

Sızıntı Suyu Arıtımı Yapan Membran Biyoreaktörlerde Membran Kirlenmesine Etki Eden Faktörler ve Tıkanma Kontrolü

Hale Özgün^{1,*}, Mustafa Evren Erşahin¹, Recep Kaan Dereli¹, Burcu Atay¹, Necati Kayaalp², İsmail Koyuncu¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ayazağa Kampüsü, Maslak, 34469, İstanbul/Türkiye

² Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

* e-posta: ozgunha@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.10.2016 ; Kabul Tarihi: 11.08.2017

Özet

Katı atıkların arazide depolanması yüksek kirlilikte sızıntı suyu oluşumuna neden olduğu için yüzeysel ve yeraltı su kaynakları için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Diğer biyolojik arıtma yöntemleriyle karşılaştırıldığında, membran biyoreaktörler (MBR) ile yüksek kalitede arıtılmış su elde edilebildiğinden, MBR'lerin sızıntı suyu arıtımında son yıllarda daha çok tercih edildiği görülmektedir. Bu çalışmanın amacı sızıntı suyu arıtımı yapan MBR'lerde tıkanma nedenlerinin ortaya konulması ve tıkanmayı azaltmak için en uygun metodun belirlenmesidir. Sızıntı suyu arıtımı yapan tam ölçekli iki MBR tesisi (MBR-1 ve MBR-2) kıyaslandığında; karbonhidrat bazlı çözünmüş mikrobiyal ürünler (ÇMÜ_k) değeri MBR-2 tesisinde MBR-1'e göre yaklaşık 5 kat daha fazladır. Her iki tesis için hücre dışı polimerik maddeler (HPM) miktarında ÇMÜ miktarı kadar fark olmamakla birlikte, MBR-2'de MBR-1'e göre HPM miktarı daha yüksektir. Bu durum MBR-2'de görülen tıkanma problemlerinde, ÇMÜ'nün başlıca rol oynadığını göstermektedir. Tıkanma kontrolü ile ilgili deneysel sonuçlar dikkate alındığında, membran tıkanmasını azaltacak en uygun yöntemin 50 mg/L konsantrasyonda toz aktif karbon (TAK) eklenmesi olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Aktif karbon; HPM; MBR; Sızıntı suyu arıtımı; ÇMÜ; Tıkanma kontrolü.

Factors Affecting Fouling in Membrane Bioreactors Treating Leachate and Fouling Control

Abstract

Landfilling of solid wastes is highly threatening for surface and ground water sources due to the generation of strongly polluted landfill leachate. Among the biological treatment methods of leachate, membrane bioreactors (MBRs) have gained importance recently in order to obtain high quality effluents. The main objectives of this study were to investigate the reasons for fouling in full scale MBRs treating municipal landfill leachate and to determine an optimum method to reduce fouling. Carbohydrate type soluble microbial product (SMP_c) amounts in MBR-2 was approximately five times higher than MBR-1. Although similar extracellular polymeric substances (EPS) amounts were observed in both reactors, MBR-2 still contained slightly higher amounts of EPS than MBR-1. The fouling problem observed in MBR-2 supported the idea that SMPs played the major role in membrane fouling. According to the results of short term filtration tests conducted with MBR-2 sludge, the optimum alternative to reduce membrane fouling was determined as the addition of powdered activated carbon with a concentration of 50 mg/L.

Keywords

Activated carbon; EPS; Fouling control; Leachate treatment; MBR; SMP.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Düzenli depolama, katı atıkların bertarafında en çok kullanılan yöntemdir. Katı atık düzenli depolama alanlarının işletilmesinde karşılaşılan en önemli

çevresel sorunların başında sızıntı suyu oluşumu gelmektedir (Kulikowska ve Klimiuk, 2008). Sızıntı suyu; yüksek azot ve fosfor, aromatik bileşikler, fitalatlar, fenoller, pestisitler gibi organik tehlikeli

maddelerin yanı sıra, ağır metaller gibi inorganik tehlikeli maddeler de içeren kirlilik potansiyeli oldukça yüksek bir atıksudur (Justin ve Zupancic, 2009). Sızıntı suyu miktar ve karakterizasyonu; depo sahasının yaşı, teknolojisi ve bulunduğu bölge, depolanan atığın bileşimi ve iklime göre oldukça değişkenlik göstermektedir (Bulc, 2006).

