

**KAĞIT ENDÜSTRİSİNDEN KAYNAKLANAN GERÇEK ATIKSULARIN
MEZOFİLİK ANAEROBİK ARITIMI****Emine Özge PİRGÜN ve Mesut BAŞIBÜYÜK**

Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada atık kağıttan kağıt üretimi yapan bir fabrikanın atıksularının anaerobik yukarı akışlı filtrede mezofilik (35 °C) sıcak modunda arıtımı çalışılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlara, organik yükleme hızını temel parametre olarak kabul eden modifiye edilmiş Stover-Kincannon Kinetik Modeli uygulanarak U_{max} ve K_B gibi kinetik sabitler elde edilmiştir. Yapılan çalışmada U_{max} ve K_B , sırasıyla 50.25 g/L.gün ve 60.1 g/L.gün bulunmuştur. Reaktörün KOİ giderme verimi %70-85 arasında değişmiş ve artan organik yükle azalmıştır. Ayrıca reaktör performansını izlemek için AKM, NH_4^+ , Alkalinite, pH gibi parametreler günlük olarak takip edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik Arıtma, Kağıt Endüstrisi, Kinetik Model, Mezofilik, Stover-Kincannon Modeli

**ANAEROBIC MESOPHILIC TREATMENT OF REAL WASTEWATER
GENERATED FROM PAPERMILL INDUSTRY**

ABSTRACT : In this study, treatment of real papermill wastewater has been investigated using an upflow anaerobic filter operated at mesophilic (35 °C) temperature mode. Various organic loads applied to the reactor. Data obtained from experimental work has been applied to modified Stover-Kincannon kinetic model in order to obtain U_{Max} and K_B constants. It was found that U_{Max} 50.25g/L.day and K_B 60.1g/l/day. In addition to there various parameters like TSS, NH_4-N , alkalinity and pH have also been checked on a regular basis. It was also found that COD removal efficiency varied between 70% and 85% and decreasing with an increasing organic loading rate.

Keywords: Anaerobic treatment, paper industry, kinetic model, mesophilic, Stover-Kincannon Model

1. GİRİŞ

Endüstriyel atıksuların arıtımı genel olarak zor olup, çoğu zaman özel arıtma yaklaşımları gerektirmektedir. Kağıt hamuru, ve kağıt endüstrisi bu tip endüstrilerden biri olup en fazla su kullanan ve dolayısıyla oldukça yüksek miktarda atıksu üreten sektörlerin başında gelmektedir. Bu sektör ayrıca ürettiği atıksuların içindeki bazı organik maddelerin zor parçalanmasından dolayı ayrıca son yıllarda pek çok araştırmaya da konu olmuştur. Bu özelliğinden dolayı atıksu arıtımında özel yaklaşımlar gerektirmektedir. Çok iyi bilindiği gibi kağıdın ana hammadde selüloz olup odundan elde edilmekle birlikte son yıllarda geri dönüşüm yoluyla kazanılmış hurda kağıttan kağıt üretimi de çok önem kazanmaya başlamıştır. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde kağıt fabrikalarının yaklaşık yarısı bu tür geri dönüşümle kazanılmış hurda kağıt kullanmaktadır (1). Kağıt üretiminde bu tür geri dönüşümle kazanılmış hurda kağıt kullanıldığında ortaya çıkan atıksuyun özelliği de farklı olmaktadır. Üretim sırasında hurda kağıt temizlenmekte, elyafla kirlilik birbirinden ayrılmaktadır. Bu aşamada hurda kağıtta bulunan nişasta ve diğer çözünen maddeler suyla uzaklaştırılır (2).

Bu sektörün atıksuları yüksek miktarda askıda katı madde (AKM) ve yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) içerebilmektedir. Bu nedenle yeterli bir arıtma için uygun metotların uygulanması gerekmektedir. Kimyasal ve fizikokimyasal yöntemler bunlardan bazılarıdır. Bu sektörden kaynaklanan atıksuların arıtılmasında kullanılan temel yöntem ise birincil arıtmadan sonra gerekiyorsa biyolojik arıtmanın uygulanmasıdır. (2). Birincil arıtmada genel olarak koagülasyonla çöktürme kullanılmakta olup son derece etkili bir arıtma sağlanabilmektedir. Ancak koagülasyon için kullanılan kimyasal maddeler ve ortaya çıkan kimyasal çamur arıtma maliyetini ciddi oranda artırmaktadır (2).

