

ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

*¹Kurban Öntürk ve ²İsa Vural

¹Sakarya Üniversitesi Geyve Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Bölümü, Türkiye

²Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Özet

Dünya üzerinde atık olarak değerlendirilen maddelerin büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin yeniden kullanılarak geri dönüşüme katılması çevrenin ve doğanın dengesinin korunabilmesi, doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Tabii kaynakların sınırsız olmadığı ve bunların bir gün tükenebileceği kavramı tüm dünyada atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması için yeni bir bilinç oluşmasını sağlamış, bu bağlamda bir çok bilimsel araştırma yapılmaya devam etmektedir. Ülkemizde de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde çıkartılan yönetmeliklerle belli başlı bazı atıkların geri kazanımı ile ilgili bazı yasal düzenlemeler yapılmasına rağmen bunların uygulanmasında da sıkıntılar yaşanmaktadır. Aslında bunu altında yatan en büyük gerçek ülkemizde hala geri dönüşüm ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların yetersizliği ve bu konularda henüz toplum bilincinin oluşmamasıdır.

Bu çalışmada dünyada ve ülkemizdeki endüstriyel atık ürünlerinin mühendislik çalışmalarındaki sonuçları derlenerek yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar sayesinde ileriki yıllarda bu atık ürünler ile ilgili yapılabilecek Ar-Ge projeleri için bu çalışmanın bir referans olması hedeflenmiştir

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel atık ürünler, zemin iyileştirme, geri dönüşüm projeleri, yol altyapısı.

Abstract

A great majority of matters, which are considered as wastes in the world, consist of recyclable materials. Putting these materials to recycling via re-use is considerably important for being able to preserve environmental and natural balance, to minimize the damage inflicted upon nature and also for the country's economy.

The notion that natural resources are not infinite and they can be exhausted someday has ensured creation of a new consciousness to recycle and reuse wastes in the whole world and in this regard, many scientific researches are still being conducted. Albeit some legal arrangements have been made regarding recycling of some wastes via regulations issued by the Ministry of Environment and Urban Planning in our country as well, some problems have been experienced in application of these regulations. Actually, the biggest fact that underlies this problem is still the insufficiency of scientific studies performed on recycling and the lack of social consciousness on these issues.

The main focus of this paper was to investigate the utilization of waste materials in industrial production. The paper summarizes the authors involvement in the area of sustainability using industrial waste streams in the world and Turkey. The results obtained through these waste products in the coming years for research projects that can be done about this study is aimed to be a reference.

Keywords: Industrial waste products, soil improvement, recycling projects, road subbase.

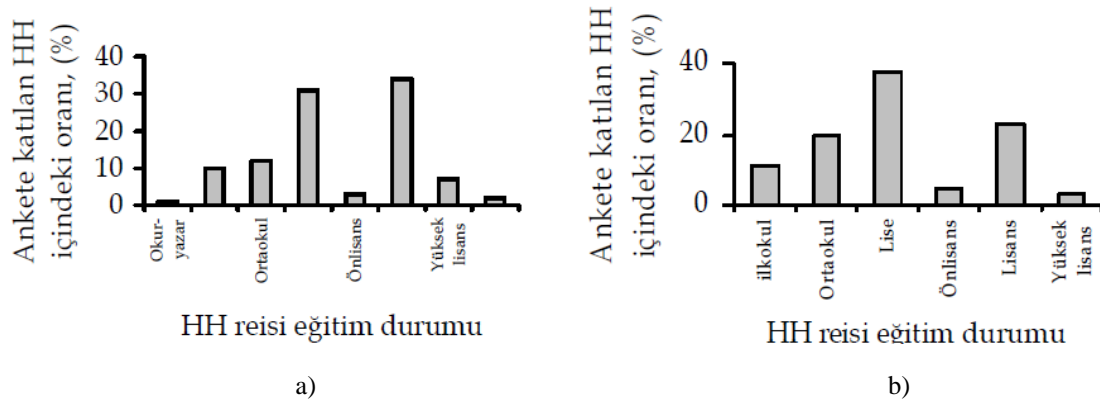
1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde atık ürünler çevreye ve insan sağlığına ciddi zararlar vermektedirler. Atıkların çevreye verdiği zararlarının en önemlileri çevrenin doğal dengesinin bozulması ve çevre kirliliğidir. Bu çevre kirliliğini meydana getiren atıkların miktarında ise her geçen gün hızla artan bir ivme görülmektedir. Atık miktarını tetikleyen en önemli unsur ise atık miktarına paralel olarak artan nüfus yoğunluğu gösterilebilir. Özellikle ülkemizin sanayi odaklı bölgelerinde açığa çıkan işlenmiş atıklardan kaynaklanan problemler oldukça fazladır. Günümüz teknolojisi sayesinde, atık olarak açığa çıkan tüm endüstriyel atık ürünlerinin önceki yıllarda olduğu gibi gözden uzak bölgelerde muhafaza edilmesine gerek olmadığı, bu ürünlerin belirli birimlerde toplanarak bertaraf edilmesi veya geri kazanımının mümkün olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki teknolojik gelişmeler sayesinde son yıllarda atık ürünlerinin değerlendirilmesi konusunda birçok araştırma yapılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda araştırmacıların amacı, hangi atık ürünlerin hangi amaçla kullanılabileceğini belirlemektir. Tüm geri kazanım projeleri, araştırmalar ve yapılabilecek diğer çalışmalarda doğada miktar olarak en fazla bulunan atıkların değerlendirilmesi çalışmalarının amacına daha uygundur.

