

YETERİNCE FARKINDA OLMADIĞIMIZ ATIL KAYNAĞIMIZ: DOĞALTAŞ OCAK VE FABRİKA ATIKLARI

Bahri ERSOY^{1}, Z.Ebru SAYIN¹, Zeyni ARSOY¹ ve Ümit SAYIN²*

¹: Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Afyonkarahisar.

²:Gençler Mermer San. ve Tic. Ltd. Şti., İsehisar/Afyonkarahisar

*Yazışmacı Yazar: E-posta: bersoy@aku.edu.tr; (Tel) 0272 2281423(Dahili: 61302)

1. GİRİŞ

Hem ülkemizde hem de dünyada yapı ve inşaat sektöründe, dekorasyon ve kaplama malzemesi olarak doğaltaş kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Buna paralel olarak da ülkemizdeki doğaltaş üretimi ve bu üretim sırasında ortaya çıkan doğaltaş atık miktarı da her geçen yıl artmaktadır. Örneğin Afyonkarahisar bölgesini ele alacak olursak, burası Türkiye'nin en önemli mermer endüstri merkezlerinden biridir. Yaklaşık 500 mermer işleme tesisi ve 60-70 faal mermer ocağı bulunmaktadır. Afyonkarahisar bölgesindeki tüm bu üretim faaliyetlerinin bir sonucu olarak, doğaltaş ocaklarından yılda yaklaşık 8 milyon 640 bin ton pasa ve fabrikalarından ise yılda yaklaşık 1 milyon ton parça paledyen atık ve 3 milyon ton çamur atık ortaya çıkmaktadır. Bir yılda ortaya çıkan toplam doğaltaş atık miktarı ise yaklaşık 12 milyon 640 bin ton'dur. Bu rakamlar tecrübe ve gözlemlere dayalı tahmini rakamlardır. Ortaya çıkan iri (parça, paledyen) ve toz halindeki bu doğaltaş atıklarının yeniden kullanılabilir hale getirilmesi ekonomik açıdan önemli bir kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır.

Mermer işletmeciliğinde atıklar genel olarak ocaklarda oluşan atıklar ve fabrikalarda kesimler sırasında oluşan atıklar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ocaklarda blok ve moloz üretimi sırasında verime bağlı olarak pasa dediğimiz iri boyutlu atıklar oluşmaktadır. Buradaki "moloz" atık bir ürün olmayıp, blok üretimi sırasında oluşan, ekonomik değeri olan, bir veya iki yüzeyi sayılanmış şekilsiz blok parçasını ifade etmektedir (Şekil 1). Sahanın jeolojik yapısına bağlı olarak ocaklardaki blok (ve moloz) verimi %10-%40 aralığında değişmekte ve geriye kalan %60-%90'luk kısım ise pasayı oluşturmaktadır. Fabrikalarda ise doğaltaş kesme ve işleme sırasında iki çeşit atık oluşmaktadır. Bunlardan birincisi ebatlamalar sırasında oluşan ve nispeten iri boyutlu olan paledyenler ve ikincisi ise kesme ve parlatma sırasında oluşan toz (< 1-2 mm) boyutlu atıklardır. Kesim işlemi sırasında kullanılan su nedeniyle toz boyutlu bu atıklar ya çamur veya filtre presden çıkan kek halinde açık arazide depolanmaktadır.

