

Kocaeli İzmit Körfez Dip Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği ve Üretilen Yapı Malzemelerinin Çevreye Katkısı

Usability of Kocaeli İzmit Gulf Seabed Sludge as a Construction Material and the Environmental Contribution of the Produced Materials

Prof. Dr. Salih Taner YILDIRIM

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
styildirim@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0021-0625

Öz

Kocaeli-İzmit Körfezi'nin uç kısmında başlanan ve ilerideki müsilaj oluşumlarını engellemeyi hedefleyerek, denizi temizleyen dip çamuru çıkarılması çalışmaları tüm hızı ile sürmektedir. Mevcut bölgeden çıkan çamur ağır metaller yönünden zararsızdır. Ancak çamurun atık sahalarında toplanması ve yeterince geri dönüştürülmemesi büyük bir sorundur. Bu amaçla yapılmış olan çalışmalarda tuğla, beton ve briket gibi üretilmiş olan yapı malzemeleri sunulmuş ve üretilen malzemelerin çevreye getirileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Körfez Dip Çamuru, Atık Sahaları, Geri Dönüşüm, Yapı Malzemeleri.

Abstract

The work to remove bottom sludge, which started at the far end of the Kocaeli-Izmit Gulf with the aim of preventing future mucilage formations and cleaning the sea, is continuing at full speed. The seabed sludge extracted from the current area is harmless in terms of heavy metals. However, the accumulation of the sludge in waste sites and its insufficient recycling is a significant problem. In the experimental studies conducted for this purpose, construction materials such as bricks, concrete, and cinder blocks have been produced, and the environmental impacts of these materials have been discussed.

Keywords: Gulf Seabed Sludge, Waste Sites, Recycling, Construction Materials.

1. Giriş

Dip çamuru, çeşitli şekillerde inşaat malzemelerinde kullanılabilir. Bir yaklaşım, kırmızı çamurun alkalinitliğini nötralize etmektir, bu da onun inşaat malzemesi olarak kullanılmasına olanak tanır (Kang vd., 2020). Kırmızı çamur aynı zamanda mikro çatlakları ve boşlukları minimize etmeye yardımcı olduğu için bir çimento ikamesi olarak da kullanılabilir (Venkatesh vd., 2019). Ayrıca, kırmızı çamur, malzemenin özelliklerini iyileştirebilecek bir inşaat malzemesi katkısı olarak kullanılabilir (Wang vd., 2018). Çamur, deniz kabukları ve uçucu kül gibi bağlayıcı maddelerle karıştırılarak çamur bazlı inşaat malzemeleri oluşturulabilir (Mendili vd., 2021). Çamur aynı zamanda geopolimer üretimi için ham madde olarak kullanılabilir, bu da çimento ikamesi veya ön ürün olarak kullanılabilir (Antoni vd., 2014). Dahası, çamur bazlı inorganik polimerik malzemelerin umut verici özelliklere sahip olduğu ve inşaat sektöründe yapay yapısal elemanlar olarak kullanılabilceği bulunmuştur (Dimas vd., 2009).

Çamurun özelliklerinin test edilmesi ve onaylanması, inşaat amaçları için uygunluğunu sağlamak için gerekli bileşenlerin eklenmesi gerektiğini unutmamak önemlidir (Mendili vd., 2021). Çamurun inşaat malzemelerinde kullanılması, boksit rafinasyon işlemi yan ürünü olan kırmızı çamurun stoklanması azaltmaya yardımcı olabilir (Liu & Wu, 2012). Ancak, kırmızı çamurun bir inşaat malzemesi katkısı olarak kullanılmasının radyolojik kısıtlamalarını göz önünde bulundurmak önemlidir, çünkü toprak kirleticileri ve radyoaktif elementler içerebilir (Gu vd., 2012).

Dip çamurunu tuğla, kiremit ve çatı kiremiti üretiminde kullanmak için birkaç yaklaşım düşünülebilir. Bir seçenek, boksit rafinaj işleminin bir yan ürünü olan kırmızı çamuru, tuğla üretiminde bir bileşen olarak kullanmaktır. Çalışmalar, kırmızı çamur, uçucu kül ve kireç kombinasyonunun pişmiş ve pişmemiş tuğlalar için ideal bir malzeme olabileceğini göstermiştir (Beulah vd., 2021).

