



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 5A0045

ECOLOGICAL LIFE SCIENCES

Received: January 2010

Accepted: July 2010

Series : 5A

ISSN : 1308-7258

© 2010 www.newwsa.com

Engin Gürtekin

Nusret Şekerdağ

Firat University

egurtekin@firat.edu.tr

Elazig-Turkey

**AKTİF ÇAMUR PROSESTE KİMYASAL YÖNTEMLERLE AŞIRI ÇAMUR ÜRETİMİNİN
MİNİMİZE EDİLMESİ**

ÖZET

Bu çalışmada, fenton yöntemi, fenton-benzeri yöntemi ve potasyum permanganat yöntemi kullanılarak oluşan aşırı çamur miktarlarındaki azalmalar tespit edilmiştir. Bunun yanında uygulanan yöntemlerin çıkış suyu kalitesine ve çamur karakteristiğine olan etkileri belirlenmiştir. Fenton yöntemi ile %80, fenton benzeri yöntemi ile %75 ve potasyum permanganat yöntemi ile %75'lik çamur azalması elde edilmiştir. Fakat çıkış suyu kalitesi ve çamur karakteristiğinin bozulduğu gözlenmiştir. Maliyet ve çamur azalması yönünden aşırı çamur azalmasında fenton yönteminin ozon ve klor yöntemine göre iyi bir alternatif olabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aşırı Çamur, Çamur Azalması, Fenton, Fenton Benzeri, Potasyum Permanganat

**MINIMIZATION OF EXCESS SLUDGE PRODUCTION WITH CHEMICAL METHODS IN
ACTIVATED SLUDGE SYSTEM**

ABSTRACT

In this study, fenton, fenton like and potassium permanganate was used for excess sludge elimination. The effects of these methods on sludge reduction, effluent water quality and sludge characteristics were investigated. Sludge minimization was found as 80% for fenton, 75% for fenton like and 75% for potassium permanganate. However, it has been observed that the effluent quality and sludge characteristics have been deteriorated. When the cost and sludge reduction is taken into consideration, it has been determined that fenton can be an alternative instead of ozonation and chlorine.

Keywords: Excess Sludge, Sludge Reduction, Fenton, Fenton Like, Potassium Permanganate

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Arıtma tesislerinde oluşan çamur miktarı yıldan yıla artış göstermektedir. Aşırı çamur arıtımı, arıtma tesisinin toplam işletme maliyetinin %25-65'ine denk gelmektedir. Avrupa'da başlangıçta çamur bertarafı doğal yollarla yapılmasına rağmen; belirli bölgelerdeki nüfusun yoğunlaşması, gerekli arazinin bulunmaması, işçilik bedelinin pahalı oluşu gibi sebeplerden dolayı arıtma tesislerinde oluşan aşırı çamuru arıtmaktansa oluşan aşırı çamurun azaltılması yönünde çalışmalar [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] yoğunlaşmıştır.

Evsel ve endüstriyel atıksu arıtan tam ölçekli tesislerde, ozonla aşırı çamurun azaltılması için birçok çalışma yapılmıştır [10, 11, 12, 13, 14 ve 15]. Bu yöntemde aktif çamur prosesinin geri devir hattına bir ozon ünitesi yerleştirilmektedir. Ozon ünitesinde ozonlanan aşırı çamur hem karbondioksit ve suya mineralize olmakta hem de biyolojik olarak arıtılabilen organikler haline dönüşmektedir. Ozon ünitesinden çıkan aşırı çamur havalandırma havuzuna beslenmektedir. Ozonlama ile aşırı çamur üretiminin azaltılmasının maliyeti yüksektir. Çünkü ozon üretimi için çok enerji gereklidir. Ozonlama ile aşırı çamur üretiminin azaltılmasında maliyet yüksek olduğundan, Saby ve diğ [16] ozona alternatif olarak kloru kullanmışlardır. Bu yöntem, çalışma prensibi olarak ozon yöntemine benzemektedir. Klor, ozon yöntemiyle karşılaştırıldığında maliyet bakımından avantajlıdır. Ancak, klor zayıf bir oksitleyici olduğundan kullanılan miktar ozonla karşılaştırıldığında daha yüksektir. Klorlama, trihalometan oluşumu, çamur karakteristiğinde bozulma ve aktif çamur proses çıkışında çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacında artış gibi dezavantajlara sahiptir [16].