Sızıntı sularının arıtımı için kullanılabilir kimyasal ve biyolojik birçok arıtma yöntemi mevcuttur. Bunların arasında, membran biyoreaktör (MBR) teknolojisi özellikle son yıllarda istenilen deşarj standartlarının daha kolay sağlanabilmesi nedeniyle büyük önem kazanmıştır. Visvanathan ve ark. (2007), termofilik MBR kullanarak sızıntı suyunda %97 seviyelerinde biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) giderimi sağlamışlardır. Bohdziewicz ve ark. (2008), sızıntı suyu arıtımı yapan laboratuvar ölçekli mezofilik MBR'de %90'ın üzerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimi elde etmiştir. Hidrolik bekletme süresi (HBS) 1 gün olan laboratuvar ölçekli batık membran konfigürasyonlu MBR'de sızıntı suyu arıtımı yapılarak KOİ ve BOİ₅ parametrelerinde sırasıyla %97 ve %78 giderim verimi elde edilmiştir (Sadri ve ark., 2008). Bu sistem HBS 3,5 gün olacak şekilde işletildiğinde ise elde edilen süzütünün toksisitesi tamamen giderilmiştir.

Birçok avantaj içermelerine rağmen, MBR'lerde işletme sırasında zamanla membran tıkanma problemleriyle karşılaşmaktadır. Bu durum, MBR sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinde artışa neden olmaktadır (Drews ve ark., 2007). MBR'lerde membran tıkanmasının en önemli sebeplerinden biri mikroorganizmaların çoğalma ve ölüm gibi metabolik faaliyetleri sırasında salgılanan ve biyoreaktör içerisinde biriken çözünmüş mikrobiyal ürünler (ÇMÜ) ve hücre dışı polimerik maddeler (HPM)'dir (Noguera ve ark., 1994; Wingender ve ark., 1999). HPM, yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin bir karışımı olup, mikroorganizma hücrelerini sararak onları uygun olmayan çevresel koşullardan korumaktadır (Tsuneda ve ark., 2003; Janus ve Ulanicki, 2010). ÇMÜ ise hümitik asit, fulvik asit, polisakkarit, protein, aminoasit ve hücre dışı enzimler gibi birçok

çözünmüş organik maddeden oluşmaktadır (Barker ve Stuckey, 1999; Jang ve ark., 2007). ÇMÜ ve HPM'nin oluşumu ve membran tıkanmasına etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Al-Halbouni ve ark., 2008; Rosenberger ve ark., 2006; Trussell ve ark., 2007). Germain ve ark. (2005) biyoreaktör içindeki biyokütle konsantrasyonu, HPM'nin karbonhidrat kısmı ve akı parametrelerinin membran tıkanmasını etkileyen en önemli faktörler olduğunu belirtmiştir. Visvanathan ve ark. (2007) sızıntı suyu arıtımı yapan termofilik MBR'de mezofilik şartlarda işletilen bir MBR'ye göre daha yüksek ÇMÜ ve HPM konsantrasyonları olduğunu göstermiştir.

Membran tıkanmasını azaltma ve önleme konusunda birçok bilimsel çalışma yapılmıştır (Sadri ve ark., 2008; You ve ark., 2006; Wichitsathian, 2004; Munz ve ark., 2007). You ve ark. (2006) çapraz akışlı MBR ile yaptıkları deneysel çalışmalarda inorganik kirlenmenin organik kirliliğe göre membran tıkanmasında daha etkili olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada inorganik ve organik kirliliğin giderilmesinde etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ve sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yapılan kimyasal yıkamanın etkin olduğu gösterilmiştir. Wichitsathian (2004) sızıntı suyu arıtımında maya ve bakteri ile aşılınmış iki adet MBR sisteminin performansını karşılaştırmıştır. Maya ile aşılınmış MBR sisteminde, bakteri ile aşılınmış MBR sistemine göre daha az tıkanma problemi gözlenmiştir. Bu durum maya hücrelerinin bakteri hücrelerine kıyasla daha büyük boyutlu olması ve bakteri ile aşılınmış MBR'de ölçülen daha yüksek HPM konsantrasyonu ile ilişkilendirilebilir. Sadri ve ark. (2008), batık membran içeren MBR sisteminde HBS'nin düşürülmesi ile fiziksel membran temizliğine olan ihtiyacın azaldığını göstermiştir. Munz ve ark. (2007) toz aktif karbon (TAK)'un membran kirlenmesi üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarında MBR sistemine 1,5 g/L konsantrasyonunda TAK eklenmesi durumunda membran kirlenme hızının azaldığını göstermiştir.