Doğaltaş atıkları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (o zamanki adıyla Çevre ve Orman Bakanlığı)'nce hazırlanıp 27 Ağustos 2010 tarih ve 14936 sayılı yazısı ile açıklanan *İnert Maden Atıklarının Alan Islahı, Restorasyon, Dolgu Maksadıyla Kullanımı veya Depolanmasına İlişkin Genelgesine* göre inert atıklar grubundadır. Yine aynı bakanlığın 12 Mayıs 2010 Tarihli Resmi Gazetede yayımlanan "Tehlikesiz Ve İnert Atıkların Geri Kazanımı Tebliği"ne göre inert atıklar "Fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak önemli derecede herhangi bir değişime uğramayan, çözünmeyen, yanmayan, fiziksel veya kimyasal olarak reaksiyona girmeyen, biyolojik bozulmaya uğramayan veya temas ettiği maddeleri çevreye veya insan hayatına zarar verecek şekilde etkilemeyen ve toplam sızıntı kabiliyeti ve ekotoksitesitesi önemsiz miktarda olan, özellikle yüzey ve yeraltı suyu kirliliği tehlikesi oluşturmayan atıklar" şeklinde tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada doğaltaş atıklarının yeniden değerlendirilmesine ilişkin literatürde yapılan çalışmalar ve pratik uygulamalar göz önüne alınarak genel bir derleme ve durum değerlendirmesi yapılmıştır.

2. MERMER ATIKLARININ OLUŞUMU

2.1. Ocak Üretimi Sırasında Oluşan Atıklar (Pasa)

Mermer işletmeciliği sırasında izlenen yöntem ne olursa olsun, diğer madencilik faaliyetlerinde olduğu gibi, faaliyetin doğasından kaynaklanan çevre üzerindeki bazı olumsuz etkileri kaçınılmazdır. Doğaltaş ocak işletmeciliğinde, madene ulaşabilmek için üzerindeki toprağın alınması ve üretimin başlaması ile bloklar ve molozlar (**Şekil 1**) alınmakta ve fabrikaya taşınmaktadır. Bunun yanında ortaya çıkan pasa üretim esnasında oluşan ilk atıktır (**Şekil 2**). Bu atık oranı blok verimine bağlı olarak yaklaşık %85-90'ı bulmaktadır. Pasa, blokların kesimi esnasındaki hatalardan, blok içinde yer alan kırık/çatlaklardan, boşluklardan, kristal yapısından, içerisindeki safsızlıklardan ve damarlardan dolayı kullanılmayan bloklardan oluşmaktadır. Ocak işletme yönü ve yanlış üretim yöntemi de pasa oluşumunu artırmaktadır.



Şekil 1. Ocakta üretilen bloklar ve molozlar



Şekil 2. Ocakta oluşan pasa.

2.2. Fabrikada Üretim Sırasında Oluşan Atıklar (Paledyen ve Toz)

Mermer fabrikalarında blok veya molozların işlenerek, fayans, plaka ve levha üretimi sırasında iki tür atık oluşmaktadır. İlki, paledyen olarak adlandırılan iri boyutlu (+2 mm) parça atık, ikincisi ise çoğunluğu 150 mikronun altında olan ve maksimum boyutu 2 mm'ye kadar ulaşabilen ve genellikle yaş kesim sırasında oluşan toz atıklardır.

Parça (Paledyen) atıkların oluşumu

Ocakta fabrikaya getirilen blok ve molozlar katrak veya ST'de kesilerek levha ve plaka üretilmekte ve sonra ebatlama makinelerinde (baş kesme ve yan kesme) kesilerek fayans üretilmektedir. Bu kesme işlemleri sırasında atık olarak, düzgün geometrik şekilli, küçük parçalar ortaya çıkmaktadır. Bunlar kesilen malzemenin kalınlığına göre değişen kalınlıklarda ve genellikle 30 cm'den küçük parçalar olup "paledyen" olarak adlandırılmaktadır (Kun, 2000) (Şekil 3). Paledyenler çoğu fabrikalarda değerlendirilmeden atık stok sahasına atılırken bazı fabrikalarda değerlendirilmek üzere düzgünce istiflenir. Paledyenlerin ve kapak taşlarının (katrakta veya ST'de kesim yapıldıktan sonra, kesim atığı kalan ve kesilemeyen kısımlar) dışında işletmenin her aşamasında kırılan, parçalanmış ve dağılan mermerler de parça atıkları oluşturur. Parça atıklar işletmeden, atık stok sahasına çeşitli taşıyıcılarla taşınarak biriktirilir.



Şekil 3. Mermer fabrikası paledyen atıkları ve araziye depolanması.

