

ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI İLE GERİ KAZANILMASI VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN AZALTILMASI

Ahmet BEYÇIOĞLU^{1*}, Celalettin BAŞYİĞİT², Serkan SUBAŞI¹

¹ Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü, 81620 DÜZCE

² Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü, 32260 ISPARTA

*İletişim kurulacak yazar

abeycioglu@duzce.edu.tr, Tel: 03805421133, Fax: 03805421134

ABSTRACT

The countries are in a fast and big development when looked from industrial aspect. This big development has extraordinary importance for humanity. Although industrial development has benefits, it has certainly some disadvantages at the same time. At the top of this disadvantages of industrial development places the waste materials. The reusability by beneficial recycling methods of that materials is important for both environment and economy.

In this study the usage of waste materials, such as waste vehicle tires, fly ash, silica fume, blast furnace slag, waste marble dust in building-sector was examined. The searches on usage of these materials for building-sector was accepted to be successful. The reusability by beneficial recycling methods of these materials which can occur because of industrial development, and next examinations on decreasing of negative environmental effects are underlined that have a great importance for future of humanity and environmental conservation.

Keywords: Industrial Waste, Building sector, Recycling

ÖZET

Ülkeler endüstriyel yönden hızlı ve büyük bir gelişim içerisinde. Bu büyük gelişim insanlık açısından olağanüstü bir öneme sahiptir. Endüstriyel gelişimin yararlarının yanı sıra şüphesiz ki bir takım olumsuz getirileri de göz ardı edilemez bir gerçektir. Endüstriyel gelişimin insanlık ve çevre için olumsuz getirilerinin başında atık maddeler bulunmaktadır. Bu atık maddelerin faydalı geri dönüşüm mekanizmaları ile tekrar kullanılması hem çevresel korunum yönünden hem de ekonomik kazanım yönünden çok büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada büyük çevre sorunları haline gelen endüstriyel atıklardan, atık araç lastikleri, uçucu küller, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu ve mermer toz atıklarının inşaat sektöründe kullanılabilirliği incelenmiştir. Önemli çevre sorunları oluşturan bu atık malzemelerin inşaat sektöründe kullanılabilirliği üzerine yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür. Endüstriyel gelişime paralel olarak ortaya çıkabilecek atık malzemelerin faydalı geri kazanım mekanizmaları ile tekrar kullanılabilirliği ve olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması üzerine yapılacak çalışmaların çevresel korunum ve insanlığın geleceği açısından çok önemli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Atık, İnşaat sektörü, Geri Kazanım.

1. GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun hızla artması ve mevcut kaynakların tükenmeye başlamasıyla, meydana gelen atıkların azaltılması, mevcut atıkların potansiyel bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi, kullanılmış hammaddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır [1]. Doğal kaynakların daha az tüketilmesi, çevre kirliliğinin daha aza indirgenmesi ve enerji maliyetlerinin azaltılması amacıyla endüstriyel atık kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çeken bir konu olmaktadır [2]. Atıklar çevre sorununun yanı sıra birçok durumda depolanma zorunluluğundan dolayı ilave maliyet getirmektedir. Bu nedenle, birçok atık içeriğine bakılmaksızın ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Ancak, atık malzemelerin de bir değeri vardır ve atıklar katma değeri yüksek ürünlerin eldesinde kullanılabilir [3]. Bu çalışmada çevresel tehdit oluşturan bazı endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanım potansiyeli incelenmiştir.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILAN BAZI ENDÜSTRİYE ATIKLAR