Öte yandan anaerobik arıtma endüstriyel atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Örneğin süt ve süt ürünleri endüstrisi (3), mezbaha atıksuları (4), boyahane atıksuları (5), şeker üretimi atıksuları (6) ve yün yıkama (7) bunlardan sadece bazılarıdır.

Kağıt endüstrisinden kaynaklanan atıksuların arıtımında anaerobik biyoteknolojinin kullanılması üzerine yapılan bazı çalışmalarda mezofilik (35 °C) ve termofilik (55 °C) anaerobik filtreler kullanılarak yüksek organik yükleme oranlarında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (8-10). Ancak bu çalışmalarda sentetik atıksular kullanılmıştır. Gerçek atıksular ise içerdiği pek çok kimyasal maddelerden dolayı daha karmaşık bir özelliğe sahiptir. Bu nedenle gerçek atıksular la yapılan çalışmalar daha zor olmakla birlikte sonuçları uygulamaya daha fazla dönüktür.

Bu çalışmada, hurda kağıttan kağıt üreten bir kağıt fabrikasından alınmış gerçek atıksuların mezofilik anaerobik filtre kullanılarak arıtılabilirliği incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Atıksu Özellikleri

Çalışmada kullanılan atıksu Adana Organize Sanayi Bölgesinde atık kağıttan kağıt üretimi yapan bir fabrikanın atıksuyu kullanılmıştır. Atıksu fabrikadan düzenli olarak alınmış ve her seferinde karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Çizelge 1 tipik atıksu değerlerini göstermektedir.

Çalışma süresince periyodik olarak fabrikadan alınan atıksuda her seferinde KOİ, TKN, Alkalinite değerleri ölçülmüş ve buna göre nütrient ve alkalinite beslenmiştir. Bunların dışında atıksuya, K_2HPO_4 , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, H_3BO_3 , $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $H_3PO_4 \cdot 12MoO_3 \cdot 24H_2O$ eklemeleri yapılmıştır. Ayrıca KOİ konsantrasyonuna göre organik yüklemeler debi değiştirilerek ayarlanmıştır. Bu süre içerisinde atıksuyun KOİ konsantrasyonları 1000-3000 mg/L, alkalinite 350-500 arasında değişmiştir.

Çizelge 1. Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon
pH	7
Sıcaklık ($^{\circ}C$)	23
Toplam KOİ (mg/L)	1972
Çözünmüş KOİ (mg/L)	1824
AKM (mg/L)	3100
Çökelme Sonrası AKM (mg/L)	205
Alkalinite (mg/L $CaCO_3$)	350
Toplam Sertlik (mg/L $CaCO_3$)	500
Ca^{+2} (mg/L)	150
Mg^{+2} (mg/L)	30.45

2.2. Anaerobik Filtre

Çalışmada kullanılan anaerobik filtre iç çapı 7.2 cm, yüksekliği 45 cm olan cam kolondan yapılmıştır. Reaktörün dışına ısıtmaya sağlamak için cam su ceketi yerleştirilmiştir. Reaktörün tabanından 5 cm yüksekliğe homojen su dağıtımını sağlamak için 0.5 cm çapında delikleri olan bir plaka yerleştirilmiştir. Reaktörün çalışma hacmi (toplam sıvı hacmi) 1,11 L ve paket malzemesi (1.2*1.2 cm) seramik halkalardan oluşmuştur.

Reaktörün aşılmasında EFES PİLSEN GÜNEY BİRACILIK ve MALT SANAYİ AŞ.'ye ait anaerobik arıtma tesisinden alınan anaerobik çamur kullanılmış olup sentetik atık suyla %30V/V oranında karıştırılarak reaktöre verilmiştir. Bu şekilde 2 gün aynı su devir daim yapıldıktan sonra taze hazırlanmış sentetik atıksu ile 10 gün süreyle 24 saat bekletme süresinde reaktörün adaptasyonu sağlanmıştır.

Reaktöre atıksu beslemesi Watson Marlow 400 Model peristaltik pompayla yapılmıştır. Sıcaklığı 35 ± 2 $^{\circ}C$ 'de sabit tutmak için bir termostatlı su ısıtıcısından devir daim pompası ile dıştaki su ceketinde 35 $^{\circ}C$ 'de su dolaştırılmıştır. Kağıt atıksuyu ile beslemeye başlandıktan sonra organik yükü ayarlamak için hidrolik bekleme süresi (HRT), KOİ konsantrasyonuna göre değiştirilmiştir.

