



## Organize sanayi bölgesi atıksularının membran biyoreaktörlerle arıtılması: KOSB için ilk sonuçlar

### Treatment of organized industrial zone wastewater by MBR: First results for KOIZ

Oktay ÖZKAN<sup>1</sup>, İbrahim UYANIK<sup>1\*</sup>, Mehmet Mükerrerem RENÇBER<sup>1</sup>, Merve OĞUZ<sup>1</sup>, Uğur ŞAHİN<sup>2</sup>, İsmail KOYUNCU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.  
ozkan@erciyes.edu.tr, iuyanik@erciyes.edu.tr, mukerremrenber@hotmail.com, merveoguz@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup>Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.  
ugurs@erciyes.edu.tr

<sup>3</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.  
koyuncu@itu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 12.01.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 17.05.2017

doi: 10.5505/pajes.2017.74340

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

#### Öz

Organize Sanayi Bölgelerinin (OSB'ler) atıksu arıtma sorunu, çoğunlukla alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayan geleneksel bir biyolojik atıksu arıtma tesisinin işletmeye alınmasıyla çözülmektedir. Ancak, alıcı ortamların artan kirlilik yükleri, havza bazlı yönetim hedefleri ve su kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı yeni çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Membran biyoreaktörler (MBR), geleneksel arıtma sistemlerine göre avantajlı olması ve gün geçtikçe azalan maliyetlerinden dolayı daha tercih edilir hale gelmektedir. Bu çalışmada, batık aerobik membran biyoreaktör kullanılarak Kayseri OSB atıksu arıtma tesisi ön çöktürme çıkış suyunun 2 farklı membran türü ile arıtma performansı incelenmiştir. Bu amaçla ön çalışmalar yapılmış olup; membran tıkanması, çamur yaşının sağlanması, akının ve hidrolik bekleme sürelerinin membran işletimine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, modül boyutunun membran tıkanmasıyla ilişkisi ortaya konmuştur. MBR sistemi veri tabanlı kontrol ve izleme sistemiyle sürekli izlenmekte olup ayrıca giriş ve çıkış temel parametreleri incelenmiştir. Yapılan tüm analizler standart yöntemlere göre yapılmıştır. Yapılan ön çalışmalarda sistem, reaktörde istenen askıda katı madde (MLSS) konsantrasyonuna ve giderim verimine ulaşması için sürekli olarak izlenmiştir. Bu süreçte MLSS konsantrasyonunun zamanla arttığı ancak düşük akılarda artışın devam etmediği gözlenmiştir. MLSS artışı ve çamur yaşının sağlanması için sistemin daha yüksek akılarda çalışması ve sistemden teorik olarak atılması gereken miktarda çamurun atılması gerektiği görülmüştür. Ancak, bu aşamada sistemde kullanılan modül boyutunun gerekli akıyı tıkanmadan dolayı sağlayamadığı görülmüştür. Sonuç olarak, MBR sistemi için düşük transmembran basıncı (TMP) ve membran tıkanmasının önüne geçilmesi ile istenen akı, çamur yaşı, modül alanı ve membran türleri belirlenerek sistem optimize edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** OSB, Atıksu, MBR, Yeniden kullanım

#### Abstract

Organized industrial zones (OIZs) in Turkey solve their wastewater problems by collecting and treating the wastewater using some traditional methods (mostly biological) to achieve discharge standards. However, new solutions for water reclamations are needed for the limited water sources, increasing pollution loads to the receiving environments and water basins. Membrane bioreactors (MBRs) have recently become more preferable due to their advantages over the conventional treatment methods by their decreasing investment and operational costs. In this study, the treatment performance of a submerged aerobic MBR is investigated by two different membrane materials using the influent wastewater from the primary sedimentation tank of Kayseri OIZ. For this purpose, pre-studies were done to ensure the sludge retention time (SRT), to examine membrane fouling profile, along with optimizing the flux and the hydraulic retention time (HRT). The relationships between membrane fouling and the module size were also revealed. The MBR system is fully automated with a data control system and its main operational parameters including input and output were continuously monitored. All analyses were performed according to the Standard Methods. In pre-studies, the system was continuously monitored to achieve the desired mixed liquor suspended solids (MLSS) concentrations and removal efficiencies. During this period of time, it was observed that the MLSS concentrations were increased continuously; however, this increase stopped at the low flux and the feed concentrations. So, to increase the MLSS concentration and to provide the SRT, the system must be operated at higher flux and necessary amount of the sludge calculated theoretically must be wasted. However, in this stage, the module size of the system cannot provide the flux due to clogging. As a result, this MBR system was optimized by determining the optimum membrane area, flux and SRT with the lowest membrane fouling and transmembrane pressure (TMP) increase.

