

**PLATANUS ORIENTALIS L. ADSORBANI İLE HAM PETROL
DÖKÜNTÜLERİNİN SULARDAN GERİ KAZANIMI**

RECOVERY OF CRUDE OIL SPILLS FROM WATER WITH *PLATANUS
ORIENTALIS L. ADSORBENT*



**ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ**

Hulusi DİLER¹

Yıldız LEBLEBİCİER*¹

¹Dumlupınar Bilim ve Sanat Merkezi, Afyonkarahisar / Türkiye

¹Dumlupınar Science and Art Center, Afyonkarahisar / Türkiye

hulusidiler08@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2820-4120

*yildizleblebicier@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-2835-7584

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFORMATION

Geliş Tarihi / Date Received

07.11.2023

Kabul Tarihi / Date Accepted

25.12.2024

Yayın Tarihi / Date Published

Aralık / December 2024

Yayın Sezonu / Pub Date Season

Aralık - Haziran / December - June

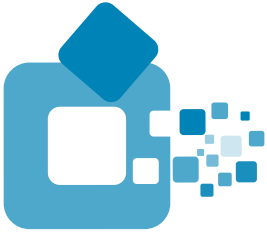
ATIF / CITE as

Leblebicier, Y., Diler, H. (2024).” *Platanus orientalis* L. Adsorbani ile Ham Petrol Döküntülerinin Sulardan Geri Kazanımı” / ”Ecological New Generation Adobe”. bilar: Bilim Armonisi Dergisi, 7 (2): 4-9 doi. 10.37215/bilar.1387562

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilar>

Copyright © Published by Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Since 2018, Antalya, 07100 Turkey. All rights reserved.





PLATANUS ORIENTALIS L. ADSORBANI İLE HAM PETROL DÖKÜNTÜLERİNİN SULARDAN GERİ KAZANIMI

RECOVERY OF CRUDE OIL SPILLS FROM WATER WITH *PLATANUS
ORIENTALIS L. ADSORBENT*



ANTALYA
İL MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

ÖZET

Sanayi devriminden bu yana endüstriyel gelişmeler ve petrolün keşfi, üretimi ve işlenmesi, çevresel kirlilik risklerini artırmıştır. Özellikle son yıllarda, dünyadaki petrol kirliliği içeren su hacmindeki artış, bu suların çevreye boşaltılmasıyla ciddi çevresel sorunlara yol açmıştır. Bu nedenle, petrol içeren suların arıtılması, ekosistemlerin korunması için hayati öneme sahiptir. Geleneksel olarak, petrol içeren sular fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin çoğu, su içinde asılı kalan küçük petrol partiküllerini ve çözünmüş bileşenleri tam olarak ortadan kaldıramamakta, yüksek işletme maliyetleri gerektirmekte ve açık deniz platformlarında tehlikeli çamur oluşumuna neden olmaktadır.

Bu kapsamda, petrol döküntülerinin adsorpsiyon yoluyla giderimi, düşük maliyeti ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle dikkat çekici bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Petrolün sudan uzaklaştırılmasında, doğu çınarı (*Platanus orientalis*) tohumlarının çevresindeki selülozik lifler adsorban olarak tercih edilmiştir. Adsorbanın petrol adsorplama kapasitesi, ASTM F726-06 uluslararası standartlarına uygun testlerle ölçülmüştür. Optimize edilen doğu çınarı tohumlarının, kısa ve uzun vadeli petrol adsorpsiyonu testleri ile dinamik bozunma testleri gerçekleştirilmiştir. Simüle edilmiş deniz suyu (%3 tuz içeriği) kullanılarak yapılan testler sonucunda, 24 saatlik uzun vadeli değerlendirmede adsorban kapasitesi 26,21 g petrol/g adsorban olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, doğu çınarının kolay temin edilebilir olması ve yüksek adsorpsiyon kapasitesi nedeniyle benzer yöntemlerde kullanılan diğer adsorbanlara kıyasla daha ekonomik ve etkili bir seçenek sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Adsorban, Petrol döküntüsü, Su kirliliği