Bu çalışmanın amacı, sızıntı suyu arıtan gerçek ölçekli MBR sistemlerinde membran kirlenmesine etki eden faktörlerin incelenmesi ve membran

kirlenmesini azaltıcı alternatiflerin belirlenmesidir. Bu amaçla, iki farklı katı atık düzenli depolama alanında oluşan sızıntı sularının arıtımını gerçekleştiren iki tam ölçekli MBR sisteminin arıtma ve filtrasyon performansları incelenmiştir. Ayrıca, membran kirlenmesini azaltmak amaçlı kullanılan farklı yöntemler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. MBR sistemleri

MBR-1 ve MBR-2 tam ölçekli sistemler olup, iki farklı evsel katı atık düzenli depolama alanında oluşan sızıntı suları ile beslenmektedir. Her iki MBR'de ultrafiltrasyon (UF) membranı kullanılmakta olup, kapasiteleri MBR-1 ve MBR-2 için sırasıyla 50 m³/sa ve 85 m³/sa'dır. MBR'lerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon yoluyla azot giderimi de gerçekleşmektedir. Yüksek çıkış suyu kalitesi elde etmek amacıyla, MBR'lerden elde edilen süzüntü suyu ayrıca nanofiltrasyon (NF) ünitesinde arıtılmaktadır. MBR-1'de MBR-2'den farklı olarak granüler aktif karbon ünitesi bulunmaktadır. MBR-1'e ait detaylı bilgi ve akım şeması Dereli ve ark. (2010)'nın çalışmasında yer almaktadır. MBR-2'ye ait akım şeması Şekil 1'de verilmektedir.

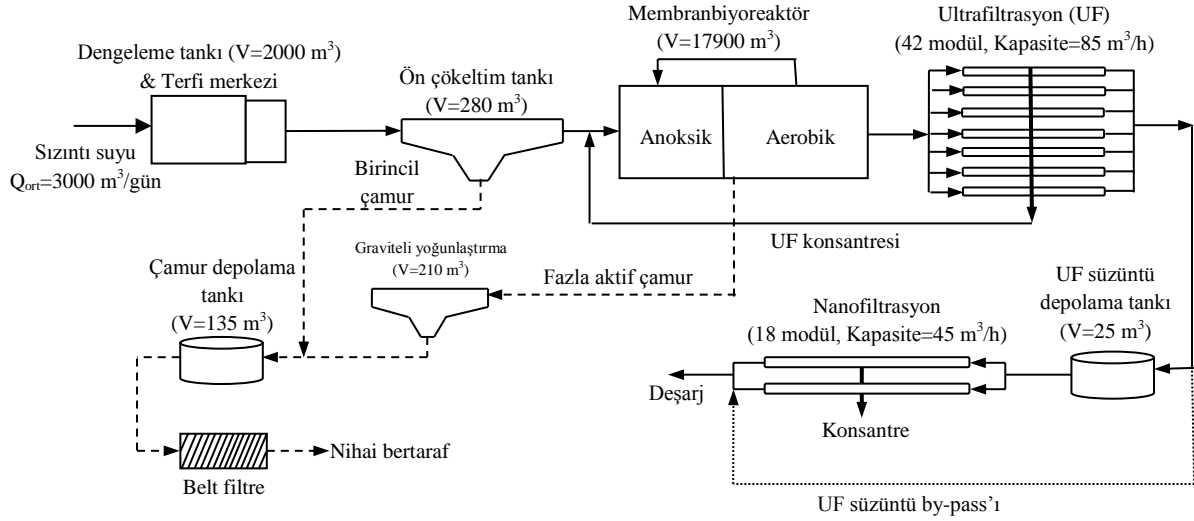
2.2. Deneysel yöntem

MBR-1 ve MBR-2 tesislerinin bulunduğu düzenli depolama alanlarında oluşan ham sızıntı suyu numunelerinde organik maddenin moleküler ağırlık dağılımı farklı moleküler ağırlık engelleme sınır (MWCO) değerleri olan (1 kDa, 3 kDa, 5 kDa, 10 kDa

ve 30 kDa) polisülfon UF membranları (Pall Corporation) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan filtrasyon testleri Amicon S200 karıştırmalı UF hücresinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Filtrasyon testleri yüzey alanı 28,7 cm² olan UF membranı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Süzüntü suyu miktarı analitik tartı (Mettler Toledo, PB1502-L) kullanılarak ölçülmüştür. Numunelerde moleküler ağırlık dağılımları KOİ ölçümü ile belirlenmiştir.

ÇMÜ ve HPM, protein (ÇMÜ_p ve HPM_p) ile karbonhidrat (ÇMÜ_k ve HPM_k) miktarlarının toplamı olarak ifade edilmiştir. 50 mL numune 5000xg'de 5 dakika santrifüje tabi tutulmuş, sonrasında oluşan üst su, 1,2 µm gözenek çaplı filtreden geçirilerek süzüntüde ÇMÜ ölçümü yapılmıştır (Le-Clech ve ark., 2006). Protein ve karbonhidratların ölçümü her bir set için 5 tekrarlı yapılmıştır.