**Keywords:** OIZ, Wastewater, MBR, Reuse

## 1 Giriş

Organize sanayi bölgeleri (OSB), sanayiden kaynaklanan çevresel problemlerin minimum düzeye indirilmesi ve/veya ortadan kaldırılması, ekonomik açıdan farklılaşan bölgeler arası dengeli kalkınmanın sağlanmasını amaçlayan bir model olup, Türkiye'de sayısı 300'e yaklaşmıştır [1]. Bu OSB'lerde atıksuyun alıcı ortama deşarj standartlarını sağlamak için genellikle geleneksel biyolojik arıtma yöntemi kullanılmaktadır. Kayseri ilinde bulunan organize sanayi

bölgesinde ise 1000'in üzerinde tesis bulunmakta ve bu tesislerden kaynaklanan evsel ve endüstriyel atıksular müşterek bir şekilde arıtılmaktadır [2]. KOSB'ye ait atıksu arıtma tesisine gelen atıksuyun ortalama debisi 25.000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Tesis atıksularının kirlilik yükünün büyük bir kısmını ise kâğıt, geri dönüşüm, tekstil ve boyama fabrikaları oluşturmaktadır. KOSB arıtma tesisi fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma proseslerine sahip olup % 95'e yakın Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderim verimine sahip yüksek verimle çalışan bir testistir. Ancak KOSB'de atıksuyun yeniden

kullanımında, daha düşük çamur konsantrasyonu ve düşük kirlilik yükleri elde etmek için klasik arıtma teknolojileri yerine yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Membran biyoreaktör (MBR) teknolojisi son yıllarda hem evsel hem de endüstriyel ölçekte geniş bir kullanım ağına sahip olup yaygın kullanım aşamasına geçmektedir [3]. Bu arıtma sisteminde biyolojik arıtma sonrasında arıtılan su bir membran filtrasyon malzemesi ile filtre edilmektedir. MBR'ler ile tesis için gerekli alandan tasarruf edilmekte, klasik arıtma sistemlerine göre daha iyi su kalitesi elde edilmekte ve düşük bekleme süresinde (HRT) ve yüksek çamur yaşlarında çalışabilmektedir [4]. Ayrıca, askıda katı madde (AKM) ve bakteriyel giderimi de MBR'lerde daha yüksek seviyelerde olmaktadır [5]. MBR'lerin işletiminde en önemli parametre akıdır. Kısaca LMH (L/m<sup>2</sup>.sa) olarak gösterilen akının birimi, birim zamanda birim alandan geçen su miktarıdır. İşletme sırasında akının etkilendiği her parametre önem arz etmektedir. Bu yüzden yüksek akının sağlandığı işletme şartları en tercih edilen işletme şartları olarak kabul edilmektedir. Evsel atıksularda dizayn akısı olarak 15-25 LMH aralığı seçilirken, endüstriyel atıksularda 8,5-28 LMH aralığında ve ortalama 14 LMH'taki akı değerleri ile çalışılmaktadır [3].

Membran biyoreaktörlerde anahtar parametreler membran konfigürasyonu (lif yoğunluğu, modül tipi, hidrodinamik şartlar vb.), membran karakteristiği (porozite, yüzey yükü, hidrofobisite vb.) ve işletme şartlarıdır (akı, basınç, pH, sıcaklık, geri yıkama sıklığı, HRT vb.) [6],[7].