Reaktörün ürettiği biyogaz asitlendirilmiş (0.05 M H_2SO_4) su ile aşağı doğru yer değiştirme yöntemiyle toplanarak standart sıcaklık ve basınçta hacimsel olarak ölçülmüştür.

2.3. Deneysel Çalışma

Çalışma süresince atıksu haftalık olarak fabrikadan alınmıştır. Atıksu analizleri yapıldıktan sonra KOİ konsantrasyonuna göre HRT ayarlanarak istenen organik yükleme hızı sağlanmıştır. Reaktöre ortalama 1, 2, 2.6, 5.7 ve 8.3 olmak üzere 5 adet organik yük uygulanmıştır. Her bir organik yüklemeye 2 hafta süreyle devam edilmiştir. Bu süre içerisinde giriş ve çıkış KOİ'leri ve çıkış suyundaki pH, alkalinite, AKM, $\text{NH}_4\text{-N}$ analizleri günlük olarak yapılmıştır. Ayrıca reaktörün ürettiği biyogaz günlük olarak toplanmış ve biyogaz bileşeni (CH_4 ve CO_2) ölçülmüştür. Debideki salınımları izlemek için günlük olarak debi ölçülerek HRT kontrol altında tutulmuştur.

2.4. Metod

2.4.1. Atıksu Analizleri

Deneysel çalışmalar sırasında Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ölçümleri MN Filterphotometer Nanocolor 100D Spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. KOİ analizinde metot, atıksu numunesinin 148°C 'de potasyum dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), sülfürik asit (H_2SO_4) ve gümüş sülfat (Ag_2SO_4) ile iki saat oksidasyonu neticesinde Cr^{+3} 'ün fotometrik olarak saptanmasına dayanmaktadır. Bu metot, 100-1500 mg/L KOİ konsantrasyonu aralığında hassas olup standart sapması ± 0.04 'tür (MN Filterphotometer Nanocolor 100D-Test 29). Çalışma boyunca filtre KOİ takip edilmiştir. Bunun için numune $0.45\ \mu\text{m}$ gözenek çaplı Sartorius filtre kağıdından geçirilmiştir. Amonyak (NH_4^+), Askıda Katı Madde (AKM), Alkalinite ölçümleri Standart Metotlara uygun olarak yapılmıştır (Standart Methods, 1985). pH, WTW 330 pH meter ile ölçülmüştür. Askıda Katı Madde ölçümlerinde Whatman GF/C filtre kağıtları kullanılmıştır. Tüm deneyler hata payını en aza indirmek için iki defa tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

2.4.2. Biyogaz Analizleri

Biogaz konsantrasyonu Perkin Elmer Auto System XL Model gaz kromatografisiyle ölçülmüştür. Dedektör 0TCD (Thermal Conductivity Detector), kolon Propac Q (80-100 Mesh, 2 m), taşıyıcı gaz He, akış hızı 22 ml/dak, dedektör sıcaklığı 150°C , numune hacmi 1 ml'dir.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneysel çalışma farklı hidrolik bekleme süreleri ve farklı organik yüklemelerin uygulandığı 5 faza ayrılmıştır. Her bir faz için elde edilmiş karakteristik çıkış suyu değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Herhangi bir sebeple kararlılığını yitiren bir anaerobik reaktörde, dengesizlik ilk önce toplam uçucu asit konsantrasyonunun artması sonucu pH'da ani bir düşüş ile kendini gösterir. pH'daki düşüşü bir süre sonra (yaklaşık 1 gün sonra) alkalinitedeki ani azalma izler. Bu esnada gaz üretiminin yavaşlaması, dolayısıyla gaz debisinde bir azalma ve gazdaki CH_4 yüzdesinde bir düşüş gözlenir. Bunların sonucu olarak da reaktör çıkışındaki KOİ konsantrasyonu yükselir ve sistemin verimi düşer (11). Metanojenlerin aktivitesi 6.3'ün altında ve 8.2'in üzerinde azalır. Asidojenik popülasyon düşük ve yüksek pH'larda daha az hassaslık gösterir. Böylece metanojenlere baskın hale gelip reaktörde asitleşmeye neden olur (12). Reaktörün her

bir basamak için ortalama pH sonuçları Çizelge.2 de ve günlük değişimi Şekil 1 de verilmiştir.