Toz atıkların oluşumu

Yukarıda da bahsedildiği üzere ocaktan fabrikaya getirilen blok halindeki doğaltaşlar fabrikada özellikle ST, katrak, baş kesme ve yan kesme makinelerinde işlem görürken kaçınılmaz olarak toz atık ortaya çıkmaktadır (Şekil 4). Bu tanelerin boyutları ve miktarı kesilen mermerin mineralojik yapısına, makinenin kesici uç kalınlığına ve kesme şekline bağlı olarak değişmekte olup genellikle 2 mm'nin çok altındadır. Yapılan araştırmalar katrakta ve ST'de 2 cm kalınlığında kesim yapıldığında 1 m³ bloğun yaklaşık %25'inin toz atık olarak ayrıldığını ortaya koymuştur. Kesilen levha veya plaka kalınlığı 1 cm'ye indiğinde bu miktar artmakta ve 3 cm'ye çıktığında ise azalmaktadır (Büyüksağış, 2009; Kun, 2000). Kesme ve ebatlama makineleri dışında mermer fabrikalarında kalibrasyon, silme ve parlatma makinelerinde de aşındırma sırasında toz artık ortaya çıkmaktadır. Bu makinelere getirilen levha plaka ve fayansların her konuda aynı kalınlığa indirgenmesi ve yüzeylerindeki pürüzlerin yok edilmesi sırasında, mermerin yüzeyi 1-2 mm aşındırılarak levha, plaka veya fayansın yaklaşık %5 kadarı toz haline gelmektedir. Bu işlem sırasında oluşan toz artıkların boyutları ise 500 mikronun altındadır. Sonuç olarak mermer işleme tesislerinde, blok veya moloz şeklinde giren hammaddenin yaklaşık %30'u toz atık olarak ortaya çıkmakta ve bu atık suyla uzaklaştırılmaktadır (Kun, 2000; Büyüksağış, 2009). Girişte de vurgulandığı üzere, diğer parça atıklarda olduğu gibi bu tür toz atıklar da inert atıklar olarak sınıflandırılmakta ve

canlı ve bitkiler üzerine ciddi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Çizelge 1’de örnek olarak mermer toz atık numunesine ait kimyasal analiz değerleri verilmiştir (Ersoy, 2005). Bu toz atığın, 23 ml/100g yağ emme, %93,86 beyazlık, %80,60 parlaklık, 2,5-2,7 g/cm³ yoğunluk değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Sayın ve Aksoy 2012).

Çizelge 1. Mermer toz atığının kimyasal analiz sonuçları.

Oksit	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	AZ
% İçerik	54.25	0.22	0.20	0.70	1.15	0.03	0.20	43.20



Şekil 4. Mermer toz atığı

2.3. Örnek Bir Doğaltaş Ocak/Fabrika Atık Hesaplama İşlemi

Aşağıda bir firmanın yıllık ocak üretim (kazı) kapasitesine ve blok verimine bağlı olarak ocakta ortaya çıkan pasa (atık) miktarı görülmektedir.

Yıllık yerinde kazı miktarı	: 100.000 m ³
Blok verimi	: % 15
Blok+Moloz miktarı	: 15.000 m ³ (fabrikada işlenecek miktar)
Pasa (Atık) Miktarı	: 85.000 m³ (≈ 230.000 ton)

Şimdi bu ocakta yapılan yerinde kazı miktarına göre çıkan mermeri fabrikada işleyerek atık miktarlarına bakalım. Fabrikalarda iki kesim şekli vardır. Bunlardan birincisi ST kesimleri ikincisi ise katrik kesimleridir. ST kesimlerinde düşey bıçak 1 cm, yatay bıçak ise 0,5 cm kesimde toz olarak atılır. Katriklarda ise bu fire 0,5 cm soket payı olarak gerçekleşir. ST kesimlerinde 1 m³ mermer 20 m² nihai ürüne dönüşerek kasalanırken, katrik kesimlerinde 2 cm’lik (veya 2’lik) kesimde (yani 2 cm levha/plaka kalınlığında) 36 m² ve 3 cm’lik (3’lük) kesimde 26 m² plaka elde edilir. Şayet plakaların da ebatlanması gerekirse ki ebatlanır, katrik kesimlerinde 1 m³ bloktan 2 cm’lik ve 3 cm’lik ortalama olacak şekilde 28 m² levha/plaka elde edilmektedir. Bu yüzden katrik kesimleri tercih edilmekte ve maliyeti daha düşük olmaktadır.

