

DOI: 10.7596/taksad.v1i4

Tekstil Atıksularının Arıtılmasında Atık Döküm Kumlarının Kullanımı*

Elif Gürkan¹, Semra Çoruh¹

Özet

Ülkelerin sanayileşmesi ile birlikte endüstriyel bazlı su kullanımının artması ve son yıllarda ortaya çıkan küresel ısınma sorunu, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının tükenmesine sebep olmaktadır. Endüstriyel atıksular, doğal dengeyi değiştirmekte ve bazı durumlarda bu değişim geri dönülmez nitelikte olmaktadır. Endüstriyel atıksular, evsel atıksulara göre kaynak, miktar ve karakter açısından büyük farklılıklar gösterirler. Bu nedenle endüstri atıksularının doğal su ortamlarını kirletmesini engelleyecek şekilde arıtılması gerekmektedir.

Ülkemizdeki en büyük endüstri dallarından biri olan tekstil endüstrisi, farklı hammadde ve kimyasal maddeler kullanılan ve farklı teknolojiler kullanılan bir endüstri olması nedeniyle değişken bir yapıya sahiptir. Tekstil endüstrisi atıksularının en belirgin özelliği, yüksek miktarda organik ve inorganik kimyasal içermesi, organik karbon (TOK) miktarı, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) ve yoğun renk içeriğidir. Alıcı su kaynaklarına verilen boyar maddeler organik yük olarak bu kirliliğin küçük bir kısmını oluşturmaktadır; ancak alıcı ortamda çok düşük konsantrasyonlarda boyar madde bulunması bile estetik açıdan istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle boyar madde içeren tekstil endüstrisi atıksularından renk giderim prosesleri ekolojik açıdan önem kazanmaktadır. Günümüzde boyar maddelerin giderimi büyük oranda fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, atık döküm kumlarının tekstil endüstrisi atık sularında renk gideriminde adsorbent olarak nasıl kullanılabileceği ele alınmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Endüstriyel atıksular, Tekstil atıksular, atık döküm kumu, adsorpsiyon.

* Bu makale Karabük Üniversitesi tarafından düzenlenmiş olan “Tüketim Toplumu ve Çevre” konulu Ulusal Sempozyumda sunulan tebliğin geliştirilmiş şeklidir.

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Müh. Böl. SAMSUN

Using of Waste Foundry Sands in Refining of Textile Wastewater

Abstract

Nowadays, the accelerating usage of water in industry and global warming is causing water sources to be exhausted. The industrial wastewaters have been changing the natural balance sometimes this is not to be reversible. The industrial wastewaters differentiate from domestic wastewaters in terms of character, amount and source. So the industrial wastewaters must be refined to prevent the natural water places.

Textile industry, one of the biggest industries in Turkey, is extremely inconsistent in terms of practiced technology, usage of different raw materials and chemicals. The most remarkable feature of textile wastewaters is its containing high amount of organic and inorganic chemicals and As there are several methods and technologies used in this sector due to the different raw materials and various chemicals, the amount of organic carbon, the need of chemical oxygen and high density of color substance. The discharge of dyes into the receiving waters constitutes only a small portion of water pollution. However even the presence of very low concentrations of dyes in receiving waters is aesthetically undesirable. Therefore, treatment processes removing dyes from textile effluents have become important in order to conserve receiving waters. This study shows how waste foundry sands could be used as absorbent to eliminate color substances from textile effluents.

Keywords: Industrial waste water, textile waste water, waste foundry sands, adsorption

1. Giriş

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmesi ile birlikte artan endüstriyel amaçlı su kullanımı; doğal kaynakların tükenmesine yol açarken diğer yandan su, hava ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. Bu noktada, evsel ve endüstriyel proseslerde oluşan atıksuların, doğal su ortamlarını kirlenmesini engelleyecek şekilde arıtılması ve geri kazanılması önem kazanmıştır.

Tekstil endüstrisi atık sularının en önemli kirlilik parametreleri; KOİ ve renktir. Renkli atık suların doğrudan ekosisteme deşarj edilmesi, sadece estetik açıdan çevreye zarar vermekle kalmayıp anaerobik şartlarda yüksek oranda toksik ve kanserojenik olan aromatik aminlerin oluşmasına ve KOİ'nin artmasına neden olmaktadır (Eltm, 2001; Mohamed, 2004;

Arami, Limaee, vd., 2005; Sakkayawong, vd., 2005). Bu sebeple son yıllarda renkli atık sular üzerinde önemle durulmaktadır.

