



SHARON Prosesinin Sızıntı Suyu Arıtımında Uygulanması

Kozet YAPSAKLI*¹, Çiğdem KALKAN AKTAN¹, Bülent MERTOGLU²

¹Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 34722, Göztepe/İstanbul

²Marmara Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü, 34722, Göztepe/ İstanbul

ÖZET

Yüksek konsantrasyonlarda azotlu bileşikler içeren çöp sızıntı sularının arıtımında kullanılan konvansiyonel nitrifikasyon-denitrifikasyon süreci yüksek oksijen ihtiyacı nedeni ile işletme maliyetlerini ciddi bir biçimde artırmaktadır. Yakın zamanda tanımlanan azot giderme metodlarından SHARON ve ANAMMOX kombinasyonu yüksek amonyak yüküne sahip atıksuların arıtımında umut vadeden bir süreçtir. Bu çalışma kapsamında, anaerobik arıtma ve aerobik membran biyoreaktör (MBR) metodları ile ön arıtımı gerçekleştirilen Kömürcüoda Sızıntı Suyu'na SHARON prosesinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Laboratuvar ölçekli SHARON reaktöründe uygun bakteri kültürünün yetişebilmesi amacı ile önce sentetik atıksu daha sonra da seyreltilmiş sızıntı suyu kullanılarak sistemin uygulanabilirliği test edilmiştir. Deneysel sonuçlar giriş amonyağının %52'sinin nitrite dönüştürüldüğünü, %40'ının da amonyak olarak sistemde kaldığını göstermiştir. SHARON çıkış akımının bu sebeple ANAMMOX reaksiyonu için uygun kompozisyonda atıksu ürettiği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: SHARON, sızıntı suyu, ANAMMOX, kısmi nitritasyon

Application of SHARON Process for Leachate Treatment

ABSTRACT

Conventional nitrification-denitrification processes are used extensively for the treatment of nitrogenous compounds in leachate treatment however; it results in high operational cost due to excessive oxygen requirement. Combination of SHARON-ANAMMOX processes are among the novel nitrogen removal technologies and are promising methods for cost-effective removal of these compounds. In the scope of this study, the applicability of SHARON process for the pre-treated leachate (a lab scale anaerobic + aerobic MBR treatment) taken from Komurcuoda Leachate is investigated in a chemostat reactor. The applicability of the system is first tested using synthetic wastewater and after stable operation is achieved, diluted leachate is given to the system. The experimental results showed that influent ammonia is converted to nitrite with 52% nitrification efficiency and 40% of influent remained as ammonia. Therefore, the effluent of the SHARON system is in suitable composition to be treated in the ANAMMOX reactor.

Keywords: SHARON, leachate, ANAMMOX, partial nitrification

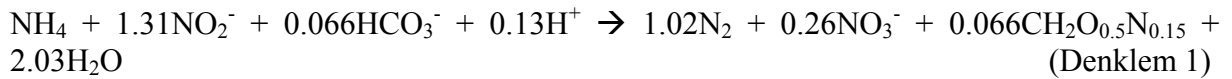
Giriş

Azot bileşikleri deşarj edildikleri ortamda oksijenin tükenmesine, toksisiteye, alg büyümesine ve ötröfikasyon gibi problemlere neden olmaktadır (Klees ve Silverstein, 1992). Bu sebeple, yüksek amonyak içeren atıksuların alıcı ortama verilmesinden önce uygun metotlarla arıtımı gerekmektedir. Atıksulardan azot gideriminde iki aşamada gerçekleşen nitrifikasyon-denitrifikasyon süreci, biyolojik yöntemlerle arıtmada en sık kullanılanıdır (EPA, 1993). Nitrifikasyon, metabolik olarak birbirinden farklı iki mikroorganizma grubu olan amonyak oksitleyen bakteri (AOB) ve nitrit oksitleyen bakteri (NOB) türleri tarafından gerçekleştirilir. Amonyak oksidasyonunun, mutlak aerobik şartlar altında ve kemo-ototrofik süreçle Proteobacteria'ya bağlı birkaç grup tarafından yapıldığı bilinmektedir (Kowalchuk ve Stephen, 2001). Diğer taraftan, denitrifikasyon süreci fakültatif heterotrofik bakteri türleri tarafından gerçekleştirilmektedir (Zumft, 1997).

Aerobik amonyum oksidasyonu yaklaşık 100 yıldan beri bilinen ve mekanizması iyi anlaşılmış bir sistem olup (Winogradsky, 1890) biyolojik evsel atıksu arıtımında neredeyse yerleşik olarak kullanılmaktadır. Ancak, sızıntı suyu ya da azot bakımından zengin diğer endüstriyel atıksuların arıtımında konvansiyonel nitrifikasyon-denitrifikasyon sürecinin uygulanmasındaki en büyük engel, nitrifikasyon sürecinin yüksek miktarda oksijen ihtiyacı ve buna bağlı yüksek işletme maliyetidir. Buna ek olarak, bu sürecin düşük karbon/azot (C/N) oranlı atıksulara uygulanması durumunda, denitrifikasyon aşaması için dışarıdan karbon ilavesi gerekli olabilmekte, bu da kimyasal maliyetini ve de çamur oluşumunu artırmaktadır.