Fabrikalarda oluşan atıkları değerlendirirsek;

Kesilen 1 m³ blok: %50 ST kesimi + %50 katrik kesim alınacak olursa
Oluşan atık miktarı: 10 m² (ST kesiminden gelen) + 14 m² (katrik kesiminden gelen) = 24 m²
2 cm kalınlığında ürün alınır. Böylece fabrika kesiminde nihai ürün verimi %48 olarak bulunmuş olur. Ortaya çıkan atık miktarı ise %52 olur.

Fabrikada oluşan atık ise : 15.000 x 0,52 = 7.800 m³ olur.

Toplam atık miktarı (ocak + fabrika) : 85.000 + 7.800 = 92.800 m³ (bunun ton karşılığı ise yaklaşık 250.560 ton).

Özetlenecek olunursa 100.000 m³ kazı yapılan mermer işletmesinde ebatlanmış ürün olarak verim % 7,2 olarak gerçekleşmiştir. Görüldüğü üzere ciddi miktarda atık oluşmaktadır. Aynı hesaplama %40 blok verimine göre de yapılabilir. Ancak ocaklarda verimler genellikle %15 - %20 aralıklarında seyretmektedir.

Afyonkarahisar ilindeki mermer fabrikalarında oluşan atık miktarı :

Afyonkarahisar İli İscehisar ilçesinde faaliyet gösteren bir fabrikada oluşan güncel atık miktarlarının değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

Yıllık toplam üretim miktarı : 35.000 m³/yıl

Günlük oluşan atık miktarı : 150 ton/gün (çamur pres keki) 50 ton/gün (paledyen atık)

Yıllık çalışma süresi : 300 gün

Günlük üretim : 35.000/300 = 116,66m³x2,75ton/m³=320,83 ton

Günlük atık verim : 200/320,83 = %62 (yani malzemenin %62'si atık olarak atılmaktadır).

Bu %62'lik kısım ise %25 katı paledyen atık ve %75 çamur halindeki toz atık olarak dağılmaktadır.

Günlük filtre pres atığı : 150 ton/gün

Günlük paledyen katı atık : 50 ton/gün

Yukarıda da hesaplandığı şekilde bu değer taşın yapısı ve süreksizliklere bağlı olarak %52 ile %62 arasında değişmektedir.

Afyonkarahisar'da yaklaşık 500 fabrika olduğunu, bunlardan 480 tanesinin küçük ölçekli ve 20 tanesinin de orta ve büyük ölçekli olduğunu kabul edelim. Buna göre;

480 fabrika x 300gün x 20 ton/gün = 2.880.000 ton atık oluşur (paledyen ve toz/çamur toplamı).

20 fabrika x 300gün x 200 ton/gün = 1.200.000 ton atık oluşur (paledyen ve toz/çamur toplamı).

Dolayısıyla bir yılda ortaya çıkan toplam fabrika atığının (yıllık 300 günlük çalışma sonrasında) ≈ 4 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir.

3. MERMER ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Parça Atıkların Değerlendirilmesi

Mermerlerin gerek üretim ve gerekse işlenme sürecinde açığa çıkan iri boyutlu atıkları, belirli bir boyuta kırıldıktan veya bazı işlemlerden geçirdikten sonra farklı kullanım alanı bulabilmektedir. Bunlar genel olarak beton agregası, yol zemini, baraj ve inşaatlarda dolgu malzemesi, demiryollarında, mineral sıva ve suni mermer plağı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, özellikle mermer işleme tesislerinde ortaya çıkan parça atıklar da inşaatlarda paledyen döşeme olarak veya estetik malzemelerin yapımında kullanılmaktadır.