Protein ölçümü Lowry Metodu'na (Lowry ve ark., 1951) göre yapılmış olup, hümik maddeler nedeniyle oluşabilecek girişimleri önlemek için Frolund ve ark. (1995)'nin çalışmasında önerilen düzeltme uygulanmıştır. Karbonhidratların ölçümü için ise Dreywood Metodu (Dreywood, 1946) kullanılmıştır. KOİ, toplam azot (TN), amonyum azotu (NH₄-N) ve toplam fosfor (TP) parametreleri StandartMetotlar'a göre ölçülmüştür (APHA, 2005). pH ölçümü pH metre (Thermo Electron Corporation, Orion 720 A+) ile gerçekleştirilmiştir.

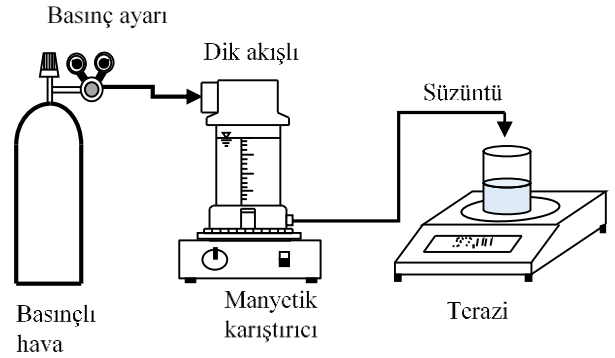


Şekil 1. MBR-2 sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması.

2.3. Tıkanmayı azaltmak amaçlı gerçekleştirilen deneyler

MBR-2'de meydana gelen tıkanma sorununun çözümü için bir dizi deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda reaktör içindeki çamurun filtre edilebilirliği ile membran tıkanmasının adsorban kullanılarak azaltılma potansiyeli belirlenmiştir. Bu amaçla 1 kDa UF membranı kullanılmıştır (Şekil 2). Deneysel çalışmada TAK ve aktif linyit kullanılmıştır. Deneysel sistem MBR reaktöründen alınan çamur ile 180 mL hacminde doldurulmuş ve 100 mL süzüntü elde edebilmek için geçen süre kaydedilmiştir. Üç değişik TAK konsantrasyonu (50 mg/L, 100 mg/L ve 1000 mg/L) ve 50 mg/L aktif linyit konsantrasyonu test edilmiştir. Aerobik tankın pH değeri 8,2 olarak ölçülmüştür.

pH artışının kalsiyum karbonat çökmesine yol açarak tıkanmayı azaltıcı bir etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla deneyler ayrıca pH'ın 9,28 olduğu koşullar için gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Dik akışlı filtrasyon sistemi.

3. Bulgular

3.1. Tesislerin arıtma performansları

MBR-1 ve MBR-2'nin arıtma performansları Tablo 1'de verilmektedir.

MBR-2'ye beslenen sızıntı suyundaki TN, NH₄-N ve TP konsantrasyonları MBR-1'e beslenen sızıntı suyuna göre daha yüksek iken, KOİ konsantrasyonu daha düşüktür. Her iki MBR tesisinde KOİ ve NH₄-N parametresi için benzer giderim verimi sağlanmıştır. Ancak MBR-1'de TN ve TP giderim verimleri MBR-2'ye göre bir miktar yüksektir. Bu durum, MBR-1'e beslenen sızıntı suyunun düşük toplam azot konsantrasyonu ve denitrifikasyonda kullanılabilecek daha yüksek KOİ içeriği gibi birçok faktörle ilişkilendirilebilir. Tesislere giren sızıntı suyu debilere mevsimlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. MBR-2'nin süzüntü debileri MBR-1 ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. MBR-2'de oldukça sık aralıklarla yaşanan ciddi seviyelerdeki

tıkanma problemleri sızıntı debisinin düşük olmasına neden olmuştur.