MBR işletme performanslarının incelendiği bir derleme çalışmasına göre [6], MBR için optimum şartların elde edilmesinde; çamur bekletme süresi (SRT), hidrolik bekletme süresi (HRT), akı ve MLSS'nin kontrol altında tutulması gerektiği belirtilmiştir. SRT artışı tıkanmayı azaltmakta, düşük HRT ise MBR organik yükünü artırarak performansı düşürmektedir. Membrandaki tıkanmayı önlemek için fiziksel ve kimyasal yıkamaların yanı sıra tıkanma azaltıcı önlemlerin alınabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, pH, sıcaklık, basınç ve olağandışı kimyasal maddelerin varlığı da membran sağlığı için göz önünde bulundurulması gereken faktörler olarak sıralanmıştır. MBR performansının birçok parametre açısından incelendiği çalışmaların yanında sadece tek bir parametrenin membran tıkanmasına etkisinin incelendiği çalışmalar da vardır. MBR-ters ozmoz sisteminin kurulduğu, çamur bekletme süresinin (SRT) membran tıkanması üzerindeki etkisinin evsel atıksu üzerinde araştırıldığı çalışmada, SRT artışı ile MBR'de tıkanmanın azaldığı ortaya konmuştur. Sonuç olarak ara bir SRT değerinin en iyi performansı sağladığı bulunmuştur [8].

Literatürde membran konfigürasyonları ve sistemleriyle ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur [9],[10]. Ancak, karışık endüstriyel atıksular için membran sistemlerinin en uygun olanı belirlenmemiştir. Membranlı sistemlerde ortaya çıkan en önemli sorunların; membran tıkanması, ön arıtma gereksinimi, işletme optimizasyonu olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, karışık endüstriyel atıksular için gerekli membran konfigürasyonu, ön arıtma seçenekleri ve işletme şartlarının optimize edilmesi için batık aerobik membran biyoreaktörü tasarlanmıştır. Bu amaçla KOSB atıksu arıtma tesisi ön çöktürme çıkış suyunun 2 farklı membran türü ile laboratuvar ölçeğinde arıtma performansı incelenmiştir.

## 2 Materyal ve yöntem

### 2.1 KOSB atıksu arıtma tesisi

KOSB AAT fiziksel ön arıtma sonrası dengeleme tankı ve ön çöktürme tankına sahiptir. Klasik biyolojik azot, fosfor ve karbon giderimleri sonrası son çöktürme tankından savaklanan arıtılmış su yasal deşarj kriterlerinin altında deşarj edilmektedir. KOSB atıksu arıtma tesisinin temel parametrelerdeki yıllık ortalama giriş ve çıkış değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: KOSB AAT performansı.

Parametre	KOSB Giriş*	KOSB Çıkış*
KOİ	1233±67.4	82±7.4
AKM	1190±90.2	29±3.1
TN	27±9.3	3±1
TP	4±1.3	0,1±0.1

\*Analizler günlük yapılmış olup ± ile verilen değerler standart sapmayı ifade etmektedir.

### 2.2 Membran biyoreaktör

Çalışmada KOSB Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) ön çöktürme tankı çıkış suyuyla beslenen MBR sistemi tam otomasyonlu olup 20 L reaktör hacmine sahiptir. KOSB atıksu arıtma tesisi ön çöktürme tankı suyu Şekil 1'de gösterilen batık MBR'de 25°C'de, aerobik olarak sürekli işletilmiştir. MBR, polivinidil florür (PVDF) malzemeden yapılan MF ve UF modülleriyle işletilmiştir. İlk olarak membran biyoreaktör 220 cm<sup>2</sup> yüzey alanına ve 0,24 µm gözenek çapına sahip MF modülüyle çalıştırılmaya başlanmış ve 68 gün boyunca işletilmiştir. MBR'lerin optimum koşullarda işletilmesi için akı, hidrolik bekleme süresi (HRT), MLSS, pH ve sıcaklık gibi parametreler kontrol altında tutulmuştur. Daha sonra 545 cm<sup>2</sup> yüzey alanına ve 0,1 µm gözenek çapına sahip UF modülü işletmeye alınmıştır. 67 gün işletilen bu membranda da akı, basınç, HRT, SRT, MLSS ve giderim verimleri incelenmiştir. Basıncın arttığı, akının düştüğü durumlarda fiziksel temizleme prosedürü uygulanmıştır. Fiziksel yıkama prosedüründe modül MBR dışına çıkarılarak musluk suyu ile yıkanmış, yumuşak bir sünger ile sürekli aynı yöne doğru çamur tabakası temizlenmiş ve modül tekrar çeşme suyuyla yıkanarak işletmeye alınmıştır.