Çizelge 2. Reaktör çıkış suyu karakteristik değerleri

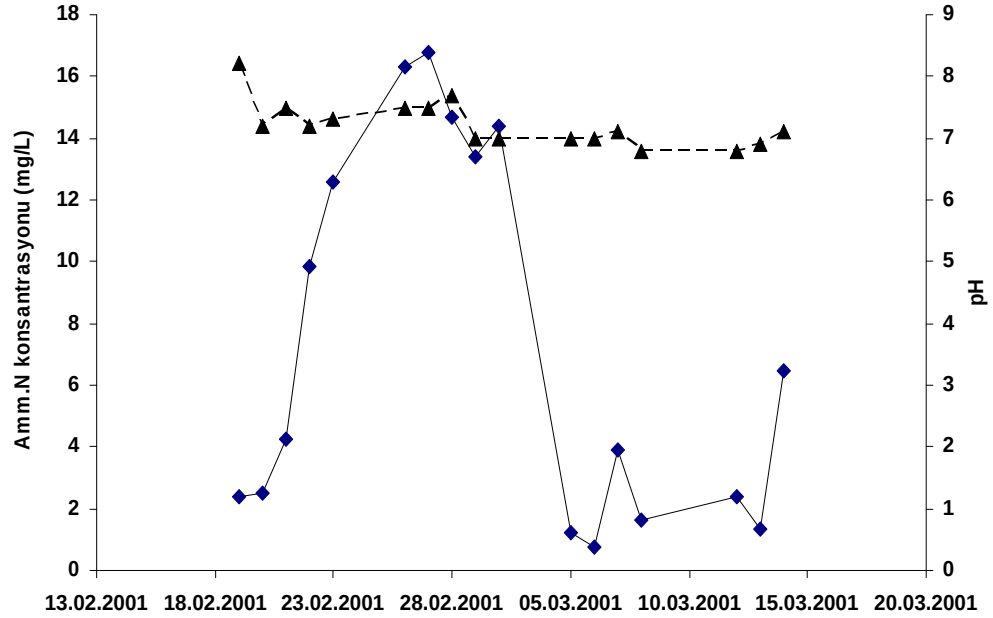
Parametreler	Çalışmanın Basamakları				
	I	II	III	IV	V
pH	8.2±0.1	8.1 ± 0.2	7.9 ± 0.1	7.6 ± 0.2	7.4 ± 0.2
Filtre KOİ mg/L	199 ± 17	215 ± 21	363 ± 21	609 ± 154	467 ± 33
AKM mg/L					182 ± 44
Gaz üretimi L/gün	0.201 ± 0.01	0.416 ± 0.02	0.541± 0.06	1.247± 0.09	2.398 ± 0.15
Methane verimi litre CH ₄ /kg KOİ	0.205 ± 0.01	0.227 ± 0.02	0.236 ± 0.03	0.251± 0.02	0.295 ± 0.04

Reaktörün pH değerleri günlük olarak takip edilmiştir ve Çizelge 2 de görüldüğü gibi reaktörün inhibe edilecek düşük değerler ölçülmemiştir. pH sadece bir iki defa 8'in üzerine çıkmıştır ama bu süreklilik göstermemiştir. Çünkü aynı günün KOİ giderimlerine ve metan üretimine bakıldığında reaktör performansında bir olumsuzluk olmadığı görülmektedir.

Anaerobik prosesi izlemek için en önemli parametrelerden biri alkalinitedir ve alkalinite, proteinlerin ve sülfatlı bileşiklerin anaerobik parçalanması sırasında oluşur.

Üretilen bu alkalinite reaktörde zaman zaman hızlı bir şekilde metabolize edilemeyen yağ asitlerini nötralize etmek için yeterlidir. Ancak yüksek organik yüklemelerde asit oluşumunun metan oluşumundan 5 kat hızlı olmasından dolayı asit birikmesi olur ve pH'nın düşmesi metanojenik aktiviteyi inhibe eder. Bu yüzden ek bir alkalinite beslemesi gerekebilir. Bu çalışmada kullanılan atıksu alkalinite üretecek özellikte olmamasından dolayı çalışma boyunca bütün organik yüklemelerde her 1 mg/L KOİ başına yaklaşık 2 mg/L NaHCO₃ alkalinitesi yüklemesi yapılmıştır. Bütün organik yüklemelerde alkalinite değerleri 1465 ile 2852 mg/l CaCO₃ arasında değişim göstermiştir.