Boya içeren atık suların arıtılması için fiziksel, kimyasal ve biyolojik esaslı birçok yöntem kullanılmaktadır (Mahramanlioğlu ve Arkan, 2002). Fiziksel yöntemler; adsorpsiyon, membran sistemleri, iyon değiştirme gibi tekniklerden oluşur. Tekstil atık sularının arıtımında biyodegradasyon, biyobirikim, biyosorpsiyon ve fungal bozundurma olarak sınıflandırılan biyolojik yöntemler de kullanılmaktadır. Atık suyun renk giderimi için ihtiyaç duyulan kimyasal maddelerin kullanıldığı kimyasal işlemler; oksidatif prosesler, fotokatalitik metot, kimyasal koagülasyon ve fokuilasyon ve elektrokimyasal yöntemlerden ibarettir. Bu yöntemlerle, yüksek oranda renk giderim veriminin atıksudaki boya türüne bağlı olarak değişiklik göstermesi ve pahalı yöntem olmalarından dolayı dezavantajlıdır.

Adsorpsiyon, kirleticilerin gideriminde kullanılan metotlar arasında oldukça stabil olması nedeniyle son yıllarda çok çalışılan, çok etkili ve ekonomik olan bir tekniktir (Zille, vd., 2005).

Adsorpsiyon yönteminde en yaygın olarak kullanılan adsorban madde aktif karbon olmakla birlikte (Ozcan, vd., 2004b), zeolit, bentonit, montomorillonit, sepiyolite gibi killerin (Baskaralingam, vd., 2006; Benkli, vd., 2005; Kilinc Alpat, vd., 2008; Ozcan ve Ozcan, 2004a), ponzanın (Akbal, 2005), zirai atıklar ve fermentasyon atıklarının (Aksu ve Isoglu, 2006), kömürün (Mahramanlioğlu ve Arkan, 2002), dip külü ve uçucu külün (Dincer, vd., 2007), talaşın ve kumun (Rauf, vd., 2008) meyve atıkları, cüruf, kayısı çekirdeği, ceviz kabuğu bentonit kili, mısır koçanı, fıstık kabukları, pirinç kabukları, pamuk artıkları ve diğer tarımsal atıklardan (Aksu ve Tezer, 2005; Al-Degs, vd., 2000; Can ve Yıldız, 2005; Chen, vd., 2005; Yener, vd., 2006; Yoo, vd., 2000) elde edilen malzemeler denenmiş ve renk gideriminde değişik ölçülerde başarılı olunmuştur. Kullanılan materyallerin tümünün, kolay bulunabilir olması, yenilenebilir olması, bölgesel olarak uygulanabilir olması ve düşük maliyetli olması gibi önemli avantajları vardır.

Dökümcülük sektöründe üretilen parçaların temiz, sağlam ve ucuz elde edilebilirliği esastır. Bu amaçla, erimiş metalin ısısına ve basıncına karşı dirençli, gaz geçirgenliği, akıcılığı, plastikliği, yeniden kullanıma elverişli ve ekonomik olması nedeniyle döküm kumu kullanılmaktadır.

Döküm kumları, % 85-95 yüksek kaliteli silis kumu, % 4-10 bağlayıcı, % 2-10 döküm yüzeyini iyileştirmek için karbonlu katkı maddesi (kömür tozu) ve bağlayıcıları aktive etmek için sudan oluşan, 1500°C sinterleşme sıcaklığına sahip ve su ile yapışabilir kil içeriğine sahiptir (Yalçın, vd., 2003). Karbon içeriği nedeniyle siyah renkli, yarı-köşeli veya yuvarlak şekilli, %85-95'i 0,6 mm ile 0,15 mm arasında, %5-12'si ise 0,075 mm'den küçük yapıda kumlardır (Javed, vd., 1994b; Kaur, vd., 2012).

Dökümhane kumları kullanılan bağlayıcının cinsine göre; inorganik bağlayıcılı doğal dökümhane kumları (yeşil kum), organik bağlayıcılı sentetik döküm kumları olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki grup kum, yararlı kullanım için uygun olmakla birlikte, farklı fiziksel ve çevresel özelliklere sahiptir. Döküm kumlarında en çok kullanılan inorganik bağlayıcılar killerdir. Bunların arasında en çok tercih edilen ise bentonitlerdir. Organik bağlayıcı olarak; reçineler kullanılmaktadır. Reçine bağlı bir kum pişirildikten sonra çok sert bir yüzeye sahip olur, ancak en büyük dezavantajı, durduğu yerde hızla nem absorplamasıdır; bu sebepten reçine bağlı kalıp veya maçalar pişirildikten hemen sonra kullanılmalıdır.

Bentonitli döküm kumunun avantajı; nem miktarını uzun süre saklayabilmesidir. En büyük dezavantajı ise, özelliklerinin değişken oluşu, istendiği gibi sabit tutulmamasıdır. Reçineli döküm kumunun avantajı; üniform tane boyutu, daha yüksek refrakterlik özelliği, daha düşük miktarda su, daha kolay kontrol edilebilirliği, yüksek geçirgenlik Doğal kumlardaki yaklaşık % 6-8 nem'e karşı sentetik kumlarda çoğunlukla % 3 civarında nem vardır (Başar ve Aksoy, 2012).