Bu çalışmada, geoteknik açıdan problemlili zeminlerin iyileştirilebilmesi için kullanılan atık malzemelerin etkileri, bu ürünlerin geri dönüşüm noktasındaki verimlilikleri ve hangi sanayi atıklarının ne tür zeminlerde kullanılabilceği konusunda bir araştırma yapılmıştır.

Katı atığın insana ve çevreye zarar vermesini önlemek; uygun şekilde toplanması, taşınması ve bertarafı ile mümkündür ve bu işlemler dizisi “katı atık yönetimi” olarak ifade edilir. Teknik ve ekonomik yapılabilirlik mümkün olsa bile, sosyal yapılabilirlik (halkın katılımı) uygun düzeyde değilse, öngörülen katı atık yönetim sisteminin iyi sonuç vermesi “beklenti” olarak kalabilmektedir. Katı atıkların geri kazanılması toplumun sosyal ve ekonomik durumu ile yakından ilgilidir [1].

Apaydın ve ark. yapmış atık malzemeler ile ilgili toplum ilgisi açısından bir anket çalışması yapmış ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının bir kısmını İstanbul’da seçilen iki ilçenin katı atıkları toplama yöntemi üzerine yapmışlar, Beşiktaş ve Üsküdar ilçelerinde hane reisi eğitim durumuna göre çevre bilinci ve konunun önemi hakkında farkındalık sonuçlarını yorumlamışlardır (şekil 1). Buna göre Hane Halkı reisi eğitimi seviyesi yüksek olsa bile çevre bilinci ve konunun önemi konusunda bilgi eksikliği olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Hane reisi eğitim durumuna göre çevre bilinci ve konunun önemi hakkında farkındalık a) Beşiktaş ilçesi b) Üsküdar ilçesi [1]

2. Atık Malzemelerin İnşaat Sektöründe Kullanımı

Günümüz dünyasında bilim adamları yaptıkları çalışmalarda, atık miktarının her geçen gün hissedilir miktarda arttığını ve bu ürünlerin çevreyi gittikçe daha büyük oranda tehdit eder hale gelen bir problem olarak görmekteyiz. Bu nedenle araştırmacılar geri kazanılabilir atıkların hammaddelerin yerine kullanımına teşvikine dikkat çekmişler ve bunlar ile ilgili çeşitli bilimsel araştırmalar yapmışlardır. Araştırmacılar, her atığın hammadde veya katkı malzemesi olarak kullanılmayacağını bunlar ile ilgili detaylı bilimsel çalışmalar yapılmasının önemine vurgu yapmışlardır.

