

AKTİF ÇAMUR PROSESLERİNDE ŞİŞKİN ÇAMUR OLUŞUMUNUN AEROBİK SEÇİCİLERLE ÖNLENMESİ

Yücel Taşdemir*

ÖZET

Aktif çamur sistemlerinde (AÇS) şişkin çamur büyük bir problem olup çıkış su kalitesini etkileyebilir, koku problemi oluşturabilir, ve anaerobik çürütme tankında köpüklenmelere sebep olabilir. Bu makale, aerobik seçicilerin AÇS'nde şişkin çamur önlenmesinde kullanılmaları üzerine hazırlanmıştır. Bu amaçla iki sistem paralel çalıştırılmıştır. Bu sistemler klasik ve seçicili AÇS'dir. Bunlar sentetik pis su ile beslenmiş ve sürekli çalıştırılmışlardır. Aerobik seçiciler dört küçük havalandırma ünitesinden oluşmuş ve klasik aktif çamur sisteminden önce ilave edilmişlerdir. Aerobik seçicilerle çökmeye yatkınlıkları fazla olan zoogloal kolonilerin baskın olması sağlanmıştır. Seçicili AÇS, klasik AÇS'nin aksine şişkin çamur eğilimi göstermemiştir ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam askıda katı madde (AKM) gideriminde daha iyi sonuçlar vermiştir.

ABSTRACT

Prevention Of Sludge Bulking Occurrence In Activated Sludge Processes By The Usage Of Aerobic Selectors

Sludge bulking can be an important problem in activated sludge processes (ASP); it may affect the water quality, it may cause odor problem and it may cause bulking problems in anaerobic sludge digesters. This article is related to prevent sludge bulking from ASP by the usage of aerobic selectors. For this purpose two systems were run. These systems were classic ASP and selector ASP. Both of them were fed with synthetic wastewater continuously. Aerobic selectors were consisted of four small aeration basins and they were added in front of activated sludge system. Zoogloal colonies, which have higher affinity for settling, were dominated. Unlike the classic ASP, the selector ASP did not show sludge bulking tendency and it gave good results in terms of removing chemical oxygen (COD) and total suspended matter (TSP).

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mim. Fakültesi, Çevre Müh. Böl. 16059 Görükle/Bursa

1. GİRİŞ

Aktif çamur sistemi (AÇS) bir aerobik biyolojik proses olup günümüzde evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında sıkça kullanılmaktadır. AÇS'nde mikroorganizmalar atıksudaki kolloidal ve çözünmüş organik maddeleri oksitlenmiş son ürünlere ve çökelebilen katılara dönüştürürler ki bunlar da son çökeltim havuzunda çökeltilerek uzaklaştırılırlar. Tam karışimli AÇS için gerekli olan temel unsurlar şunlardır (Taşdemir, 1992; Tchobanoglous ve Schroeder, 1987; Peavy, Rowe ve Tchobanoglous, 1985):

- a - Gelen atıksu ile aktif çamur kültürünün tam karışımı,
- b - Aerobik bir ortamda organik kirleticilerin oksitlenip ve uzaklaştırılması,
- c - Aktif çamurun stabilize olmuş atıksudan gravimetrik çökellemeyle ayırımı,
- d - Çöken aktif çamurun bir kısmı havalandırma tankının başına gelen atıksuy-la temas etsin diye (aşı olarak) gönderilir. Bir kısım çöken aktif çamur ise istenen çamur yaşına uygun olarak sistemden uzaklaştırılır.

AÇS'nde belki de en önemli arıtma prosesi deşarj edilecek çıkış suyuyla katıların ayırımıdır (van Niekerk, 1987; Kiff, 1978; Steiner, 1976). Ayırım sürecindeki başarısızlık deşarj edilecek çıkış suyunun kalitesinin düşmesine, ileri arıtma proseslerinin verimsiz çalışmasına veya tıkanmasına, ince (zayıf) çamur nedeniyle çamur işletme ünitelerinde koyulastırma ve sıkıştırma problemlerine, ve AÇS'nden kontrolsüz bir biçimde katı kaybına sebep olur (van Niekerk, 1987; Cha, 1990; Taşdemir, 1992).