Yakın geçmişte tanımlanan ANAMMOX süreci, amonyumun anoksik koşullar altında nitritin elektron alıcısı olarak kullanılarak doğrudan azot gazına indirildiği yeni bir biyolojik prosestir (van de Graaf ve ark., 1995; Mulder ve ark., 1995). Oksijen ihtiyacı olmadığı için bu sistem konvansiyonel nitrifikasyon- denitrifikasyon sistemine göre daha az işletim maliyeti yaratmaktadır. Benzer şekilde ANAMMOX bakterilerinin çok yavaş üremeleri çok düşük çamur oluşumuna sebep olarak çamur bertarafı için gerekli maliyeti büyük ölçüde azaltmaktadır.

ANAMMOX sisteminde ana ürün azot gazı olmakla birlikte azot konsantrasyonunun %10'luk bir kısmının da nitrata dönüştüğü belirtilmiştir. Zenginleştirilmiş kültürlerde kütle dengesi ile elde edilen ANAMMOX stokiometrisi Strous tarafından tanımlanmıştır (Strous ve ark., 1998).

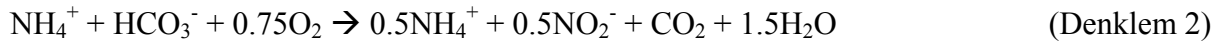


ANAMMOX sisteminin uygulanmasındaki en büyük engel ANAMMOX bakterilerinin ortam şartlarından çok kolay etkilenmesidir.

ANAMMOX prosesinde elektron alıcısı olarak nitrit kullanıldığından dolayı bu prosesin uygulanacağı atıksularda öncelikle kısmi nitritifikasyon süreci uygulanmalıdır (Paredes ve ark., 2007). Kısmi nitritifikasyon sürecinin asıl amacı giriş atıksuyundaki amonyumun sadece %50'lik bir kısmının nitrite dönüştürülmesidir. Bu kısımda nitritin nitrata dönüşmesi engellenmelidir. Amonyanın kısmen nitrite dönüştürülmesi, pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, $\text{HCO}_3^-/\text{NH}_4\text{-N}$ oranı, hidrolik ve çamur bekletme süresi parametrelerinden bir ya da birkaçının birlikte kontrol edilmesi ile gerçekleşir (Hellings ve ark., 1998; Mata-Alvarez ve ark., 2007; Gali ve ark., 2007b; Liang ve Liu, 2007). Kısmi nitritifikasyon sağlamak amacı ile

uygulamada farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan ilki reaktör içinde pH ve amonyum konsantrasyonlarını kontrol ederek sistemde belli bir serbest amonyak seviyesini sağlamaktır. Serbest amonyak inhibisyonundan Amonyak Oksitleyen Bakterilere (AOB) oranla daha fazla etkilenen Nitrit Oksitleyen Bakteri (NOB) bu şekilde büyüyemeden sistemden atılır. Bu stratejide bakterilerin serbest amonyak inhibisyonuna zamanla adapte olması önemli bir problemdir. İkinci bir yöntem, kısıtlı oksijen ile NOB bakterilerini ortamdaki uzaklaştırmak ve düşük oksijen seviyelerine dayanabilen AOB bakterilerini zenginleştirmektir. (Garrido ve ark., 1997). Saf AOB kültürü ile çalışmak (Santos ve ark., 1992) alternatif bir yöntem olarak görünse bile atıksuda başka mikroorganizmaların bulunması sebebi ile pratik uygulaması çok zordur. Kısmi nitrifikasyon gerçekleştiren en önemli metotlardan biri de amonyanın nitrit üzerinden dönüşümünü içeren tek reaktör sistemi olan (SHARON) teknolojisidir (van Dongen ve ark., 2001). SHARON prosesi mezofilik şartlarda (ortalama 35°C) ve düşük çamur yaşlarında (2 günden az) gerçekleştirilir. Bu işletme şartlarında AOB türlerinin büyüme hızı, NOB türlerinin hızına oranla daha yüksek olması prensibi (Hunik, 1993) ile sadece AOB türlerinin sistemde kalması sağlanır. Çamur bekleme süresinin hidrolik bekleme süresine eşit olduğu kemostat reaktörleri genellikle bu sistem için tercih edilir.

