş içeriğe sahiptir [18]. Bu konuda yapılan bir diğer çalışma ise, İspanyol Seramik Kaplama Malzemeleri Sanayicileri Derneği (Ascer), Seramik Firması Keramos, mühendislik firmaları ve üniversiteler işbirliği ile 2012 yılında başlatılan sıfır atık projesidir. Projede amaç; yüksek oranda atıklardan yararlanılarak sıfır atık mantığı ile dış mekan kullanımına uygun yeni tip seramik üretmektir. Araştırmacılar her türlü seramik atık bünyesinde uygulanabilecek seramik kalıntılardan ve % 20 geri dönüştürülmüş cam kullanılarak

oluşturulacak sır kompozisyonları tasarlamayı hedeflemektedir [19].

Ülkemiz seramik sektöründe faaliyet gösteren firmaların üretimi sonucunda yaklaşık %8 oranında atık oluşmaktadır. Bu oran birinci kalite üretim yapan fabrikalarda ise ortalama %13'ün üzerine çıkmaktadır [4]. Firmalar pişmiş atık geri dönüşüm işlemini kırma maliyetlerinden dolayı uygulamamakta, kırma işlemine verilecek maliyetler yerine yeni hammadde kullanmak firmalarca daha karlı gözükmektedir. Ayrıca firmalar, tarafından temiz hammadde kullanımına dayalı üretim sistemlerine, pişmiş atık geri dönüşümünü dahil etmeleri halinde sistemlerinde değişiklik yapmaları gerekmektedir. Bu değişikliğin firmalara ilave bir maliyet getirmesi ise, pişmiş atık geri dönüşüm olayına daha önyargılı bakmalarına neden olmaktadır [4].

Türk Seramik Kaplama Sektöründe Söğütsen Seramik firması üretimlerine yüksek oranda pişmiş atık geri dönüşümü dahil etmekte ve Ege Seramik firmasının da bu konuda çalışmaları bulunduğu bilinmektedir. Firmaların üretim bilgilerinin saklı tutulması nedeniyle tam miktar ve oran bilgisi verilememektedir [6]. Eczacıbaşı seramik firması 'Eczacıbaşı Yapı Grubu Bozüyük Kampüsünden Çıkan Atıkların Geri Dönüşümü' başlıklı proje çalışması ile pişmiş atıkların geri dönüşümü ile seramik kaplamalar üretilmiştir. Proje gerçekleştirildikten sonra, daha az doğal kaynak kullanımı dolayısıyla ile reçete maliyetleri azalmıştır. Bozüyük kampüsünde bulunan atıkların kullanımı sonucu kampüse taşınan hammadde miktarı azalmış ve bunun sonucu olarak taşımacılık sebebi ile ortaya çıkan emisyon azalmıştır [20].

Türk seramik kaplama sektöründen oluşan atıklar ülkemizde geri dönüşüm amaçlı az firmada kullanılmakta olup, çoğu firmada ise yol yapım çalışmalarında agrega dolgu malzemesi olarak kullanıldığı ifade edilmektedir [4]. Ülkemizde seramik firmaları ile yapılan görüşmelerde firmalar tarafından pişmiş atık geri dönüşümünün kırma maliyetlerinden dolayı fazla tercih edilmediği, kırma işlemi maliyetleri yerine yeni hammadde kullanmayı tercih ettikleri gözlemlenmiştir. Pişmiş atık malzemesi firmaların kendi kimyasal reçetelerinin analizine sahiptir. Dolayısıyla hammadde maliyetleri, atıkların depolanma ve yok etme işlem maliyetleri hesaplandığında firmaların kendi kırma işlemi hariç sıfır maliyetli kendi pişmiş atıklarını kullanmalarının daha karlı olabileceği

düşünülmektedir [4]. Dünyada sıklıkla karşımıza çıkan geri dönüşüm uygulamalarının ülkemizde daha az rastlanır olması sebebi ile Türk seramik kaplama sektöründe Bien seramik firması ile yapılan işbirliği neticesinde firmanın kendi pişmiş atıklarının kullanılacağı bir geri dönüşüm uygulaması gerçekleştirilmiştir [6].

#### IV. SONUÇLAR

Temiz üretim uygulamalarından atık yönetim sistemlerinin uygulamaları seramik kaplama sektörü için büyük öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı seramik kaplama sektöründe uygulanan sürdürülebilir atık yönetiminde kullanılan 3R Katı Atık Hiyerarşisi ile ilgili uygulama koşullarının ve sektördeki örneklerinin sunulmasıdır.