Şişkin çamur, en önemli çamur ayırma problemlerindedir. Şişkin çamur genelde aşırı miktarda filamentli organizmalarla ilişkilendirilir (Sezgin ve Karr, 1986; Cha, 1990). Bu mikroorganizmalar flok yapısına difüze olup, çökelmeyi kötü yönde etkilerler. Yirmiyedi farklı filamentli bakterinin (örnek: bazı nocardia türleri, Schizothrix calcico., Sphaerotilus natans) şişkin çamura sebep olabileceği literatürde belirtilmiştir (Richard ve arkadaşları, 1982; Chudoba, 1985; Eikelboom ve van Buijsen, 1981; Strom ve Jenkins, 1984; van Niekerk, 1987). Filamentli bakterilerin gelişmesine sebep olan başlıca unsurlar: a) düşük çözünmüş oksijen, b) çürümüş kanalizasyon suyu (sülfür ve organik asitler), c) besi maddesi (nutrient) eksikliği olan atıklar, d) düşük pH, e) düşük organik yüklemidir.

Seçiciler ayrı bir karıştırma bölgesi olup, havalandırma tankının önüne yerleştirilirler (Taşdemir, 1992; Cha, 1990; Pitt and Jenkins, 1990; van Niekerk, 1987). Seçicilerde geri dönüş aktif çamuru ile besleme (giriş) suyu karıştırılır. Üç tip seçici mevcut olup bunlar aerobik, anoksik ve anaerobiktir. Aerobik seçicilerde küçük bir aerobik karıştırma bölgesi oluşturulup geri dönüş aktif çamuruyla giriş suyunun karışması sağlanır. Aerobik seçicilerin tasarımı ve verimli olarak çalıştırılabilmeleri için gerekli koşullar şöylece özetlenebilir; a) küçük bir hacim oluşturulmalıdır ki orada substrat konsantrasyonu yüksek olsun ve flokülant bakteriler baskın hale gelebilsin, b) seçicilerde giriş suyuyla geri dönüş aktif çamuru arasında yeterli bir temas süresi sağlanmalı, c) ortamın aerobik olması temin edilmelidir.

van Niekerk (1987) büyük (50 - 150 µm) zoogloal kolonileri tam karışimli klasik AÇS'nde hiç gözlenmemiştir. Unz ve arkadaşları (1975), Krul (1976) ve van Niekerk (1987) göstermişlerdir ki, Zoogloea ramigera substrat konsantrasyonunun yüksek olduğu ortamlarda hızlı bir şekilde substratı bünyesine depolamakta ve sonra kullan-

maktadır. Bu yüzden aerobik seçicili reaktörler bazı tip mikroorganizmaların (Zoogloea ramigera gibi) baskın hale gelmesini sağlarlar. Bunun sebebi de bu tür organizmalar substratın bol olduğu ortamlarda hızlıca mevcut substratı bünyelerine depolayıp sonra kullanabilirler ve dolayısıyla da filamentli organizmaların bol bir şekilde üremeleri için yeterli besin maddesi ortamda kalmamış olur. Saf kültür deneyleri göstermiştir ki filamentli bir bakteri olan Nocardia besinin yoğun olduğu ortamlarda diğer mikroorganizmalara göre daha çekinik kalmaktadır (Baumann ve ark., 1988; Cha, 1990).

Bu çalışmanın temel amacı, aerobik seçiciler yardımıyla zoogleal kolonilerin baskın hale getirilerek, şişkin çamur oluşumunun önlenmesidir. Bununla beraber çamur hacim indeksi (ÇHI), KOİ ve AKM parametrelerinde olacak giderimin her iki AÇS'nde gözlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada iki aktif çamur ünitesi kullanılmıştır. Her biri bir havalandırma ve bir çökeltim ünitesinden oluşmuştur. Son çökeltimdeki çamur, havalandırma tankına sürekli olarak peristaltik pompayla pompalanmış ve fazla aktif çamur da havalandırma tankından çamur yaşı göz önüne alınarak uzaklaştırılmıştır. Aynı pompa giriş suyu iletimi ve geri dönüş aktif çamurunun pompalanmasında kullanılmıştır.