Şekil 1: Laboratuvar ölçekli MBR sistemi.

### 2.3 Analitik yöntemler

Metal analizleri, İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresi (MS) olmak üzere iki üniteden oluşan ICP-MS cihazı ile ölçülmüştür. Numunedeki elementlerin tespitinde kullanılan yöntem, ICP'de iyonlaştırılıp sonra kütle spektroskopisine (MS) gönderilmesi ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılıp ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. OSB'de yapılan metal analizlerinde ise metal ölçüm kitleri (Hach) kullanılmıştır. KOİ ve BOİ sırasıyla standart metot 5220-C ve 5210-B'ye göre tayin edilmiştir. Çıkış suyu numunelerinde BOİ ölçülmemiştir. pH ve iletkenlik HACH 40d multimetre kullanılarak, renk tayini Pt-Co metoduna göre HACH-DR 3800 marka spektrofotometrede, standart metot 4500 P-E'ye göre toplam fosfor analizi spektrofotometrede 880 nm'de ölçülmüştür. Askıda katı madde (AKM) analizi homojen atıksuyun sabit tartıma getirilmiş 0,45 µ boşluk çapındaki cam elyaf filtre kağıdından süzülerek 105 °C'de bir saat süre ile kurutulup soğutulmuş tartımı sonucu hesaplanmıştır. NO<sub>3</sub>-N ve NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonlarına MQuant™ marka nitrit ve nitrat test stripleri ile bakılmıştır.

### 3 Sonuç

Bu çalışmada işletme boyunca MBR için giriş atıksuyu olarak kullanılan suyun (Ön çöktürme çıkış atıksuyu) çalışma boyunca analizleri yapılmış olup ölçüm sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, pH'nın 6-8 aralığında sabit kaldığı iletkenlik değerlerinin bir miktar arttığı KOİ giderimlerinin yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Ayrıca, Toplam Fosfor (TP) da kısmi olarak giderilmiştir. Azotlu bileşiklerin oksidasyonu sonrası çıkış suyunda nitrit (NO<sub>2</sub>) ve nitrat (NO<sub>3</sub>) iyonlarının oluşumu da söz konusudur. İşletilen MF membran 0,24 µm gözenek çapına sahip olup çabuk tıkanma özelliği göstermiştir ve yüksek akı alınmasına olanak sağlamamıştır. Bu membran ile hem yüksek akı elde edilememesi ve hızlı tıkanma eğiliminden dolayı daha yüksek yüzey alanına sahip membran modülü işletmeye alınmıştır. Bu aşamada bazı metallerin ve diğer parametrelerin de analizi yapılmıştır.

Tablo 2: MBR giriş ve çıkış atıksuyu parametreleri analiz sonuçları.

Parametre	MF Membran Modülü		UF Membran Modülü	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
pH	6.49 ± 0.45	6.99 ± 0.45	7.02 ± 0.36	7.93 ± 0.36
İletkenlik (ms/cm)	5,0 ± 0,80	5,9 ± 0,78	4,86 ± 0,92	5,15 ± 1,05
KOİ (mg/L)	430 ± 110	34,6 ± 14,8	471,6 ± 227,8	39,51 ± 22,3
BOİ* (mg/L)	310 ± 68	-	210,7 ± 74,6	-
TP** (mg/L)	-	0,98 ± 0,17	4,79 ± 1,24	2,83 ± 0,92
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	<0,01	0	0	0
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	<0,01	2,64 ± 2,3	0	3,52 ± 2,09
Renk (Pt-Co)	1100 ± 70	56,7 ± 4,36	1200 ± 70	60,0 ± 14,07

\*Tabloda "±" ile gösterilen değerler standart sapma değerlerini ifade etmekte olup BOİ tayini haftada bir kez diğer analizlerin tümü günde bir kez yapılmıştır.  
\*\*MF modülü işletilirken giriş TP analizi yapılmamıştır.