Mineral sıva yapımında: İnşaatlarda iç ve dış cephelerin kaplamasında kullanılmak üzere, çeşitli kayalar 1 - 4 mm boyutlarına kırıldıktan sonra pigment dolgu maddesi, çeşitli kimyasallar ve reçine ile karıştırılarak mineral sıva yapımında kullanılabilir.

Paledyen yer döşemesinde: Geometrik şekilli paledyen parça atıklar yer döşemesi olarak değerlendirilebilmektedir. Bunun için dikkat edilecek en önemli husus, eş kalınlıktaki parçaların kullanılmasıdır. Bu sebeple firmalar paledyen atıklarını depolarken eş kalınlıkta

olanlarını birlikte tutmalıdırlar. Değişik renk ve desendeki parçalar yan yana getirilerek pano döşemeler yapılabilmekte ve yapıların giriş kesimleri ile önlerinde kullanılabilir.

Mozaik döşeme: Çeşitli renk, desen ve boyutlardaki atık parçalar küp veya prizma şekilli, çeşitli boyutlarda kesilip, bir motif eşliğinde hazırlanarak, istenilen mekana uygulanır ve ortamın daha estetik bir görüntü kazanması sağlanabilir (**Şekil 5**).



Şekil 5. Doğaltaş parça atıklardan elde edilen mozaik pano.

Eskitilmiş parça döşeme: Son yıllarda antik eserlere olan yoğun ilgi nedeniyle, antik bir görünüm elde edebilmek için 2 veya 3 cm kalınlığındaki renkli mermer parçaları küçük boyutlu kare veya dikdörtgen şeklinde kesilerek; metal kazanlarda kalburlama işlemine tabi tutulurlar. Böylece kayaçların hem kenar keskinlikleri giderilir hem de bunlara antik bir görünüm kazandırılmış olur. Değişik renklerden oluşan bu malzemeler, cilalı veya mat olarak çeşitli motiflerle değerlendirilir (**Şekil 6**).



Şekil 6. Doğaltaş parça atıklardan eskitme yöntemiyle elde edilen mozaikler.

Asfalt ve Yol Yapımı: Değişik şekil ve boyuttaki atık mermer parçaları uygun agrega boyutuna getirilerek asfalt betonu içerisinde kullanılmış atık mermerlerin asfalt yaşlanmasını büyük ölçüde geciktirdiğini göstermiştir. Eklenen mermer tozu asfalt çimentosunun viskozitesinin artmasını sağlayarak teker izi deformasyonlarının azalmasını sağladığı tesbit edilmiştir. (Little ve Epps, 2001; Er vd., 2009). Akbulut ve Gürer (2007) Mermer pasalarını asfalt yapımında agrega olarak kullanmışlar sonuçlar agreganın fiziksel özelliklerinin istenen limitler içinde olduğunu ve potansiyel olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Parça atıkların yol temel tabakasında ve toz atıkların ise zemin toprağı içerisinde karıştırılarak stabilizasyonda kullanılabilirliği test edilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır (Yıldız, 2008).

Suni Mermer Üretimi: Yüçetürk ve Bilgin (2009), mermer pasalarının yapay mermer üretimindeki kullanımına yönelik yapmış oldukları çalışmada, oluşturdukları yapay mermerin fiziko-mekanik özelliklerinin doğal mermerlerden daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Bir başka çalışmada, traverten atıklarının volkanik tüf katkısıyla beyaz çimento ile karıştırılarak suni mermer üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış ve sonuç olarak volkanik tüf katkısının olumsuz ancak traverten atıklarının olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür (Yeşilkaya ve diğ., 2010)