Atık döküm kumları üzerine yapılan çalışmaların başlangıcı 1980'li yıllara dayanmaktadır. Yapılan çalışmalarda; atık döküm kumlarının sızma karakteristikleri incelenmiş (Engroff, vd., 1989; Ham, vd., 1990; Tikalsky, vd., 1998). atık döküm kumlarının çamurlarla karıştırarak permeabilitelerini araştırmışlar (Tarun ve Shiw, 1997) ve geri dönüştürülebilir bir atık olarak geoteknik uygulamalardaki kullanımlarını incelemiştir. Termal analizlerle %98 inin geri dönüştürülerek kullanılabilmesi, karayolları seddelerinde ve yol yapımı için dolgu malzemesi (Ham vd., 1990; Kirk, 1998; Mast ve Fox, 1998; Partridge, vd., 1999) bunun yanı sıra, bitümlü asfalt karışımlarda kullanılabilirliğini (Braham, 2002) incelemiştir. Atık döküm kumlarının, yol alt ve üst yapısında dolgu malzemesi ve temel tabaka olarak kullanımını araştırmışlardır (Güney ve Koyuncu, 2002; Güney, vd., 2006).

Atık döküm kumlarının, spor ve oyun sahaları için dolgu malzemesi, hidrolik bariyerlerde kullanımı (Abichou, vd., 1998; Abichou, vd., 2000), akışkan dolgularda (Deng vd., 2008; Siddique and Noumowe, 2008; Tikalsky, vd., 2000), zemin ıslahında (Vipulanandan, 2000) da kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Atık döküm kumlarının, geçirimsizlik özelliğini bentonit katkısıyla iyileştirerek depo sahasında geçirimsiz perde yapımında kullanılabilirliği üzerine de araştırmalar vardır (Solmaz, 2008).

Beton içinde (Khatib, vd., 2010; Siddique, vd., 2009; Yalçın vd., 2003) ayrıca çimento harcı olarak kullanılabilmesini ileri sürmüşlerdir. (Bakış, vd., 2006; Güney, vd., 2006; Javed vd., 1994b.), tuğla, briket, yol taşı yapımı, inşaat mühendisliğinde (Smith, 1994, Khatib ve Ellis, 2001, Naik, vd., 2004; Siddique vd., 2009) kullanımı üzerine de çalışmalar vardır. Seramik-fayans malzemelerinde kullanımı üzerine de (Naga ve El-Maghraby, 2003; Seung-Whee ve Woo-Keun, 2006) araştırmalar yapılmıştır.

Tarımsal uygulamalarda, kompost malzemesi ile birlikte toprak iyileştirici olarak kullanımı (Lindsay and Logan, 2005) yönelik çalışmalarda bulunmaktadır. Kışın buzlandırmayı önleme, yüksek silika içeriği ile zararlı atıkların vitrifikasyonunda, yeşil metal döküm kumlarının hendek, çukur ve siper gibi değişken dolgu alanlarında kullanılabilceği bulunmuştur. Yine döküm kumlarından Zn, Mn ve Pb uzaklaştırılması için elektrik yöntemi önerilirken, döküm kumu içindeki krom ve silikanın yeniden kazanımı için yöntem önerenler de vardır (Güney vd., 2002).

Amacımız; dökümhanelerde temel atık olarak meydana gelen atık döküm kumlarının yarattığı çevre sorunlarının azaltılması ve kontrol edilmesi ve yeniden değerlendirilmesine yönelik çözüm önerilerine katkıda bulunabilmektir.

Bu çalışmada, döküm endüstrisinden kaynaklanan atık döküm kumlarının, tekstil endüstrisi atık sularında renk gideriminde adsorbent olarak kullanılması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

Çalışmamızda adsorbent olarak kullanılan atık döküm kumu Samsun'da bulunan Birlik Döküm Sanayi A.Ş. 'den temin edilmiştir. Döküm kumu, pik döküm işlemlerinde kullanılan bentonitli döküm kumudur.

Tablo 1. Döküm kumunun kimyasal bileşimi (AFS, 1991)

Bileşen	%
SiO ₂	87.91
Al ₂ O ₃	4.70
Fe ₂ O ₃	0.94
CaO	0.14
MgO	0.30
SO ₃	0.09
Na ₂ O	0.19
K ₂ O	0.25
TiO ₂	0.15
Mn ₂ O ₃	0.02
SrO	0.03
Kızdırma kaybı	5.15

Adsorpsiyon çalışmalarında kullanılmak üzere metilen mavisi (C₁₆H₁₈N₃SCI), seçilmiştir. Öncelikle 1000 ppm'lik (mg/L'lik) stok çözeltisi hazırlandı. Daha sonra istenen konsantrasyonlardaki (25, 50, 100 ve 200 mg/L) boya çözeltileri, stok çözeltilerden seyreltme yapılarak hazırlandı. Boya çözeltilerinin pH ayarları 0,1 N NaOH ve 0,1 N HCl çözeltileri kullanılarak yapıldı.