Yapılan araştırma sonucu seramik sektörünün Dünya üzerinde hem büyük ölçekte hem de laboratuvar ölçeğinde atık yönetim sistemlerinden 3R Katı Atık Hiyerarşisi adına çalışmaların yoğun olduğu gözlenmiştir. Ancak ülkemizde seramik sektöründe atık dönüşümüne yönelik çalışmalar çok fazla bulunmamaktadır. Bu uygulamaların genişletilerek çoğaltılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. IPCC, *Climate Change 2022: Working Group II–Impacts, Adaptation, and Vulnerability, The Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T.I.P.o.C.C. (IPCC), Editor. 2022.
2. Finkbeiner, M. and P. König, *Carbon footprint and life cycle assessment of organizations*. Journal of Environmental Accounting Management, 2013. **1**(1): p. 55-63.
3. Raval, A., D.I. Patel, and D.J. Pitroda, *Ceramic Waste: Effective Replacement of Cement for Establishing Sustainable Concrete*. 2013. **4**: p. 2324-2329.
4. Poyraz, M. and Z. Yılmaz, *Seramik Karo Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm*. Anadolu Üniversitesi Sanat & Tasarım Dergisi, 2018. **8**: p. 256-270.
5. Andreola, F., et al., *Recycling of industrial wastes in ceramic manufacturing: State of art and glass case studies*. 2016. **42**(12): p. 13333-13338.
6. Poyraz, M., *SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM VE SERAMİK KAPLAMA SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK*, in *Güzel Sanatlar Fakültesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Seramik ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı*,. 2015, Mimar Sinan Üniversitesi: İstanbul.
7. Wichai-Utcha, N. and O. Chavalparit, *3Rs Policy and plastic waste management in Thailand*. Journal of Material Cycles Waste Management, 2019. **21**(1): p. 10-22.

8. Zanelli, C., et al., *Waste recycling in ceramic tiles: A technological outlook*. 2021. **168**: p. 105289.
9. Zimbili, O., et al., *A review on the usage of ceramic wastes in concrete production*. 2014. **8**(1): p. 91-95.
10. Maryam G. Elmahgarya, S.K.A., Mohamed A. Sadeka, Magdi F. Abadir *Waste Minimisation of Ceramic Wall Tiles*. Chemical Engineering Transactions, 2018. **70**: p. 421-426.
11. Soares Filho, J., et al., *Polishing performance of eco-friendly porcelain stoneware tiles reusing bricks and roof tiles wastes*. 2020. **256**: p. 120362.
12. Tarhan, B., M. Tarhan, and T. Aydin, *Reusing sanitaryware waste products in glazed porcelain tile production*. Ceramics International, 2017. **43**(3): p. 3107-3112.
13. El-Fadaly, E., I. Bakr, and M. Abo Breka, *Recycling of ceramic industry wastes in floor tiles recipes*. Journal of American Science, 2010. **6**(10): p. 241-247.
14. Meng, Y., T.-C. Ling, and K.H. Mo, *Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview*. Resources, Conservation, Recycling, 2018. **138**: p. 298-312.
15. Mangi, S.A., et al., *Recycling of ceramic tiles waste and marble waste in sustainable production of concrete: a review*. Environmental Science and Pollution Research, 2022: p. 1-22.
16. Ceramic Federation. *Ceramic Tile*. 2017 [cited 2022 01.12.2022]; Available from: [https://serfed.com/mailling%20mail\\_files/75556\\_ZB\\_O\\_Eskisehir\\_Sunumu\\_01\\_07\\_2010\\_text.pdf](https://serfed.com/mailling%20mail_files/75556_ZB_O_Eskisehir_Sunumu_01_07_2010_text.pdf).
17. FireClayTile. *Sustainable Production*. 2022 [cited 2022 20.12.2022]; Available from: <https://www.fireclaytile.com/>.
18. Crossville. *Resources and Sustainability*. 2023 [cited 2023 02.01.2023]; Available from: <https://www.crossvilleinc.com/>.
19. Cerurbis&LifeCeram. *Sustainability*. 2023 [cited 2022 20.12.2022]; Available from: <https://www.tileofspain.com/eco/default.aspx?lang=en>.
20. Karataş, E., *DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMIYLA KULLANIM ÖMRÜ DOLAN SERAMİK MEMBRANLARIN İÇ ORTAM HAVASINDAN CO<sub>2</sub> GİDERİMİ İÇİN YENİDEN KULLANIMI*, in *Tez (Yüksek Lisans), İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*. 2021: İstanbul.