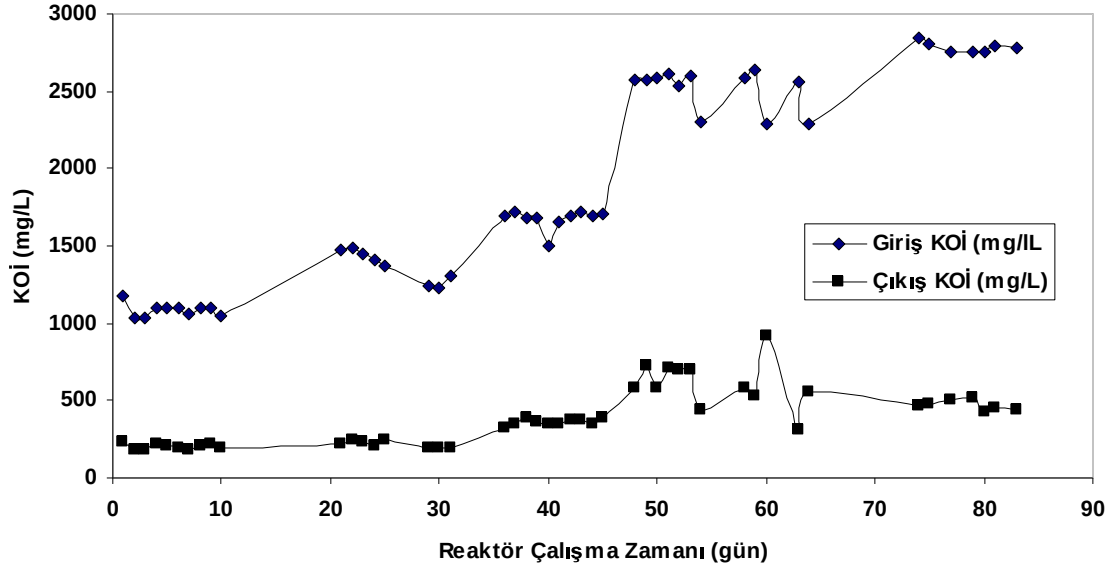
Atıksuyun yüksek konsantrasyonlarda NH₄ veya protein içermesi durumunda, NH₃ toksisitesi problemi meydana gelebilir. Özellikle yüksek pH'larda NH₄⁺'ün iyonlaşmamış amonyağa (NH₃) dönüşmesinden dolayı sistem inhibe olur. Optimum deney şartlarında anaerobik bir reaktör, 850 mg/L NH₄-N'i (nötr pH'da 84 mg/L NH₃-N) proses performansında herhangi bir düşme olmaksızın tolere edebilir (13). Yapılan deneylerde NH₄⁺ konsantrasyonun bu derece yüksek konsantrasyonlara ulaşmadığı gözlenmiştir. NH₄⁺ konsantrasyonları Şekil 1 de verilmiştir. Atıksudaki nutrient eksikliğini gidermek için azot kaynağı olarak, atıksuya üre eklenmiştir.



Şekil 1. Farklı fazlarda pH ve amonyum azotu konsantrasyonu değişimi (pH▲).

Çalışma boyunca reaktör girişinde ve çıkışında filtre KOİ izlenmiştir. KOİ ve filtre KOİ arasında %10-15 gibi küçük bir fark çıkmaktadır. Bu da atıksuyun içerdiği AKM'nin organik içeriğinin düşük olduğunu göstermiştir. Kabdaşlı ve ark. (14) yaptıkları çalışmada, atık kağıttan kağıt üretimi yapan bir fabrikanın atıksu karakterizasyonunu yapmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları incelendiğinde KOİ ve filtre KOİ arasındaki farkın 4 farklı su numunesinde %15-28 arasında değiştiği görülmektedir.

Reaktöre 1 ile 8 kg KOİ/m³.gün arasında 5 farklı organik yükleme uygulanmıştır ve çalışma boyunca giriş ve çıkış suyunda filtre KOİ ölçülmüştür. Reaktörün KOİ giderme verimleri %70-85 arasında değişmiştir. Beşinci yükleme hariç KOİ giderme verimlerinin artan organik yükleme oranı ile azda olsa azaldığı görülmektedir. İkinci organik yükleme oranında, birinci organik yükleme oranından az da olsa daha yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Üçüncü ve dördüncü organik yükleme oranlarında giderme verimlerinde bir azalma gerçekleşmiş fakat beşinci organik yükleme oranında tekrar bir artış olmuştur. Bunun nedeni atıksuyun parçalanabilme özelliklerindeki farklılıklar olabilir. Ayrıca zaman zaman fabrikada biosit kullanılması, atık kağıdın sürekli aynı kaynaktan alınmaması, temizleme işlemleri sırasında farklı zamanlarda alınan atık kağıdın anaerobik parçalanmayı olumsuz etkileyecek materyalleri içermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Reaktörün giriş ve çıkış sularındaki KOİ değişimi Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Reaktör giriş ve çıkış suyunda zamana göre KOİ değişimi.