2.2. Metod

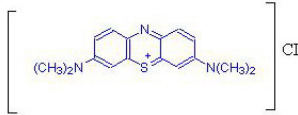
Deneylerde kullanılan metilen mavisi çözeltileri 1000 mg/l konsantrasyonunda hazırlanan stok çözeltilerden uygun oranlarda seyreltmeler yapılarak hazırlandı. Kesikli sistem adsorpsiyon çalışmaları, 250 ml'lik cam balonda (çalışma hacmi 50 ml) metilen mavisi boyarmadde çözeltileri ile istenilen dozdaki atık döküm kumu temasıyla gerçekleştirildi. Atık döküm kumu ile metilen mavisi karışımı sıcaklık kontrollü karıştırıcıda 150 rpm sabit hızda 1 saat karıştırıldı. Deneyler, 25 - 200 mg/l başlangıç konsantrasyonlarında, 3-9 pH aralığında, 0.25- 1g adsorbent dozu ve 5 - 240 dk aralığında gerçekleştirilmiştir. Örnekler, UV-Vis Spektrofotometrede λ_{max} 665 nm'de ölçülmüştür. Atık döküm kumu ile metilen mavisinin adsorpsiyon verimi (E) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplandı.

$$E(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

C_0 : Başlangıç Konsantrasyonu

C : t anındaki konsantrasyon

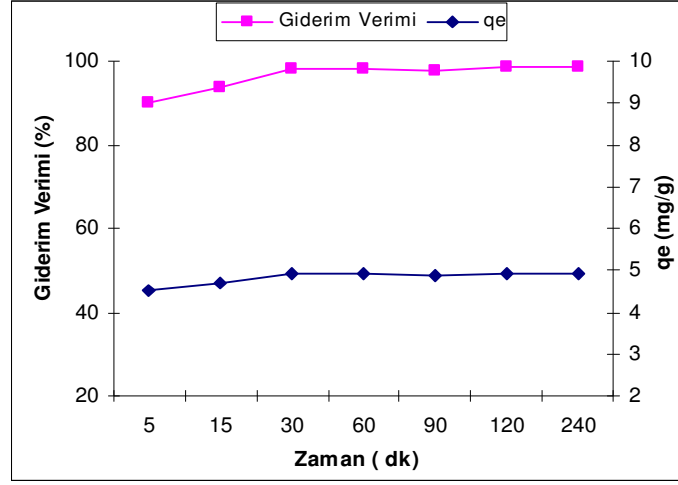
Tablo 2. Metilen mavisi'nin fiziksel özellikleri

Sınıflandırma numarası	52015
Suda çözünürlük	%3.55
λ_{max}	665 nm
Molekül ağırlığı	319,9 g/mol
Boya grubu	Tiyazin
Kimyasal Formülü	

3. Bulgular ve Değerlendirme

3.1. Temas süresinin etkisi

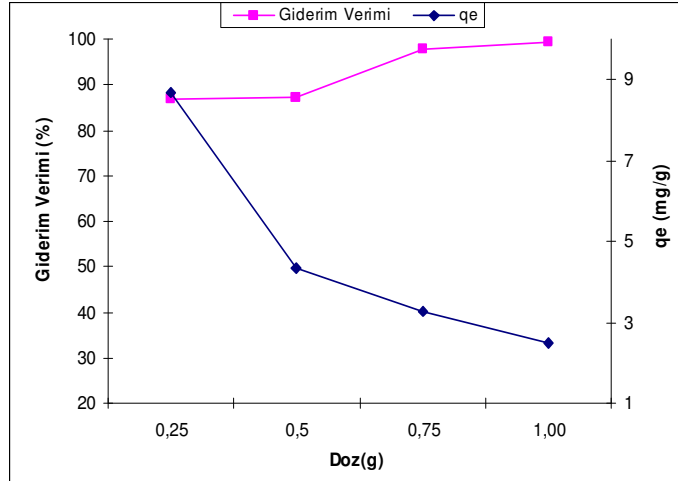
Metilen mavisinin atık döküm kumu üzerine adsorpsiyon metodu ile uzaklaştırılmasında sürenin etkisini araştırmak ve adsorpsiyon kapasitesinin en yüksek seviyede bulunduğu alıkonma süresinin belirlemek amacıyla 5 - 240 dakika süreyle denemeler yapılmıştır ve yapılan denemelerde adsorpsiyonun yaklaşık olarak 60. dakikadan itibaren dengeye ulaştığı ve bu dengenin 120. dakikaya kadar devam ettiği daha sonra desorpsiyona geçişin olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle adsorpsiyon deneylerinde çalışma süresi 60 dakika olarak seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Zamanın adsorpsiyon kapasitesi etkisi