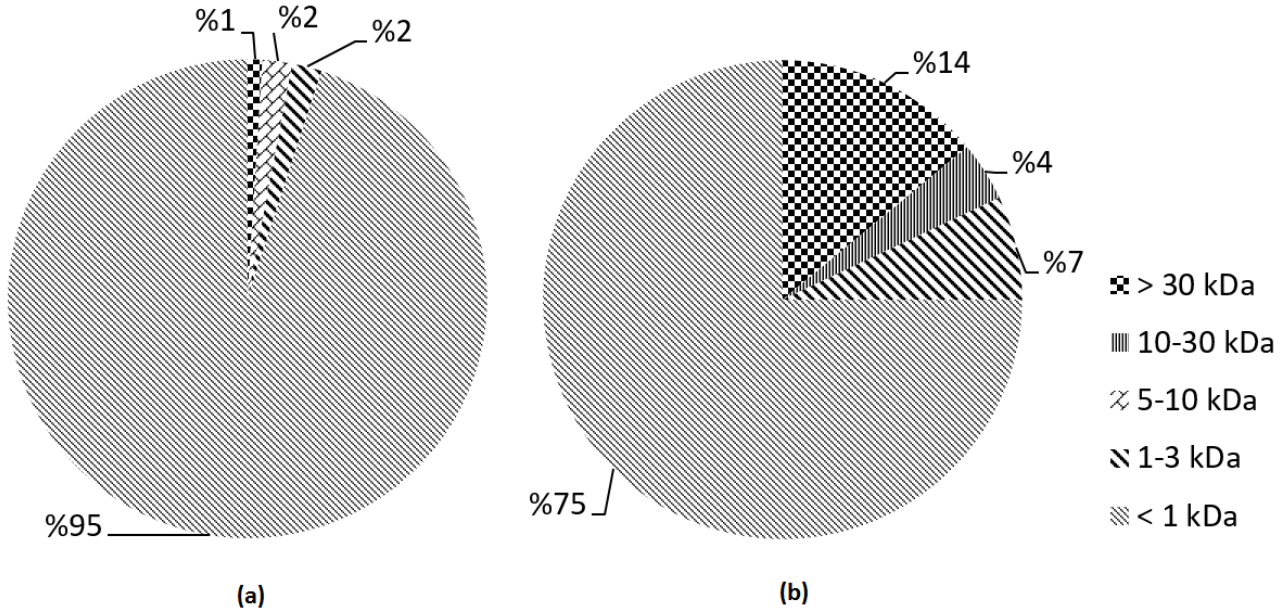
Tablo 1. MBR-1 ve MBR-2'nin ortalama arıtma performansı

Parametre	Tesis	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
KOİ	MBR-1	18180	1050	94
	MBR-2	13560	1160	92
TN	MBR-1	2425	100	96
	MBR-2	3460	350	90
NH ₄ -N	MBR-1	1855	10	99
	MBR-2	2710	45	98
TP	MBR-1	18	2,7	85
	MBR-2	25	4,7	81

3.2. Moleküler ağırlık dağılımının belirlenmesi

MBR-1 ve MBR-2'ye beslenen ham sızıntı suyundaki moleküler ağırlık dağılımı KOİ bazında sırasıyla Şekil 3'te verilmektedir.

Şekil 3-a'dan görüleceği üzere, MBR-1'e beslenen ham sızıntı suyundaki moleküler ağırlık dağılımının % 95'i 1 kDa değerinin altındadır. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda (Koyuncu ve ark., 2009) genç sızıntı sularında genellikle küçük moleküler ağırlıklı organik maddelerin (<1 kDa) toplam organik maddenin %90'ını oluşturduğu belirlenmiştir. Buna göre, MBR-1'e beslenen ham sızıntı suyu genç sızıntı suyu sınıfına girmektedir. MBR-2'ye beslenen ham sızıntı suyunda moleküler ağırlık dağılımı MBR-1'e göre oldukça farklıdır (Şekil 3-b). MBR-2 sızıntı suyunda küçük moleküler ağırlıklı bileşiklerin (<1 kDa) oranı (%75) MBR-1 ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu durum, MBR-2'ye beslenen ham sızıntı suyu yaşının genç sızıntı suyundan orta yaşa doğru bir geçiş eğiliminde olduğunun bir göstergesidir. MBR-2'ye beslenen sızıntı suyunda ortalama KOİ değerinin düşük olması da bu durumu desteklemektedir.



Şekil 3. Ham sızıntı suyunun KOİ bazında oransal olarak moleküler ağırlık dağılımı (a) MBR-1, (b) MBR-2.

Literatür verilerine göre moleküler ağırlığa bağlı olarak organik maddelerin sınıflandırması Tablo 2'de verilmektedir (Wichitsathian, 2004; Chian, 1977; Harmsen, 1983). Buna göre, kolay ayrışabilen organik maddelerin moleküler ağırlığı düşük olup ve bu fraksiyonun %90'ını uçucu yağ asitleri oluşturmaktadır. Moleküler ağırlık dağılımı incelendiğinde, MBR-2'ye beslenen sızıntı suyunun organik madde giderimini zorlaştıracak şekilde

yüksek oranda hümik maddelerden oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 2. Molekül ağırlıklarına göre organik maddelerin sınıflandırılması

Sınıf	Molekül Ağırlığı	Organik Madde
< 500 Da	Küçük	Uçucu yağ asitleri (Asetik, propiyonik, bütirik asit), amino asitler, organik asitler
500 Da – 30 kDa	Orta	Karboksilik ve aromatik hidroksil grupları
30 kDa – 100 kDa	Büyük	Karbonhidratlı hümk maddeler, protein ve karbonhidrat gibi organik maddeler

3.3. Hücre dışı polimerik maddeler (HPM) ve çözülmüş mikrobiyal ürün (ÇMÜ) konsantrasyonlarının membran tıkanması üzerindeki etkisi

MBR-2’de yüksek seviyelerde gözlenen membran tıkanmasına neden olan etkenlerin belirlenmesi için MBR’lerden alınan çamur numunelerinde ÇMÜ ve HPM analizleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen HPM ve ÇMÜ miktarları Tablo 3’te verilmektedir. Her iki reaktörde de havalandırma havuzunun dip kısmından tam karışimli çamur ultrafiltrasyon membrana gönderilmektedir.