Anaerobik filtrelerle ilgili Monod dahil birçok kinetik model başarıyla test edilmiştir. Bu modeller arasında Stover ve Kincannon (15) döner disk biyofilm reaktörlerin dizaynında toplam organik yükün kullanıldığı kinetik bir model önermişlerdir. Bu modelde substrat kullanma hızı, organik yükleme hızının bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

$$\frac{dS}{dt} = \frac{U_{\max} (Q.S_i / A)}{K_B + (Q.S_i / A)} \quad (1)$$

Denklem (1) deki (A), disk yüzey alanını ifade etmektedir. Bu alan, RBC (Döner biyolojik disk) reaktörlerinde, toplam tutunarak büyümüş biyokütleyi temsil etmektedir. Yukarıdaki modelde reaktör içerisindeki askıdaki biyokütle ihmal edilmiştir (15). Anaerobik filtrelerde ise alan yerine hacim kullanılır. Çünkü arıtmayı gerçekleştiren aktif biokütlenin büyük bir çoğunluğu askıda bulunmaktadır (8, 16).

3.1. Stover-Kincannon Modeli

Stover-Kincannon ve Monod Modelleri arasındaki en büyük fark toplam organik yük ($Q.S_i/V$) kavramının Stover-Kincannon modelinde kullanılmasıdır.

Stover-Kincannon'a göre hidrolik yükleme hızı ve organik konsantrasyon ile substrat giderme hızı ve giderme verimi arasında kesin bir ilişki vardır (15). Stover-Kincannon (15), Henze ve Harremoes (17), İza ve ark. (18, yaptıkları çalışmalarda substrat giderme hızının ve veriminin organik konsantrasyon ya da hidrolik yükleme hızından daha çok biyolojik reaktörlere uygulanan toplam organik yükün miktarına bağlı olduğunu göstermişlerdir.

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)^{-1} = \frac{V}{Q(S_i - S_e)} = \frac{K_B}{U_{\max}} \cdot \frac{V}{Q \cdot S_i} + \frac{1}{U_{\max}} \quad (2)$$

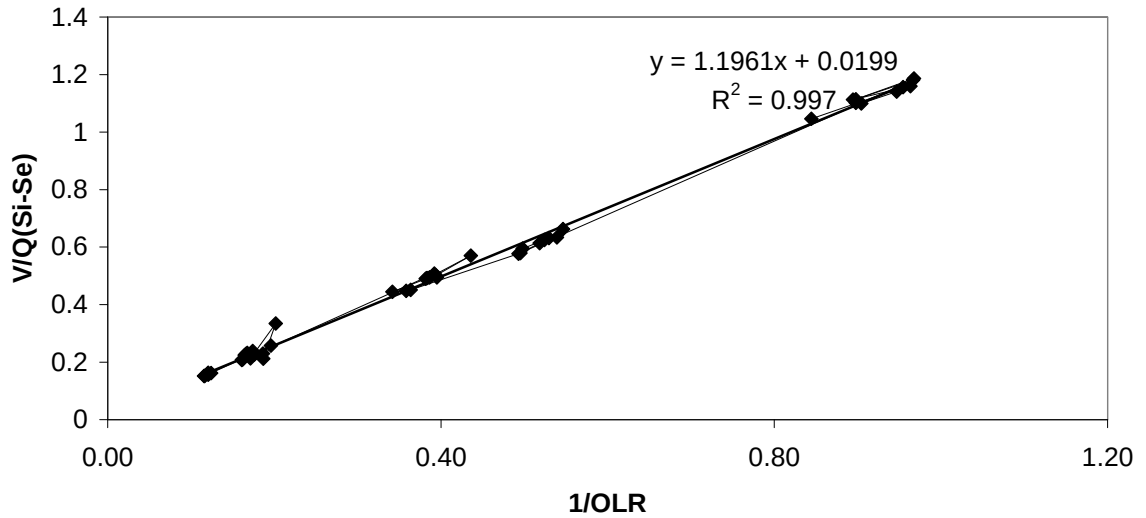
$$OLR = Q \cdot S_i / V \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{U_{\max} \cdot (Q \cdot S_i / V)}{K_B + (Q \cdot S_i / V)} = \frac{Q(S_i - S_e)}{V} \quad (4)$$