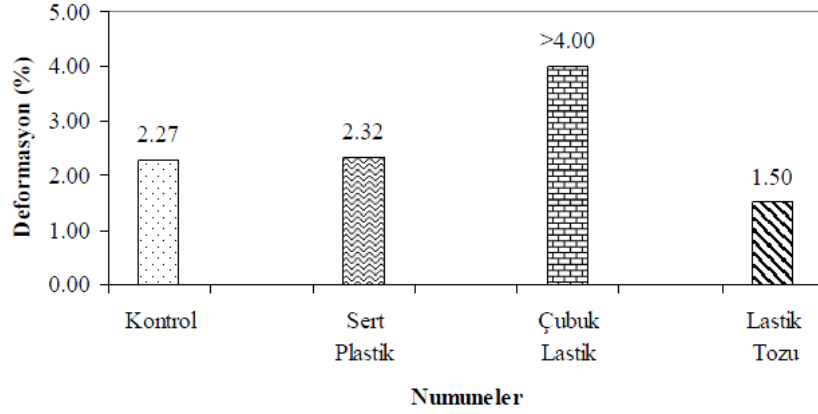
2.1. Atık lastiklerin değerlendirilmesi

Atık lastikler, kullanılmış lastikler veya ömrünü tamamlamış lastiklerdir. Geri dönüşüm sektöründe lastiklerinde kullanılmasının en büyük nedeni, doğada kaybolma zamanlarının uzun olması ve zor ayrışır olmalarıdır. Önceki yıllarda ülkemizde yakılarak bertaraf edilmeye çalışılan atık lastikler ciddi derecede çevre kirliliğine yol açtığı için, ömrünü tamamlamış olan lastiklerin geri dönüşüm çalışmalarında kullanılmaya başlanması söz konusu olmuştur.



Şekil 2. Atık lastik yığını ve yakılması durumunda çevreye salınan zehirli gaz

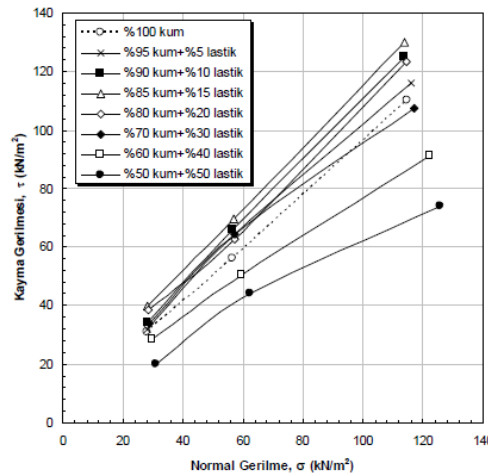
Karacasu M., ve Bilgiç Ş., atık lastiklerin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, kullandıkları sert plastik parçaları, araç lastiği parçacıkları ve lastik tozu atıklarını Eskişehir ili organize sanayi bölgesinde bulunan bir atık işleme fabrikasından elde etmişlerdir. Hurda olarak işleme fabrikasına gelen lastik atıklarının fabrikalarda öğütme makinelerinde öğütüldüğünü ve çeşitli çaptaki eleklerden geçirilerek boyutlandırma işlemi yapıldığını söylemişlerdir. Atık lastiklerin asfalt betonunun performansı üzerindeki etkileri araştırmışlar ve bu çalışma için Klasik Marshall Deney sonuçları yanında, sünme performans deney sonuçlarından da yararlanmışlardır [2].



Şekil 2. Atık lastikler ile Marshall Deney sonuçlarına göre deformasyon değerleri [2].

Karacasu ve Bilgiç'in çalışmasına göre, sert plastik atıklı numuneler kontrol numunelerine çok yakın deformasyon göstermişlerdir. Kontrol numunelerine göre, lastik tozu ilave edilen numunelerde meydana gelen deformasyon miktarları daha düşük çıkmıştır. Bu da atık plastik parçacıkları lastik tozlarının % 2 oranında ilavesi ile asfalt betonlarının TCK Karayolları Teknik Şartnamesinde verilen şartları sağlayabilecek şekilde hazırlanabileceğini göstermektedir.

Keskin ve Laman, lastik kum karışımının kayma mukavemeti üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, atık lastik-kum karışımlarının kayma mukavemeti parametrelerinin belirlenmesi ve kumun mekanik özelliklerini iyileştirecek optimum değerlerin elde edilmesi amaçlamışlardır. Bu amaçla, değişik yüzdelerde atık lastik parçacıklarıyla karıştırılmış lastik-kum karışımları üzerinde farklı normal gerilmeler altında kesme kutusu deneyleri gerçekleştirilmiştir [3]. Çalışmaya göre lastik atıkların kumlardaki kayma mukavemeti özelliklerine etkisi Şekil 3'te verilmiştir. Çalışmaya göre kum numunelerinin kayma mukavemetinin, hacimce belli oranlardaki lastik parçacıklarıyla karıştırılmaları halinde artırılabilirliği görülmüştür. Lastik içeriğinin %20 olması durumuna kadar karışımın kayma mukavemeti parametrelerinin arttığı, daha fazla lastik içeriklerinde ise azaldığı tespit edilmiştir. Kayma mukavemetindeki en büyük artışın lastik içeriğinin %10 ve %15 olması durumlarında meydana geldiği ve optimum değere ulaştığı, lastik içeriğinin %20'den daha fazla olması durumunda ise kayma mukavemetinin azaldığı görülmüştür.