2.1. Uçucu Küller

Uçucu küller (UK) ya da pulverize yakıt külleri, özellikle elektrik üretim tesislerinin pulverize kömür ile işleyen fırınlarının toz tutma ünitelerinden sağlanan materyallerdir. Küresel biçimde olup, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerirler. Diğer puzolonik maddeler gibi, $Ca(OH)_2$ ile tepkimelerinde hidrolik bağlayıcı nitelik kazanırlar [4]. Dünyadaki uçucu kül üretimi yıllık yaklaşık 450 milyon tondur, Türkiye'deki uçucu kül üretimi ise yıllık yaklaşık 15 milyon tondur [5]. UK'lerin bacalarda tutulması ile günümüzün çok önemli problemlerinden biri olan hava ve toprak dolayısıyla çevre kirliliği de kısmen önlenmiş olmaktadır. Öte yandan UK'lerin biriktirilmesi veya atılması, önemli oranda çevre kirliliğine yol açmaktadır. UK'lerin neden olduğu çevre problemleri arasında, tozlanma, tarım ürünlerine zarar verme, yağmur ve rüzgar erozyonu, toprakta süzülme dolayısıyla toksik madde taşınması ve radyasyon sayılabilir. Bu çevre sorunları nedeniyle tarım ürünleri, su ve havanın kalitesi, doğal hayat, bölgenin ekonomik durumu ve çevre güzelliği açısından istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların çözülmesi, UK'lerin çeşitli kullanım alanlarında değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması ile mümkün görünmektedir. UK'lerin değerlendirildiği sektörlerin başında ağırlıklı olarak inşaat sektörü gelmektedir [6].

Uçucu kül, beton maliyetini düşürmesi enerji korunumu sağlaması ve çevresel problemleri azaltması nedeniyle betonlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir [7]

Beton karışımlarında uçucu küllerin kullanımı taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini etkiler. Beton karışımlarında uçucu küllerin kullanımı; işlenebilirlik, su ihtiyacı, hava katkısı, yerleştirme süresi, perdelanabilirlik ve hidrasyon ısısını etkiler. Genelde, çimentonun bir bölümü olarak uçucu külün kullanımı, uçucu küllü betonlar için su ihtiyacını, eşit çökmede uçucu küle sahip olmayan betonlardakinden daha düşük hake getirir. Uçucu kül taneciklerinin küresel biçimi ve son derece fazla incelikleri, betonlarda işlenebilirlik üzerinde yararlı etkilere sahiptirler. Şekiller temas noktasında sürtünmeyi azaltır ve topaksı davranış etkisini meydana getiren ara yüzey hamur kümesindeki betonun daha iyi dolmasına müsaade eder [8].

Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım alanları Tablo 1’ de verilmiştir. Ayrıca uçucu küllerin birikerek zamanla çevreye zararlı bir atık yığını haline dönüşmesi de Şekil ‘de görülmektedir. Ayrıca Şekil 1’de uçucu küllerin atık halinde oluşturduğu örnek bir yığın görülmektedir.

Tablo 1. Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım alanları.

Malzeme	Kullanım Alanı/Yeri
Çimento	Hammadde, katkı ve ikame olarak
Agrega	İnce agrega, iri agrega ve hafif agrega olarak
Beton	Katkı ve ikame malzemesi olarak
Tuğla/Ateş Tuğlası	Katkı malzemesi olarak
Kerpiç	Bağlayıcı malzeme olarak
Yapı Malzemeleri	Blok, panel, duvar, gaz beton, beton boru, cam, boya, seramik, plastik, harç
Çeşitli Yapılar/Uygulamalar	Baraj, otoyol, nükleer santral, geoteknik uygulamalar



Şekil 1. Uçucu küllerin oluşturduğu bir atık yığını.

2.2. Silis Dumanı

Silisyum metalinin veya ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında kullanılan elektrik ark fırınlarında yüksek saflıktaki kuvarsitin kömür ve odun parçacıkları ile indirgenmesi sonucu bir yan ürün olarak elde edilen çok ince taneli, toz halindeki endüstriyel atık maddeye silis dumanı adı verilir [9]. Silis dumanı (SD) ayrıca ferrokrom-ferromanganez-ferromagnezyum gibi metal alaşımlarının da yan ürünü olarak elde edilebilir [10]. Silis dumanı da uçucu küllere benzer şekilde zamanla bir atık yığını haline dönüşebilmektedir. Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi silis dumanının ortaya çıktığı fabrikalardan biridir.