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)^{-1} = \frac{V}{Q(S_i - S_e)} = \frac{K_B}{U_{\max} \cdot (Q \cdot S_i / V)} + \frac{1}{U_{\max}} \quad (5)$$

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)^{-1} = \frac{V}{Q(S_i - S_e)} = \frac{K_B}{U_{\max}} \cdot \frac{1}{OLR} + \frac{1}{U_{\max}} \quad (6)$$

Buradan $1/OLR$ 'ye karşı $V/Q(S_i - S_e)$ çizildiğinde doğrunun kesim noktası $1/U_{\max}$ 'ı, eğimi de $K_B/U_{\max}$ 'ı verir. Bu çalışmada 5 farklı organik yükleme oranında günlük olarak filtre giriş ve çıkış KOİ'leri ve debi ölçümü yapılmıştır. Elde edilen datalar denklem (6)'ya uygulanarak Şekil.3 deki grafik elde edilmiştir.



Şekil. 3. Stover- Kincannon Modelinin Anaerobik Filtreye Uygulanması

Bu grafikten $U_{\max}$ ve K_B değerleri sırasıyla 50.25 g/L.gün ve 60.1 g/L.gün olarak bulunmuştur. Ahn ve Forster (10) nişasta, kağıt ve oluklu mukavva kullanarak hazırladıkları sentetik atıksuyun anaerobik filtrede arıtılabilirliğini ve Stover-Kincannon Kinetik Modelinin uygulanmasını çalışmışlardır. Nişasta için $U_{\max}$ 49.8 g/L.gün, K_B 50.6 g/L.gün, kağıt atıksuyu için $U_{\max}$ 6.71 g/L.gün, K_B 6.14, oluklu mukavva atıksuyu için $U_{\max}$ 3.86 g/L.gün, K_B 0.8 g/L.gün bulmuşlardır. Üç farklı atıksuyun kinetik sabitlerine bakıldığında oluklu mukavva atıksuyunun kinetik sabitleri oldukça düşük

bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan kağıt fabrikası atıksuyu, karışık atık kağıttan oluşan bir atıksudur. Birebir karşılaştırma yapılamamasına rağmen kağıt ve oluklu mukavva için bulunan kinetik sabitlerden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen kinetik sabitler, Forster ve Ahn'ın (10) nişastayla elde ettikleri kinetik sabitlere daha yakındır. Oluklu mukavvanın kinetik sabitlerinin düşük olmasını, oluklu mukavvanın bor içermesi ve anaerobik parçalanmayı olumsuz etkileyebilecek materyalleri içerebileceğiyle açıklamışlardır. Yu ve ark. (19) yine anaerobik filtrede soya fasulyesi işleme atıksularına Stover-Kincannon Kinetik Modelini uygulayarak kinetik sabitleri çıkarmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda U_{max} 83.3 g/L.gün ve K_B 85.5 g/L.gün olarak bildirmişlerdir. Büyükkamacı ve Filibeli (20) hibrit bir reaktörde Stover-Kincannon Kinetik Modelini uygulayarak melas içeren atıksuyun arıtılabilirliği ve kinetik sabitlerin çıkarılması üzerine çalışmışlardır. Onlar da U_{max} ve K_B değerlerini sırasıyla 83,3 g/L.gün ve 86.23 g/L.gün olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmalardan görüldüğü gibi atıksuyun anaerobik parçalanabilirliğine bağlı olarak farklı kinetik sabitler elde edilmektedir. Sonuçlar anaerobik arıtmaya uygun birçok atıksuya özgü kinetik sabitlerin elde edilebileceğini göstermektedir. Kinetik sabitler, uygulanacak organik yüklemeye göre reaktör hacminin veya çıkış suyu konsantrasyonun tahmin edilebilmesi için çok önemlidir. Bir atıksu için özel olan kinetik sabitler bir kez tespit edildikten sonra gerçek reaktörlerin dizaynı için zorunlu parametrelerdir.