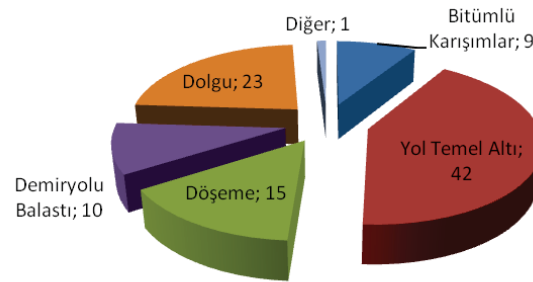


Şekil 3. Kum içindeki lastik içeriğine göre kırılma zarflarının değişimi [3].

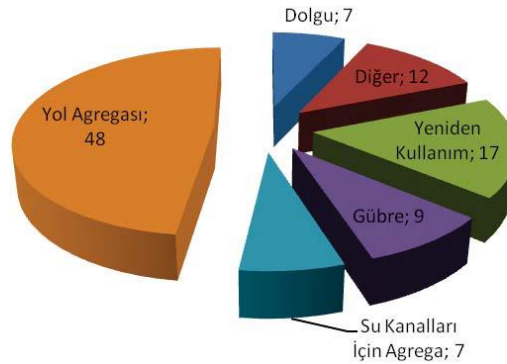
2.2. Çelikhane cürufunun değerlendirilmesi

Çelikhane cürufu, çeliklerin ergitilmesi sırasında oluşan, yoğunluğu çelikten az olması nedeniyle yüzeyde toplanan atık malzemedir. Kimyasal olarak yaklaşık % 50 si kireç kalan kısmı metal oksitlerden oluşmaktadır. Yaklaşık %17-%18'i demir oksittir. Fiziksel olarak koyu gri renkte, köseli ve pürüzlüdür. 2009 yılı verilerine göre Türkiye'nin yıllık çelikhane cürufu atığı 5 milyon tondur [4].

Cüruf; demiryolu balastı, beton agregası, çimento sanayi, briket ve tuğla yapı, prefabrik, eleman ve blokların yapımı, asfalt agregası, dolgu malzemesi, beton agregası, demiryolu, yalıtım, cam üretimi, yem sanayi, tarım ve çevre uygulamaları gibi geniş bir alanda kullanılabilir. Cürufu etkin şekilde kullanan Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'nın cürufu hangi oranlarda nerelerde kullandıkları Şekil 4 ve 5'de verilmiştir [5].



Şekil 4. Cürufun Amerika Birleşik Devletlerindeki kullanım alanları [5]



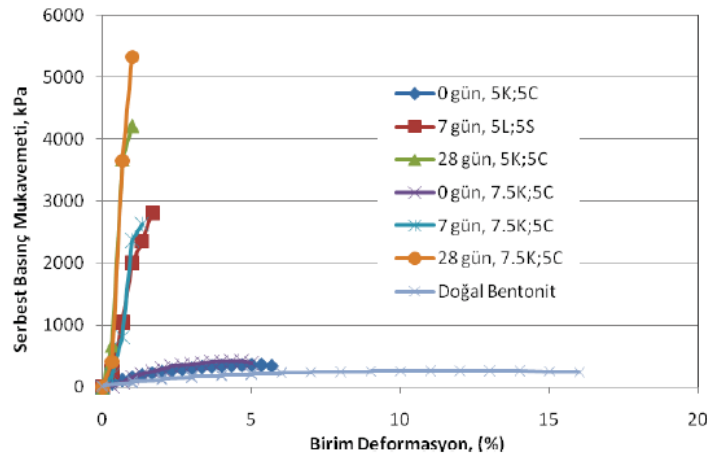
Şekil 5. Cürufun Kanada'daki kullanım alanları [5]

Özkan yaptığı çalışmada ülkemizde Granüle yüksek fırın cürufu) çelikhane cürufu ve klinker-alçı karışımı ile 22 farklı kombinasyonda çimento elde etmiş ve bunlar üzerinde. incelik, özgül ağırlık, hacim sabitliği, priz süreleri, basınç ve eğilme dayanımı, sülfatlara ve yüksek sıcaklığa dayanıklılık deneyleri yapmıştır. Beton üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla da 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımlarını ölçmüştür. . Çalışma sonucunda, % 50 Granüle yüksek fırın cürufu ve % 50 Granüle yüksek fırın cürufu - çelikhane cürufu katkılı harç ve betonların en iyi sonuçları verdiği tespit etmiştir. Bu betonların özellikle sülfatlara ve yüksek sıcaklığa Portland çimentosuna göre daha dayanıklı olduğu söylemektedir [6].