ABSTRACT

Since the Industrial Revolution, industrial developments and the discovery, production, and processing of petroleum have significantly increased environmental pollution risks. In recent years, the rise in the volume of oil-contaminated water worldwide has led to severe environmental problems as these waters are discharged into the environment. Therefore, the treatment of oil-contaminated waters is of critical importance for the protection of ecosystems. Traditionally, oil-contaminated waters are treated using physical, chemical, and biological methods. However, many of these methods fail to completely remove small suspended oil particles and dissolved components from water, involve high operational costs, and lead to the production of hazardous sludge, particularly on offshore platforms.

In this context, adsorption has emerged as an attractive alternative for removing oil contaminants due to its low cost and ease of application. In this study, the cellulosic fibers surrounding the seeds of the oriental plane tree (*Platanus orientalis*) were selected as an adsorbent for the removal of oil from water. The adsorption capacity of the adsorbent was measured according to the ASTM F726-06 international standards. Optimized oriental plane tree seeds were subjected to short- and long-term oil adsorption tests as well as dynamic degradation tests. The tests were conducted using simulated seawater containing 3% salt. The results of the 24-hour long-term tests revealed that the adsorption capacity of the fibers surrounding the oriental plane tree seeds was 26.21 g of oil per gram of adsorbent. The findings demonstrate that oriental plane tree seeds are a cost-effective and highly efficient alternative to other adsorbents due to their high oil retention capacity and ease of availability.

Keywords: Adsorbent, Oil spill, Water pollution

Bu çalışma, TÜBİTAK 2204-D Lise Öğrencileri İklim Değişikliği Araştırma Projeleri Yarışması'na katılmıştır.

1. GİRİŞ

Tüm dünyadaki gelişen teknoloji ve sanayiinin sürekli enerji ihtiyacı, daha fazla petrolün çıkarılması, rafine edilmesi, taşınması, depolanması ve kullanılması ile sonuçlanmıştır. Her yıl milyonlarca ton petrol kazara çevreye dökülerek önemli sağlık, çevre, güvenlik ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır (Bazargan vd. 2015). Petrol ve gaz üreticileri artan enerji talebine cevap vermektedir. Dünyada, karada ve denizde toplam 65.000'den fazla petrol ve gaz sahası bulunmaktadır (Wan vd. 2015). Ayrıca petrol ve gaz endüstrisinde her yıl milyarlarca galon üretilen proses suyu atık ürün olarak üretiliyor (Veil vd. 2004). Petrol döküntüleri karmaşık yapıları gereği çevrede benzer şekilde davranmazlar. Bazı bileşenler buharlaşma eğilimi gösterirken diğerleri katılara bağlanmayı tercih eder, bazı petrol malzemeleri son derece tepkisizken diğerleri ışıqla etkileşime girer, bu nedenle su yaşamı ve dolayısıyla insanlar üzerinde farklı toksik etkileri vardır(Wahi vd. 2013). Mevcut arıtma maliyetlerini azaltmak için petrol sızıntularıyla kirlenmiş suyu arıtmak ve iyileştirmek için çeşitli geleneksel ve ileri teknolojiler kullanılmıştır(Veil vd. 2004). Petrol sızıntılarının giderilmesi sırasında genellikle biyolojik arıtma, membran filtrasyonu veya aktif karbon ile adsorpsiyon gibi teknolojiler uygulanmaktadır.