2.1. Deneysel Çalışma

Aktif çamur kültürleri laboratuvar ölçeğinde sürekli sentetik atıksu beslemesiyle oluşturulmuşlardır. Sisteme ilk aşılama Stickney (Chicago, IL - USA) pissu arıtma tesisinden alınan suyla yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan iki farklı reaktör yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Havalandırma ve seçici reaktörlerin imalinde malzeme olarak şeffaf akrilik polimer malzeme kullanılmıştır. Bu ünitelerin tam karışımli hale getirilmesi 120 rpm'de dönen düz kanatlı karıştırıcılarla sağlanmıştır. Çökeltim havuzu ise ters çevrilmiş 2 L'lik polipropilen Erlenmeyer'in altı kesilerek oluşturulmuştur.

Filamentli mikroorganizmaların gelişimini önlemek için çözünmüş oksijen konsantrasyonu seçici ve havalandırma havuzcuklarında 5 mg/L civarında tutulmuştur.

2.2. Çalışma Prensipleri

Bu çalışmada çamur yaşı temel proses değişkeni olup, reaktörler için 10 günlük çamur yaşı kabul edilmiştir.

Her gün 40 L olarak hazırlanan sentetik atıksu her iki reaktörün sürekli beslenmesinde kullanılmıştır. Bu atıksuyun bileşenleri Tablo I'de verilmiştir. Debiler her iki sistemdeki hidrolik bekleme sürelerine göre belirlenmiş olup bunlar klasik ve seçicili AÇS için sırasıyla 18.7 L/gün ve 21.3 L/gün'dür. Hidrolik bekleme süresi hesaplarında %100 oranındaki geri devir çamur debileri de gözönüne alınmalıdır.

Tablo I. Sentetik Atıksuyun Karbon ve Mineral Bileşenleri

Bileşen	Miktar (mg/L)
Sodyum Asetat ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	250
Glükoz	50
Pepton	50
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	125
KH_2PO_4	25
MgSO_4	25
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3.75
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12.50
Maya	12.50
EDTA ($\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	1.25

2.3. Analitik Metotlar

2.3.1. Aktif Çamurdaki Askıda Katı Madde Miktarı (MLSS). Her reaktörden alınan 50 mL aktif çamur örneği cam elyafı bir filtre kağıdından (S/P Grade No. 394) geçirilerek bulunmuştur. Bu metodun detayları Standard Methods 209D ve 209E (Standard Methods, 1985) bölümlerinden bulunabilir.

2.3.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ). KOİ mikro tüp metoduna göre belirlenmiştir (Standard Methods, 1985). Örnekler HACH şişelerinde, HACH mikro ısıtıcıda (Model 45600) 2 saat ısıtılmıştır. Bu numunenin absorbans değeri Perkin-Elmer spektrofotometre ile 620 nm dalga boyunda ölçülerek kalibrasyon eğrisinden KOİ değerleri bulunmuştur.

2.3.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO). Havalandırma havuzcuğundaki ÇO değeri membran elektrotlu Orion (Model 840) ÇO ölçer cihazıyla ölçülmüştür.

2.3.4. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ). ÇHİ testi 1 litrelik silindirde yapılmıştır. 30 dakika sonunda çöken aktif çamur hacmi kullanılarak ÇHİ belirlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Aktif çamur kütleleri aerobik seçicili ve tam karışımli klasik AÇS'nde üretilmiştir. Birincil karbon kaynağı asetat olan sentetik atıksu ile iki reaktör beslenmiştir. Her iki reaktör 10 günlük çamur yaşıyla çalıştırılmıştır. Aerobik seçicili sistemin parametreleri ile literatürde geçen değerler Tablo II'de özetlenmiştir. Bu çalışmadaki değerlerin literatür değerlerinin sınırları içinde kaldığı Tablo II'de görülmektedir.

Laboratuvar ölçeğindeki bu çalışmada birden fazla aerobik seçici kullanılmıştır. Çok kademeli seçicilerin tek kademeli seçicilere göre avantajları şöyle özetlenebilir: a) tek bir seçicinin bakım ve tamiratu tüm seçici ünitesi devreden çıkartılmadan yapılabilir, b) gelen suyun veya geri dönüş çamurunun debilerinde salınımlar olsa bile seçici hacminin küçük olmasından dolayı seyrelmeler minimum boyutta olacak ve flokulant bakteriler (*Zoogloea ramigera*) yine baskın olacaklardır.