İleri oksidasyon yöntemleri, yüksek oksidasyon potansiyeline sahip hidroksil radikallerinin oluşumuna dayanmaktadır. Bir ileri oksidasyon yöntemi olan Fenton yöntemi, asidik şartlar altında Fe^{+2} iyonunun hidrojen peroksit (H_2O_2) ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucu hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Fe^{+3} iyonunun H_2O_2 ile reaksiyonu Fenton benzeri yöntem olarak adlandırılmaktadır [17]. Potasyum permanganat ($KMnO_4$) ile oksidasyon birkaç farklı reaksiyon yoluyla meydana gelebilmektedir: elektron uzaklaştırılması, hidrojen atom uzaklaştırılması ve organik besi maddesine oksijenin doğrudan ilavesi.

Bu çalışmada; aşırı çamur azalması için fenton yöntemi, fenton benzeri yöntemi ve potasyum permanganat yöntemi kullanılmış ve bu oksidantların çıkış suyu kalitesi ve çamur karakteristiğine olan etkisi araştırılmıştır. İlave olarak, çalışmada elde edilen verilerin daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırması yapılmış ve bu çalışmada kullanılan yöntemlerin ozon ve klor kullanımına alternatif olup olamayacağı araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFIANCE)

Arıtma tesislerinde oluşan aşırı çamur miktarı yıldan yıla artış göstermektedir. Aşırı çamur, ikincil bir katı olduğundan güvenli ve ekonomik bir yöntemle uzaklaştırılması gerekir. Ancak, aşırı çamur uzaklaştırılması ile ilgili çevresel kanunlar her geçen gün daha da kısıtlayıcı olmaktadır. Ayrıca, aşırı çamur arıtımı arıtma tesisinin toplam işletme maliyetinin %25-65'ine denk gelmektedir. Bu nedenle, aşırı çamuru arıtmaktansa, aşırı çamuru azaltmak için uygun yöntemler geliştirilmelidir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Deneysel Düzenek ve İşletimi

(Experimental Setup and Operation)

Bu çalışmada, çalışma hacmi 2,0 L olan dört tane laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör kullanılmıştır. Reaktörlerden üçü fenton, fenton benzeri ve potasyum permanganat yöntemi için kullanılmıştır. Dördüncü reaktör ise, kontrol amaçlı kullanılmıştır. Reaktörde içinde her zaman bir önceki çevrimden içinde çökelmiş çamurun bulunduğu 1L atıksu mevcuttur. Her yeni çevrimin doldurma kademesinde 1 L atıksu reaktöre beslenir. Böylece reaktördeki atıksu hacmi 2 L'ye tamamlanmış olur. Boşaltma fazında ise, 1 L atıksu reaktörden çekilir.

Reaktörlerdeki çamur yaşınının 10 gün olması sağlanmıştır. Bu amaçla, kontrol amaçlı çalıştırılan reaktörde her gün aerobik kademenin sonundan 200 ml karışmış süspansiyon uzaklaştırılmıştır. Fenton, Fenton benzeri ve potasyum permanganat yöntemi çamur azalımı oranlarınının tespitinin yapıldığı reaktörlerde ise, çekilen 200 ml'lik karışmış süspansiyon belirtilen kimyasallar ile 1 L'lik cam kablarda reaksiyona tabi tutulmuştur. 30 dakikalık reaksiyondan sonra çamur, doldurma fazı başlangıcında reaktöre geri devir edilmiştir. Fenton ve Fenton benzeri yöntem ile yapılan çalışmalarda pH, 1 N NaOH ve H₂SO₄ kullanılarak 3'e getirilmiştir. Daha sonra çamura demir ve hidrojen peroksit ilavesi yapılmıştır. Potasyum permanganat yöntemi ile yapılan çalışmada pH değeri 3.5'a getirilmiş ve daha sonra potasyum permanganat ilavesi yapılmıştır. Çalışmalarda, 1.10⁻³ M konsantrasyonda Fe⁺²/H₂O₂, Fe⁺³/H₂O₂ ve KMnO₄ kullanılmıştır. Fe⁺² ve Fe⁺³ konsantrasyonu 0,5.10⁻³ M alınmıştır. Bu şekilde, ozon ve klor ile yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır.