3.2. Atık döküm kumu dozunun etkisi

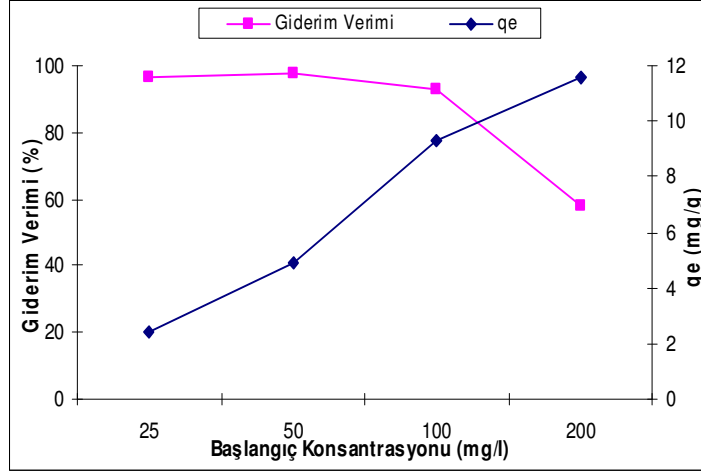
Metilen mavisi giderimine atık döküm kumu dozunun etkisini incelemek için 50 mg/L'lik 50 ml çözeltisi, 20 °C ve 150 rpm çalkalama hızında ve ortamın doğal pH'inde 0,25 - 1 g aralığında farklı dozlar çalışmaları yapılmıştır. Farklı adsorbent dozlarında metilen mavisi adsorpsiyon verimine etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Atık döküm kumu dozu artmasıyla metilen mavisi giderim verimi artmaktadır.



Şekil 2. Atık döküm kumu dozunun adsorpsiyon kapasitesine etkisi

3.3. Başlangıç konsantrasyonunun etkisi

Deneylerde başlangıç boyar madde konsantrasyonunun adsorpsiyon prosesi üzerindeki etkisini belirlemek için, metilen mavisinin 25, 50, 100 ve 200 mg/L başlangıç konsantrasyonlarında numuneler hazırlanmıştır. 60 dakikalık alıkonma süresince belirli zaman aralıklarında numuneler alınarak boyar madde konsantrasyonları ölçülmüştür. Başlangıç konsantrasyonunun adsorpsiyon üzerindeki etkisi Şekil 3’de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi boyar maddenin konsantrasyonu arttıkça adsorpsiyon verimi azalmıştır.



Şekil 3. Başlangıç boyar madde konsantrasyonunun adsorpsiyon kapasitesine etkisi

3.4. pH'nın etkisi

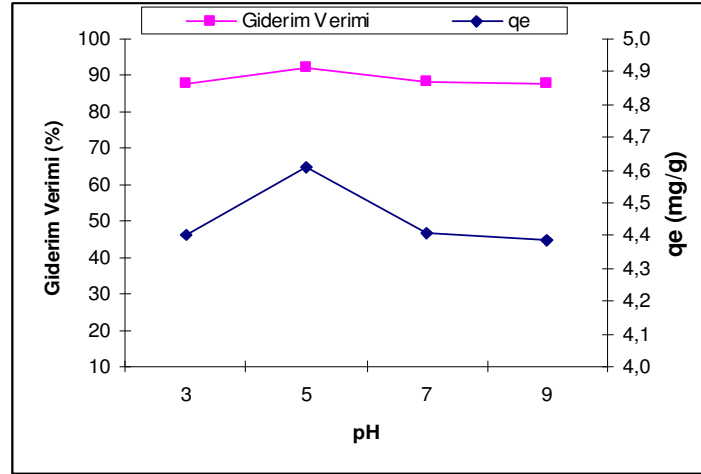
Renk giderimi üzerine pH'ın etkisi, pH 3- 9 aralığında incelenmiştir. 150 rpm çalkalama hızında, 25°C’de, 0.5 g atık döküm kumu ve 50 mg/L boya çözeltileri kullanılarak, 1 saatlik çalkama süresi sonunda elde edilen deney sonuçları Şekil 4’te sunulmuştur.

3.5. Adsorption izotermi

Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi su ve atıksu uygulamalarında yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Langmuir adsorpsiyon izotermi teorik bir model olup yüzeydeki tüm merkezlerin aynı olduğu, adsorplanmış moleküllerin kendi aralarında etkileşmediği, yüzeylerin homojen olduğu ve adsorpsiyonun tek tabaka halinde gerçekleştiği kabulüne dayanır. Langmuir adsorpsiyon modeline ait eşitlik aşağıda verilmiştir

$$1/q_e = 1/q_m + 1/bq_m C_e \quad (2)$$

q_e , birim adsorbent kütesinde adsorplanan boya miktarı (mg/g), C_e , dengede adsorplanmadan kalan boya derişimi (mg/l), q_m ve b ise Langmuir sabitleridir. q_m ve b değerleri C_e ’ye karşı C_e/q_e grafiğinin eğim ve kaymasından hesaplanır. Şekil 5a’da Langmuir izotermi gösterilmiştir. İzoterm sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