Çatı kiremitleri üzerine araştırmalar; ısı iletim transferi, yüzey sıcaklığı ve soğutma yükü gibi çeşitli yönler üzerine odaklanmıştır. Bir çalışma, tropikal bir iklim altında konut binalarında çatı kiremit renginin ısı iletim transferi, çatı üstü yüzey sıcaklığı ve soğutma yükü üzerindeki etkisini incelemiştir (Farhan vd., 2021). Bu çalışmanın bulguları, binalarda daha iyi termal performansa ve enerji verimliliğine katkıda bulunabilen çamur tabanlı çatı kiremitleri de dahil olmak üzere malzeme seçimine rehberlik edebilir. Endüstriyel atık malzemelerin geri dönüşümü, çevre dostu çatı kiremitleri üretiminde tercih edilebilir. Örneğin, tipik olarak fırın sisteminden atılan bypass çimento fırın tozu, çatı kiremitlerinin hazırlanmasında kullanılmıştır (El-Naggar vd., 2023). Bu yaklaşım, sadece atığı azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir inşaat malzemelerinin gelişimine de katkıda bulunur.

Çamur tabanlı tuğla, kiremit ve çatı kiremitlerinin üretimi, optimizasyon ve çeşitli faktörlerin dikkate alınmasını gerektirir. Çalışmalarda üretim sürecinde optimum faktörleri ve seviyeleri belirlemek için optimizasyon teknikleri kullanılmıştır (Rosyidi vd., 2022). Cam tozu, odun külü eklenmesi ve çatı kiremitlerinin fırındaki yerleşimi gibi faktörler, istenen özelliklere ve performansa ulaşmak için optimize edilebilir.

Bu çalışmada Kocaeli Körfez Dip Çamuru'nun yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği ve bu malzemelerin üretime geçirilmesinin çevreye yapabileceği katkı araştırılmıştır. Bu amaçla laboratuvarında tuğla, beton ve briket yapımı araştırılmıştır. Ayrıca bu malzemelerin kullanım potansiyeline ve çevre etkilerine değinilmiştir.

2. İzmit Körfezi Dip Çamuru ve Analizi

İzmit Körfezi uç kısmından 15 m derinliğe kadar müsilaja da neden olduğu düşünülen çamurun çıkarılması çalışmalarını yaklaşık 1 yıldır devam ettirmektedir. Şekil 1’de çamurun çıkarıldığı alan görülmektedir.

Yapılan saha çalışmasında çıkan çamurun genellikle aynı tipte olduğu ve süreklilik arz ettiği görülmüştür. Atık depolama alanına alındıktan sonra açık havada suyunun bir

kismini kaybetmesi beklenmektedir. Alanda milyonlarca ton atık kil malzeme mevcuttur ve 3 milyon tonun üzerinde olduğu düşünülen malzemeler için yeni depolama sahaları oluşturulmaktadır.

İZAYDAŞ tarafından verilen ağır metal analiz tablosuna ulaşılmış olup, Tablo 1’de sunulmuştur. Tabloya göre ağır metalerin tehlikeli seviyeleri çok altında yer aldığı ve çamurun çıkarıldığı alandaki malzemenin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Çamurun Çıkarıldığı Alan (Özdemir v.d., 2021).

Tablo I: İZAYDAŞ Tarafından İletilen Zararlı Bileşen Analizi (İZAYDAŞ, 2022).

Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer	6 ≤ pH ≤ 7	pH ≥ 7
				mg. kg ⁻¹	mg. kg ⁻¹
				Fırın Kuru Toprak	Fırın Kuru Toprak
Pb (Kurşun)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,50	70	100
Cd (Kadmium)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,1793	1	1,5
Cr (Krom)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	13,34	60	100
Cu (Bakır)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,03	50	100
Ni (Nikel)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	6,777	50	70
Zn (Çinko)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	28,08	150	200
Hg (Civa)	EPA METHOD 6020 B	mg/kg	0,07555	0,5	1

EK 1-B TOPRAKTA KULLANILABİLECEK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDA MÜSAADE EDİLECEK MAKSİMUM AĞIR METAL MUHTEVALARI