Reaktörlerde pH 7±0.5 olup, sıcaklık 20°C civarındadır. Reaktörler 8 saatlik çevrim süresinde çalıştırılmışlardır. Çevrim süresi; 15 dakika doldurma, 405 dakika havalandırma, 30 dakika çökeltme, 15 dakika boşaltma ve 15 dakika dinlendirme fazlarından ibarettir.

Reaktörlerde çamur oluşumu; çıkıştaki askıda katı madde, aşırı çamur uzaklaştırılması ve havalandırma havuzundaki AKM konsantrasyonundaki değişim dikkate alınarak tespit edilmiştir.

3.2. Atıksu ve Aşı (Wastewater and Seed)

Bu çalışmada, karakterizasyonu Tablo 1'de verilen evsel atıksu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan aşı, Elazığ Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin geri devir hattından alınmıştır.

Tablo 1. Evsel atıksu karakterizasyonu
(Table 1. Domestic wastewater characterization)

Parametre	Konsantrasyon, mg/L
KOİ	380
Amonyum	30
Fosfat	12
Nitrat	0.8
AKM	110
UAKM	100

3.3. Analitik Yöntemler (Analytical Methods)

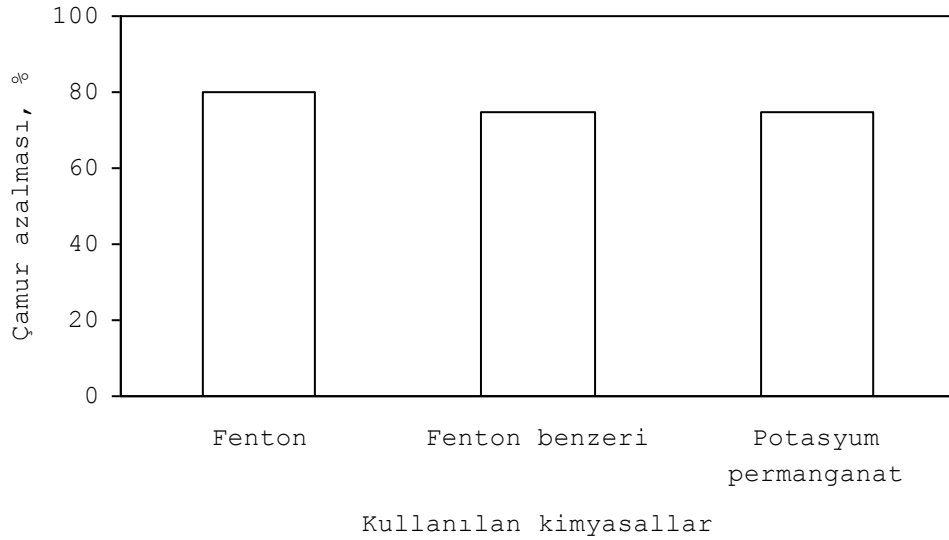
Bu çalışmada; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), fosfat (PO₄-P), amonyum (NH₄-N), nitrat (NO₃-N) ve askıda katı madde (AKM) ve uçucu askıda katı madde (UAKM) tayinleri yapılmıştır.