Bu çevresel sorunu gidermek için mekanik, fizikokimyasal, kimyasal, biyolojik vb, çok sayıda metodoloji ve deneysel yol geliştirilmiştir(Likon vd. 2013). Etkinlikleri esas olarak petrolün türü ve miktarına, temas sürelerine, yerlerine ve hava koşullarına bağlıdır(Tanobe vd. 2009). Dağıtıcılar, sorbentler, katılaştırıcılar, bariyerler ve deniz süpürücüler gibi petrol ıslahı için çok çeşitli malzemeler uygulanmaktadır(Adebajo vd. 2003). En etkili stratejilerden biri sorbent kullanımına dayanmaktadır(Lim ve Huang 2007). Kirlenmiş suyu uygun şekilde giderilebilir ve sorbentler geri dönüştürülebilir(Maleki 2016).

Bir sorbent, adsorpsiyon, adsorpsiyon veya her ikisi yoluyla sıvıları geri kazanmak için kullanılabilen bir malzeme olarak tanımlanır(Likon vd. 2013). Daha önce farklı sorbent türlerinin bir sınıflandırması oluşturulmuştur(Biswas vd. 2005); ASTM F726-06). ASTM F726-06; tip I, kalınlığına kıyasla daha yüksek uzunluk ve genişlik gösterir; tip II, işlenecek yeterli form mukavemetine sahip olmayan konsolide olmayan partikül malzemelere atıfta bulunur; tip III, yastıklar veya bariyerler gibi kapalı sorbentler olarak tanımlanır ve tip IV, yüksek viskoziteli Ham Petrollerin ve diğer viskoz bileşiklerin girmesine izin veren açık bir yapı sunar.

Bir emici malzemenin etkinliği, yüksek emme kapasitesi, gözeneklilik, oleofiliklik, yeniden kullanılabilirlik, düşük su tutma ve yoğunluk,

hızlı Ham Petrol emme oranı, ucuz, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve bulunabilirlik gibi çeşitli özelliklere bağlıdır (Lim ve Huang 2007; Wahi vd. 2013).

Bu çalışmada çevreye dökülen petrolün ekonomik ve kolay bir şekilde temizlenmesini sağlayacak bir adsorban malzeme kullanılmıştır. Farklı bitki örnekleriyle ön çalışma yapıldıktan sonra en iyi sonuç elde edilen Doğu Çamı tohumunu çevreleyen selülozik yapıdaki lifler adsorplayıcı olarak kullanılmıştır. Adsorban malzemelerin adsorplama kapasiteleri uluslararası bir standart olan ASTM F726-06 standartlarına (uluslararası adsorban malzeme standartları) uygun testlerle belirlenmiştir. Bu standartlara uygun çalışılmasının nedeni malzemeye uluslararası bir standart kazandırmaktır. Çalışmada deniz ve açık hava ortamı simüle edilmiştir

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma denizlere dökülen ham petrolün organik atıklarla temizlemesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Bu amaçla öncelikle bir petrol tutucu maddede olması gereken özellikler belirlenmiştir. Bu özelliklerden biri malzemenin hidrofobik olması diğeri ise yoğunluğunun düşük olmasıdır. Bu çıkarımdan yola çıkarak çevremizde gördüğümüz bu özelliklere sahip bitkiler ve organik atıkların petrol adsorplayıp adsorplamadıkları belirlendi. Ön çalışma sonucunda petrolü en iyi adsorplayan madde olan doğu çınarı tohumunu çevreleyen lifler ile ileri düzey standart deneysel çalışmalar gerçekleştirildi. Çalışmada kullanılan Bakü menşeli ham petrol BOTAŞ petrol boru hattı boşaltım tesislerinden temin edildi.



Şekil 1. Doğu Çınarı (*Platanus orientalis* L) tohumları

Bu çalışmada, sulardan petrol döküntülerini ayırmak için Doğu Çınarı tohumu lifleri modifiye edilmeden adsorban olarak kullanılmıştır: Doğu çınarı *Platanus orientalis* L., Platanaceae familyasının bir üyesi olup, dünyadaki en yaygın çınar türleri (Şekil 1). Çok hızlı büyüeyebilen yaprak dökken bir ağaçtır. Karışık ormanlarda yaşar ve uzun ömürlülüğü ve hızlı büyümesiyle iyi bilinir. Uygun ekolojik koşullarda 500-600 yıl kadar yaşayabilir ve 30 m veya daha fazla yüksekliğe kadar büyüeyebilir, gövdesi ise 5-6 m çapında olabilir (OGM 2022). Türkiye'nin kuzey, batı ve güney bölgelerindeki tüm ormanlık alanlar, dere içlerinde, nehirlerde ve kentsel alanlarda sıklıkla görülür.