Tablo 3. MBR-1 ve MBR-2’nin ortalama arıtma performansı

Tesis	ÇMÜ _p (mg/g UAKM)	ÇMÜ _k (mg/g UAKM)	HPM _p (mg/g UAKM)	HPM _k (mg/g UAKM)
MBR-1	18	22	43	18
MBR-2	10	110	57	20

MBR-2 havalandırma havuzunda ÇMÜ_k miktarı MBR-1 ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. ÇMÜ_k değeri MBR-2 tesisinde MBR-1’e göre yaklaşık 5 kat daha fazladır. Her iki tesis için HPM miktarında ÇMÜ miktarı kadar fark olmamakla birlikte, MBR-2’de MBR-1’e göre HPM miktarı daha yüksektir. Bu durum MBR-2’de gözlenen membran tıkanmasında, ÇMÜ’nün HPM’ye göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Literatür çalışmalarına göre ÇMÜ_k ÇMÜ_p’ye göre tıkanmada daha etkilidir (Tan ve ark., 2005; Trussell ve ark., 2006). Bu parametre tek başına membran kirlenmesine sebep olabileceği gibi, oluşan ÇMÜ_k, membran yüzeyinde biriken kek tabakasında kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat inorganikleri ile kompleks oluşturarak da membran kirlenmesini arttırabilir. MBR-1 ve MBR-2’nin havalandırma tanklarında

hümk madde miktarları sırasıyla 110 ve 243 mg/g UAKM olarak ölçülmüştür. Buna göre, MBR-2 havalandırma tankı çamurunda hümk madde miktarının da MBR-1’e göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

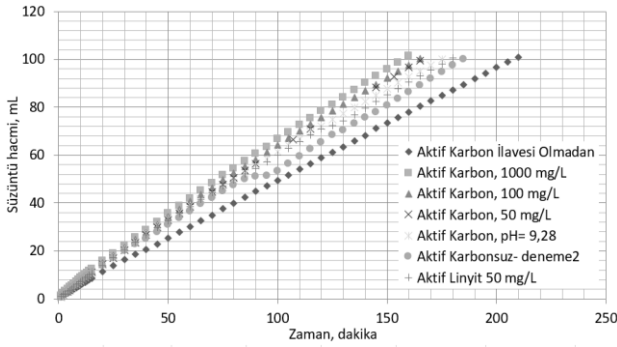
3.4. Membran tıkanmasının önlenmesi için kullanılan alternatif yöntemler

Tıkanmanın daha yoğun olarak gözlendiği MBR-2’de UF membranları, hidroklorik asit (HCl) ve ticari temizleme ürünü (Ecolab Ultrasil®) ile temizlenmiştir. Ticari temizleme ürünü bazik bir kimyasal temizleme maddesi olup organik kirlenmeye bağlı tıkanmanın olduğu durumlarda etkili olmaktadır. Bu ürünün, MBR-2’de bulunan membranların temizlenmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ticari temizleme ürününün MBR-2 için etkili olması buradaki tıkanmanın biyolojik kaynaklı olduğunun göstergesidir. Ayrıca, ticari ürün ile birlikte HCl kimyasalının da birlikte uygulanması, organik ve inorganik maddelerin birlikte kompleks yaparak tıkanmaya neden olduklarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir (Gao ve ark., 2009) . Bunun yanı sıra MBR-2’de oldukça sık yaşanan köpük probleminin göstergesi olan filamentli bakterilerin de membran tıkanmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Meng ve ark., 2006).