Katı atık depo sahalarında oluşan çöp sızıntı suları, yüksek organik madde ve amonyak içeriğinden dolayı alıcı ortama deşarjı öncesinde değişik arıtma kademelerinden geçirilmektedir. Sızıntı sularında 3000 mg/L'ye kadar ulaşabilen amonyak konsantrasyonunun (Timur ve Ozturk, 1997) giderilmesinde SHARON-ANAMMOX kombinasyonunun kullanımı işletim maliyetlerinin azaltılmasına önemli bir katkı sağlayabilir. Ancak ANAMMOX reaktörlerinde yüksek azot giderimi elde edebilmek için, bu reaktöre ön arıtma ile gelen atıksuyun içeriğinde uygun NO₂-N/ NH₄-N oranına sahip olması gerekir. SHARON-ANAMMOX kombinasyonu Denklem 2'de belirtilen şekilde ürün oluşturabilmektedir (Jetten ve ark., 1997).



ANAMMOX reaktöründe yüksek azot giderimleri elde edebilmek için SHARON sisteminin optimum işletme koşullarının elde edilmesi şarttır. Bu çalışmanın temel amacı, ön arıtmadan geçmiş gerçek sızıntı suyuna SHARON prosesinin uygulanabilirliğini incelemektir.

Materyal ve Yöntem

Atıksu örnekleri

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada biyokütlenin kontrollü olarak yetiştirilerek, zenginleştirilmiş bir AOB kültürü elde etmek amacı ile sentetik atıksu kullanılmıştır. Sentetik atıksuyun bileşenleri Tablo 1'de verilmiştir. İşletmeye alma sürecinde besi çözeltisindeki amonyak konsantrasyonu düşük tutulmuş, yüksek giderim verimlerinin görülmesi ile kademeli olarak yükseltilmiştir.

Tablo 1. Sentetik atıksu için kullanılan besi çözeltilisinin bileşimi

Bileşen	Konsantrasyon
NH ₄ -N	Değişken
NaHCO ₃	Değişken
K ₂ HPO ₄	174.2 mg/L
CaCl ₂	73.5 mg/L
MgCl ₂	102 mg/L
İz Element Çözeltisi 1 Na ₂ EDTA·2H ₂ O: 10 g/L FeSO ₄ : 5 g/L	1 ml/L
İz Element Çözeltisi 2 Na ₂ EDTA·2H ₂ O: 10 g/L ZnSO ₄ ·7H ₂ O : 0.43 g/L CoCl ₂ ·6 H ₂ O : 0.24 g/L MnCl ₂ ·4H ₂ O : 0.99 g/L CuSO ₄ ·5H ₂ O : 0.25 g/L NiCl ₂ ·6H ₂ O : 0.19 g/L H ₃ BO ₄ : 0.014 g/L	1ml/L

Bakterilerin sisteme aklımasyonunun ardından ön arıtma yapılmış sızıntı suyu sisteme verilmiştir. Sızıntı suyu İstanbul'un Anadolu yakasında bulunan Kömürcüoda Katı Atık Depolama Sahası'ndan getirilmiştir. Aktif depolama hücrelerinde oluşan sızıntı suyu bir lagünde biriktirilerek arıtma tesisine iletilmektedir. Çevre Mühendisliği Laboratuvarımıza getirilen numuneler fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini korumak amacıyla 4°C'de muhafaza edilmektedir. Ham sızıntı suyu numuneleri laboratuvar ölçekli yukarı akışlı anaerobik çamur yatağı (UASB) reaktörünü takip eden membran biyoreaktör (MBR) sisteminde ön arıtımı yapılmaktadır. UASB reaktöründe organik maddenin biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI₅) bazında yaklaşık %80'i giderilmektedir. MBR sistemi ise düşük çamur yaşlarında çalıştırılarak nitrifikasyonun minimumda gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Bu sistemde de ortalama KOİ giderim verimi %93 civarında seyretmektedir. Tablo 2'de ham sızıntı suyu numunesi ve ön-arıtmanın kademelerine giren atıksuyun özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 2. Kömürcüoda sızıntı suyu numunesi ve arıtım kademelerindeki atıksuyun mevcut çalışma dönemindeki karakterizasyonu

	Ham sızıntı suyu	UASB reaktör çıkışı	MBR reaktör çıkışı
KOİ, mg/L	10,800	4,500	1,800
BOİ ₅ ,* mg/L	6,300	1,300	90
Alkalinite, mg/L CaCO ₃	6,900	6,700	**
NH ₄ -N, mg/L	1,600	1,300	740

*KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı

**Ölçüm yapılmadı

Ön arıtımı yapılmış sızıntı suyu numuneleri SHARON sistemine seyreltilerek verilmiş ve adaptasyonun ardından seyreltme oranı kademeli olarak azaltılmıştır.