Geoteknik alanında da son yıllarda çelik cürufunun zemin iyileştirme çalışmalarında kullanılabilirliği ile ilgili araştırmalar yapılmış ve bu atığın killer üzerindeki etkisi incelenmiştir. Killi zeminler yol çalışmaları, dolgular gibi inşaat alanlarında bulunması

istenmeyen, taşıma gücü düşük, su emme kapasitesi yüksek ve genel olarak zayıf zeminler olarak adlandırılırlar. Bu yüzden, bu tip zeminle karşılaşılan durumlarda genellikle killi zeminlerin buldukları yerden kaldırılması ve yerine taşıma gücü yüksek, rötre veya şişme göstermeyen (geoteknik özellikleri daha iyi olan) bir zemin getirilmesi çözüm olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle araştırmacılar killi zeminlerinde çelik cürufunun katkı malzemesi olarak kullanılması durumunda zemin taşıma gücüne olan etkilerini incelemişler ve kireç ile birlikte katkı malzemesi olarak kullanıma uygun olduğu konusunda tespitlerini sunmuşlardır [7-8].

Bir başka çalışmada Bilgen ve ark. Yüksek fırın cürufunun inşaat sektöründeki yerini incelemişlerdir. Özellikle puzolan olarak çimento ve betonda kullanılabilirliği üzerine birçok çalışma olduğunu ve mevcut durumda “Cürüflü Çimento” olarak da üretimi oldukça yaygın olduğunu belirtmişlerdir. Zemin iyileştirme çalışmalarında da özellikle killi zeminlerin iyileştirilmesi üzerine yapılan çalışmalardan alınan sonuçların da olumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmaya göre, serbest basınç mukavemeti saf bentonit için 260 kPa olmasına rağmen % 7,5 kireç ve %5 cürufun katkı olarak kullanıldığında 28 günde 5000 kPa değerini aştığı ve birim deformasyonların ise % 10-15 mertebelerinden % 1-2'lere düştüğünü tespit etmişlerdir (şekil 6).

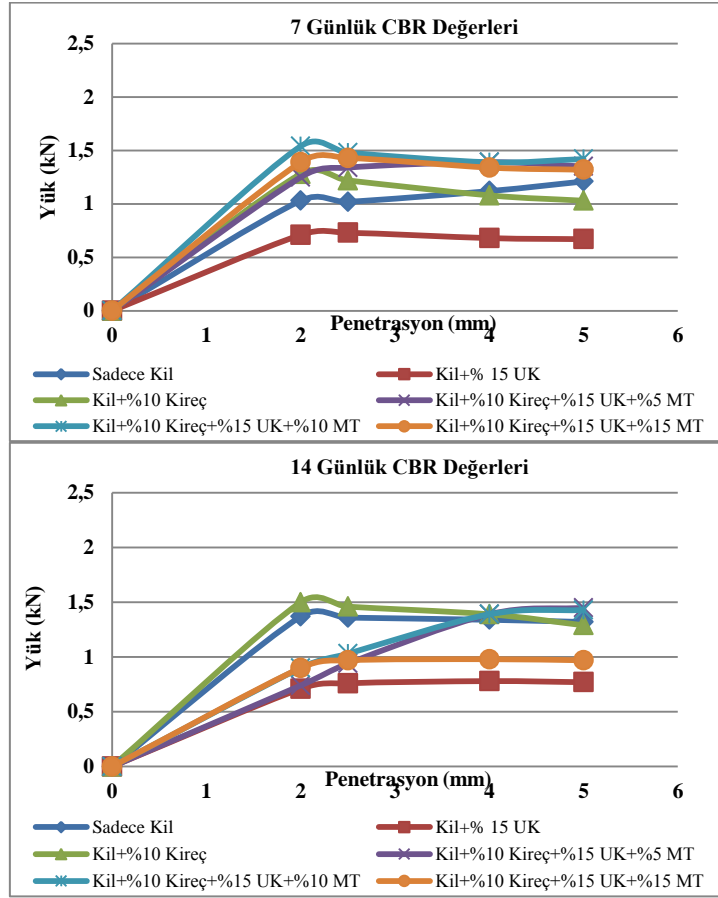


Şekil 6. YFC, kireç ve bentonit karışımlarının serbest basınç deneyi sonuçları [5]