MBR'de UF modülü işletmedeyken ağır metal analizleri de yapılmış olup giderim verimleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu sonuçlar, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde yer alan "Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri" [11] incelendiğinde OSB atıksularının sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliği açısından B, Mg ve Na metallerinin önem arz ettiği görülmektedir. Örneğin, Bor metali için 0,7 ile 3,0 mg/L arasındaki değerler için az-orta zarar

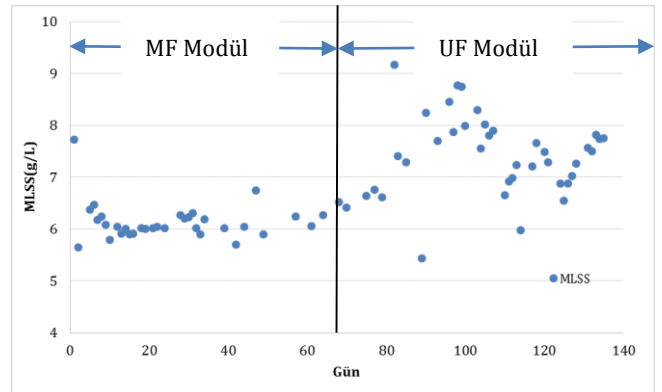
derecesindeki su kalitesi söz konusuysa, 3,0 mg/L ve üzeri konsantrasyonlar için tehlikeli kullanım derecesi belirlenmiştir. Benzer şekilde sodyum (Na) metali için 70 mg/L ve üzeri konsantrasyonların az-orta zarar derecesine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, MBR'nin özellikle sulama suyu olarak kullanılması durumunda az-orta zararlı sınıfta su kalitesi sağladığı söylenebilir. Bu yüzden zararsız bir sulama suyu sağlamak için MBR sonrası nanofiltrasyon (NF) ya da ters ozmoz (TO) gibi ileri filtrasyon seçenekleri düşünülmelidir.

Tablo 3: KOSB için MBR'deki (UF modülü) ağır metal giderim verimleri.

Ağır metal	AAT Giriş konsantrasyonu (mg/L)*	MBR Çıkış konsantrasyonu (mg/L)*	MBR Giderim (%)
Co	<0.01	<0.01	
Cu	0.128	0.136	
B	3.16	2.66	15.83
Zn	<0.01	<0.01	
Mn	0.018	<0.01	>80
Al	0.456	0.25	45.18
Ag	0.099	0.099	0.00
Cr <sup>+3</sup>	0.22	0.044	80.00
Ni	0.124	0.236	
Mg	214.2	197.1	7.98
Fe	0.279	0.151	45.88
Na	553.8	531.9	3.95
Cd	<0.01	<0.01	
Ca	191.2	175.1	8.42

\*aynı gün (11.03.2016) analiz sonuçlarını temsil etmektedir.

MBR'de işletim esnasındaki MLSS değerleri ise Şekil 2'de gösterilmiştir. MF işletimi esnasında MLSS değerlerinde yükselme görülmemiştir. Bu süreçte reaktöre giren ortalama KOİ değeri 426 mg/L'dir. MBR'nin bu süreçte 6 g/L civarlarında seyreden MLSS konsantrasyonu gelen tüm besinin mikroorganizma konsantrasyonunun içsel solunumuna harcandığı söylenebilir. Çünkü kütle dengesine göre MLSS konsantrasyonunun artmaması ve gelen besinin (KOİ) harcanması bakterilerin içsel solunumundan kaynaklandığı söylenebilir. Yani, düşük çıkış KOİ ve AKM konsantrasyonları gelen besinin biyoküttelede ya da membran yüzeyinde tutulduğunu göstermektedir. Ancak UF membran takıldıktan sonra MLSS konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. MLSS'teki bu artışın ise işletmenin başlarındaki organik yüklenme hızının artışından, akının artışından ve HRT'nin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