3.2. Toz Atıkların Değerlendirilmesi

Mermer işleme tesislerinde kesim ve parlatma sırasında açığa çıkan mermer tozları özellikle kimyasal bileşimi, tane boyut dağılımı, beyazlık, yağ absorplama, renk karakteristiği vb. özellikleri uygun ise çeşitli sanayi dallarında katkı veya dolgu malzemesi olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Ancak kullanılan bu tozlar genellikle mermer fabrikalarından değil, bu amaç için açılmış olan taş ocaklarından çıkarılan parça numunelerin öğütülmesi ile elde edilmektedir. Mermer fabrikasındaki toz atıkların kullanılmasında, tane boyutu uygun olsa bile çoğu kez farklı mermer cinslerinin kesiminin yapılması nedeniyle uygun renk aralığının eldesi sorun olmaktadır. Mermer toz atıklarının kullanıldığı başlıca sanayi dalları:

Çimento sanayi: Çimento sanayinde katkılı portland çimentosu üretiminde katkı malzemesi olarak mermer atık tozlarının (veya parça mermer atıklarının öğütülerek toz haline getirilip) kullanımı mümkündür. Kavas vd. (2003) toz mermer atıklarını refrakter çimento üretiminde kalker kaynağı olarak kullanmış ve istenilen teknik özelliklerde çimento elde etmişlerdir.

Seramik sanayi: Seramik sektöründe kullanılan CaO, mermer atık tozlarının kalsinasyonu sonucu elde edilerek kullanılabilir. Bu şekilde elde edilen CaO ürünün plastikliğini ve dayanımını artırıcı özellik kazandırdığı ifade edilmektedir (Yıldız ve Eskikaya, 1995, Kavas ve Kibici, 2001).

Sır endüstrisi: Mermer artık tozları içerdikleri CaO ve SiO₂ oranlarına göre sır hammaddesi olarak kullanılabilir. Sırda mermer artık tozu, camlaştırıcı etki yapmaktadır.

Kağıt ve Boya Sanayi: Yapılan çalışmada, -100 µm (%90'ı 38 µm altı) tane boyutuna sahip mermer toz artıklarının endüstriyel hammadde olarak kağıt ve boya endüstrilerinde hammadde olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Uygun öğütme teknolojileri ile boyut küçültme işleminin ardından, kullanılabilirliği tespit edilmiştir (Sayın ve Aksoy, 2013). Bir başka çalışmada, iri kristalli beyaz mermerlerden elde edilen ince boyutlu malzemenin su bazlı boya üretiminde dolgu malzemesi olarak kullanımı gerçekleştirilmiştir. Kalsitin boyada kullanılan en pahalı hammaddelerin başında gelen TiO₂ ile ikame olanakları araştırılmış, sonuç olarak kalsit katkısı ile beraber standart boyaya göre TiO₂ kullanımı %4 oranında azaltılmıştır (Karakaş ve Çelik, 2012).

Plastik sanayi: Plastik imalinde genellikle dolgu maddesi kullanılır. Bu dolgu malzemelerinden mermer tozu, diğer dolgu maddeleriyle birlikte %30-40 oranında kullanılmaktadır. Dolayısıyla mermer atıklarının da bu şekilde kullanılabilme potansiyeli olduğu söylenebilir. Dolgu maddelerinin plastiklerde kullanım amacı, sertlik, elastiklik, mukavemet, büzülme ve iç gerilmeyi önleme, yüksek sıcaklığa karşı dayanım ve ucuz olmalarıdır.

Kireç üretimi: Mermer atık tozları ile kalsinasyon ürünü olarak kireç elde edilebilmektedir. Bu ürünler CaCO_3 miktarı yüksek atıklardan elde edilebilir. Bu toz atıklar %5'ten fazla MgO içerirse bunların kalsinasyon ürününe dolomitik kireç adı verilir.

Tuğla üretiminde: Yapılan çalışmalarda mermer atık tozlarının belirli bir oranda tuğla üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilmesi ve ürünün yeterli mukavemete sahip olduğu belirlenmiştir (Bilgin ve diğ., 2012, Yeşilkaya ve diğ., 2010)

Yem sanayi: Mermer artık tozunun hayvan yemi olarak Türk Standartlarında TS 860'a uygun olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir. Bunun için mermer tozlarının en az %92 CaCO_3 içermesi gerekmektedir.