Tablo II. Bu Çalışmada Kullanılan ile Literatürde Geçen Seçici Reaktörlerle İlgili Bilgiler (Taşdemir, 1992; van Niekerk, 1987)

Çalışma Parametreleri	Bu Çalışmadaki Değerler	Literatür Değerleri
Seçici reaktör sayısı	4	1 - 6
Toplam Hidrolik Bekleme Süresi (dakika)	66,36	4 - 84
İlk Seçicideki Bekleme Süresi (dakika)	13,52	4 - 84
Havalandırma Tankının İlk Seçici Reaktöre Oranı	35	16 - 200

Bu çalışmada amaçlanan seçicilerin ilavesiyle aktif çamurda şişkin çamurun önlenip önlenmediğinin tespitidiydi. Bu amaçla yapılan deneylerde şu sonuçlar bulunmuştur:

(i) Her iki reaktörden elde edilen aktif çamurların çökebilirliği (ÇHİ olarak değerlendirilmiştir) Şekil 2'de gösterilmiştir. Klasik AÇS, aerobik seçicili AÇS'ne mukayese edildiğinde şişkin çamuru andıran bir eğilim göstermiştir (Şekil 2). Bu gözlem seçicilerin şişkin çamura sebep olan bazı filamentli mikroorganizmaları elimine ettiğini kanıtlamaktadır.

(ii) Şişkin çamur sırasında klasik AÇS'nden alınan örneklerde yapılan mikroskopik incelemeler sonucu büyük miktarlarda filametli bakterilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi klasik AÇS'nde ÇHİ değerleri stabil olmayıp şişkin çamur eğiliminin olduğu gözlenmiştir. Bu da filamentli bakterilerin şişkin çamur oluşumunun asıl sebeplerinden biri olduğunu ve klasik AÇS'nin buna karşı savunmasız olduğunu göstermektedir. Öte yandan filamentli bakteriler çok daha küçük miktarlarda seçicili AÇS'nde gözlenmiş olmalarına rağmen bunlar asla çamur problemi oluşturmamışlardır.

Aerobik seçicili ünitelerde büyük zoogloal kolonilerin olması bu sistemin temel ayırt edici özelliklerinden birisidir zira zoogloal kolonilere klasik AÇS'nden alınan örneklerde rastlanmamıştır. Bu mikroorganizmalar aerobik seçiciler sayesinde baskın hale gelerek iyi bir çökeltme verimi sağlamışlardır.

(iii) Seçicili AÇS'nde iyi çökeltmenin etkisi ile çıkış suyundaki KOİ ve AKM değerleri daha az bulunmuştur. Bu değerlerin ortalaması Tablo III'te özetlenmiştir.

Tablo III. Çıkış Suyunda Ölçülmüş Çözünmüş KOİ ve AKM Değerlerinin Ortalaması (n=56)

Ölçülen Parametre	Seçicili AÇS	Klasik AÇS
Çözünmüş KOİ (mg/L)	13 ± 3	20 ± 8
AKM (mg/L)	15 ± 4	24 ± 17
ÇHI (g/mL)	109 ± 86	193 ± 122

Deneyel çalışma sonuçları, yol gösterici olmakla birlikte doğrudan tasarım için yeterli olmayabilir çünkü gerçek hayattaki olaylar daha karmaşık ve belirsizdir. Bu nedenle tesisin boyutlandırılması yapıldıktan sonra tesisin bir protitipi gerçek giriş suyu örnekleri kullanılarak denenmeli ve daha sonra gerçek tesisin inşaatına geçilmelidir.

Yukarıda bahsedildiği gibi çevre koşullarının yanısıra seçicilerin işletme koşulları da önemlidir. Cha (1990) Nocardia 'nın seçicili AÇS'nde 5 günlük çamur yaşında etkili fakat 10 günlük çamur yaşındaysa etkili olmadığını bulmuştur. Eğer tesiste nitrifikasyon gereklyse, Nocardia'yi bertaraf için düşük çamur yaşı uygulaması makul olmamaktadır. Buradan da çamur prolemini oluşturan mikroorganizmaların ve onların özelliklerinin bilinerek tasarımın ve işletilmenin buna göre yapılması gerektiğinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Aerobik seçicilerin en büyük dezavantajı yüksek oksijen konsantrasyonuna (ÇO ~ 5 mg/L) ihtiyaç duymalarıdır. Bu nedenle uygun havalandırma sistemleri seçilmelidir.