Alınan tüm numuneler Whatman GF/C cam elyaf filtreden süzülmüştür. KOİ (dikromat yöntemi), fosfat (vanadomolibdofosforik asit yöntemi), AKM ve UAKM tayinleri Standart Metotlara [18] göre yapılmıştır. Amonyum ve nitrat tayinleri standart analiz kitleri (Merck Spectroquant) ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

4.1. Çamur Azalması (Sludge Reduction)

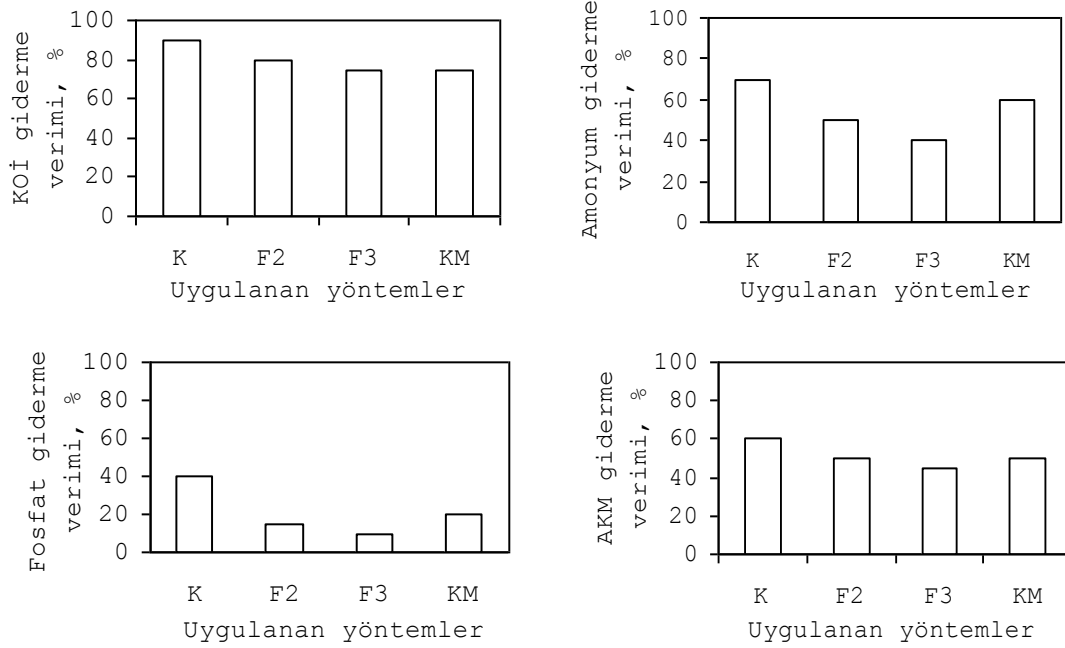
Fenton yöntemi ile %80, fenton benzeri yöntemi ile %75 ve potasyum permanganat yöntemi ile %75'lik çamur azalması elde edilmiştir (Şekil 1). Daha önceden benzer konsantrasyonlarda yapılan çalışmalarda ozonla %100 [10, 11 ve 12], %25-30 [13], %60-80 [14], %40 [15] ve klorla %67'lik [16] çamur azalması elde edilmiştir. Fenton yöntemiyle elde edilen çamur azalması, fenton benzeri yöntemle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, Fe^{+2} 'nin reaksiyona girmesi ile daha güçlü hidroksil radikallerinin oluşması ve bunun sonucu olarak reaksiyonun daha etkili olmasından kaynaklanabilir. Fenton yöntemi, hem demir hem de hidrojen peroksitin ucuz olması ve uygulamasının basit olması gibi avantajlara sahiptir. Bu nedenle, çamur azalması miktarı da dikkate alınarak uygulanacak en uygun yöntemin test edilen yöntemler içinde fenton yöntemi olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Çamur azalma miktarları
(Figure 1. Sludge reduction quantities)

4.2. Çıkış Suyu Kalitesi (Effluent Water Quality)

Çamur azalması için, Fenton yöntemi, fenton-benzeri yöntemi ve potasyum permanganat yöntemi kullanılmasının çıkış kalitesini ne yönde etki ettiğini tespit etmek için KOİ, amonyum, fosfat ve askıda katı madde parametrelerinin tayini gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de bu parametrelerin giderme verimleri verilmiştir. KOİ giderme verimi, kontrol reaktöründe %90, fenton yönteminde %85, fenton benzeri yönteminde %83 ve potasyum permanganat yönteminde %85 olarak bulunmuştur. KOİ giderimindeki azalma; fenton, fenton-benzeri ve potasyum permanganat yönteminde benzer büyüklüktedir.