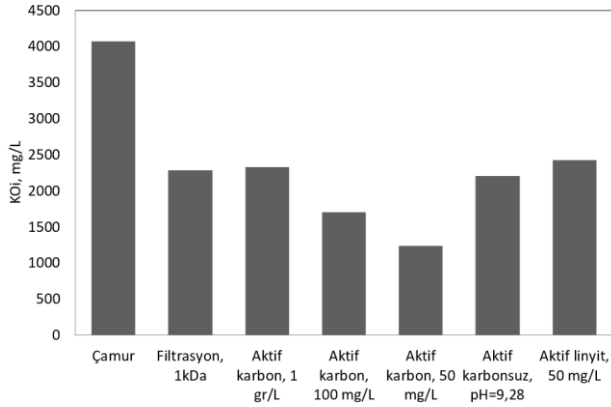
MBR-2’de membran tıkanmasının önlenmesi ve membran akısının arttırılması amacıyla havalandırma tankı içerisinden alınan karışık çamur numuneleri farklı yöntemlere tabi tutularak kesikli filtre edilebilirlik testleri yapılmıştır. Bu yöntemler sırasıyla pH ayarlaması, TAK ve aktif linyit ilavesidir. Optimum adsorban dozu farklı konsantrasyonlarda TAK ilave edilerek belirlenmiştir (Şekil 4). Dik akışlı filtrasyon ünitesi adsorban ilavesi olmadan çalıştırılmış ve 100 mL süzüntü 210 sn’de elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, adsorban olarak aktif karbon ilavesi sonucu aynı miktarda süzüntü elde edebilmek için gerekli olan zaman yaklaşık %20 oranında azalmıştır. Adsorban dozunun 50 mg/L’den 1000 mg/L’ye yükselmesi filtrasyon süresinde ciddi seviyede bir farka neden olmamaktadır. Aynı şekilde aktif linyit ilavesi ve pH

ayarlaması da filtrasyon süresi üzerinde etkili olmamıştır.

TAK ilavesi süzüntüdeki KOİ konsantrasyonunu da oldukça düşürmüştür. Bu durum KOİ gideriminde adsorbsiyon mekanizmasının da etkili olduğunun göstergesidir. TAK dozu 50 mg/L olarak uygulandığında elde edilen akı artışının yanı sıra, aktif karbon ilavesi olmadan yapılan çalışmaya göre KOİ giderim verimi %44'ten %70'e çıkmıştır (Şekil 5). Bu durum optimum TAK dozunun 50 mg/L olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Farklı koşullar için dik akışlı filtrasyon deneyi sonuçları.



Şekil 5. Farklı deney setlerinde elde edilen süzüntü KOİ konsantrasyonları

4. Tartışma ve Sonuç

Moleküler ağırlık dağılımı analizlerinin sonuçlarına göre, 1 kDa moleküler ağırlıktan daha büyük organik maddelerin yüksek miktarda olmasından dolayı MBR-2'ye beslenen sızıntı suyu orta yaşlı olarak sınıflandırılmıştır. MBR-2'de ölçülen ÇMÜ miktarı MBR-1'e göre çok daha yüksektir. Bu nedenle MBR-2'de görülen yüksek orandaki tıkanmanın özellikle ÇMÜ'den kaynaklandığı

düşünülmektedir. Tıkanmayı azaltmak için yapılan deneysel çalışmalar, TAK ilavesinin MBR-2'nin süzüntü akısını önemli oranda artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. TAK ilavesi aynı zamanda arıtılmış sızıntı suyundaki KOİ miktarını da önemli oranda azaltmıştır. TAK kullanılması durumunda optimum doz 50 mg/L olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Al-Halbouni, D., Traber, J., Lyko, S., Wintgens, T., Melin, T., Tacke, D., Janot, A., Dott, W. and Hollender, J., 2008. Correlation of EPS content in activated sludge at different sludge retention times with membrane fouling phenomena. *Water Research*, **42**, 1475-1488.
- APHA, 2005. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21st ed., American Public Health Association, USA.
- Barker, D.J. and Stuckey, D.C., 1999. A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. *Water Research*, **33**(14), 3063-3082.
- Bohdziewicz, J., Neczaj, E. and Kwarciak, A., 2008. Landfill leachate treatment by means of anaerobic membrane bioreactor. *Desalination*, **221**, 559-565.
- Bulc, T.G., 2006. Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. *Ecological Engineering*, **26**, 365-374.
- Chian, E.S.K., 1977. Stability of organic matter in landfill leachates. *Water Research*, **11**(2), 225-232.
- Dereli, R.K., Ersahin, M.E., Ozgun, H., Koyuncu, I. and Yildiz, S., 2010. Performance evaluation of a full-scale membrane bioreactor and nanofiltration system treating landfill leachate. in: IWA Regional Conference and Exhibition on Membrane Technology and Water Reuse, Istanbul, Turkey, 18-22 October.
- Drews, A., Mante, J., Iversen, V., Vocks, M., Lesjean, B. and Kraume, M., 2007. Impact of ambient conditions on SMP elimination and rejection in MBRs. *Water Research*, **41**, 3850-3858.
- Dreywood, R., 1946. Qualitative test for carbohydrate material. *Industrial and Engineering Chemistry, Analytical Edition*, **18**(8), 499.