Tarım sanayi: Asidik özellikteki topraklarda yetiştirilen ağaç ve bitkilerden etkin ürün alabilmek için toprağın Ca ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Mermer toz artıklarının burada kullanılması için, zirai standartlara bağlı olarak belirli bir tane boyutu ve en az %80 CaCO_3 içeriği gerekmektedir (Şahin, 1999).

Cam sanayi: Cam üretiminin ana hammaddelerinden biri de CaO 'tir. Bu amaçla mermer artık tozları kalsine edilerek cam sanayinde değerlendirilebilmektedir. CaO olarak değerlendirilecek hammaddede aşırı miktarda organik madde bulunmamalı ve renklendirici özelliğinden dolayı FeO oranı %0.1'in altında olmalıdır.

Yapı ve inşaat sanayinde: Atık mermer tozu ile polimer esaslı zemin kaplama malzemeleri hazırlanmış ve üzerine çeşitli testler uygulanmıştır. Sonuç olarak atık mermer tozlarının zemin kaplama malzemesi içerisinde kullanılabilmesi görülmüştür (Uygunoğlu ve diğ., 2012). Demir ve ark. (2012), hafif blok üretimi için ana hammadde mermer tozunu kullanmışlar ve hazırladıkları malzemelere yaptıkları testlerin olumlu sonuçlar verdiğini görülmüştür. Ünal ve Kibici (2001), üretilen mermer tozu katkılı beton numuneler üzerinde basınç, ultra ses hızı ve su emme deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar normal beton değerleriyle karşılaştırılmış, mermer tozunun belirli oranlarda karışıma katılması beton özelliklerine kısmen de olsa olumlu bir etki yapabileceğini göstermiştir.

Derz dolgu malzemesi olarak mermer tozu kullanıldığında, CaCO_3 en az % 95, tane boyutu 250 mikrondan küçük olmalıdır. Mermer atıklarının tane boyutunun düşürülmesi ile derz dolgu maddesi olarak kullanımının mümkün olduğu tespit edilmiştir (Ceylan, 2000).

Fren Balataları Üretiminde: Mermer artıkları öğütülerek toz haline getirilerek balata dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır sonuç olarak frenleme performansında olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Kılıç, 2010).

5. SONUÇLAR

Yapılacak çalışmalar ve projelerle mermer atıklarının sanayi sektörlerine (boya, kağıt, mıcır, kireç, seramik vb.) uygun özelliklere (tane boyutu, beyazlık, saflık vb.) sahip ürün haline

getirilmesi mümkündür. Ancak, sektörün hazır kaynakları tüketmesi ve hâlihazırda kullanılan proseslerin daha cazip olması sebebiyle atıklar yeterince değerlendirilememektedir.