Şekil 2. Çıkış suyu kalitesinin değişimi (K: Kontrol, F2: Fenton yöntemi, F3: Fenton benzeri yöntemi, KM: Potasyum permanganat yöntemi) (Figure 2. Variation of effluent water quality (K:Control, F2: Fenton method, F3: Fenton like method, KM: Potassium permanganate method))

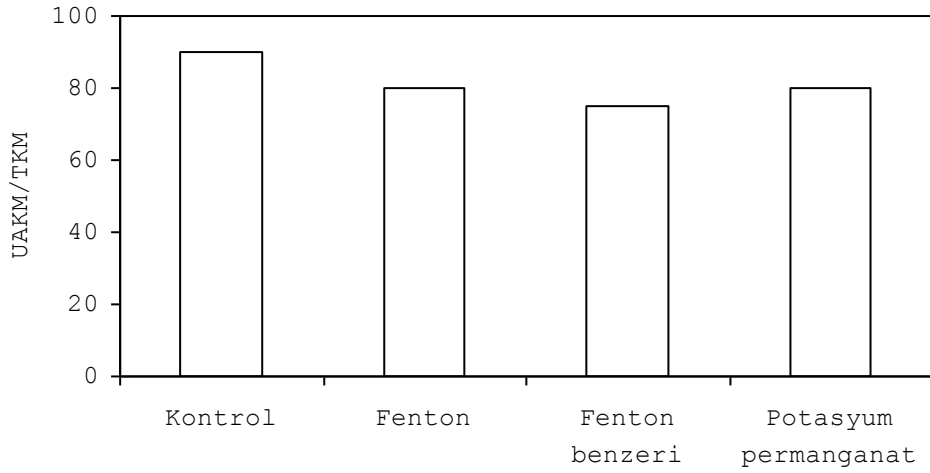
Amonyum giderme verimi kontrol reaktöründe %70, fenton yönteminde %50, fenton benzeri yönteminde %40, potasyum permanganat yönteminde %60 olarak bulunmuştur. Fenton benzeri yöntemde amonyum giderimi diğer iki yönteme göre daha çok azalmıştır. Reaktördeki pH < 7.5 olduğundan amonyumun havaya sıyırma ile giderimi söz konusu değildir. Amonyum giderimi, nitrifikasyon ile elde edilir. Ozonla yapılan çalışmalarda da [10, 11, 12, 13] nitrifikasyonun kısmen inhibe olduğu gözlenmiştir.

Fosfat giderme verimi, kontrol reaktöründe %40, fenton yönteminde %15, fenton benzeri yönteminde %10 ve potasyum permanganat yönteminde %30 bulunmuştur. Fosfat giderimindeki azalma, çamur azaltılması için ozonun kullanıldığı çalışmalarda da gözlenmiştir [10, 11 ve 12].

Askıda katı madde giderme verimi, kontrol reaktöründe %60, fenton yönteminde %50, fenton benzeri yönteminde %45 ve potasyum permanganat yönteminde %50 olarak bulunmuştur.