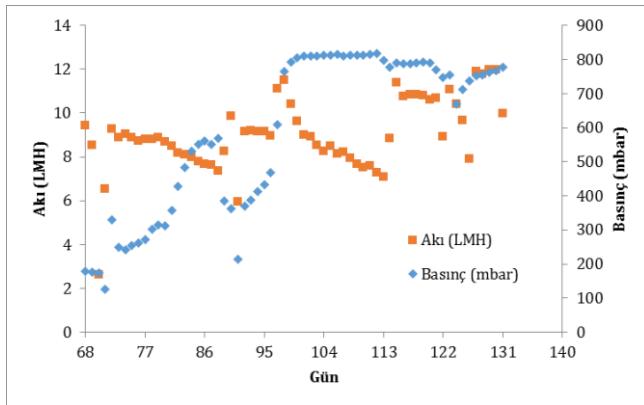


Şekil 2: MBR'nin işletilmesi boyunca MLSS değişimi.

0.1 µm gözenek çapına sahip UF modülünün işletim esnasındaki akı değerleri Şekil 3'te gösterilmiştir. İşletme sırasında akının 10 LMH'lardan 7 LMH'lara düştüğü görüldükten sonra fiziksel temizleme yapılmıştır. Yine benzer bir eğilim izleyen akı değerleri görüldüğünde ikinci kez modüle fiziksel olarak müdahale edilmiştir. Bu aşamadan sonra akıdaki düşüş hızı membranın temiz haline göre daha hızlı yaşanmıştır.

UF modülünün işletilmesi sırasında akı azalmalarını takip eden basınç artışları da Şekil 3'te görülmektedir. Membranın ikinci kez fiziksel yıkanmasından sonra basıncın neredeyse değişmediği de bu şekilden görülebilir. Çünkü, basınç ulaşabileceği en yüksek sınıra ulaşmıştır. Bu yüzden membranın gözeneklerinin neredeyse tamamen tıkanmış ve akının düştüğü söylenebilir. Burada fiziksel temizliğin membran tıkanmasını ortadan kaldıramadığı, kimyasal bir yıkamanın gerekli olduğu anlaşılabilir. Bu aşamadan sonra pompa devir hızı 50 rpm'den 70 rpm'e çıkarılarak akının değişimi izlenerek işletilmiştir. Basıncın hızlı artışı sonrası membran akısının maksimum basınçta sabit kaldığı gözlenmiştir. Akının basınçla ilişkisinin anlaşıldığı bu çalışmada, aynı zamanda MLSS ve çamur yaşının da bu parametrelerle optimize edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

İşletme koşullarında denge durumunda MLSS konsantrasyonunun 7-8 g/L arasında olduğu belirlenmiş, bu sırada da çamur yaşı 40 gün olarak ayarlanmıştır. Literatürde benzer çalışmalarda 10 g/L MLSS ve 30 gün çamur yaşının optimum olduğu görülmektedir [12],[13]. Membran tıkanmasının en aza indirilmesi ve yüksek akı değerleri elde edebilmek için bu çalışmada 20 L'lik reaktör için membran alanının 0,06 m<sup>2</sup> den fazla olması gerektiği belirlenmiştir. İşletilen her bir membran (0,022 ve 0,055 m<sup>2</sup> membran alanına sahip) istenilen akı değerlerinde uzun süre çalışamamıştır. Bu bağlamda, en yüksek akı değerlerinin 10 ila 15 LMH arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 3'te görüldüğü gibi akı azalmalarına karşılık gelen basınç artışları sonrası, 98. günden sonraki akı azalmasına rağmen, basıncın dengeye ulaştığı ve membranın tıkanmış olduğu söylenebilir.



Şekil 3. UF modülü kullanılan MBR'de akı ve basınç değişimleri.