4. SONUÇ

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Hurda kağıttan kağıt üretimi yapan bir fabrikaya ait atıksuların arıtılmasında yukarı akışlı mezofilik anaerobik filtrenin 1 ile 8 kg KOİ/m³.gün organik yük şartlarında başarılı olduğu görülmüştür.
- Reaktöre gerçekleştirilen organik yüklemeler sonucunda pH ve amonyak azotu değerleri reaktör çalışma şartlarını etkilemeyecek değerlerde seyretmiştir.
- Reaktörün KOİ giderim verimleri yapılan tüm organik yüklemelerde %70-85 değerleri arasında gerçekleşmiştir.
- Ayrıca kinetik sabitlerin eldesi amacıyla modifiye edilmiş Stover-Kincannon modeli elde edilen datalara uygulanmış ve kağıt endüstrisinden kaynaklanan gerçek atıksuların arıtılmasında yukarı akışlı anaerobik filtre de modifiye edilmiş Stover-Kincannon modelinin başarıyla kullanılabileceği görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. EPA, Office of Compliance Sector Notebook Project. "Profile of the Pulp and Paper Industry" **EPA/310-R-95-015**. Washington DC.,1995.
2. Thompson,G., Swain,J., Kay,M., Forster,C.F., "The treatment of pulp and paper mill effluent: a review", *Bioresource Technology.*, **77**, 275-286, 2001.
3. Omil,F., Garrido,J.M., Arrojo,B., Mendez,R., "Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale", *Water Research*, **37**, 4099-4108, 2003.
4. Harrison,J.T., Viraraghavan,T., Sommerstad,H., "Treatment of slaughterhouse effluent using an anaerobic filter", *Can J Civil Eng.* **18** (3), 436-445, 1991.

5. Carliell,C.M., Barclay,S.J., Buckley,C.A., "Treatment of exhausted reactive dyebath effluent using anaerobic digestion–laboratory and full scale trials". *Water SA* 22, 225-233, 1996.
6. Hernandez,E.P.S., Cordoba,T., "Anaerobic treatment of sugar-mill wastewater in downflow fixed-bed reactors", *Bioresource Technology*, 48, 179-181, 1994.
7. Rindone,B., Andreoni,V., Rozi,A., Solini,C., "Analysis and anaerobic degradation of wool scouring and olive mill wastewaters", *Fresenius J Anal Chem.* 339, 669-672, 1991.
8. Ahn,J-H., Forster,C.F., "Kinetic analyses of the operation of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating a simulated starch wastewater". *Process Biochemistry*, 36, 19-23, 2000.
9. Ahn,J-H., Forster,C.F., "A comparison of mesophilic and thermophilic anaerobic upflow filters", *Bioresource Technology*, 73, 201-205, 2000.
10. Ahn,J-H., Forster,C.F., "A comparison of mesophilic and thermophilic anaerobic upflow filters treating paper-pulp-liquors", *Process Biochemistry*, 38, 257-262, 2002.
11. Öztürk,İ., Samsunlu,A., Melek,T., "Kağıt ve karton endüstrisi atıksularının iki kademeli biyolojik arıtımı", *İTÜ 5. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, 25-27 Eylül, İstanbul, 1996.
12. Lettinga,G., Haandel,A.C., "Anaerobic Sewage Treatment". Wiley, England, 1994.
13. Speece,R.E., "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater", Vanderbilt University, USA. 1996.
14. Kabdaşlı,N.I., Tünay,O. and Eldem,N., "Treatability of Wastepaper Pulping Process Wastewaters", *Proceedings of 51st Industrial Waste Conference*, Purdue University, 645-650. May, 1996, West Lafayette. USA,1996.
15. Kincannon,D.F., Stover,E.L., "Design methodology for fixed film reaction-RBCs and biological towers", *Civil Eng Prac Des Eng.* 2, 107-124, 1982.
16. Tay,J.H., Show,K.Y., Jeyaseelan,S., "Effects of media characteristics on performance of upflow anaerobic packed-bed reactors", *J Environ Eng.* 122, 469-476, 1996.
17. Henze,M., Harremous,P., "Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors: A Literature Review", *Water Science and Technology.* 15, 1-101, 1983.
18. Iza,L., Colleran,E., Paris,J.M., Wu,W.M., "International Workshop on anaerobic Treatment Technology for Municipal, and Industrial wastewaters: Summary paper", *Water Science and Technology.* 24, 1-16, 1991.
19. Yu,H.Q., Wilson,F, Tay,J.H., "Kinetic analysis of an anaerobic filter treating soybean wastewater", *Water Research*, 32, 3341-52, 1998.
20. Büyükkamacı,N., Filibeli,A., "Determination of Kinetic Constants of an Anaerobic Hybrid Reactor", *Process Biochemistry*, 38. 73-79, 2002.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.