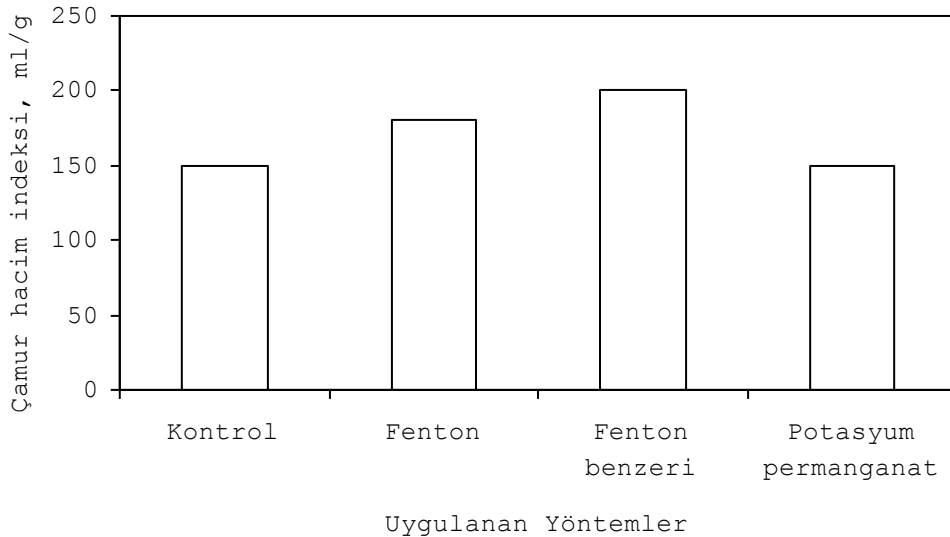
4.3. Çamur Karakteristikleri (Sludge Characteristics)

Giriş atık suyundaki kum parçacıkları ve siltler, aşırı çamur uzaklaştırılması olmadığında çamurda birikebilir. Çamurdaki UAKM/AKM oranı Şekil 3'de verilmiştir. Kontrol reaktöründe UAKM/AKM oranı yaklaşık 0.90 olarak bulunmuştur. Bu oran, Fenton yönteminde %80'e, fenton benzeri yönteminde %75'e ve potasyum permanganat yönteminde %80'e azalmıştır. Sonuçlar, girişteki inorganik maddelerin çamurda biriktiğini göstermektedir. Ozonla yapılan çalışmalarda da [7, 10, 11 ve 12], UAKM/AKM oranında yaklaşık %10'luk bir azalma elde edilmiştir.



Uygulanan Yöntemler
Şekil 3. Çamurdaki UAKM/AKM oranları
(Figure 3. VSS/SS ratios in sludge)

Çamurda biriken inorganik katı maddenin çamurun çökelebilirliğini nasıl etkilediğini tespit etmek için çamur hacim indeksi ölçümleri yapılmıştır. Kontrol reaktöründe çamur hacim indeksi yaklaşık 150 ml/g olarak bulunmuştur. Çamur hacim indeksi fenton yönteminde 180 ml/g ve fenton benzeri yönteminde 200 ml/g civarına yükselmiştir. Potasyum permanganat yönteminde çamur hacim indeksi 150 ml/g olarak bulunmuş ve kontrol reaktörü ile bir fark gözlenmemiştir (Şekil 4). Elde edilen sonuçlar fenton ve fenton benzeri yönteminde çökelme karakteristiğinin az da olsa bozulduğunu göstermektedir. Klorla yapılan çalışmada da çamurun çökelme karakteristiğinin bozulduğu gözlenmiştir [16]. Bunun yanında ozonla yapılan çalışmalarda çamur çökelme karakteristiğinde iyileşmeler gözlenmiştir [10, 11, 12, 13 ve 14].