SHARON Reaktörü

Laboratuvar ölçekli sürekli akım ile çalıştırılan SHARON reaktörü pleksiglas malzemeden yapılmış olup 7.5L toplam hacme sahiptir. Reaktörün işletilmesi sırasında sızıntı suyunda gözlemlenebilecek köpürme problemleri dikkate alınarak 2.5L'lik bir aktif hacimle işletilmiştir. SHARON sisteminde çamur bekleme süresi, hidrolik bekleme süresine eşittir. Dolayısı ile çamur geri devri yapılmamış ve kemostat olarak çalıştırılmıştır. Ortalama bekleme süresi 1 gün ve ortalama debi 1675 mL/gün olarak tasarlanmıştır. Reaktör çevresindeki su banyosu 35°C'lik sabit sıcaklığı sağlamıştır. Bu şekilde yüksek sıcaklık ve düşük çamur yaşı kombinasyonu teorik olarak NOB'lerin sistemde büyümesine engel teşkil etmektedir. NOB'lerin bu sıcaklıkta büyüebilmesi için daha uzun çamur bekleme sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Reaktör ilk işletmeye alınırken Paşaköy İleri Atıksu Arıtma Tesisi çamur geri devir hattından alınan çamur ile reaktör aşılansmış, bu sayede nitritasyon işleminin daha hızlı başlaması sağlanmıştır. Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi ortalama 20 gün çamur yaşı ile çalıştırılan ve yüksek nitrifikasyon verimleri gözlemlenen bir tesistir.

Sentetik atıksuyun sisteme girişi ve çıkışı peristaltik pompa vasıtası ile sağlanmıştır. Sistemdeki çamurun çökmesini engellemek amacı ile mekanik bir karıştırıcı kullanılmış ve reaktör içi sürekli olarak karıştırılmıştır. Kısmi nitrifikasyon için gerekli oksijeni verebilmek için, ince kabarcıklı difüzör yardımı ile sürekli havalandırma yapılmıştır.

Giriş ve çıkış numunelerindeki NH₄-N, NO₂-N ve pH parametreleri günlük, uçucu askıda katı madde (UAKM) parametresi haftalık olarak kontrol edilmiştir. Ölçüm amaçlı toplanan çıkış akımı 2 saatlik kompozit numune olarak alınmıştır. Tüm fiziksel ve kimyasal analizler Standart Metotlar izlenerek ölçülmüştür (APHA, 2005).

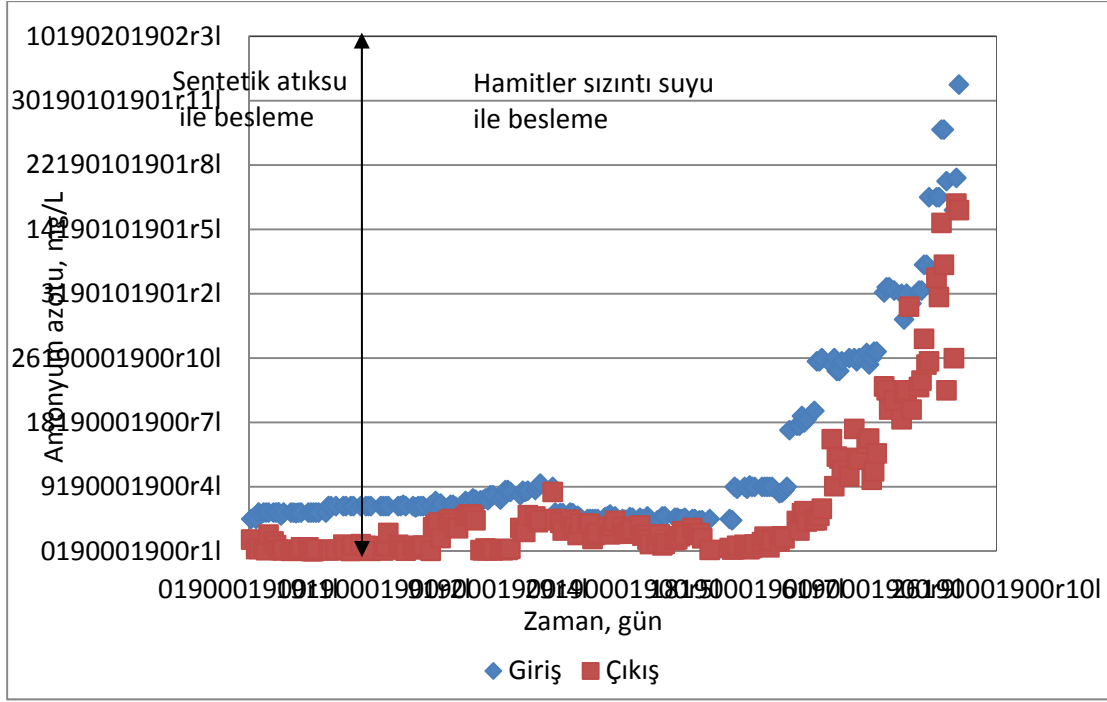
Bulgular ve Tartışma

SHARON reaktörünün prensip olarak iki türlü işletilmesi mümkündür:

1. Biyolojik olarak parçalanabilir organik maddenin varlığında ve birbirini takip eden anoksik-oksik şartlarda, nitritasyon ve sonrasında nitrit üzerinden denitrifikasyon ile hem azot hem de organik karbon gideriminin sağlanması.
2. Biyolojik olarak parçalanabilir organik karbonun sınırlı olduğu sistemlerde oksik şartlarda sadece nitritasyonun gerçekleşmesi. Bu sistem, sonrasında ANAMMOX reaktörünün bulunması durumunda uygun hale gelmektedir.