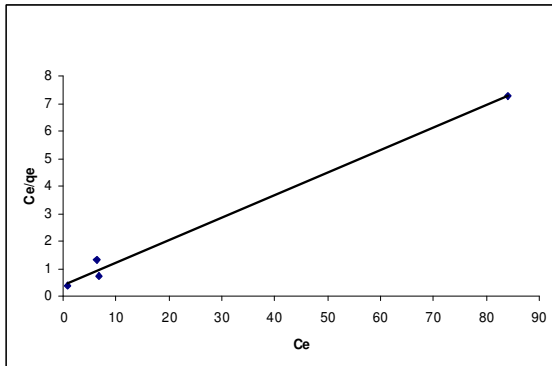


Şekil 4. Ortam pH'ının adsorpsiyon kapasitesine etkisi

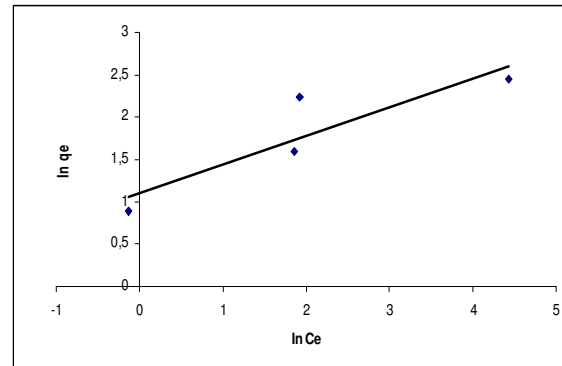
Freundlich izoterm eşitliği adsorplanan derişimdeki artışla, adsorbent yüzeyindeki adsorplanmış madde derişiminin de arttığı varsayımına dayanmaktadır. Freundlich çözeltilerin adsorpsiyonunu açıklamak için aşağıdaki eşitliği türetmiştir:

$$\log q_e = \log K + (1/n) \log C_e \quad (3)$$

q_e , birim adsorban üzerine adsorplanan boya miktarı (mg/g), C_e adsorpsiyon sonrası çözeltide kalan boyanın derişimi (mg/l), K deneysel olarak bulunur ve adsorpsiyon kapasitesini ifade eder, n ise adsorpsiyon yoğunluğudur. $1/n$ ve K değerleri $\log C_e$ 'nin $\log q_e$ 'ye karşı grafiğinden elde edilir. Şekil 5b'de Freundlich izotermi gösterilmiştir. İzoterm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 5a. Atık döküm kumu ile metilen mavi adsorpsiyonunun Langmuir izotermi



Şekil 5b. Atık döküm kumu ile metilen mavi adsorpsiyonunun Freundlich izotermi

Tablo 3. Atık Döküm Kumu ile metilen mavi adsorpsiyonu için izoterm sonuçları

	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	q_m (mg/g)	b (g/l)	R^2	K (mg/g)	$1/n$ (g/l)	R^2
Atık Döküm Kumu	12.26	0.196	0.9934	3.025	0.3372	0.7967

4. Sonuçlar

Bu çalışmada tekstil endüstrisinde boyama işlemlerinde kullanılan metilen mavi (methylene blue) boyar maddesinin gideriminde ucuz maliyetli bir adsorbent olan Samsun ilinde bulunan dökümhaneden temin edilen bentonitli döküm kumunun kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Atık döküm kumu ile metilen mavi giderimine temas süresinin, adsorbent dozunun, başlangıç metilen mavi konsantrasyonu ve pH'ın etkileri incelenmiştir. Başlangıç metilen mavi konsantrasyonunun giderim verimine etkileri incelendiğinde, artan konsantrasyon ile giderim veriminde düşme gözlenmiştir. Bununla birlikte atık döküm kumu adsorplama kapasitesinde artış sağlanmıştır. Adsorpsiyon izotermi incelendiğinde ve modellere ait grafiklerin korelasyon katsayıları (R^2) dikkate alındığında, atık döküm kumu ile metilen mavi giderimi için en uygun izoterm modeli Langmuir izoterm modeli olarak saptanmıştır. Langmuir izoterm modeli ile atık döküm kumunun maksimum adsorpsiyon kapasitesi metilen mavi için 8.99 mg/g olarak belirlenmiştir. Ayrıca adsorpsiyon sabiti b değerinin düşük olması adsorpsiyon veriminin iyi olduğunu göstermektedir.

Kaynaklar

Abichou T., Benson C.H., Edil T.B., Freber B.W. (1998). Using Waste Foundry Sand for Hydraulic Barriers. *ASCE Geotechnical Special Publication*, 79, 86-99, 1998.

Abichou T., Benson, C.H., Edil, T.B. (2000). Foundry Green Sands as Hydraulic Barriers: Laboratory Study. *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126(12), 1174-1183,

Akbal, F. (2005). Adsorption of Basic Dyes From Aqueous Solution onto Pumice Powder. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286, 455–458.

Aksu, Z. (2005). Application of Biosorption For The Removal of Organic Pollutants: a review. *Process Biochemistry*, 40, p: 997–1026.