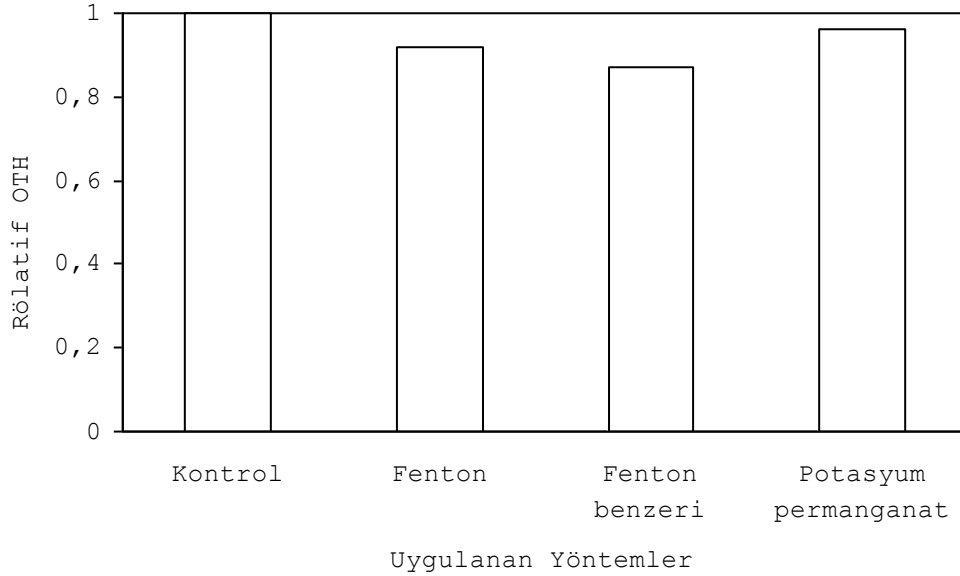


Uygulanan Yöntemler
Şekil 4. Çamur hacim indeksi değerleri
(Figure 4. Sludge volume index values)

4.4. Oksijen Tüketim Hızı (OTH) (Oxygen Utilization Rate (OUR))

Aktif çamur prosete çamur oluşumunu azaltmak için kullanılan oksidantlar sonucu atıksudaki biyolojik olarak stabil organik besi

maddeleri yanında inert organik maddeler oluşmaktadır. Çamurda inert organik besin maddelerinin birikip birikmediğini belirlemek amacıyla oksijen tüketim hızları ölçülmüştür. Kontrol reaktöründeki oksijen tüketim hızına bağlı olarak elde edilen rölatif oksijen tüketim hızları Şekil 5'de verilmiştir. Potasyum permanganat yönteminde oksijen tüketim hızındaki değişim azdır. Bunun yanında, fenton ve fenton benzeri yöntemde oksijen tüketim hızlarındaki azalmada sırasıyla artış gözlenmiştir. Ozonla yapılan çamur azalma çalışmalarında oksijen tüketim hızında azalma gözlenmemiştir [10, 11, 12]. Bunun yanında, korla yapılan çalışmalarda aktif mikroorganizma konsantrasyonunda azalmalar gözlenmiştir [16].



Şekil 5. Rölatif oksijen tüketim hızları
(Figure 5. Relative oxygen utilization rates)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada; aşırı çamur azalması için fenton yöntemi, fenton benzeri yöntemi ve potasyum permanganat yöntemi kullanılmış ve oluşan aşırı çamur miktarlarındaki azalma tespit edilmiştir. Fenton yöntemi ile %80, fenton benzeri yöntemi ile %75 ve potasyum permanganat yöntemi ile %75'lik çamur azalması elde edilmiştir. Daha önceden benzer konsantrasyonlarda yapılan çalışmalarda ise, ozon ile %25-100 ve klor ile %67'lik çamur azalması elde edilmiştir. Çıkış suyu kalitesinin değerlendirilmesi, KOİ, amonyum, fosfat ve askıda katı madde giderme verimlerine dayanarak yapılmıştır. Tüm bu sonuçlar, çıkış suyu kalitesinin bozulduğunu göstermektedir. Daha önce ozon ve klor ile yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Ancak, ozon yönteminden farklı olarak özellikle fenton ve fenton benzeri yöntemde nitrifikasyonun inhibe olduğu gözlenmiştir.

UAKM/AKM oranındaki azalma daha önce ozon yöntemiyle yapılan çalışmayla karşılaştırıldığında benzer büyüklüktedir. Bunun yanında, ozon yönteminde çamur çökeltme karakteristiği düzeliyor, fenton ve fenton benzeri yöntemde bozulmalar tespit edilmiştir.