İlk bulgular elde edildikten sonra literatür taraması yapılarak daha önce yapılmış çalışmalar incelendi ve ölçüm standardı olarak ASTM F726-06 belirlendi. Testler %3 tuzlu suda gerçekleştirildi. Laboratuvar çalışmaları temelde; malzemenin optimize edilmesi, petrol adsorpsiyonunun kısa süreli ve uzun süreli testi, dinamik bozulma testi süreçlerini içermektedir.

Malzemeler: Doğu çınarı tohum lifleri (*Platanus orientalis* L.), NaCl, ham petrol, süzgeç kağıtları, gözenekli tül kumaş, Çelik mikser.

2.1. Organik Adsorbanın Hazırlanması:

Doğu çınarı tohumu (*Platanus orientalis* L); küre biçiminde olan meyvenin içerisinde çok sayıda yer alan dip tarafından selülozik yapıya liflerle kaplı olanlar tohumdur (Şekil 2). Bu çalışmada Doğu Çınarı Tohum lifleri (POL) kısaltması ile anıldı.



Şekil 2. Doğu çınarı tohumunu çevreleyen lifler

Doğu çınarı tohumu optimizasyon amacıyla musluk suyu ve ardından saf su ile yıkandı. 105°C'de 24 saat kurutuldu ve çelik mikserde öğütüldü. Tohum ve tohumu çevreleyen liflerin ayrılması için elendi. Daha sonra kullanılmak üzere + 4 derecede ağzı kapalı bir kaptaki saklandı.

2.2. Biyolojik Adsorbanın Performans Özellikleri İçin Uygulanan Testler

Çalışmada Ham Petrol geçirgenliği olan ancak adsorbanı tutacak boyutta küçük gözenekleri olan giysi materyali kılıf olarak kullanıldı. Kılıflar yastık ve sosis formunda hazırlandı. Bu testler, ASTM F726-06 prosedürüne uygun olarak çalışmada kullanılan Bakü ham petrolü ile gerçekleştirildi.

2.2.1. Dinamik Bozulma Testi (Su alımı testi):

İlk aşamada su alımını testi biyosorbentin dinamik koşullar altında oleofilik özelliklerini belirlemek için 23±°C'de yapıldı. POL numunesi 4g tartıldı. Ardından yarıya kadar su ile doldurulmuş ve ağzı kapatılmış 1 L'lik bir kavanoza kondu. Kavanoz yan yatırılarak 15 dakika bir süre için dakikada 150 devirlik bir frekansa sahip çalkalayıcıda teste tabi tutuldu. 15 dk sonra kavanozun içeriği 2 dakikalık bir süre için beklemeye alındı. POL adsorbanının durumu ve suyun durumu ile ilgili gözlemler kaydedildi.

İkinci aşamada kavanozun yarısı tatlı su ile

doldurulur ve 3 mL ham petrol eklendi. POL Adsorban numunesi kavanoza bırakıldı ve kavanoz yan yatırılarak 15 dakikalık bir süre için dakikada 150 devirlik çalkalayıcı cihaza monte edildi. Kavanozun içindekiler 2 dakika boyunca çökmeye bırakıldı, bu sırada gözlemler not edildi.