Aksu, Z., Isoglu, I. A. (2006). Use Of Agricultural Waste Sugar Beet Pulp For The Removal

of Gemazolturquoise Blue-G Reactive Dye from Aqueous Solution. *Journal of Hazardous Materials*, B137, 418–430.

Al-Degs, Y., Khrausheh, M. A. M., Allen, S.J., Ahmad, M.N. (2000). Effect Of Carbon Surface Chemistry On The Removal Of Reactive Dyes From Textile Effluent. *Water Research*, vol.,34, no.3, ss. 927-935.

American Foundrymen's Society (1991). Alternative Utilization of Foundry Waste Sand. *Final Report (Phase I) prepared by AFS Inc. for Illinois Department of Commerce and Community Affairs, Des Plaines, Illinois.*

Bakis R., Koyuncu H., Demirbas A. (2006). An Investigation of Waste Foundry Sand in Asphalt Concrete Mixtures. *Waste Management Resources*, 24, 269-274.

Baskaralingam, P., Pulikesi, M., Elango, D., Ramamurthi, V., Sivanesan, S. (2006). Adsorption of Acid Dye onto Organobentonite. *Journal of Hazardous Materials*, B128, 138–144.

Basar H.M., Aksoy N.D. (2012). Recovery Applications Of Waste Foundry Sand. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 205-224.

Braham A. (2002). The Use of Blended Recycled Foundry Sand in Hot Mix Asphalt. *Interim Report*, University of Wisconsin, US.

Benkli, Y.E., Can, M.F., Turan, M., Celik, M.S. (2005). Modification of organozeolite surface for the removal of reactive azo dyes in fixed-bed reactors. *Water Research*, 39, 487–493.

Can, Y.M., Yildiz, E. (2005). Phosphate Removal From Water By Fly Ash: Factorial Experimental Design. *Journal of Hazardous Materials*, 6-12.

Chen, X.C., Wang, Y.P., Lin, Q., Shi, J.Y., Wu, W.X., Chen, Y.X. (2005). Biosorption of copper(II) and Zinc(II) From Aqueous Solution by *Pseudomonas putida* CZ1. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 46, p; 101–107.

Deng A., Tikalsky P.J., (2008). Geotechnical and Leaching Properties of Flowable Fill Incorporating Waste Foundry Sand. *Waste Management*, 28, 2161-2170,

Dincer, A. R., Günes, Y., Karakaya N., (2007). Coal-based bottom ash (CBBA) waste material as adsorbent for removal of textile dyestuffs from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, 141, 529–535.

Eltem, R., (2001). Atık Sular ve Arıtım. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, No: 172, İzmir.

Engroff E.C., Fero E.L., Ham R.K., Boyle W.C., (1989). Laboratory Leachings of Organic Compounds in Ferrous Foundry Process Waste. *Final Report to American Foundrymen's Society*, Des Plaines, IL

- Güney Y., Koyuncu H., (2002). Atık Döküm Kumlarının Yol Alt Yapısında Kullanımı. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi*, 21-22 Ekim, Eskişehir.
- Güney Y., Aydılek A., Demirkan M., (2006). Geoenvironmental Behavior of Foundry Sand Amended Mixtures for Highway Subbase. *Waste Management*, 26, 932-945.
- Güney Y., Sari Y.D., Yalcin M., Tuncan A., Donmez S., (2010). Re-usage of Waste Foundry Sand in High-Strength Concrete. *Waste Management*, 30, 1705-1713.
- Ham, R.K., Boyle W.C., (1981). Leachability of Foundry Process Solid Wastes. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 107(1), 155-170.
- Ham R.K., Hippe J.C., Boyle W.C., Lovejoy M., Trager P.A., Wellender D., (1990). Evaluation of Foundry Wastes for Use in Highway Construction. *ASCE Environmental Engineering*, 681-682.
- Javed S., Lovell C.W., (1994a). Use of Waste Foundry Sand in Civil Engineering. *Transportation Research Board*, 1486,109-113.
- Javed S., Lovell C.W., Wood L.E., (1994b). Waste Foundry Sand in Asphalt Concrete. *Transportation Research Record*, 1437, 27-34.
- Kaur G., Siddique R., Rajor A., (2012). Properties of Concrete Containing Fungal Treated Waste Foundry Sand. *Construction and Building Materials*, 29, 82-87.
- Khatib J.M., Ellis, D.J., (2001). Mechanical Properties of Concrete Containing Foundry Sand. *ACI Special Publication*, 200, 733-748.
- Khatib J.M, Baig S., Bougara A., Booth C., (2010). Foundry Sand Utilisation in Concrete Production. *2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, 28-30 Haziran, Ancona, Italy.
- Kilinc Alpat, S., Ozbayrak, O., Alpat, S., Akcay, H., (2008). The Adsorption Kinetics and Removal Of Cationic Dye, Toluidine Blue O, from Aqueous Solution with Turkish Zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 213–220.
- Kirk P.B., (1998). Field Demonstration of Highway Embankment Constructed Using Waste Foundry Sand. *Doktora Tezi, Purdue University*, West Lafayette, IN, US,.
- Lindsay B.J., Logan T.J., (2005). Agricultural Reuse of Foundry Sand. *Journal of Residuals Science & Technology*, 2(1), 3-12.
- Mahramanlioğlu, M., Arkan, B., (2002). Kömürden Elde Edilen Adsorbent ile Boyarmadde Uzaklaştırılması. *Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildirileri Kitabı*, 29-31 Mayıs Zonguldak, 205-215.
- Mast D.G., Fox P.J., (1998). Geotechnical Performance of a Highway Embankment Constructed Using Waste Foundry Sand. *Geotechnical Special Publication*, 79, 66-85,