Oksijen tüketim hızı değerlendirildiğinde, özellikle fenton ve fenton benzeri yöntemde kontrol reaktörüne göre azalmalar elde edilmiştir. Ozon yöntemiyle yapılan önceki çalışmalarda ise, oksijen tüketim hızında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Sonuç olarak, test edilen tüm yöntemler ile çamur azalmasının sağlandığı görülmektedir. Çamur azalması verimi ve maliyet açısından

bakıldığında fenton yönteminin daha uygun olduğu görülmektedir. Ozon ve klor yöntemiyle yapılan karşılaştırmalardan, fenton yönteminin çamur azalmasında alternatif bir yöntem olduğu da görülmektedir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FÜBAP-1173 nolu proje olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kopp, J., Muller, J., Dichtl, N., and Schwedes, J., (1997). Anaerobic digestion and dewatering characteristics of mechanically disintegrated excess sludge, *Water Science and Technology*, 36, pp: 129-136.
2. Lin, J.G., Ma, Y.S., and Huang, C.C., (1998). Alkaline hydrolysis of the sludge generated from a high-strength, nitrogenous-wastewater biological-treatment process, *Bioresource Technology*, 65, pp:35-42.
3. Guellil, A., Boualam, M., Quiquampoix, H., Ginester, P., Audic, J.M., and Block, J.C., (2001). Hydrolysis of wastewater colloidal organic matter by extracellular enzymes extracted from activated sludge flocs, *Water Science and Technology*, 43, pp:33-40.
4. Saktaywin, W., Tsuno, H., Nagare, H., Soyama, T., and Weerapakkaron, J., (2005). Advanced sewage treatment process with excess sludge reduction and phosphorus recovery, *Water Research*, 39, pp:902-910.
5. Wang, F., Wang, Y., and Ji, M., (2005). Mechanisms and kinetics models for ultrasonic waste activated sludge disintegration, *Journal of Hazardous Materials*, B123, pp:145-150.
6. Eskicioglu, C., Kennedy, K.J., and Droste, R.L., (2006). Characterization of soluble organic matter of waste activated sludge before and after thermal pretreatment, *Water Research*, 40, pp:3725-3736.
7. Dytczak, M.A., Londry, K.L., Siegrist, H., and Oleszkiewicz, J.A., (2007). Ozonation reduces sludge production and improves denitrification, *Water Research*, 41, pp:543-550.
8. Davidsson, A., Wawrzynczyk, J., Norrlov, O., and Jansen, J.L.C., (2007). Strategies for enzyme dosing to enhance anaerobic digestion of sewage sludge, *Journal of Residuals Science and Technology*, 4, pp:1-7.
9. Bougrier, C., Delgenes, J.P., and Carrere, H., (2008). Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion, *Chemical Engineering Journal*, 139, pp:236-244.
10. Yasui, H. and Shibata M., (1994). An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process, *Water Science and Technology*, 30, pp:11-20.
11. Yasui, H., Nakamura, K., Sakuma S., Iwasaki, M., and Sakai, Y., (1996). A full-scale operation of a novel activated sludge process without excess sludge production, *Water Science and Technology*, 34, pp:395-404.
12. Sakai, Y., Fukase, T., Yasui, H., and Shibata M., (1997). An activated sludge process without excess sludge production, *Water Science and Technology*, 36, pp:163-170.
13. Böhler, M. and Siegrist, H., (2004). Partial ozonation of activated sludge to reduce excess sludge, improve denitrification and control scumming and bulking, *Water Science and Technology*, 49, 41-49.

14. Wolff, S. and Hurren, D., (2006). Reduction of excess sludge by up to 80% with ozone injection-practical experience, 11th European Biosolids and Organic Resources Conference, Wakefield, UK.
15. Vergine, P., Menin, G., Canziani, R., Ficara, E., Fabiyi, M., Novak, R., Sandon, A., Bianchi, A., and Bergna, G., (2007). Partial ozonation of activated sludge to reduce excess sludge production: evaluation of effects on biomass activity in full scale demonstration test, Internatioanal Water Association Specialist Conference, Moncton, Canada.
16. Saby, S., Djafer, M., and Chen, G.H., (2002). Feasibility of using a chloronation step to reduce excess sludge in activated sludge process, Water Research, 36, pp:656-666.
17. Neyens, E. and Baeyens, J., (2003). A rewiev of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique, Journal of Hazardous Materials B98, pp:33-50.
18. APHA, AWWA, WCPF, (1998). Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.