4. KAYNAKLAR

Baumann, M.H., Lemmer, H., ve Ries, H, "Scum Actinomycetes in Sewage Treatment Plants - I. Growth Kinetics of Nocardia amarae in Chemostat Culture," Water Research, Sayı 22, sayfa 755, 1988.

Cha, D.K., "Process Control Factors Influencing Nocardia Populations In Activated Sludge," Doktora Tezi, University of California at Berkeley, 1990.

Chudoba, J., "Control of Activated Sludge Filamentous Bulking. VI. Formulation of Basic Principles," Water Research, Sayı 19, sayfa 1017, 1985.

Eikelboom, D.H. ve van Buijsen, H.J.J., Microscopic Sludge Investigation Manual. TNO Research Institute for Environmental Hygiene, Delft, The Netherlands, 1981.

Jenkins, D., Richard, M.G., and Daigger, G.T., Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming. Water Research Commission, Guney Afrika, 1986.

Kiff, R.J., "A Study of the Factors Affecting Bioflocculation in the Activated Sludge Process," Water Pollution Control, Sayı 77, sayfa 464, 1978.

Krul, J.M., "Experiments with *Haliscomenobacter hydrossis* in continuous culture without and with *Zoogloea ramigera*," *Water Research*, Sayı 11, sayfa 197, 1976.

Peavy, H.S., Rowe, D.R., ve Tchobanoglous, G. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Kitabevi, 1985.

Pitt, P.A. ve Jenkins, D., "Causes and Control of *Nocardia* in Activated Sludge," *Research Journal of Water Pollution Control Federation*, Sayı 62, sayfa 143, 1990.

Richard, M.G., Jenkins, D., Hao, O., ve Shimuzu, G., *The Isolation and Characterization of Filamentous Microorganisms from Activated Sludge*. Report No. 81-2, SEEHRL, University of California, Berkeley, CA, 1982.

Sezgin, M. ve Karr, P.R., "Control of Actinomycete Scum on Aeration Basins and Clarifiers," *Jour. of water Pollution Control Federation*, Sayı 58, sayfa 972, 1986.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17nci Baskı, American Public Health Association, ABD, 1989.

Steiner, A.E., McLaren, D.A. ve Forster, C.F., "The Nature of Activated Sludge Flocs," *Water Research*, Sayı 10, sayfa 25, 1976.

Strom, P.F. ve Jenkins, D., "Identification and Significance of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge," *Journal of Water Pollution Control Federation*, Sayı 56, sayfa 52, 1984.

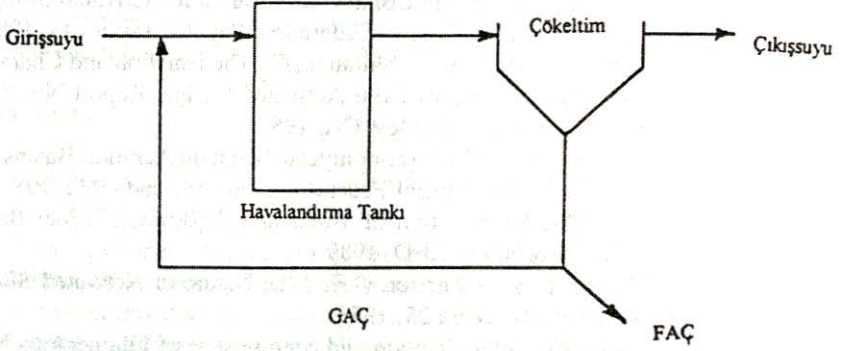
Taşdemir, Y. "Evaluation of Aerobic Selector Technology For Heavy Metal Removal By Activated Sludge," *Yüksek Lisans Tezi, Illinois Institute of Technology*, 1992.

Tchobanoglous, G. ve Schroeder, E. *Water Quality*. Addison-Wesley Kitabevi - ABD, 1987.

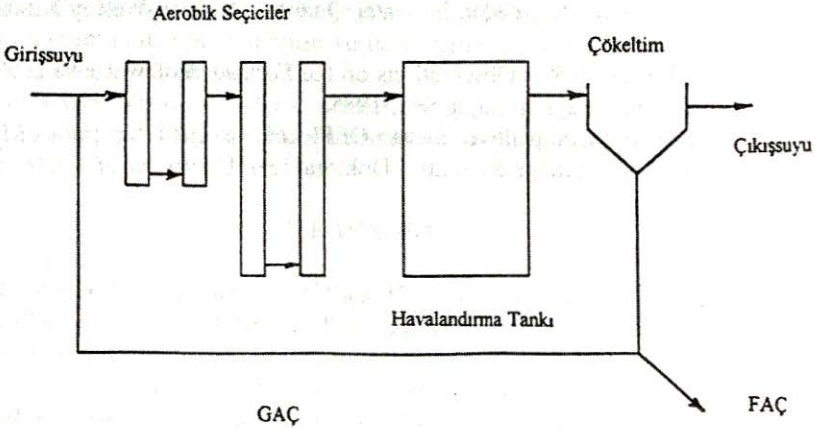
Unz, R.F. ve Farrah, S.R., "Observations on the Formation of Wastewater Zoogloea," *Water Research*, Sayı 10, sayfa 665, 1975.

van Niekerk, A.M. "Competitive Growth Of Flocculent And Filamentous Microorganisms In Activated Sludge Systems," *Doktora Tezi, University of California at Berkeley*, 1987.

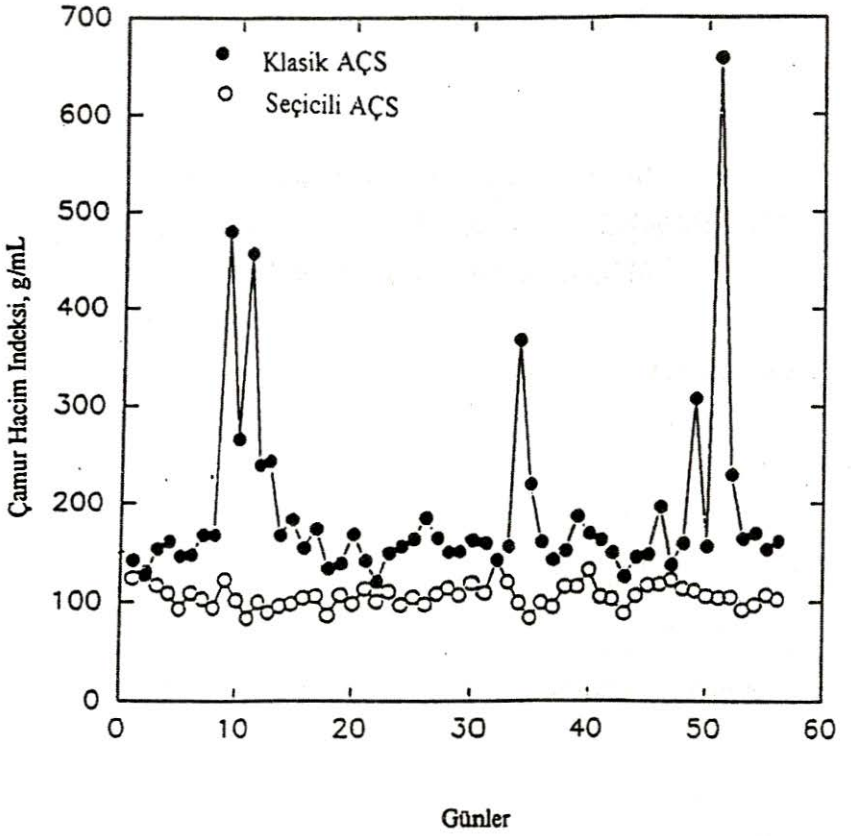
A. Tam Karışımli Klasik Aktif Çamur Sistemi.



B. Seçicili Aktif Çamur Sistemi.



Şekil 1. Deneylerde Kullanılan Aktif Çamur Reaktör Sistemleri



Şekil 2. Seçicili ve Klasik Aktif Çamur Reaktörlerinden Alınan Çamur Çökelme Verileri