- Mohamed, M.M., (2004). Acid dye removal: comparison of surfactant- modified mesoporous FSM-16 with activated carbon derived from rice husk. *Journal of Colloid and Interface Science*, 272: 28-34.
- Naga S.M., El-Maghraby A., (2003). Industrial Waste as Raw Materials for Tile Making. *Silicates Industrials*, 68, 89-92.
- Naik T.R., Kraus R.N., Chun Y.M., Ramme W.B., Siddique R., (2004). Precast Concrete Products Using Industrial By-products. *ACI Materials Journal*, 101(3), 199-206.
- Ozcan, A.S., Erdem, B. and Ozcan, A., (2004a). Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto Na-bentonite and DTMA-bentonite. *J.Colloid and Interface Sci.*, **280 (1)**, 44-54
- Ozcan, A.S. and Ozcan, A., (2004b). Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acid-activated bentonite, *J.Colloid and Interface Sci.*, **276 (1)**, 39-46
- Partridge B.K., Fox P.J., Alleman J.E., Mast D.G., (1999). Field Demonstration of Highway Embankment Construction Using Waste Foundry Sand. *Journal of the Transportation Research Board*, 1670, 98-105.
- Rauf M.A., Bukallah, S.B., Hamour, F.A., Nasir, A.S., (2008). Adsorption of Dyes from Aqueous Solutions onto Sand and Their Kinetic Behavior. *Chemical Engineering Journal*, 137, 238–243.
- Sakkayawong, N., Thiravetyan, P., Nakbanpote, W., (2005). Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286: 36-42.
- Seung-Whee R., Woo-Keun L., (2006). Characteristics of Spent Foundry Sand-Loess Mixture as Ceramic Supports Materials. *Materials Science Forum*, 510-511, 378-381.
- Siddique R., Noumowe A., (2008). Utilization of Spent Foundry Sand in Controlled Low-Strength Materials and Concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, 27-35.
- Siddique R., Schutter G., Noumowe A., (2009). Effect of Used-Foundry Sand on the Mechanical Properties of Concrete. *Construction and Building Materials*, 23, 976-980.
- Smith A., (1994). Utilization of Used Foundry Sand in Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 6(2), 254-63,.
- Solmaz P., (2008). Atık Döküm Kumunun Geçirimsiz Perde Yapılarak Tekrar Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Tarun R.N., and Shiw S.S., (1997). Permeability of Flowable Slurry Materials Containing Foundry Sand and Fly Ash. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(5), 446-452,
- Tikalsky P.J., Smith E., Regan R., (1998). Proportioning Spent Casting Sand in Controlled Low-Strength Materials. *ACI Materials Journal*, 95(6), 740-746.
- Tikalsky P.J., Gaffney M., Regan R., (2000). Properties of Controlled Low-Strength Material Containing Foundry Sand. *ACI Materials Journal*, 97(6), 698-702.
- Vipulanandan C., Weng Y., Zhang C., (2000). Designing Flowable Grout Mixes Using Foundry Sand, Clay and Fly ash in Advances in Grouting Modification. *ASCE Geotechnical Special Publications*, 104, 215-233.
- Wang S, Boyjoo Y, Choueib A, Zhu Z.H, (2005). Removal of dyes from aqueous solution using fly ash and red mud. *Water Research*, 39: 129-138.
- Yalçın M., Güney Y., Koyuncu H., Baş, Ö.F., (2003). Atık Döküm Kumunun Betonda Kullanılabilirliği. 5. *Ulusal Beton Kongresi*, 1-3 Ekim, İstanbul.
- Yener J., Kopac T., Dogu G., Dogu T., (2006), “Adsorption Of Basic Yellow 28 From Aqueous Solutions With Clinoptilolite And Amberlite”, *Journal of Colloid and Interface Science*, 294(2), 255-264.
- Yoo, E.S., Libra, J. and Adrian, L. (2000). Mechanism of Decolorization of Azo Dyes in Anaerobic Mixed Culture. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 127(9), 844-849.
- Zille, A., Tzanov , T.,. Gübitz, G., Cavaco-Paulo, A., (2003). Immobilized Laccase For Decolourization Of Reactive black 5 Dyeing Effluent. *Biotech. Letters*, 25:1473–1477