Fabrikanın FeSi ve silikoferrokrom (SiFeCr) fırınlarından özel filtreli toz tutucularla elde edilen SD'ların üretim kapasiteleri yılda 360-400 tondur. Bu rakamın sadece bu fabrikaya ait olduğu düşünülürse Türkiye ve dünyada ortaya çıkan silis dumanı miktarının ne derece önemli bir çevre sorunu haline geldiği anlaşılmaktadır.

Silis dumanının betonlarda kullanımı genellikle çimentonun bir kısmının yerine ikame edilmesi şeklindedir. Silis dumanı ikamesi betonun erken dayanımını arttırmakta ve permeabiliteyi azaltmaktadır [11]. Ayrıca tanecik yapısının çok ince olması nedeniyle çimento tanecikleri arasına girerek boşlukları doldurmakta ve agrega-çimento hamuru ara yüzeyini geliştirmektedir. Silis dumanının kullanımı ile su/çimento oranı azalmakta ve daha geçirimsiz bir beton iç yapısı elde edilmektedir [12].

2.3. Granüle Yüksek Fırın Cürufu (GYFC)

Demir üretimi sırasında yüksek fırında kok kömürünün karbonu, cevherinin demir oksitindeki oksijenle birleşerek CO ve CO₂ gazları olarak fırını terk ederken, sıcaklık 1400-1600 °C dereceyi bulduğunda hafif olmasından dolayı ham demirin üzerinde yer alan demir filizi gangi, kok ve kireç taşının yanma sonrası atıklarından oluşan puzolanik malzemeye yüksek fırın cürufu adı verilir [13]. Türkiye'de demir-çelik üretimi esnasında elde edilen atık GYFC miktarı ise, yaklaşık olarak 690.000 ton/yıldır [5]. GYFC sertleşmiş ve/veya plastik durumdaki belirli özellikleri kazanması ya da sağlaması için betona eklenebilen ince taneli potansiyel hidrolik bağlayıcı bir malzemedir [14].

Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufunun Beton Özelliklerine Olumlu Etkileri

Taze betondaki işlenebilmeyi artırmaktadır.
Taze betonun priz süresini uzatmaktadır.
Betondaki terlemeyi azaltmaktadır.
Betonun hidratasyon ısını azaltmaktadır.
Sertleşmiş betonun su geçirimsizliğini azaltmaktadır.
Sertleşmiş betonun sülfat dayanıklılığını artırmaktadır [8].

2.4. Mermer Toz Atıkları

Mermer fabrikalarından üretim atığı olarak çıkan toz atıklar genellikle değerlendirilememekte, üstelik çevre kirliliği açısından da sorunlar yaratmaktadır. Mermer toz atıklarının değerlendirilmesine yönelik olarak uygulamaya sokulabilecek alternatifler, mermer fabrika işletmecilerine ve ülke ekonomisine kazançlar sağlayabileceği gibi, bu fabrikaların çevre kirletici özelliğini de önemli ölçüde azaltacaktır. Konuyla ilgili olarak yapılmış olan bir çalışmada, mermer fabrikalarında işlenen mermerlerin ortalama % 30'unun üretim atığı olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir. Ülkemizde yılda yaklaşık olarak 2 200 000 ton mermer blok işlendiği düşünülürse, 660 000 ton mermer tozunun değerlendirilmeden atıldığı söylenebilir. Böyle bir potansiyeli sanayide değerlendirmek ulusal ekonomiye önemli kazanımlar sağlayacaktır. Literatür bilgilerinde ve dünyadaki bazı uygulamalarda gerek mermer tozlarının gerekse mermer toz atıklarının seramik, çimento, boya, cam, yapı malzemesi gibi birçok sektörde değerlendirilme çalışması olmakla birlikte, ülkemizde bu konuya yönelik yaygın uygulamalara rastlanmamaktadır.