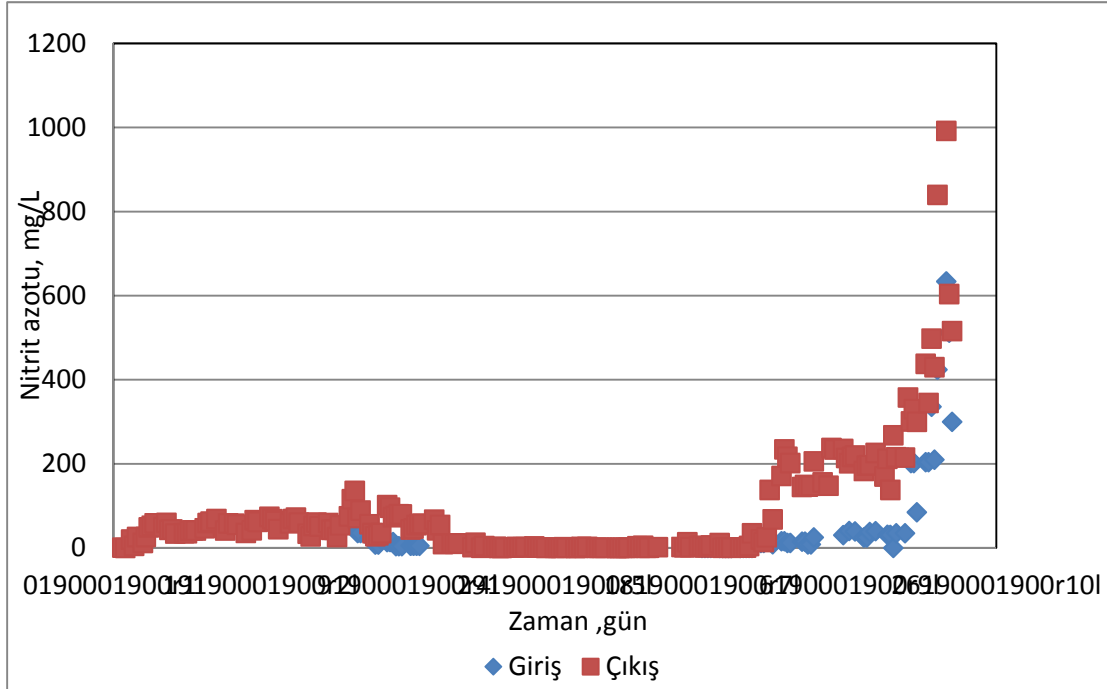
Laboratuvarda kurulmuş bulunan SHARON reaktörü azotun Nitritasyon-ANAMMOX kombinasyonu ile giderilmesi üzere tasarlanmıştır. Sızıntı suyunda bulunan biyolojik olarak parçalanabilir organik maddenin neredeyse tamamının UASB + MBR arıtma sistemi ile giderilmesi dolayısıyla bu konfigürasyon tercih edilmiştir.

Laboratuvar ölçekli SHARON reaktörü, aktif nitrifikasyon yapabilen bir kültürle aşılandığından dolayı işletmeye alındığı ilk günden itibaren amonyak giderimi sağlamıştır (Şekil 1).