2.2.2. Ham Petrol Adsorpsiyonu Kısa Testi

POL adsorban numunesi 4 g tartıldı, yastık ve sosis formundaki kılıflara yerleştirildi. Test hücrelerine adsorban numunenin kalınlığına eşit miktarda Ham Petrol ile dolduruldu. Yastık ve sosis formundaki POL numuneleri ham petrol içine yüzecek şekilde bırakıldı ve 15 dk bekletildi. 15 dk sonra numuneler Ham Petrol içinden çıkarılıp 30 saniye havada asılı olarak bekletildi. Ham petrolü emmiş numuneler tekrar tartıldı ve hesaplamalar yapıldı. Kısa test 3 kez tekrarlanarak ortalaması alındı.

2.2.3. Ham Petrol Adsorpsiyonu Uzun Testi

Yastık ve sosis formundaki POL numuneleri ham petrol içinde yüzecek şekilde bırakıldı ve 24 saat bekletildi. 24 saat sonra numuneler Ham Petrol içinden çıkarılıp 30 saniye havada asılı olarak bekletildi. Ham Petrol emmiş numuneler tekrar tartıldı ve hesaplamalar yapıldı. Uzun test 3 kez tekrarlanarak ortalaması alındı.

2.2.4. Adsorbanın Yeniden Kullanımı

Bu test, bir adsorbanın ne ölçüde doyabileceğini, adsorbanın kaç kez bu işlem için kullanılabileceğini belirler. Bir adsorbanın yeniden kullanım için uygunluğuna karar verirken kullanılacak bir nokta, yırtılma, ezilme veya diğer genel bozulma nedeniyle kullanılamaz hale gelmeden dayanabileceği döngü sayısıdır.

3. BULGULAR

3.1. Organik Adsorbanın Hazırlanması:



Şekil 3. Öğütülmüş POL

Doğu çınarı tohumunu optimizasyon amacıyla musluk suyu ve ardından saf su ile yıkandı. 105°C'de 24 saat kurutuldu ve çelik mikserde öğütüldü. Tohumu saran selülozik yapıdaki lifler tohumlardan ayrıldı ve + 4 derecede ağzı kapalı bir kaptaki saklandı.

3.2. Biyolojik Adsorbanın Performans Özellikleri İçin Uygulanan Testler

3.2.1. Dinamik Bozulma Testi (Su alımı testi):

Testin ilk aşamasında; POL Adsorban malzemesinin %10 'undan daha azı suya battı. Numunenin %90 dan fazlası su üstünde kaldı. Kavanozun içindeki POL adsorbanı, 30 saniye sonra süzülde ve tartıldı. Adsorbanın Özgül su alma oranı, ağırlık ölçümlerinden hesaplandı.

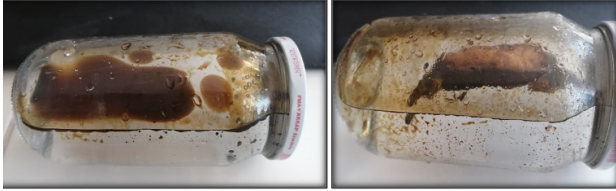


Şekil 4. POL adsorbanın dinamik bozulma testi

Testin ilk aşamasında; POL Adsorban malzemesinin %10 'undan daha azı suya battı. Numunenin %90 dan fazlası su üstünde kaldı. Kavanozun içindeki POL adsorbanı, 30 saniye sonra süzülde ve tartıldı. Adsorbanın Özgül su alma oranı, ağırlık ölçümlerinden hesaplandı.

Çizelge 1 . POL Adsorbanın özgül su adsorblama testi sonuçları			
Test no	Su testi sonrası ağırlık SWT (g)	Kuru numune ağırlığı SO (g)	Absorbe edilen net su SW (g su/g adsorban)
Test 1	7,59	4	0,8975
Test 2	7,61	4	0,9025
Test 3	7,55	4	0,8875
Ortalama	7,58	4	0,90