Bu atıkların kullanılabilceği alanlardan birisi de yapı malzemesi sektörüdür [15–16]. İnşaat sektöründe uçucu küllerin kullanımına bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Yapı Ve İnşaat Sanayi;

İnşaat alanında mozaik, yapı taşı, çimento, harç ve sıva olarak kullanıldığı gibi kireç elde edilen en önemli hammaddelerden de birisidir. Kireç elde edilecek kireçtaşlarının mineralojik bileşimindeki SiO_2 oranı %5'i aşmamalıdır. Karo imalatında % 10-12 oranında boyutu 0.5mm.'nin altında olan mermer tozu kullanılmaktadır [8].

Çimento İmalat Sanayi;

Çimento sanayiinde her ne kadar çok miktarda $CaCO_3$ bileşimli hammaddeler kullanılsa da, mermer sadece beyaz portland çimentosu yapımında kullanılmaktadır [8] Nem oranının çok yüksek olması, çimento sanayinde kullanılmasında olumsuz etki yapmaktadır. Çimento sanayinde nem oranı max.%15 oranında istenirken, atıklarda bu oran çok yüksektir. Kurutma masrafı nedeniyle, bu sektörde sorun olmaktadır.

Yol Yapımında;

Stabilizasyon malzemesi olarak yollarda kullanılır. Kireç, yol zeminindeki kıl mineralleri ile birleşerek plastisite, genleşme ve kabarma katsayılarına etki eder. Ayrıca mıcır olarak da yol yapımlarında kullanılır [17].

2.5. Atık Lastikler

Hızla büyüyen atık lastik stokları, Dünya'da olduğu gibi Ülkemizde de büyük bir çevresel sorun haline gelmektedir. Lastiklerin kompleks yapısı, geri kazanımını zorlaştırmaktadır. Lastiklerin ana yapısı olan kauçuk kimyasal olarak çapraz bağlı bir polimerdir, bu nedenle ne eriyebilir ne de çözülebilir. Sonuç olarak başka şekillere sokulması oldukça zordur. Lastik üretiminde kullanılan materyaller olağanüstü kuvvetlidir ve binlerce mil asfalt yoldaki abrasif temasa dayanıklı olacak şekilde tasarlanırlar. Depolama sahasında bulunan kullanılmış lastikler, çeşitli çevresel ve toplum sağlığı ile ilgili problemler oluştururlar. Lastiklerin depolama sahasında yer kaplamaması için yakma tercih edilmekte ve lastik diğer ürünlere dönüştürülmektedir. Atık lastikler depolama sahasında bertaraf edildiğinde, zehirli gazlar oluşturur ve bu gazlar belirli bir basınç altında patlarlar. Lastik atıklar diğer atıklardan ayrı olarak depolandığı zaman, tehlikeler daha belirgin hale gelmektedir. Bütün halindeki parçalanmamış lastikler arasında, yangın başlamasına neden olabilecek yeterli oksijen bulunur. Yangın olduğunda, lastik yığınları aylarca sürebilecek yanmaya ve toksik yağların toprağa, oradan da yeraltı suyuna geçmesine neden olmaktadırlar. Bütün bu olumsuz özelliklere ek olarak, lastik yığınları sivrisinek ve kemirgenler için ideal bir yetiştirme ortamı sağlamaktadırlar. Şekil 2.5'de atık taşıt lastiklerin çevresel tehdit durumu açıkça görülmektedir [18]. Şekil 3,4 ve 5'de atık lastiklerin ne kadar önemli bir çevre sorunu oluşturduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2. Büyük miktarlarda katı atık haline gelmiş lastik yığınları.



Şekil 3. Atık lastik yığınlarının bir başka görünümü.



Şekil 4. Atık lastik yığnında meydana gelen bir yangın ve ortaya çıkan zehirli gazların görünümü.

Atık lastikler düşük birim ağırlıkları (zeminlerin 1/3'ü kadar), iyi ısı yalıtımı (zeminden 8 kat daha iyi), iyi drenaj kabiliyeti (10 kez daha iyi) ve sıkıştırılabilirlik gibi özelliklerinden dolayı mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Atık lastikler düşük birim ağırlıkları sebebiyle mühendislik uygulamalarında hafif agrega gibi değerlendirilmekte ve dolgu malzemesi olarak toprak setlerde, istinat duvarlarında ve zemin dolgularında kullanılmaktadırlar. [18]

4. SONUÇ

Çalışma kapsamında yapılan araştırmalarda çevre için büyük tehdit unsuru olan atık malzemelerin inşaat sektöründe kullanılabilirliği üzerine yapılacak çalışmaların geri dönüşüm mekanizmaları oluşturma açısından önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çevresel korunum ve çevre bilincinin bütün bilim disiplinlerini ilgilendirmekte olduğu ve her alanda bu yönde çalışmalar yapılmasının faydalı olacağı görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Akbulut, H., Güner, C., “Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregada Olarak Değerlendirilmesi” *İmo Teknik Dergi*, 2006 3943-3960, Yazı 261.
2. Çelik, Ö., “Uçucu Kül, Silis Dumanı Ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri” Beton 2004 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı.
3. Kaya, G., Turan, S., “Yüksek Fırın Cürufunun Seramik Sektöründe Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Eldesinde Değerlendirilmesi” Mühendis Ve Makine - Cilt: 45 Sayı: 536.
4. Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri (Çimento Hammaddeleri) Çalışma Grubu Raporu Ankara 2001.
5. Başyigit, C., Kılınçarslan, Ş., Beycioğlu A., “Betonlarda Yapay Puzolanik Katkı Olarak Kullanılan Endüstriyel Atıklar” *Dünya İnşaat Dergisi*, Yıl 24, Sayı 2007/5, S. 110-111, 2007.
6. Aruntaş, H. Y., “Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli” J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol 21, No 1, 193-203, 2006.
7. Langan, B. W., Weng, K., Ward, M. A., “Effect Of Silica Fume And Fly Ash On Heat Of Hydration Of Portland Cement.” *Cement And Concrete Research*. 2002. 1045-1051.
8. Erdoğan, T.Y., “BETON”. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.Ş. 2003 ANKARA.
9. Baradan, B., Türkel, S., Yazıcı, H., Ün, H., Yiğiter, H., (2001). "Beton Teknolojisi", Yapı Denetimi El Kitabı 2. İzmir.
10. Bing Chen, Juanyu Liu, Experimental Application Of Mineral Admixtures In Lightweight Concrete With High Strength And Workability. *Construction And Building Materials*. 2007.
11. Duval, R., Kadri, E. H., “Influence Of Silica Fume On The Workability And Compressive Strength Of High Performance Concretes”. *Cement And Concrete Research*. 1998. 533-547.
12. Toutanji, H., Delatte, N., Aggoun, S., Duval, R., Danson, A., “Effect Of Supplementary Cementitious Materials On The Compressive Strength And Durability Of Short-Term Cured Concrete”. *Cement And Concrete Research*. 2004. 311-319.
13. Özcan A, “Endüstriyel Atıklar Ve Polipropilen Lif İçeren Saha Betonlarının Özelliklerinin Araştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi”. Yüksek Lisans Tezi, 2006.
14. Çakıroğlu M. A., Çakıroğlu G. M., “Püskürtme Betonda Kullanılan Katkılar”. *Dünya İnşaat Dergisi*. 2006-(6) 116-118.
15. Köse, H.M., Diker, M., “Maden Ve Madencilğe Dayalı Sanayilerin Türkiye Ekonomisine Katkısı”. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 1-5, (1999).
16. Ceylan, H., Saraç, S., Ozkahraman, H. T., “Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi (Fuga) Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001 /Afyon.
17. Ünal, O., Kibici, Y., “Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması” Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001 /Afyon 317-325.

18. Emirođlu M., “Atık Taşıt Lastiđin Beton İçerisinde Kullanımı Ve Betonun Karakteristiklerine Etkisinin Araştırılması” Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 2006.