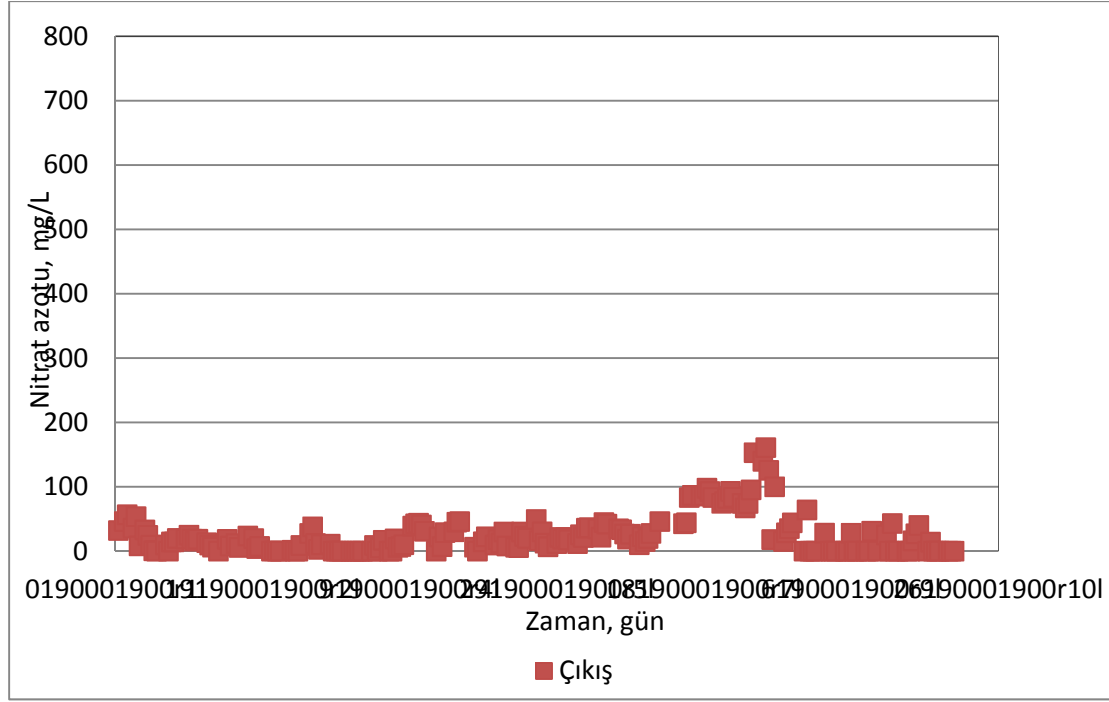


Şekil 1. SHARON reaktörü giriş ve çıkış amonyum azotu

SHARON reaktörünün sadece sentetik atıksu ile beslendiği ilk 75 gündeki amonyum azotu giderim yüzdesinin ortalama %91 olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık giriş amonyağının yaklaşık %79'u nitrite, %10'u nitrata (Şekil 2 ve Şekil 3) dönüştürülmüştür.



Şekil 2. SHARON reaktörü giriş ve çıkış nitrit azotu



Şekil 3. SHARON reaktörü çıkış nitrat azotu konsantrasyonları

SHARON reaktöründe uzun süre yüksek nitritasyon verimleri gözlemlenmesi sebebi ile 75. günden itibaren sistem seyreltilmiş Kömürcüoda sızıntı suyu ile beslenmeye başlanmıştır. Bu değişikliğin hemen sonrasında amonyak giderim verimi %40'a düşmüş ve 15 gün boyunca iyileşme gözlemlenmemiştir. Bu sürenin sonunda sistemin performansının arttığı görülmüş ve ortalama %57 amonyak giderim verimine ulaşılmıştır. Sistemin işletildiği 200. günden itibaren sızıntı suyundaki seyreltme oranı düşürülmek sureti ile giriş amonyak yükleri kademeli olarak artırılmış ve sistemin performansı izlenmiştir. Giriş amonyak konsantrasyonunun 100 mg/L'den 700 mg/L'ye kadar hızlıca yükseltildiği bu dönemde amonyak giderim verimi %58 olarak tespit edilmiştir.

SHARON reaktöründe dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri giderilen amonyağın büyük çoğunluğunun nitrit kademesinde tutulması, nitrata dönüşümün minimumda kalmasıdır. Bu sebeple amonyum azotunun giderim veriminin, nitritasyon oluşum verimi ile kıyaslanması önemlidir. Sistemin ortalama 50 mg/L seyreltilmiş sızıntı suyu ile beslendiği dönemde nitritasyon verimlerinin çok düşük olduğu (ortalama %3.5) ve giderilen amonyağın çok yüksek bir oranla nitrata dönüştüğü görülmüştür. Bu durum teoride belirtilen ve 35°C sıcaklık ve 1 günlük hidrolik/çamur bekleme süresi sağlanan sistemlerde nitrit oksitleyici bakterilerin sistemde kalamayacağı ifadesi ile çelişmektedir. SHARON sistemi her ne kadar mekanik karıştırıcı ile homojen olarak karıştırılrsa da işletme sırasında bakterilerin reaktör duvarına ve karıştırıcı pervane yüzeyine tutunma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda sistemin çamur yaşının bakteri alıkonması sebebi ile pratikte daha yüksek seviyelere ulaştığı ve nitrata dönüşüme yol açtığı düşünülmektedir. Bu sebeple 200. günden itibaren reaktör çeperi ve karıştırıcı yüzeyi periyodik olarak temizlenerek bakterinin sistemde fazladan kalması engellenmeye çalışılmıştır. Bu uygulama ile birlikte nitrat oluşumunun zamanla azaldığı (Şekil 3) ve amonyağın nitrite dönüşme oranının yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu dönemde nitritasyon verimi ortalama %52'ye ulaşmıştır. Bu durumda, reaktör çıkışında elde edilen amonyak ve nitrit konsantrasyonları ANAMMOX reaktörüne vermek için uygun hale gelmiştir.