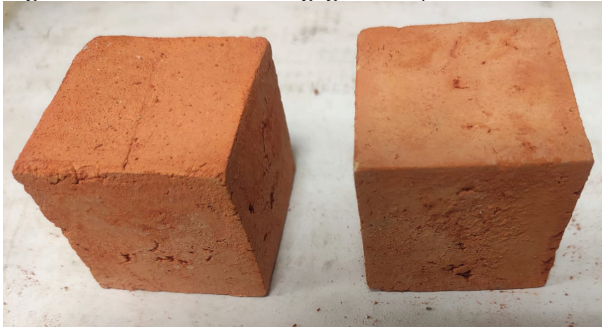
Parametre	Deney Metodu	Birimi	Ölçülen Değer	6 ≤ pH ≤ 7	pH ≥ 7
				mg. kg ⁻¹	mg. kg ⁻¹
				Fırın Kuru Toprak	Fırın Kuru Toprak
Pb (Kurşun)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	12,45	70	100
Cd (Kadmium)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,1775	1	1,5
Cr (Krom)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	14,26	60	100
Cu (Bakır)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	13,29	50	100
Ni (Nikel)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	7,23	50	70
Zn (Çinko)	TS EN ISO 17294-2	mg/kg	30,63	150	200
Hg (Civa)	EPA METHOD 6020 B	mg/kg	0,074	0,5	1

3. Körfez Çamurunun Kullanılabileceği Potansiyel İnşaat Malzemeleri ve Alanları

Yapılan Laboratuvar çalışmaları; İzmit Körfezi'nden çıkan çamurun yaklaşık %40 oranında tuzlu su içerdiği ve kuru malzemenin büyük oranda kil olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda aşağıdaki malzeme tiplerinin üretilmesinin mümkün olacağı sonucuna varılmıştır.

3.1. Tuğla

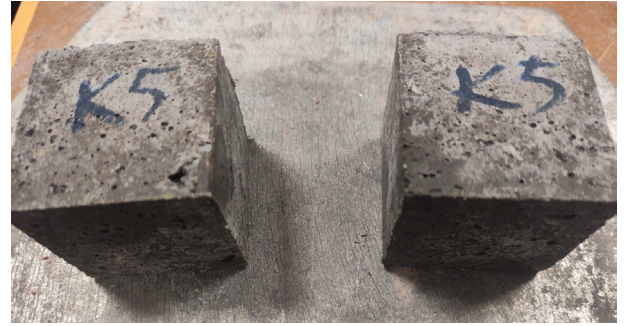
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalar sonucunda Şekil 2'de görülen tuğla malzemesi üretilmiştir. Ürünün doğru prosesler sonucu üretilmesi mümkündür. Elde edilen malzeme birim ağırlığı 1 g/cm³ civarı olup, 10-20 aralığında MPa basınç dayanımları elde edilebilmektedir. Hatta yalıtımlı tuğlaların da elde edilebileceği görülmüştür.



Şekil 2. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Tuğlalar.

3.2. Beton

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalar sonucunda ürünün katkı olarak betonda kullanılabilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 3). Yapılan testlerde dayanım kaybı olmadan beton içinde geri dönüştürülmüş ve 7 günlük basınç mukavemetleri 55 MPa'ı bulan malzemeler üretilmiştir.



Şekil 3. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Betonlar.

3.3. Briket

Elde edilen laboratuvar bulgularına göre; çimentolu briket üretimi yapmak hatta yalıtımlı olarak üretmek mümkündür. Hatta yapılacak malzemeleri farklı malzeme, tip ve şekillerde üretmek mümkün olacaktır (Şekil 4). Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda üretilen çimentolu briket numunelerinde 10 MPa gibi yüksek mukavemetler elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda Üretilen Çimento Bağlayıcılı Briket Malzemeler.

Üretilen malzemelerin yüksek kullanım potansiyeli bulunan ve en sık kullanılan yapı malzemeleri olduğu görülmektedir. Çevresel bir atığın böylesine dönüştürülme imkanlarına sahip olması önemli hem atık kullanarak çevrenin korunması, hem de hammadde kaynaklarının korunması açısından büyük önemi vardır. Yeni atık sahalarının açılması da çevreye zarar vermekte ve verimli alanları tüketmektedir. O yüzden ürünlerin üretim girişimlerine hızlı bir şekilde başlamak çok önemlidir.

4. Sonuç

Öncelikle İZAYDAŞ tarafından yapılan Körfez çamuru analizleri incelenmiş ve herhangi bir zararlı ölçüde kimyasala rastlanmamıştır. Ancak bu testlerin belirli aralıklarla tekrarlanması önemlidir. Özellikle farklı bölgelerden alınan numunelerin ayrı ayrı analizi önem taşımaktadır.

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalarda uygun proseslerle birçok malzeme ve yapı malzemesinin tipinin üretilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Proseslerin uygun hale getirilmesi ARGE ile kolayca mümkün olabilir. Laboratuvarda yapılan 15-20 günlük çalışma ile birçok yapı malzemesi prototipi üretilebilmiştir. ARGE çalışmaları malzemelerin üretime daha

uygun özelliklerde geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi için önem arz etmektedir. Önce önerilecek hızlı yöntemler ile malzemeler hızla hayata geçirilebilir, daha sonra büyük tesislere dönüştürülebilir.