2.3. Mermer parçalarının değerlendirilmesi

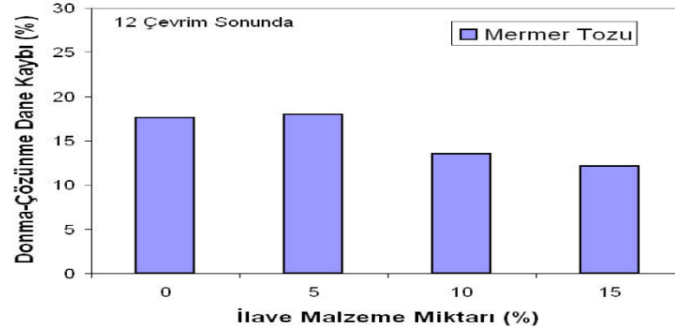
Mermer fabrikalarından üretim atığı olarak ortaya çıkan tozların kullanılabilirliği endüstriyel açıdan kazanç olduğu kadar çevresel açıdan da bir sorunun giderilmesi anlamını taşımaktadır. Bu nedenle mermer toz atıklarının değerlendirilmesi konusunda bulunabilecek alternatifler, mermer fabrika işletmecilerine ve ülke ekonomisine kaynak sağlayacağı gibi bu fabrikaların çevre kirlenici özelliğini de tamamen ortadan kaldıracaktır. Mermer fabrikalarında işlenen mermerlerin ortalama %30'nun toz olarak atıldığı hesaplanmıştır. Bu atıkların değerlendirilmesi ve ülke ekonomisine kazandırılması amacı ile Öntürk ve ark.yaptığı çalışmada bu malzemenin yol alt dolgusunda kullanılabilirliğini incelemişlerdir [9]. Şekil 7 de, mermer tozu uçucu kül ve kireç atığı ile yapılmış karışımların kür 7 ve 14 günlük kür sonrası CBR sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlara göre, tüm karışımlarda CBR taşıma gücü değerleri artmasına karşın, kür süreleri sonunda deneye tabi tutulan numunelerden en yüksek

taşıma oranına sahip olan numune içeriği % 90 kil + % 10 +% 15 uçucu kül + % 10 mermer tozu karışımının optimum olarak yol alt dolgusunda kullanılabilirliği tespit edilmiştir.



Şekil 7. Mermer tozu uçucu kül ve kireç atığı ile yapılmış karışımların CBR sonuçları

Taşpolat ve ark. yaptıkları araştırmada mermer tozlarının geçirimsiz tabakalarda, mevsimsel sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan donma-çözünme ile tabakalarda oluşan deformasyon miktarları araştırmışlardır. Bu amaçla zeminin kuru ağırlığına oranı %5, %10, %15 olarak atık mermer tozları ile karışımlar hazırlayarak, bu karışımlardan elde edilen numunelerde donma-çözünme deneyleri yapmışlardır. Yapılan deneylerle dane kaybına bağlı olarak mermer tozunun mukavemete olan etkisi incelenmiş, dane kaybı en az olan değerlerin en yüksek mukavemeti gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmaya göre % 5 mermer tozu ilavesi donma-çözünme üzerinde etkisiz kalmış, % 15 mermer tozu ilavesi ile donma çözünme deneyi sonunda %12,5 dane kaybı hesaplanmıştır. %10 mermer tozu ilavesinde ise %13,5 dane kaybı göstermiştir. Şekil.8'de dayanıma etkisi olan dane kaybı değişimleri görülmektedir. Karışımlardaki atık mermer tozu miktarlarının artmasıyla numunelerin donma-çözünme mukavemetlerinin arttığı görülmüştür [10].