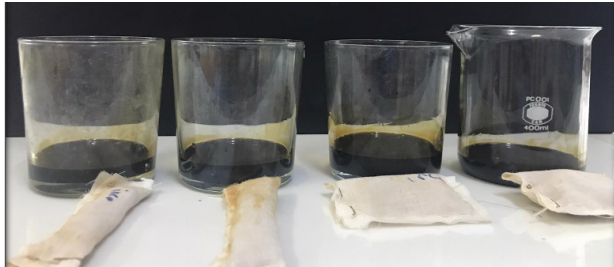
Testin ikinci aşamasında; suya ilave edilen 3 ml Ham Petrol yaklaşık 10 saniyede adsorban numune POL tarafından emildi. Suda herhangi bir renk değişimi olmadığı görüldü. Test sonucuna göre POL numunesi su üzerinde kaldığı için adsorban olarak kullanılabilmesine karar verildi.



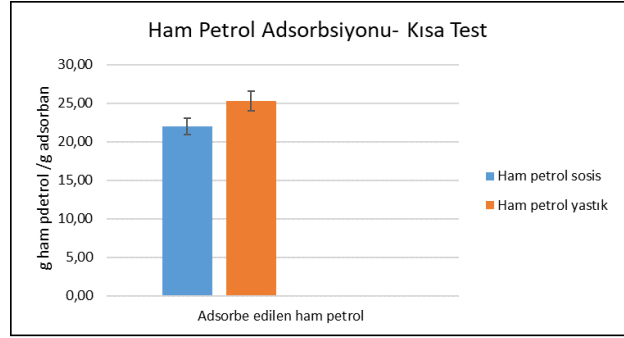
Şekil 5. POL petrol emilimi testi

3.2.2. Ham Petrol adsorbsiyonu- Kısa Test

Yastık ve sosis formundaki POL numuneleri ham petrol adsorpsiyonu için 15 dk kısa teste tabi tutuldu (Şekil 6). Test sonuçları grafiğe aktarıldı (Şekil 7).



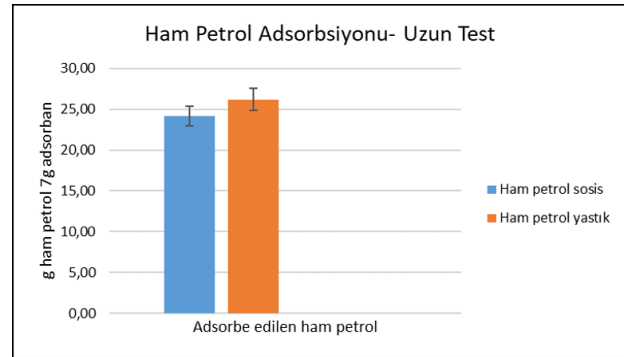
Şekil 6. Kısa ve uzun süreli ham petrol adsorbsiyonu testinin uygulanması



Şekil 7. Kısa test sonunda Ham petrol adsorbsiyonunun karşılaştırılması

3.2.3. Ham Petrol Adsorbsiyonu- Uzun Test:

Bu test, mümkün olan maksimum kapasite verisini ve doyuma kadar idealize edilmiş süreyi verecektir. Bu testin amacı, rekabet eden su varlığı olmadan optimum adsorban kapasitesini belirlemektir. POL numuneleri ham petrol içine yüzecek şekilde bırakıldı ve 24 saat bekletildi (Şekil 8). 24 saat sonra numuneler Ham Petrol içinden çıkarılıp 30 saniye havada asılı olarak bekletildi. Petrol emmiş numuneler tekrar tartıldı ve hesaplamalar yapıldı.