Çalışmaya tuğla, kiremit ve beton gibi malzemelerden başlanmalıdır. Özellikle tuğla ve beton sektörünün hammadde ihtiyacı bu atığın hızla eritilebilmesini ve yeni hammadde ihtiyaçlarının İzmit Körfezi'nin hem daha derinlemesine, hem de diğer kısımlarının da temizlenmesini gündeme getirebileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Antoni, A., Wiyono, D., Vianthi, A., Putra, P., Kartadinata, G., & Hardjito, D. (2014). Effect of Particle Size on Properties of Sidoarjo Mud-Based Geopolymer. *Materials Science Forum*, 803, 44-48. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.803.44>
- Beulah, M., Sudhir, M., Mohan, M., Gayathri, G., & Jain, D. (2021). Mine Waste-Based Next Generation Bricks: A Case Study of Iron Ore Tailings, Red Mud and Ggbs Utilization in Bricks. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/9499613>
- Dimas, D., Giannopoulou, I., & Panias, D. (2009). Utilization of Alumina Red Mud for Synthesis of Inorganic Polymeric Materials. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 30(3), 211-239. <https://doi.org/10.1080/08827500802498199>
- El-Naggar, K., Ahmed, M., Abbas, W., & Hamid, E. (2023). Recycling of Bypass Cement Kiln Dust In The Production Of Eco-Friendly Roof Tiles. *Materials Research Express*, 10(6), 065505. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/acddb9>
- Farhan, S., Ismail, F., Kiwan, O., Shafiq, N., Zain-Ahmed, A., Husna, N., ... & Hamid, A. (2021). Effect of Roof Tile Colour on Heat Conduction Transfer, Roof-Top Surface Temperature and Cooling Load In Modern Residential Buildings under the Tropical Climate of Malaysia. *Sustainability*, 13(9), 4665. <https://doi.org/10.3390/su13094665>
- Gu, H., Wang, N., & Liu, S. (2012). Radiological Restrictions of Using Red Mud as Building Material Additive. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*, 30(9), 961-965. <https://doi.org/10.1177/0734242x12451308>
- İZAYDAŞ Laboratuvar Şefliği, Dip Çamuru Analiz Raporu, AB-0478-T, Lab.22.04.0006/7214, 14.04.2022. İzmit, Kocaeli.
- Kang, S., Hye-Ju, K., & Lee, B. (2020). Effects of Adding Neutralized Red Mud on the Hydration Properties of Cement Paste. *Materials*, 13(18), 4107. <https://doi.org/10.3390/ma13184107>
- Liu, D. and Wu, C. (2012). Stockpiling and Comprehensive Utilization of Red Mud Research Progress. *Materials*, 5(7), 1232-1246. <https://doi.org/10.3390/ma5071232>
- Mendili, Y., Bouasria, M., Benzaama, M., Khadraoui, F., Guern, M., Chateigner, D., ... & Bardeau, J. (2021). Mud-Based Construction Material: Promising Properties of French Gravel Wash Mud Mixed With Byproducts, Seashells and Fly Ash as a Binder. *Materials*, 14(20), 6216. <https://doi.org/10.3390/ma14206216>
- Özdemir, K., Özcan H.K., Aksu, U., Aydın, S., Gönülal, O., İzmit Körfezi Basen Raporu, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Rektörlüğü, Proje ve Teknoloji Ofisi (PROTEK), 179 s., Aralık 2021, İstanbul.
- Rosyidi, C., Budiaji, A., & Pujiyanto, E. (2022). Multiresponse Optimization on the Process of Roof Tiles Manufacture using the Taguchi and Pcr-Topsis Method. *Jurnal Teknologi*, 84(6), 11-18. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18235>
- Venkatesh, C., Chand, M., & Nerella, R. (2019). A State of the Art on Red Mud as a Substitutional Cementitious Material. *Annales De Chimie Science Des Matériaux*, 43(2), 99-103. <https://doi.org/10.18280/acsm.430206>
- Wang, X., Zhang, Y., Liu, J., Hu, P., Meng, K., Lv, F., ... & Chu, P. (2018). Dealkalization of Red Mud by Carbide Slag and Flue Gas. *Clean - Soil Air Water*, 46(3). <https://doi.org/10.1002/clen.201700634>