SHARON reaktörünün yüksek verimle çalışması için dikkat edilmesi gereken başka bir önemli kontrol parametresi de sistemdeki alkalinitenin kontrolüdür. Nitritasyon asit üreten bir süreç olduğu için alkalinitenin tükenmesi ortam pH'sının aniden düşmesine sebep olabilmektedir (van Kempen ve ark., 2001). Sistemdeki pH değeri nitrifikasyon aktivitesini NH_3/NH_4 ve HNO_2/NO_2 dengesinden dolayı etkilemektedir. Reaktör içi pH değeri 6.5'un altına indiği zaman, amonyak oksitleyen bakterilerin büyümesi için gerekli serbest amonyak seviyesi çok düşük olacağından dolayı amonyak oksidasyonu olumsuz etkilenecektir (Hellings ve ark., 1998). Buna ek olarak, yüksek pH değerlerinde gözlemlenen serbest amonyak (NH_3) ve düşük pH değerlerinde gözlemlenen serbest nitroz asit (HNO_2), hem AOB hem de NOB türleri için inhibitör madde niteliğindedir (Anthonisen ve ark., 1976). Bu sebeple sistemde bakterilerin stokiometrik olarak tüketebileceği miktardan fazla alkalinite bulunması, nitritasyondan dolayı pH'nın düşmesini engelleyecek ve buna bağlı serbest nitroz asit konsantrasyonunu düşük tutacaktır. Diğer taraftan, sistemde tüketilmeden kalan alkalinite de pH'nın ve serbest amonyak seviyelerinin yükselmesine ve buna bağlı serbest amonyak inhibisyonuna sebep olabilir. Bu sebeple ortam pH'sının ve dolayısı ile alkalinitenin kontrolü sistemin sağlıklı işleyebilmesi açısından önemlidir. SHARON reaktörü çalıştırılırken sistem pH'sı günlük olarak izlenmiş, düşük pH değerlerinde alkalinite çözeltisi (1M HCO_3 stok çözeltisi) eklenmiştir. Günde bir kere eklenen alkalinite, işletmede ortam pH'sının gün içinde geniş bir aralıkta seyretmesine sebep olmuştur. Sonuç olarak, her ne kadar SHARON sisteminde elde edilen nitrit ve amonyak çıkışları ANAMMOX sistemi için uygun kompozisyonda olsa da sızıntı suyunda gözlemlenebilecek daha yüksek giriş amonyak konsantrasyonlarında nitritasyon veriminin düşmesi ve bu durumun işletmede sıkıntı yaratma riski yüksektir. Online kontrol sistemi ile özellikle yüksek amonyak konsantrasyonunun gözlemlendiği atıksularda pH'nın uygun ve daha dar bir aralıkta tutulmasının nitritasyon verimi üzerinde olumlu katkılar yapacağı düşünülmektedir.