Şekil 8. Uzun test sonunda Ham petrol adsorbsiyonunun karşılaştırılması

3.2.4. Adsorbanın Yeniden Kullanımı

Kuru adsorban örneği 4 g tartıldı, sonra yağ ile 15 dk doyurulduktan sonra yeniden tartıldı. Adsorbe edilen toplam yağı bulmak için kuru adsorban ağırlığını çıkarıldı. Adsorban numunesi gözenekli plakaya yerleştirildi ve üzerine ağırlığı bilinen sert bir plaka (ahşap, metal) yerleştirildi. Toplam ağırlığın, adsorbanın plaka ile temas halindeki brüt alanına bölünmesiyle 0,7 kg/cm² olacak şekilde, plakanın tepesine yeterli ağırlık eklendi ve eşit olarak dağıtıldı. Adsorban 15 saniye ekstrakte edildi, ardından ağırlıklar ve plaka kaldırıldı. Numune darası yeni alınmış bir tartım kabında yeniden tartıldı. Kalan net yağı bulmak için kuru adsorban ağırlığı tekrar çıkarıldı. Beş döngü üzerinden veri vererek bu prosedür dört kez daha tekrarlandı. Adsorbanın ilk kullanımdan sonra 4 kez daha kullanılabilmesine karar verildi.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Türkiye’de çok miktarda bulunan Doğu Çınarı’ nın tohumlarını koruyan tüycükler öğütülüp ayrılarak sulardaki Ham Petrolün adsorblanmasında kullanılıp kullanılamayacağı araştırıldı. Bu amaçla ASTM F726-06 standartlarına (uluslararası adsorban malzeme standartları) uygun testler uygulandı.

Toz halindeki Adsorban ile yapılan Dinamik Bozulma Testi (Su alımı testi) sonucuna göre adsorban malzemenin (POL) %10 ‘undan daha azı suya battı. Numunenin %90 dan fazlası su üstünde kaldı. Kavanozun içindeki POL adsorbanı, 30 saniye sonra süzülde ve tartıldı. Adsorbanın Özgül su alma oranı üç testin ortalamasına göre 0,90 (g su/g adsorban) olarak hesaplandı. Testin devamında suya ilave edilen 3 ml yağ yaklaşık 10 saniye içinde emildi. Suda herhangi bir renk değişikliği meydana gelmedi. Bu sonuçlar POL’ nin ASTM F726-06 standartlarına göre kullanıma uygun olduğunu gösterdi.

Yastık ve sosis formundaki POL numuneleri ham petrol adsorbsiyonu için 15 dk kısa teste ve 24 saat uzun teste tabi tutuldu:

Kısa test (15 dakika) sonunda sosis formundaki numunenin ağırlıkça ham petrol emme oranı ortalama 21,98 g petrol /g adsorban iken uzun test (24 saat) sonunda 24,14 g petrol /g adsorban olarak hesaplandı.

Yastık formundaki numunenin kısa test sonunda ağırlıkça Ham petrol emme oranı ortalama 25,31 g petrol /g adsorban iken uzun test sonunda ortalama 26,11 g petrol /g adsorban olarak hesaplandı.

Sonuç olarak POL numunesinin yastık formu ile 24 saat uzun ham petrol adsorbsiyonu sonunda ağırlıkça ham petrol emme oranının optimum oran olduğuna karar verildi.

Ham petrol içeren suların 24 saat sonunda POL numunesi ile muamele edilmesi sonucunda POL numunesi kendi ağırlığının yaklaşık 26 kat fazla miktarda petrolü emebilmektedir. Likon vd. 2013, petrol sızıntısı temizliği için bir iyonik sıvı ile işlenen yeşil, verimli ve uygun maliyetli sarı boynuz, kabuk kalıntılarının kapsamlı soğurma kapasitelerini maksimum (0,39–0,61 g/g) aralıkta olduğunu bildirmişlerdir.

(Payne vd. 2012), yağları sulardan emmek için ağaçtan türetilen selülozik lifler kullandı. Kuru ağartılmış yumuşak ağaç kraft lifleri, sert ağaç ağartılmış Kraft ve yumuşak ağaç kemi-termomekanik hamur (CTMP) liflerine kıyasla en yüksek emme kapasitesini (6 g/g lif) gösterdiğini buldular.