- Frolund, B., Griebe, T. and Nielsen, P.H., 1995. Enzymatic activity in the activated-sludge floc matrix. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **43**, 755-761.
- Gao, D., Fu, Y., Tao, Y., Wu, W., An, R. and Li, X., 2009. Current research and development of controlling membrane fouling of MBR. *African Journal of Biotechnology*, **8**(13), 2993-2998.
- Germain, E., Stephenson, T. and Pearce, P., 2005. Biomass characteristics and membrane aeration: toward a better understanding of membrane fouling in submerged membrane bioreactors (MBRs). *Biotechnology and Bioengineering*, **90**(3), 316-322.
- Harmsen, J., 1983. Identification of organic compounds in leachate from a waste tip. *Water Research*, **17**(6), 699-705.
- Jang, N., Ren, X., Kim, G., Ahn, C., Cho, J. and Kim, I.S., 2007. Characteristics of soluble microbial products and extracellular polymeric substances in the membrane bioreactor for water reuse. *Desalination*, **202**, 90-98.
- Janus, T. and Ulanicki, B., 2010. Modeling SMP and EPS formation and degradation kinetics with an extended ASM3 model. *Desalination*, **261**, 117-125.
- Justin, M.Z. and Zupancic, M., 2009. Combined purification and reuse of landfill leachate by constructed wetland and irrigation of grass and willows. *Desalination*, **246**, 157-168.
- Koyuncu, I., Kayaalp, N. and Atay, B., 2009. The Evaluation of Operating Conditions for Odayeri and Komurcuoda Leachate Treatment Plants (MBR+NF) Project Report (in Turkish). Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- Kulikowska, D. and Klimiuk, E., 2008. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology*, **99**, 5981-5985.
- Le-Clech, P., Chen, V. and Fane, A.G.T., 2006. Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment. *Journal of Membrane Science*, **284**, 17-53.
- Lowry, O.H., Rosebourgh, N.J., Farr, A.R. and Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, **193**, 265-175.
- Meng, F., Zhang, H., Yang, H., Li, Y., Xiao, L. and Zhang, X., 2006. Effect of filamentous bacteria on membrane fouling in submerged membrane bioreactor. *Journal of Membrane Science*, **272**, 161-168.
- Munz, G., Gori, R., Mori, G. and Lubello, C., 2007. Powdered activated carbon and membrane bioreactors (MBR-PAC) for tannery wastewater treatment: long term effect on biological and filtration process performances. *Desalination*, **207**, 349-360.
- Noguera, D., Araki, N. and Rittmann, B., 1994. Soluble microbial products (SMP) in anaerobic chemostats. *Biotechnology and Bioengineering*, **44**(9), 1040-1047.
- Rosenberger, S., Laabs, C., Lesjean, B., Gnirss, R., Amy, G., Jekel, M. and Schrotter, J.C., 2006. Impact of colloidal and soluble organic material on membrane performance in membrane bioreactors for municipal wastewater treatment. *Water Research*, **40**, 710-720.
- Sadri, S., Cicek, N. and Van Gulck, J., 2008. Aerobic treatment of landfill leachate using a submerged membrane bioreactor-prospects for on-site use. *Environmental Technology*, **29**(8), 899-907.
- Tan, T.W., Ng, H.Y., Ong, S.L., Toh, C.A. and Loo, Z.P., 2005. Effects of short solids retention time on performance and membrane fouling of submerged anoxic/oxic membrane bioreactors. in: Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2005, Washington, USA, 2119-2127, 29 October-2 November.
- Trussell, R.S., Merlo, R.P., Hermanowicz, S.W. and Jenkins, D., 2007. Influence of mixed liquor properties and aeration intensity on membrane fouling in a submerged membrane bioreactor at high mixed liquor suspended solids concentrations. *Water Research*, **41**, 947-958.
- Trussell, R.S., Merlo, R.P., Hermanowicz, S.W. and Jenkins, D., 2006. The effect of organic loading on process performance and membrane fouling in a submerged membrane bioreactor treating municipal wastewater. *Water Research*, **40**(14), 2675-2683.
- Tsuneda, S., Jung, J., Hayashi, H., Aikawa, H., Hirata, A. and Sasaki, H., 2003. Influence of extracellular

polymers on electrokinetic properties of heterotrophic bacterial cells examined by soft particle electrophoresis theory. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **29**(2), 181-188.

Visvanathan, C., Choudhary, M.K., Montalbo, M.T. and Jegatheesan, V., 2007. Landfill leachate treatment using thermophilic membrane bioreactor. *Desalination*, **204**, 8-16.

Wichitsathian, W., 2004. Application of membrane bioreactor systems for landfill leachate treatment. PhD Thesis, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, Thailand.

Wingender, J., Neu, T.R. and Flemming, H.C., 1999. Microbial Extracellular Polymeric Substances: Characterization, Structures and Function. first ed., Springer-Verlag, Berlin, Germany.

You, H.S., Huang, C.P., Pan, J.R. and Chang, S.C., 2006. Behavior of membrane scaling during crossflow filtration in the anaerobic MBR system. *Separation Science and Technology*, **41**, 1265-1278.