Hali hazırda pratik açıdan parça mermer atıkları en çok yol temel tabakası yapımında, yer döşemesinde, yol ve beton santralleri için agrega üretiminde, suni mermer üretimi ile mozaik pano yapımında kullanılmaktadır. Toz halindeki mermer atıkları ise katma değeri daha yüksek olan hayvan yemi, çimento, boya, kağıt ve yol için dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak girişte de bahsedildiği üzere bir yılda doğaltaş üretim ve işleme faaliyetlerinden kaynaklanan toplam doğaltaş atık miktarı sadece Afyonkarahisar bölgesinde yaklaşık 12.5 milyon ton olduğu dikkate alındığında, şu an bu atıkların yeniden kullanımının yetersiz olduğunu söylemek mümkündür. Bunu artırabilmek ve atıl vaziyetteki bu kaynağımızı ekonomimize yeniden kazandırmak için doğaltaş atıkları üzerinde daha ciddi ve detaylı çalışmaların yapılması, yerinde uygulamalarının yapılması ve farkındalığının artırılması gerektiği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Akbulut, H. ve Gürer, C., 2007, Use of aggregates produced from marble quarry waste in asphalt pavements, *Bulding and Environment*, 42, 1921–1930.
- Bilgin, N., Yeprem, H. A., Arslan, S., Bilgin, A., Günay, E. ve Marşoğlu, M., 2012, *Construction and Building Materials*, 29, 449–457.
- Büyüksağış, İ. S. 2009, Doğaltaş İşleme Tesislerinde Toz Artıkların Oluşumu ve Azaltma Yöntemlerinin İrdelenmesi, *Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu*, Diyarbakır, 180-193.
- Ceylan, H., 2000, Mermer Fabrikalarındaki Toz Mermer Artıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, S. D. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 43 sf.
- Demir, İ., Görhan, G., Başpınar, M. S. ve Kahraman, E., 2012, Mermer Tozu Atığının Hafif Blok Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Türkiye 7. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, Afyonkarahisar, 309-322.
- Er, A., Barut, H. A., Karacasu, M. ve Gündüz, A., 2009, Atık Mermer Parçalarının Sıcak Asfalt Özelliklerine Etkileri, *Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu*, Diyarbakır, 14-24.
- Ersoy B. 2005, Effect of pH and Polymer Charge Density on Settling Rate and Turbidity of Natural Stone Suspensions. *Int J. Mineral Processing*, 75, 207-216.
- Karakaş, F., ve Çelik, M. Y., 2012, İri Kristalli Mermer Artıklarının Su Bazlı Boyalarda Dolgu Maddesi Olarak Kullanımı, *Türkiye 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, Afyonkarahisar, 111-119.
- Kavas, T. ve Kibici, Y., 2001, Afyon bölgesi mermer atıklarının portland kompoze çimentosu üretiminde katkı maddesi olarak kullanım olanakları, *Türkiye 3. Mermer Sempozyumu*, Afyonkarahisar, 327-355.
- Kavas, T., Evcin, A. Ve Önce, G., 2003, Afyon Bölgesi Mermer Atıklarının (Şlam) Kalsiyum alüminalı Refrakter Çimento Üretiminde Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin araştırılması, *Türkiye 4. Mermer Sempozyumu*, Afyonkarahisar, 363-370.
- Kılıç, H., 2010, Mermer atıklarının otomotiv fren balata üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 95 sf.
- Kun, N., 2000, Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi, Tezer Matbaacılık, İzmir, 149 sf.

- Little, D. N. ve Epps, J. A., 2001, Hydrated Lime İn Hot Mix Asphalt, 80 page National Lime Association, USA.
- Uygunoğlu, T., Uygunoğlu T. ve Akyüz, K., 2012, Atık Mermer Tozunun Polimer Esaslı Zemin Kaplamasında Değerlendirilmesi, *Türkiye 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, Afyonkarahisar, 785-791.
- Ünal O. ve Kibici, Y., 2001, Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001), Afyonkarahisar, 317-325.
- Sayın ve Aksoy, 2012, Mermer Toz Artıkları Özelliklerinin İyileştirilmesine Falcon GraviteKonsantratörün Etkisi, *Madencilik TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi*, 4(51) Ankara 23-29.
- Şahin, N., 2008, Kalsit hakkında bazı bilgiler, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Bülteni*, 2, 48-51.
- Yeşilkaya, L., Çetin, O., Abi, E. ve Ersoy, M.,2010, Korkuteli Bej Mermer Tozunun Tuğla Yapımında Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Türkiye 7. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, Afyonkarahisar, 323-330.
- Yeşilkaya, L., Sarıçam, F., Abi, E. ve Ersoy, M.,2010, Traverten Atıklarının Volkanik Tüf Katkısıyla Yapay Mermer Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Türkiye 7. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, Afyonkarahisar, 331-341.
- Yıldız, A. H., 2008, Mermer Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 194 sf.
- Yıldız, Ö. ve Eskikaya, Ş., 1995, Afyon Mermeri Toz Atıklarının Değerlendirilmesi, *I. Mermer Sempozyumu*, Ankara.
- Yüçetürk, G. ve Bilgin, A., 2009, *Isparta ve Yöresindeki Mermer Pasalarının Yapay Mermer Üretiminde Kullanılması*, Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu, Diyarbakır, 130-147.