Sonuç olarak, KOSB atıksuları MBR'de iki farklı membranla yüksek verimlerde arıtılmıştır. MF membranı ile ilk 67 gün boyunca yürütülen işletme şartlarında düşük membran alanının (0,022 m<sup>2</sup>) MLSS konsantrasyonunu artıramadığı, membranın hızlı tıkanmasına yol açtığı ve akıda azalmaya neden olduğu görülmüştür. UF membranında ise artırılan membran alanı da (0,055 m<sup>2</sup>) hızlı tıkanmanın önüne

geçememiştir. Her iki membran da fiziksel yıkamaya cevap verememiş olup membran veriminin kimyasal yıkama ile korunabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden, literatüre uygun olarak 10-15 LMH akı değerlerinde çalışılması durumunda hızlı membran tıkanmasının önlenmesi için membran alanının yüksek tutulması gerekmektedir. Bu çalışmadaki işletme koşulları için karışık OSB atıksularının 10-15 LMH'ta 7,5 g/L MLSS değerlerinde ve 40 günlük çamur yaşında verimli bir arıtma sağlayabildiği görülmüş olup yaklaşık bir aylık süreçlerde kimyasal yıkama gerekliliği görülmüştür. Çalışılan iki membranın verim açısından karşılaştırılması için benzer koşulların ortaya konması (sabit membran alanı vb.) ve membran dirençlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden yapılacak ilave kesikli çalışmaların sonuçlara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### 4 Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No: 114Y521).

#### 5 Kaynakça

- [1] O.S.B. Sitesi. Organize Sanayi Bölgeleri 2016; Available from: <https://osbbs.sanayi.gov.tr/citylist.aspx>. (23.06.2016)
- [2] Anonymous. "Kayseri organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisi". *Su ve Çevre Teknolojileri*, 10(73), 36-42, 2014.
- [3] Judd S. "The status of industrial and municipal effluent treatment with membrane bioreactor technology". *Chemical Engineering Journal*, 305, 37-45, 2015.
- [4] Yiğit NÖ. Membran Biyoreaktörü ile (Mbr) Evsel Atıksu Arıtımı. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2007.
- [5] Şahinkaya E. "Membran Biyoreaktörler: Uygulama Alanları, Son Gelişmeler ve Araştırma Gereken Alanlar". İstanbul Medeniyet Üniversitesi, 1-43, 2014.
- [6] Mutamim NSA, Noor ZZ, Hassan MAA, Olsson G. "Application of membrane bioreactor technology in treating high strength industrial wastewater: a performance review". *Desalination*, 305, 1-11, 2012.
- [7] Mutamim NSA, Noor ZZ, Hassan MAA, Yuniarto A, Olsson G. "Membrane bioreactor: applications and limitations in treating high strength industrial wastewater". *Chemical Engineering Journal*, 225, 109-119, 2013.
- [8] Wisniewski, C. "Membrane bioreactor for water reuse". *Desalination*, 203(1), 15-19, 2007.
- [9] Farias EL, Howe KJ, Thomson BM. "Effect of membrane bioreactor solids retention time on reverse osmosis membrane fouling for wastewater reuse". *Water Research*, 49, 53-61, 2014.
- [10] Judd S. *The MBR Book: Principles And Applications Of Membrane Bioreactors For Water And Wastewater Treatment*. Editors: Judd S, Judd C. Case Studies, 359-455, Butterworth-Heinemann, German, Elsevier; 2010.
- [11] Radjenović J, Matošić M, Mijatović I, Petrović M, Barceló D. "Membrane bioreactor (MBR) as an advanced wastewater treatment technology. Emerging Contaminants from Industrial and Municipal Waste". *Springer Berlin Heidelberg*, 37-101, 2008.
- [12] Üstün GE, Solmaz SKA. "Bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması". *Ekoloji*, 15, 55-61 2007.

- [13] Ahmed Z, Cho J, Lim BR, Song KG, Ahn KH. "Effects of sludge retention time on membrane fouling and microbial community structure in a membrane bioreactor". *Journal of Membrane Science*, 287(2), 211-218, 2007.
- [14] Sabia G, Ferraris M, Spagni A. "Effect of solid retention time on sludge filterability and biomass activity: Long-term experiment on a pilot-scale membrane bioreactor treating municipal wastewater". *Chemical Engineering Journal*, 221, 176-184, 2013.