(Vlaev vd. (2011), çeşitli koşullar altında (akışkanlaştırma hızı, sıcaklık, yoğunluk vb.) akışkan yataklı bir reaktörde ham pirinç kabuklarının pirolize edilmesiyle elde edilen siyah pirinç kabuğu külünü, sudan yağı adsorbe etmek için kullandılar. Yazarlar, BRHA’nın düşük maliyetli olduğunu, yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu (5,02–6,22 g/g) ve ham petrolü etkili bir şekilde adsorbe etmek ve dökülen petrolü temizlemek için kullanılabileceğini buldular.

Literatürdeki birçok çalışma ile karşılaştırıldığında Doğu Çınarı Tohumu herhangi bir ön işlem gerektirmeden çok düşük maliyet ile daha yüksek oranda petrol emilimi gerçekleştirdi.

Adsorban olarak kullanılan Doğu çınarı tohumu atık malzeme olması hem bu atık malzemelerin maliyet gerektiren bir ön işleme tabi tutulmaması nedeniyle yüksek maliyetlere sebep olan su kirliliklerinin giderilmesinde temizleme adsorbanı olarak kullanılabileceğine karar verildi.

5. KAYNAKLAR

- Adebajo, M. O., Frost, R. L., Klopogge, J. T., Carmody, O., Kokot, S. (2003). Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A Review of Synthesis and Absorbing Properties. *Journal of Porous Materials*, 10: 159-170.
- Bazargan, A. J. T., Gordon, M. (2015). Standardization of Oil Sorbent Performance Testing. *Journal of Testing and Evaluation*, 43 (6): 1271-1278.
- Biswas, S., Sanjeev, K. C., Suparna, M. (2005). Microbial Uptake of Diesel Oil Sorbed on Soil and Oil Spill Clean-up Sorbents. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80 (5): 587-593.
- Likon, M., Maja, R., Vilma, D., Franc, Š. (2013). Populus Seed Fibers as a Natural Source for Production of Oil Super Absorbents. *Journal of Environmental Management*, 114: 158-167.
- Lim, T. T., Huang, X. (2007). Evaluation of Kapok (Ceiba Pentandra (L.) Gaertn.) as a Natural Hollow Hydrophobic-Oleophilic Fibrous Sorbent for Oil Spill Cleanup. *Chemosphere*, 66 (5): 955-963.
- Maleki, H. (2016). Recent Advances in Aerogels for Environmental Remediation Applications: A Review. *Chemical Engineering Journal*, 300: 98-118.
- Payne, K. C., Colby, D. J., Carlos, E. A., Orlando, J. R., Martin, A. H. (2012). Oil Spills Abatement: Factors Affecting Oil Uptake by Cellulosic Fibers. *Environmental Science and Technology*, 46 (14): 7725-7730.
- Tanobe, V. O. A., Sydenstricker, T. H. D., Amico, S. C., Vargas, J. V. C., Zawadzki, S. F. (2009). Evaluation of Flexible Postconsumed Polyurethane Foams Modified by Polystyrene Grafting as Sorbent Material for Oil Spills. *Journal of Applied Polymer Science*, 111 (4): 1842-1849.
- Veil, J. A., Markus, G. P., Deborah, E., Robert, J. R. (2004). A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas, and Coal Bed Methane. *Journal of Water Management*, 20: 1-20.
- Vlaev, L., Petkov, P., Dimitrov, A., Genieva, S. (2011). Cleanup of Water Polluted with Crude Oil or Diesel Fuel Using Rice Husks Ash. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42 (6): 957-964.
- Wahi, R., Chuah, L. A., Choong, T. S. Y., Ngaini, Z., Nourouzi, M. M. (2013). Oil Removal from Aqueous State by Natural Fibrous Sorbent: An Overview. *Separation and Purification Technology*, 113: 51-63.
- Wan, C., Li, J. (2015). Facile Synthesis of Well-Dispersed Superparamagnetic γ -Fe₂O₃ Nanoparticles Encapsulated in Three-Dimensional Architectures of Cellulose Aerogels and Their Applications for Cr (VI) Removal from Contaminated Water. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3: 1-36.