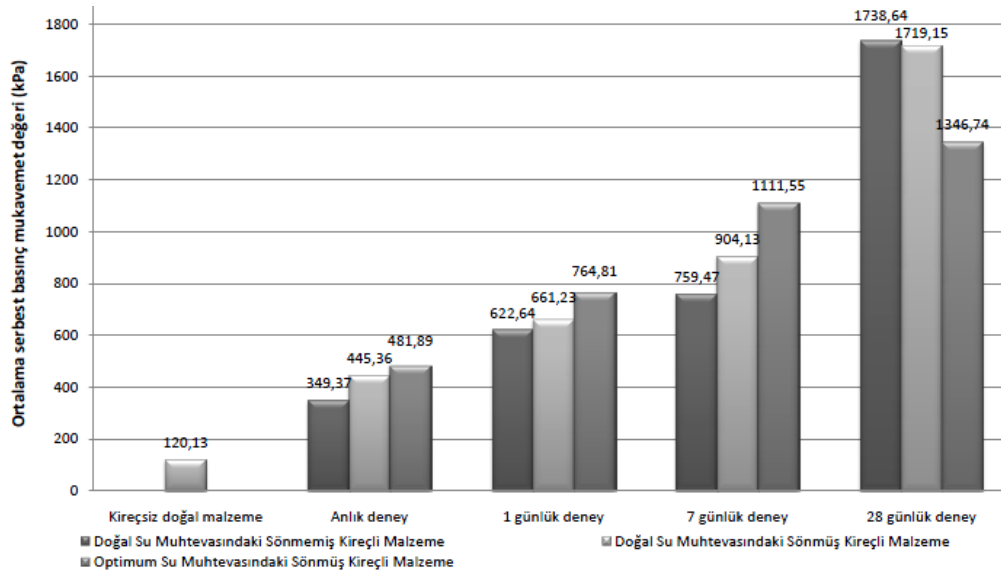


Şekil 8. Atık mermer tozlarının Donma-Çözümleme etkisi [10].

2.4. Kireç ile zemin iyileştirilmesi

Kirecin hammaddesi kalkerin kalsine edilmesi ile elde edilen kalsiyum bazlı, kimyasal yapısında kalsiyum karbonat (CaCO_3) ya da kalsiyum karbonat / magnezyum karbonat (MgCO_3) bileşenleri bulunan doğal bir hammaddedir. Bunların dışında içeriğinde alüminyum, silisyum, demir, kükürt gibi elementler değişik oranlarda bulunabilir. İçeriğindeki kalsiyum oranı sebebi ile zemin iyileştirme çalışmalarında, zayıf zeminlerin genleşme büzülme gibi fiziksel değişimleri sonucunda meydana gelen zararların ortadan kaldırılması için kullanılmaktadır

Kızılçelik yüksek plastisiteli bir kilin kireç ile stabilizasyonu konulu çalışmada kirecin zemin üzerindeki iyileştirme etkisini incelemiştir. Öncelikli kil numunesi üzerinde Atterberg limitleri deneyleri, sınıflandırma ve kompaksiyon deneylerini gerçekleştirmiştir. Kompaksiyon deneyleri sonuçlarına göre zemin üzerinde en fazla etkisi olan kireç oranını belirlemiş ve bu orana bağlı olarak serbest basınç deneyleri yapmıştır. Serbest basınç deneyi sonuçlarını numunelerin 28 günlük kür süreleri sonundaki sonuçlarına bakarak kıyaslama yapmıştır. Şekil 9'da %5 optimum kireç katkısı ile elde edilen serbest basınç deneyi sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, %5 kireç katkısı ile 28 günlük kür değerlendirmesinde serbest basınç mukavemetinde yaklaşık 13 kat artmış hesaplanmıştır [11].



Şekil 9. Kür sürelerine göre serbest basınç mukavemetlerinin değişimi [11]

3. Sonuç ve Değerlendirmeler

Dünya üzerinde atık olarak değerlendirilen maddelerin büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin yeniden kullanılarak geri dönüşüme katılması çevrenin ve doğanın dengesinin korunabilmesi, doğaya verilen zararın minimuma indirilebilmesi ve ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