Literatürde sızıntı suyu ile yapılan nitritasyon çalışmaları çoğunlukla ardışık kesikli reaktör sisteminde (Ganigue ve ark., 2007; Xu ve ark., 2010), kısıtlı oksijen şartlarında işletilen biyofilm sistemlerinde (Liang ve Liu, 2007) gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak evsel atıksu süzüntü suyu (reject water) ile yapılan (Gali ve ark., 2007b; Gali ve ark., 2007a; Jetten ve ark., 1997) ve sentetik atıksu ile yapılan birkaç SHARON çalışması bulunmaktadır (Claros ve ark., 2011). Gerçek sızıntı suyuna SHARON sisteminin uygulanması ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yakın zamanda Vilar ve ark. (2010), anaerobik olarak ön arıtımı gerçekleştirmiş ve seyreltilmiş sızıntı suyu ile yaptıkları çalışmalarında %60 nitritasyon verimi elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışma, SHARON prosesinin yüksek amonyak konsantrasyonları içeren sızıntı suyuna uygulanabileceğini göstermiştir. Reaktör çıkışında elde edilen ortalama %52 nitrit / %40 amonyak azotu karışımı ANAMMOX reaktörü için uygun kompozisyonda bir atıksu niteliğindedir. Bununla birlikte, daha yüksek giriş amonyak konsantrasyonlarda uygun verimi sağlayabilmek amacı ile online pH kontrol sistemi kullanılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No: 108Y269) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Anthonisen A.C., Loehr R.C., Prakasam T.B.S., Srinath E.G. (1976) Inhibition of Nitrification by Ammonia and Nitrous-Acid. *Journal Water Pollution Control Federation* 48 (5):835-852. doi:
- [2] APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*
- [3] Claros J., Serralta J., Seco A., Ferrer J., Aguado D. (2011) Monitoring pH and ORP in a SHARON reactor. *Water Science and Technology* 63 (11):2505-2512. doi: Doi 10.2166/Wst.2011.478
- [4] EPA U. (1993) *Process design manual of nitrogen control*, vol 625/r-93/010. 625/r-93/010, Cincinnati, Ohio
- [5] Gali A., Mata-Alvarez J., Dosta J., Mace S. (2007a) Comparison of reject water treatment with nitrification/denitrification via nitrite in SBR and SHARON chemostat process. *Environmental Technology* 28 (2):173-176. doi:
- [6] Gali A., Mata-Alvarez J., Dosta J., van Loosdrecht M.C.M. (2007b) Two ways to achieve an ANAMMOX influent from real reject water treatment at lab-scale: Partial SBR nitrification and SHARON process. *Process Biochemistry* 42 (4):715-720. doi: 10.1016/j.procbio.2006.12.002
- [7] Ganigue R., Lopez H., Balaguer M.D., Colprim J. (2007) Partial ammonium oxidation to nitrite of high ammonium content urban land fill leachates. *Water Research* 41 (15):3317-3326. doi: 10.1016/j.watres.2007.04.027
- [8] Garrido J.M., vanBenthum W.A.J., vanLoosdrecht M.C.M., Heijnen J.J. (1997) Influence of dissolved oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor. *Biotechnology and Bioengineering* 53 (2):168-178. doi:
- [9] Hellinga C., Schellen A.A.J.C., Mulder J.W., van Loosdrecht M.C.M., Heijnen J.J. (1998) The SHARON process: An innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich waste water. *Water Science and Technology* 37 (9):135-142. doi:
- [10] Hunik J.H. (1993) *Engineering aspects of nitrification with immobilized cells*. Wageningen Agricultural University,
- [11] Jetten M.S.M., Horn S.J., vanLoosdrecht M.C.M. (1997) Towards a more sustainable municipal wastewater treatment system. *Water Science and Technology* 35 (9):171-180. doi:
- [12] Klees R., Silverstein J. (1992) Improved Biological Nitrification Using Recirculation in Rotating Biological Contactors. *Water Science and Technology* 26 (3-4):545-553. doi:
- [13] Kowalchuk G.A., Stephen J.R. (2001) Ammonia-oxidizing bacteria: A model for molecular microbial ecology. *Annual Review of Microbiology* 55:485-529. doi:
- [14] Liang Z., Liu H.X. (2007) Control factors of partial nitrification for landfill leachate treatment. *Journal of Environmental Sciences-China* 19 (5):523-529. doi:
- [15] Mata-Alvarez J., Gali A., Dosta J., van Loosdrecht M.C.M. (2007) Two ways to achieve an ANAMMOX influent from real reject water treatment at lab-scale: Partial SBR nitrification and SHARON process. *Process Biochemistry* 42 (4):715-720. doi: 10.1016/j.procbio.2006.12.002
- [16] Mulder A., Vandegraaf A.A., Robertson L.A., Kuenen J.G. (1995) Anaerobic Ammonium Oxidation Discovered in a Denitrifying Fluidized-Bed Reactor. *Fems Microbiology Ecology* 16 (3):177-183. doi:
- [17] Paredes D., Kusch P., Mbwette T.S.A., Stange F., Muller R.A., Koser H. (2007) New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment - A review. *Engineering in Life Sciences* 7 (1):13-25. doi: 10.1002/elsc.200620170

- [18] Santos V.A., Tramper J., Wijffels R.H. (1992) Integrated nitrification and denitrification with immobilized microorganisms. In: In: *Biofilms - science and technology*, L.F. Melo et al. (eds.). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht (1992) 449-453.
- [19] Strous M., Heijnen J.J., Kuenen J.G., Jetten M.S.M. (1998) The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology* 50 (5):589-596. doi:
- [20] Timur H., Ozturk I. (1997) Anaerobic treatment of leachate using sequencing batch reactor and hybrid bed filter. *Water Science and Technology* 36 (6-7):501-508. doi:
- [21] van de Graaf A.A., Mulder A., Debruijn P., Jetten M.S.M., Robertson L.A., Kuenen J.G. (1995) Anaerobic Oxidation of Ammonium Is a Biologically Mediated Process. *Applied and Environmental Microbiology* 61 (4):1246-1251. doi:
- [22] van Dongen U., Jetten M.S.M., van Loosdrecht M.C.M. (2001) The SHARON((R))-ANAMMOX((R)) process for treatment of ammonium rich wastewater. *Water Science and Technology* 44 (1):153-160. doi:
- [23] van Kempen R., Mulder J.W., Uijterlinde C.A., Loosdrecht M.C.M. (2001) Overview: full scale experience of the SHARON (R) process for treatment of rejection water of digested sludge dewatering. *Water Science and Technology* 44 (1):145-152. doi:
- [24] Vilar A., Eiroa M., Kennes C., Veiga M.C. (2010) The SHARON process in the treatment of landfill leachate. *Water Science and Technology* 61 (1):47-52. doi: Doi 10.2166/Wst.2010.786
- [25] Winogradsky S. (1890) 2nd memoire. *Recherches sur les organismes de la nitrification*. : . *Ann Inst Pasteur* 4:257-275. doi:
- [26] Xu Z.Y., Zeng G.M., Yang Z.H., Xiao Y., Cao M., Sun H.S., Ji L.L., Chen Y. (2010) Biological treatment of landfill leachate with the integration of partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and heterotrophic denitrification. *Bioresource Technology* 101 (1):79-86. doi: DOI 10.1016/j.biortech.2009.07.082
- [27] Zumft W.G. (1997) Cell biology and molecular basis of denitrification. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 61 (4):533-+. doi: