

## FARKLI $S_0/X_0$ ORANLARININ ÇÖZÜNMÜŞ KALICI ÜRÜN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Seval Kutlu AKAL SOLMAZ\*

**Özet:** Su kirlenmesine sebep olan organik maddeler mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak indirgenerek stabil ve zararsız hale getirilmektedir. Biyolojik faaliyetler sonucu organik maddeler inorganik besin elementlerine dönüşür. Mikroorganizmalar bir taraftan organik maddeleri biyolojik olarak ayrıştırırken, bir taraftan da ortamda ayrıştırılmayan (inert) yeni ürünler oluşturur. Aktif Çamur Sistemi (AÇS) oksijenli ortamda organik maddelerin giderimini amaçlayan bir proses olup, bu sistemlerin tasarımında gözönüne alınması gereken pekçok parametre bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi başlangıç substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ) ile başlangıç mikroorganizma konsantrasyonu ( $X_0$ ) arasındaki  $S_0/X_0$  oranıdır.

Bu çalışmanın amacı, AÇS’nde farklı  $S_0/X_0$  oranlarında çözünmüş kalıcı ürün ( $S_R$ ) oluşumunun deneysel çalışmalar yardımıyla incelenmesidir. Deneysel çalışmalar için kesikli (batch) reaktörlerin kullanılması uygun bulunmuştur. Deneylerde glukozun 100;200;300;400 ve 500 mg/L’lik başlangıç konsantrasyonları ile yüklenen 100;200;300;400 ve 500 mg/L’lik başlangıç mikroorganizma konsantrasyonları için farklı  $S_0/X_0$  oranlarında 25 bileşenli bir reaktörler matrisi oluşturulmuştur. Yirmi beş adet  $S_0/X_0$  oranı ile beslenen yirmi beş reaktörde glukozun tamamının ayrışmasından sonra 10 gün boyunca ölçülen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerinin analiz sonuçları kalıcı ürün olarak değerlendirilmiş ve bu değerlerin zamana göre değişimleri izlenmiş ve oluşturulan grafikler üzerinde değişimlerin irdelenmesi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**  $S_0/X_0$  oranı, Çözünmüş kalıcı ürün, Kesikli reaktör.

### Effects of Different $S_0/X_0$ Rates on Soluble Inert Product Formation

**Abstract:** Organic substances that causing water pollution are biologically reduced, stabilized by microorganisms and become harmless for environment. Organics are converted into inorganic food elements, as a result of biological activities. While microorganisms decomposing organic substances, and synthesizing new cells they produce new products that can not be completely decomposed (inert). Activated Sludge System (ASS) is a process whose aim is to remove organic matters in aerobic conditions. The most important parameter affecting on system performance and activity is the ratio between ( $S_0$ ) initial substrate concentration and ( $X_0$ ) initial microorganism concentration, that is  $S_0/X_0$ .

The aim of this study is to investigate soluble inert product ( $S_R$ ) formation in the ASS with the aim of experimental studies depending on different  $S_0/X_0$  ratios of initial substrate and biomass concentrations. Batch reactors was thought as the best way for experimental studies. Experimental studies were carried out in twenty five reactors consisting of a set of five reactors fed with glucose; each containing 100;200;300;400 and 500 mg/L  $S_0$  concentrations respectively for each of 100;200;300;400 and 500 mg/L  $X_0$  concentrations. Experimentation matrix of organic loadings was formed from those reactors. After glucose was completely used up, daily Chemical Oxygen Demand (COD) analyses were continued for about 10 days in order to trace the course of soluble inert product. The results of  $S_R$  values, from each reactors, together with the  $S_0/X_0$  ratio were given in graphics..

**Key Words:**  $S_0/X_0$  ratio, Inert soluble product, Batch reactor.

## 1. GİRİŞ

Warburg respirometresini kullanarak yaptıkları deney sonuçlarına göre asetat, %72-78 oranında  $CO_2$  ve  $H_2O$ ’ya dönüşerek oksitlenirken, %13-15’i yeni hücre protoplazmasına dönüşmüş, %11-12’si ise ayrışmayarak sistemde bakiye organik madde olarak kalmıştır. Ürün oluşumu üzerine yapılan çalışmalardan biri Gaffney ve Heukelekian (1961)’in deneysel çalışmalarıdır.

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa

Chudoba (1967)'nin yaptığı kesikli deneyler sonunda elde ettiği kalıcı ürün değerlerinin başlangıç substrat konsantrasyonuna göre değişiminin lineer olduğu belirtilmiştir. Chudoba (1985)'ya göre AÇS'de inert ürünlerin üç şekilde oluştuğu belirtilmiştir:

- 1- Mikroorganizmaların çevreleri ile etkileşimleri sonucunda salgıladıkları bileşikler,
- 2- Substrat metabolizması ve bakteriyel çoğalma sonucunda üretilen bileşikler,
- 3- Mikroorganizmaların ayrışması ve hücre erimesi sonucunda oluşan bileşiklerdir.

Rittman ve arkadaşları (1987) ise ürün oluşumunu iki sınıfa ayırmışlardır:

- 1- Çoğalma ile orantılı olarak ürün oluşumu,
- 2- Çoğalmadan bağımsız olarak ürün oluşumu.

Artan (1987), çözünmüş inert ürün oluşumunu da hesaba katan bir aktif çamur modeli geliştirerek, çözünmüş kalıcı ürünün çıkış çözünmüş KOİ'si üzerindeki etkisini incelemiş ve çözünmüş kalıcı ürün üretiminin Chudoba (1985)'nin da belirttiği gibi başlangıç çözünmüş organik madde ile değiştiğini bulmuştur.

Gaudy ve Blachly (1989), kesikli ve sürekli sistemlerde yaptıkları arıtılabilirlik çalışmalarında inert KOİ'nin biyolojik arıtma proseslerinde biyolojik olarak ayrıştırılamayacağını söylemişler fakat uzun vadede inert kısmın %90'dan fazlasının metabolize edilebileceğini belirtmişlerdir.

Germirli ve arkadaşları (1991)'nin yaptıkları çalışmada, farklı giriş konsantrasyonlarında kesikli reaktörlere beslenen glukozun ayrışması sırasında sisteme salınan metabolik ürünlerden kaynaklanan ilgi çekici verilerin belirli bir eğilim göstermemesi metabolik ürünlerin yapı ve üretimlerinin, çalışmada tamamı ile değişik karakterde endüstriyel atıksulara aklime edilmiş, dolayısıyla birbirinden farklı, mikroorganizma kültürleri sonucunu getirmiştir.

Görgün ve Orhan (1991), atıksuların biyolojik arıtılabilirliğinin incelenmesi amacıyla çok sayıda deneysel çalışmalar yapmışlar, başlangıçta inert fonksiyon bulunmadığını, ancak girişteki ayrışabilir KOİ'nin yaklaşık %6-7'sinin kalıcı mikrobiyal ürüne dönüştüğünü belirtmişlerdir.

Orhon ve arkadaşları (1992) inert KOİ'nin tekstil atıksularının biyolojik arıtılabilirliğine etkilerini incelemişlerdir ve çıkış suyu KOİ'sini düşük  $S_0/X_0$  yüklemelerinde bile toplam inert KOİ olarak tanımlanan değerlerin altına düşürülemeyeceğini göstermişlerdir.

Yukarda bahsedilen çalışmalara benzer şekilde bu çalışmada, AÇS'de farklı  $S_0/X_0$  oranlarının çözünmüş kalıcı inert ürün ( $S_R$ ) oluşumuna etkisi deneysel çalışmalar yardımıyla incelenmiş ve çıkış çözünmüş KOİ konsantrasyonunun  $S_0/X_0$  oranlarıyla ilişkileri araştırılmıştır.

## 2. YÖNTEM

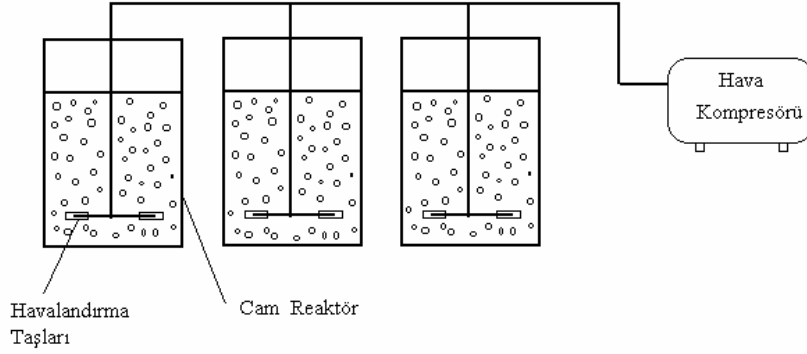
Bu çalışmanın gerçek amacı, mikroorganizma ve substratın başlangıç ( $X_0, S_0$ ) konsantrasyonlarının değişimine etkisini incelemektir. Bu maksatla, Tablo I'deki matraste verilen kesikli reaktör deneylerini yapabilmek için glukozun 100; 200; 300; 400; 500 mg KOİ/L'lik konsantrasyonları ile yüklenen reaktörlerden herbirine sıra ile 100; 200; 300, 400; 500 mg Askıda Katı Madde(AKM)/L'lik,  $X_0$  başlangıç mikroorganizma konsantrasyonlarını sağlayacak şekilde glukozla alıştırılmış heterojen ve ayrı bir biyokütle topluluğundan ilave edilerek yirmibeş reaktörden meydana gelen kesikli bir reaktör takımı oluşturulmuştur.

**Tablo I. Glukoz ve Biyokütlenin Seçilen Başlangıç Konsantrasyonları İçin Tasarlanan Reaktörlerde  $S_0/X_0$  Oranları, (Akal,1997).**

$S_0$ $X_0$	100 mg KOİ/litre	200 mg KOİ/litre	300 mg KOİ/litre	400 mg KOİ/litre	500 mg KOİ/litre
100 mg/litre	1	2	3	4	5
200 mg/litre	0,5	1	1,5	2	2,50
300 mg/litre	0,333	0,666	1	1,333	1,666
400 mg/litre	0,25	0,50	0,75	1	1,25
500 mg/litre	0,20	0,40	0,60	0,80	1

Bu çalışmada etkili hacmi 2 L olan laboratuvar ölçekli cam malzemeden yapılmış reaktörler kullanılmıştır. Tam karışım iki adet akvaryum pompası ile, oksijen ihtiyacı ise bir adet hava kompresörü yardımıyla sağlanmıştır. Çalışma düzeneği şematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir. Deney düzeneğinin kurulduğundan itibaren çalışmalara yaklaşık yirmi ay boyunca devam edilmiştir.

Kesikli beslenen reaktörlerde substrat olarak litrede 93,8 mg glukoz bulunan ve KOİ değeri 100 mg/L olan çözeltiler kullanılmıştır. Bu 100 mg/L’lik KOİ değeri substratın %100 oksidasyonuna tekabül eden teorik değeridir. Reaktör ortamının mineral madde, azot ve fosfor ihtiyacını karşılamak için bileşenleri Tablo II’de verilen A ve B çözeltilerinden ilave edilmiştir.



Şekil 1:  
Deneyel Çalışmanın Yürütüldüğü Kesikli Reaktör Seti

Tablo II. A ve B Çözeltilerinin İçerikleri

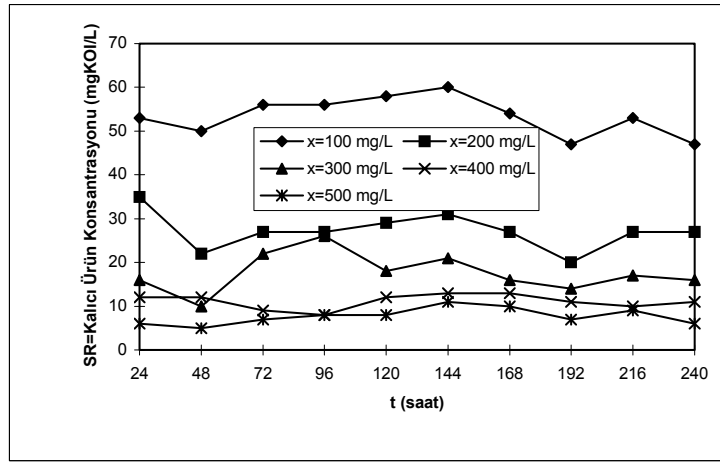
	Bileşik	Miktar (g/L)
A Çözeltisi	$K_2 HPO_4$	180
	$KH_2 PO_4$	40
	$NH_4 Cl$	60
B Çözeltisi	$MgSO_4 \cdot H_2 O$	7,5
	$FeSO_4 \cdot H_2 O$	0,25
	$ZnSO_4 \cdot H_2 O$	0,25
	$MnSO_4 \cdot H_2 O$	0,25
	$CaCl_2$	1

Reaktörlere aşı mikroorganizma olarak İ.T.Ü. Kampüsü kanalizasyon sisteminden alınan evsel atıksudan sağlanan mikroorganizmalar ilave edilmiş, atıksu içindeki mikroorganizmalar çalışma sırasında glukoz çözeltisine yaklaşık olarak 20 gün aklima edilmiştir. Sistem kesikli olarak çalıştırılmış, çözeltilerin ve mikroorganizma miktarının ilavesinden sonra dinlendirilmiş musluk suyu ile reaktörler 2 litreye tamamlanarak deneye hazırlanmıştır. Herbir reaktör sisteminin pH’sı düzenli olarak ölçülerek, pH’nın 7,1-7,2 arasında tutulması 1N NaOH veya 0,1 N  $H_2 SO_4$  çözeltilerinden yeteri kadar ilave edilerek sağlanmıştır. Deneyler  $20 \pm 3^\circ C$ ’de oda sıcaklığında yapılmıştır. Gece, gündüz ve mevsimlik sıcaklık değişimlerinde ortam sıcaklığının sabit tutulması su banyosu ile sağlanmıştır. Sıcaklıklar termometre ile günlük olarak takip edilmiştir. Analizler için tam karışımdan 25-30 ml numune alınmış, AKM, Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM), filtre edilmiş örnekler üzerinde KOİ ve Glukoz analizleri yapılmıştır. Glukoz konsantrasyonunu ölçmek için Kolorimetrik Antrone Metodu (İkincil Metod) kullanılmıştır (Seifter ve diğerleri,1950; Trevelyan ve Harrison, 1950; Gaudy, 1962). Glukoz ölçüm metodunun prensibi, antrone (9,10-dihydro-9 ketoanthracene)’nin kuvvetli asidik ortamda (1,84 yoğunluklu,%98’lik  $H_2SO_4$ ) sakkaridler ile reaksiyona girmesi esasına dayanır. Deneyel çalışmada, 620 nm’de okumaya elverişli Labospec marka spektrofotometre, su banyosu, 50 ml’lik balonjojeler kullanılmıştır. Çözelti olarak; Standard glukoz çözeltisi (100 mg glukoz/1 litre saf su), Anthrone çözeltisi (0,1 g anthrone/500 ml konsantre  $H_2SO_4$  + 200 ml saf su + oksidan olarak 1 g thioüre) hazırlanmıştır. Toplam glukoz miktarını litredeki mg glukoz cinsinden bulabilmek için glukoz standardını kullanarak dönüşüm faktörü hesaplanmıştır (Başkaya,1995). Analiz

sonucu spektrofotometrede okunan değerler dönüşüm faktörüne bölünmüş ve glukoz konsantrasyonları mg Glukoz/L cinsinden ifade edilmiştir. Reaktörlerdeki glukoz konsantrasyonları sıfır değerine ulaşana kadar analizlere devam edilmiş, sistemdeki glukozun tükenmesinden sonra kalıcı ürün oluşumunu takip etmek için daha uzun zaman aralıklarıyla numuneler alınarak, analizler yaklaşık olarak 10 ile 20 gün boyunca sürdürülmüştür.  $S_0/X_0$  oranı büyük olan reaktörlerde süre daha da uzatılmıştır. Analizler için Standart Metotlar (APHA, 1989) da verilen prosedürler takip edilmiştir.

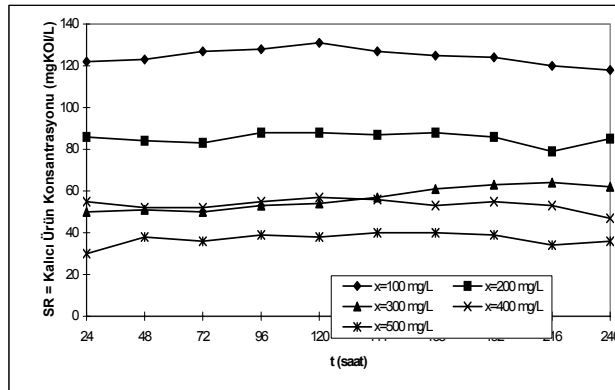
### 3- SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, glukoz ile beslenen kesikli reaktörlerde başlangıç mikroorganizma ( $X_0$ ) ve substrat ( $S_0$ ) konsantrasyonunun kalıcı ürün ( $S_R$ ) değerlerinin  $S_0/X_0$  oranlarıyla değiştiği tespit edilmiştir. Tablo I'de verilen farklı  $S_0/X_0$  oranlarıyla beslenen yirmibeş reaktörde glukoz, KOİ, biyokütle ve kalıcı ürün analizleri yapılmıştır. Glukozun tamamının ayrışmasından sonra ölçülen KOİ değerlerinin analiz sonuçlarının zamana göre değişimleri sırasıyla Şekil 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.



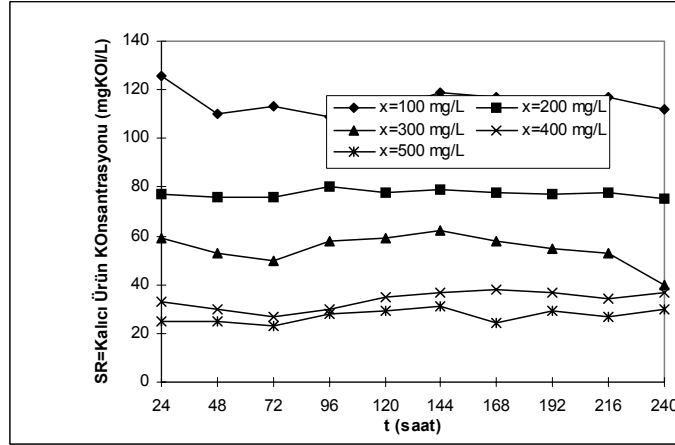
Şekil 2:

$S_0 = 100 \text{ mg KOI/L}$  ve  $X_0 = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ mg AKM/L}$  Başlangıç Konsantrasyonları İçin  $S_0/X_0$  Oranları 1, 0,5, 0,33, 0,25 ve 0,2 olan Reaktörlerde,  $S_R$  Kalıcı Ürün Konsantrasyonlarının Zamana Göre Değişimi

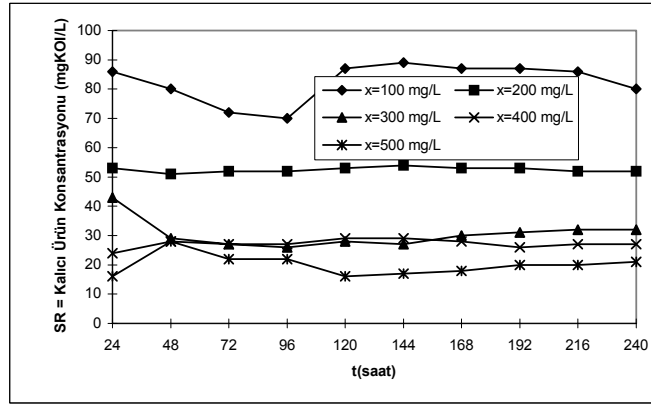


Şekil 3:

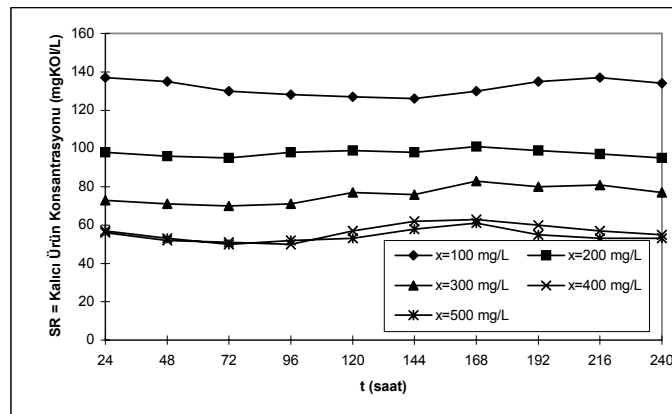
$S_0 = 200 \text{ mg KOI/L}$  ve  $X_0 = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ mg AKM/L}$  Başlangıç Konsantrasyonları İçin  $S_0/X_0$  Oranları 2, 1, 0,67, 0,5 ve 0,4 olan Reaktörlerde,  $S_R$  Kalıcı Ürün Konsantrasyonlarının Zamana Göre Değişimi



Şekil 4:  
 $S_0 = 300 \text{ mg KOI/L}$  ve  $X_0 = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ mg AKM/L}$  Başlangıç Konsantrasyonları  
 İçin  $S_0/X_0$  Oranları 3 1,5 1 0,75 ve 0,6 olan Reaktörlerde,  $S_R$   
 Kalıcı Ürün Konsantrasyonlarının Zamana Göre Değişimi



Şekil 5:  
 $S_0 = 400 \text{ mg KOI/L}$  ve  $X_0 = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ mg AKM/L}$  Başlangıç Konsantrasyonları  
 İçin  $S_0/X_0$  Oranları 4 2 1,33 1 ve 0,8 olan Reaktörlerde,  
 $S_R$  Kalıcı Ürün Konsantrasyonlarının Zamana Göre Değişimi



Şekil 6:  
 $S_0 = 500 \text{ mg KOI/L}$  ve  $X_0 = 100, 200, 300, 400, 500 \text{ mg AKM/L}$  Başlangıç Konsantrasyonları  
 İçin  $S_0/X_0$  Oranları 5 2,5 1,67 1,25 ve 1 olan Reaktörlerde,  
 $S_R$  Kalıcı Ürün Konsantrasyonlarının Zamana Göre Değişimi

Glukozun tükenmesinden sonra ölçülen bu değerler kalıcı ürün olarak değerlendirilebilir. Yukarıdaki tablo ve şekillerin ışığı altında  $S_R$  için aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur:

- 1-  $S_0/X_0$  oranları aynı olan reaktörlerde giriş şartlarından bağımsız olarak  $S_R$  değerlerinin glukoz konsantrasyonunun bitmesinden itibaren ölçüm periyodu boyunca neredeyse birebir eşit olduğu söylenebilir ( $S_0/X_0 = 100/100 = 200/200 = 300/300 = 400/400 = 500/500 = 1$ ,  
 $S_0/X_0 = 200/100 = 400/200 = 2$ ,  
 $S_0/X_0 = 100/200 = 200/400 = 0,5$  olan reaktörler)
- 2-  $S_0 = 100$  mgKOİ/L,  $X_0 = 400$  mg/L;  $S_0 = 200$  mgKOİ/L,  $X_0 = 400$  mg/L ve  $X_0 = 500$  mg/L;  $S_0 = 400$  mgKOİ/L,  $X_0 = 100$  mg/L olan dört reaktör dışındaki bütün reaktörlerde  $S_R$  değerleri  $t=1$ . günden itibaren önce bir miktar azalmakta yani; glukozun bitmesinden itibaren kalan KOİ'nin bir miktarı daha ayrışmakta, bu ayrışma bazı reaktörlerde 1 gün, bazılarında 4-5 gün boyunca devam etmektedir. Kesin olmamakla beraber  $S_0/X_0$  oranı yüksek olan reaktörlerde bu sürenin daha uzun olduğu söylenebilir.
- 3- Ayrışma tamamlandıktan sonra KOİ konsantrasyonu artmakta, diğer bir ifadeyle ortama bir miktar daha  $S_R$  salgılanmaktadır. Bu artış çok hızlı olmayıp, yavaşça devam etmekte sonra tekrar yavaşça azalmaktadır.  $S_R$  kalıcı ürün analizlerine  $S_0/X_0$  oranına göre 10 ile 15 gün boyunca devam edilmiş, standart olarak onuncu gün değerleri alınarak grafikler hazırlanmıştır.
- 4- Son ölçülen  $S_R$  değerleri ile glukozun bitmesinden sonra ölçülen KOİ değerlerinin hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.
- 5- Giriş substrat ( $S_0$ ) konsantrasyonu yüksek olan reaktörlerde ( $S_0/X_0 = 500/100 = 5$ ,  $S_0/X_0 = 400/100 = 4$  gibi) daha fazla kalıcı ürün oluştuğu gözlenmiş, kalıcı ürünün artan  $S_0/X_0$  ile düzenli olarak arttığı belirlenmiştir.
- 6- Glukozun bitmesinden itibaren ayrışmadan kalan ürün  $S_R$  konsantrasyonlarının  $S_0/X_0$  oranları aynı olan reaktörlerde birbirine eşit olduğu tespit edilmiştir.
- 7- Kalıcı ürünün bir miktar (yaklaşık olarak %2 ile 5'inin) daha ayrıştığı ve ayrışma süresinin  $S_0/X_0$  oranı yüksek olan reaktörlerde daha uzun olduğu belirlenmiştir.
- 8-  $S_R$ 'ın ayrışan kısmı tüketildikten sonra ortama bir miktar daha kalıcı ürün salgılanmaktadır. Bu artış çok hızlı olmayıp yavaşça yükselmekte, maksimum bir değere ulaştıktan sonra yine tekrar yavaşça azalmaktadır. Bu değişim önemli olmayıp %2-3 mertebesinde kalmaktadır.
- 9- Pratik olarak onuncu gün sonunda ölçülen kalıcı ürün konsantrasyonlarının glukozun bitmesinden sonraki 24 saat içerisinde ölçülen KOİ değerlerine eşit olduğu söylenebilir.
- 10- Literatürde ifade edilenlere paralel olarak giriş substrat konsantrasyonu yüksek olan reaktörlerde ( $S_0/X_0 = 4$ ,  $S_0/X_0 = 5$  gibi) daha fazla kalıcı ürün oluştuğu gözlenmiş, kalıcı ürünün artan  $S_0/X_0$  oranları ile düzenli olarak arttığı belirlenmiştir.

$S_R$  oluşumu ile ilgili olarak; literatürde, hızlı ayrışan karbon ve enerji kaynaklarının daha fazla ara ürün oluşmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Rao ve Gaudy, 1966; Chudoba, 1967; Grady ve Williams, 1975). Artan (1987), güç ayrışan substratların sürekli beslenmesinde ara ürün oluşmasının düşük bir ihtimal olduğunu ifade etmiştir. Eckhoff ve Jenkins (1967) ise, kolay ayrışan organik maddelerin ayrışması sırasında ayrışmadan kalan maddeleri, substrat mekanizması sırasında oluşan metabolik son ürünler olarak tanımlamışlardır. Beşinci maddede verildiği üzere bazı araştırmacılara (Chudoba, 1967; Grady ve Williams, 1975) göre  $S_0$  konsantrasyonu yüksek olan reaktörlerde daha fazla çözünmüş metabolik ürün veya toplam KOİ bulunmasına neden olur.

Pitter ve Chudoba (1990),  $S_0$  (giriş substrat konsantrasyonu) /  $X_0$  (giriş mikroorganizma konsantrasyonu) oranının metabolik reaksiyonları etkileyerek, bu oranın substratın giderilmesi sırasında hücre artışı olup olmadığının belirlenmesinde kesikli reaktörler için önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları da literatürde verilen bilgileri desteklemekle beraber kalıcı ürün konsantrasyonunun  $S_0/X_0$  oranından daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Çalışmada, çözünmüş kalıcı ürün oluşumunun,  $S_0/X_0$  oranlarına bağlı olarak değişiminin belirlenmesinde deneysel çalışmaların detaylı bir şekilde sunulduğu gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen sayısal değerlerin bir matematik model hazırlama çalışmalarına temel teşkil ettiği düşünülmektedir. Başka bir deyişle, bu çalışma sonuçları, değişimin fonksiyonel olarak belirlenmesinde matematik eşitlik ve ifadelerin oluşumuna katkıda bulunacaktır.  $S_R$  hesabı için oluşturulacak  $S_0/X_0$  oranının fonksiyonu olan denklemin hazırlık ve belirleme aşamaları ile ilgili çalışmalar ise bir başka çalışmanın konusu olarak değerlendirilmektedir.

#### 4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde başlatılmış olup, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında tamamlanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde emeği geçen Sayın Prof. Dr. Hasan Ali SAN'a teşekkürlerimi ve İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvar ve bilgisayar imkanlarından yararlanmamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Derin ORHON'a ve Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvar imkanlarından yararlanma olanağını sağlayan Sayın Prof. Dr. Hüseyin Savaş BAŞKAYA'ya şükranlarımı sunarım.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Akal, S.K. (1997) Glukozla Beslenen Kesikli Reaktörlerde Organik Yüklemenin Ayrışma Kinetiği ve Kalıcı Ürün Oluşumu Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
2. APHA, AWWA, WPCF (1989) Standart Methods for the Examination of Water Wastewater, USA.
3. Artan, N. (1987) Aktif Çamurda Çözünmüş Kalıcı Ürün Oluşumu Modeli, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. Başkaya, H.S. (1995) Çevre Laboratuvarı Tekniği Ders Notları, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
5. Chudoba, J. (1967) Residual Organic Matter in Activated Sludge Process Effluents – I: Degradation of Saccharides, Fatty Acids and Amino Acids Under Batch Conditions, Science Paper Institution, Chemical Technology, Prague, F12, 39-76.
6. Chudoba, J. (1985) Quantitative Estimation in COD Units of refractory Organic Compounds Produced by Activated Sludge Microorganisms, Water Research, Vol. 19,1, 37-43.
7. Eckhoff, D.W. and Jenkins, D. (1967) Activated Sludge Systems Kinetic of the Steady and Transient States, Serial Report, No. 67-12, Berkeley.
8. Gaffney, P.E. and Heukelekian, H. (1961) Biochemical Oxidation of the Lower Fatty Acids, Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.33, No.11, 1169-1184.
9. Gaudy, A.F.Jr. (1962) Colorimetric Determination of Protein and Carbonhydrate, Industrial Water and Wastes, January-February, 17-22.
10. Gaudy, A.F.Jr. and Blachly, T.R. (1989) A Study of the Biodegradability of Residual COD, Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.43, No.4, 332.
11. Germirli, F., et al. (1991) Assesment of the Initial Inert Soluble COD in Industrial Wastewaters, *Water Science and Technology*, Vol.23, 1077-1086.
12. Grady, C.P.L.Jr. and Williams, D.E. (1975) Effects of Influent Substrate Concentrations on the Kinetics of Natural Microbial Pollutions in Continious Culture, *Water Research*, 9, 171-180.
13. Görgün, E. ve Orhon, D. (1991) SEK/İstanbul Tesisleri Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliği, *Su Kirliliği Kontrolü Dergisi*, Cilt. 1, Sayı 3, 159-157.
14. Orhon, D., et al. (1992) The Effect of Residual COD on the Biological Treatability of Textile Wastewaters, *Water Science and Technology*, Vol. 3-4, 815-825.
15. Rao, B.S. and Gaudy, A.F.Jr. (1990) Biodegradability of Organic Substances in the Aquatic Environment, *Journal of Water Pollution Control Federation*, Vol.38,5, 794-812.
16. Rittmann, B.E., et al. (1987) A Critical Evaluation of Microbial Product Formation in Biological Processes, *Water Science and Technology*, Vol. 19, 517-528.
17. Seifter, S., et.al. (1950) Estimation of Glycogen with Anthrone Reagent, *Archives of Biochemistry*, 25, 191.
18. Trevelyan, W.E. and Harrison, J.S. (1950) Studies on Yeast Metabolism I. Fractional and Microidentification of Cell Carbonhydrates, *Biochemical Journal*, 50, 298.