Yapılan araştırma sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Atık malzemelerin tekrar kullanımına yönelik yapılan çalışmalar oldukça geniş bir alana sahiptir. Ancak henüz çevre bilincinin tam olarak gelişmediği ülkemizde atık maddelerin insan ve çevre sağlığına zarar vermeden kullanımına yönelik yeterince çalışma ve yerleşik faaliyet bulunmamaktadır.
- Cüruflar dünyada kullanım alanlarının artmasıyla, giderek önemli bir atık malzeme haline gelmektedir. Çimento ve beton yapımında oldukça olumlu bir puzolan olan cüruflar, mühendislik özellikleri daha üstün ve daha ucuz beton üretimine olanak vermektedir. Betonda olduğu gibi zeminde de tercih edilmesi gereken bir malzemedir. Hatta zemine olan katkıları çok daha fazladır ve yol altyapıları için tercih edilebilir. Cüruflar değişken özellikli bir malzeme olduğundan ilgili standart ve şartnameler ışığında gerekli tüm incelemeler kullanılmalıdır.
- Araştırmalara göre, yapılan deneyler sonucunda atık lastik parçaları ile yapılan iyileştirme çalışmalarında, tekrarlı yükler altında meydana gelen deformasyon sonuçları incelendiğinde % 2 oranında sert plastik parçacıkları ve lastik tozu ilave edilerek üretilen asfalt betonlarında deformasyon açısından olumlu sonuçlar elde edildiği tespit edilmiş ve özellikle lastik tozlarının asfalt betonunda meydana gelen deformasyon miktarını azalttığını gözlemlenmiştir. Bu çalışmalara göre, 20 m genişliğinde 12 cm kalınlığında bir yol için 90 milyon ton malzeme gerektiğini ve bunun için söz konusu asfalt betonun yapımında % 2 atık lastik kullanılması durumunda 180 bin atık araç lastiğinin etkin bir şekilde kullanılabileceği hesaplanmıştır.
- Dünyada ve Türkiye’de atık malzemelerinin oluşumu gün geçtikçe artmakta, çevreyi tehdit eden boyutlara ulaşmaktadır. Bu atıkların neden olduğu sorunların arasında, tarım ürünlerine zarar verme, yağmur ve rüzgârla etrafa yayılma, tozlanma, toprakla süzülme dolayısıyla zehirli madde taşınmasıdır. Bu çevre sorunları nedeniyle, suyun ve havanın kalitesi, doğal hayat, bölgenin ekonomik durumu bakımından olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.
- Ülkemizde ve dünyada atık maddelerin tekrar kullanımı, tarım alanlarında oluşabilecek olası kayıpların önlenmesi ve insan sağlığına zarar verebilecek atık maddelerin ortadan kaldırılması ile ekonomiye katkı sağlanması açısından bu çalışmalar çok önemlidir. Ayrıca bu çalışmaların, atık maddelerin geri kazanımı konusunda oluşturacağı bilinç ve toplumsal düzeyde katkısı dolaylı olarak ülkemize ve yaşadığımız dünyaya yansımaktır.

Kaynaklar

- [1] Apaydın Ö., Yağcı A., Civelek A., Geri Kazanılabilir Katı Atıkların Kaynakta Ayrılması İşlemine Hane Halkı Yaklaşımının Beşiktaş ve Üsküdar İlçelerinde Araştırılması, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 3, 2011, 17-26
- [2] Karacasu M., Bilgiç Ş., Atık Lastik Katkısının Sıcak Asfalt Özelliklerine Etkisi, *Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Eskişehir Üniversitesi, Cilt:XXII, Sayı:2, 2009
- [3] Keskin S., Laman M., Atık Lastik - Kum Karışımlarının Kayma Mukavemetinin Laboratuvar Deneyleriyle İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27-35, Aralık 2012
- [4] Börüban A., Çelikhane Cürufunun Ekonomiye Katılması, *Endüstriyel Simbiyoz ve Temiz Üretim Ar-ge Proje Pazarı*, Adana Sanayi Odası Toplantı Salonu (Adaso), 2013
- [5] Bilgen G., Kavak A., Yıldırım S. T., Çapar Ö. F., Yüksek Fırın Cürufunun İnşaat Sektöründeki Yeri ve Önemi, 2. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY), Ekim 2010
- [6] Ömer ÖZKAN, Çelikhane ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Portland Çimentosunun Özellikleri, *İMO Teknik Dergi*, 2006 3893-3902, Yazı 257
- [7] Bilgen G., Kavak A., Çapar Ö. F., Düşük Plastisiteli Bir Kilde Katkı Olarak Çelikhane Cürufunun Kullanılması ve Kireç ile Etkileşimi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2012, 30-38.
- [8] G. N. Sağlam, I. Vural, S. Firat, G. Yılmaz, J. M. Khatib, "Improvement of CBR by Using Waste Materials", *Application of Efficient& Renewable Energy Technologies in Low Cost Buildings and Construction*, Gazi University, 16-18 September 2013, Ankara, Turkey
- [9] Öntürk K., Firat S., Vural İ., Khatib J. M., Uçucu Kül ve Mermer Tozu Kullanarak Yol Altyapısının İyileştirilmesi, *Politeknik Dergisi*, Cilt:17 Sayı:1, s.35-42, 2014
- [10] Taşpolat L.T., Zorluer İ., Koyuncu H., Atık Mermer Tozunun Geçirimsiz Kil Tabakalarda Donma-Çözünmeye Etkisi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 11-16, 2006
- [11] Kızılcılık M. M., Yüksek Plastisiteli Bir Kilin Kireç ile Stabilizasyonu, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2010