

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128782

TEKSTİL ATIKSULARININ ANAEROBİK
ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Biyolog Zehra ŞAPÇI

F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Yrd.Doç. Dr. İlder AYDINOL

İSTANBUL, 2002

İ.C. YÜKSEK LİSANS KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK
Prof. Dr. Dincer TOPRAK

128782

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amaç Ve Kapsamı	2
2. BİYOLOJİK ARITMA	3
2.1 Anaerobik Arıtma	4
2.1.1 Anaerobik Arıtmanın Mukayesesi	5
2.1.2 Anaerobik Arıtmanın Mikrobiyolojisi	7
2.1.3 Anaerobik Arıtmanın Biyokimyası	13
2.1.3.1 Biyokimyasal Reaksiyon Parametreleri	17
2.1.3.1.1 Sıcaklık	17
2.1.3.1.2 pH.....	18
2.1.3.1.3 Diğer Kimyasal Maddeler	20
2.1.3.1.5 Temel Ve İz Elementleri	24
3. ANAEROBİK REAKTÖR ÇEŞİTLERİ	25
3.1 Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktörler	29
3.1.1 YAHÇY Reaktörlerde Besleme Çamuru	29
3.1.2 YAHÇY Reaktörlerin Tasarımı	29
3.1.3 YAHÇY Reaktör Hacmi	34
3.2 Serum Şişeleri İle Yapılan Anaerobik Sistemler	35
4. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ	36
4.1 Türkiye'de Tekstil Endüstrisi.....	36
4.2 Tekstil Endüstrisinde Kategoriler	37
4.3 Altkategoriler	43
4.4 Tekstil Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	47
5. KOİ BİLEŞENLERİ	52

5.1	Çözünmüş İnert KOİ (S _{II}) Bileşenin Belirlenmesi.....	54
6.	DENEYSEL ÇALIŞMA	57
6.1	Deney Tesisinin Tanıtımı.....	57
6.1.1	Anaerobik Reaktör Düzenegi.....	57
6.1.2	İnert KOİ Anaerobik Reaktör Düzenegi.....	59
6.2	Reaktörün Devreye Alınması.....	60
6.3	İzlenen Parametreler Ve Analiz Metodları	60
6.3.1	Sıcaklık.....	60
6.3.2	Gaz Miktarı Ve Bileşenleri	60
6.3.3	pH Ve Alkalinite	61
6.3.4	Askıda Katı Madde (AKM)	61
6.3.5	Uçucu Yağ Asitleri.....	61
6.3.6	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	61
7.	İNCELENEN TEKSTİL ENDÜSTRİLERİ	62
7.1	Pamuklu Son İşlemleri Yapan Tekstil Fabrikası (Tesis 1)	62
7.2	Polyester Boyama Yapan Tekstil Endüstrisi (Tesis 2).....	65
7.3	Yünlü Tekstil.....	66
8.	DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	68
8.1	Devreye Alma	68
8.2	Tekstil Atıksuyunun Arıtılabilirliği İle İlgili Deneysel Çalışma	70
8.2.1	Ko-Substratsız Pamuklu Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 1).....	70
8.2.2	Ko-Substratla Pamuklu Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 1).....	83
8.2.3	Ko-Substratlı Polyester Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 2).....	94
8.2.3.1	İki Farklı Ko-Substratla Polyesterli Atıksuyun Arıtılabilirliği (Tesis 2).....	101
8.2.4	İncelenen Tekstil Endüstrisi Atıksularının İnert KOİ Bileşenleri.....	105
9.	SONUÇLAR.....	107
	KAYNAKLAR	110
	EKLER.....	118
Ek 1	Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarıyla arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 4.5 gün)	118
Ek 2	Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarıyla arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 9 gün)	122
Ek 3	Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarına eklenen ko-substrat ile arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 9gün).....	124
Ek 4	Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarına eklenen ko-substrat (glukoz) ile arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 4.5 gün).....	129
Ek 5	Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuyuna karıştırılan farklı	

	evsel atıksu oranlarının ko-substrat (glikoz) ilavesiyle arıtılabilirlik sonuçları (HBS 4.5 gün)	131
Ek 6	Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuyuna karıştırılan %30 evsel atıksu oranında ko-substrat (glikoz- laktoz) ilavesiyle arıtılabilirlik sonuçları (HBS 5 gün)	131
	ÖZGEÇMİŞ	1366



SİMGE LİSTESİ

C_T	Girişteki Toplam KOİ
S_{Tl}	Toplam Çözünmüş KOİ
S_{II}	Girişteki İnert KOİ
S_P	Çözünmüş İnert Mikrobiyal Ürünler
S_{Sl}	Kolay Ayrışabilen KOİ
S_{Hl}	Hızlı hidroliz olabilen KOİ
X_{Tl}	Toplam Partiküler KOİ
X_H	Girişteki Partiküler İnert KOİ
X_{Hl}	Aktif heterotrofik biyokütle
X_P	Partiküler İnert Mikrobiyal Ürünler
X_{Sl}	Partiküler Ayrışabilen KOİ

KISALTMA LİSTESİ

AKM	Askıda Katı Madde(mg/L)
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı(mg/L)
ÇBS	Çamur Bekletme Süresi
HBS	Hidrolik Bekleme Süresi
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
UAKM	Uçucu Askıda Katı Madde(mg/L)
UYA	Uçucu Yağ Asidi (mg/L)
YAHÇR	Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktör



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Aerobik ve anaerobik arıtma proseslerinin organik karbon dengesi ile karşılaştırılması (Öztürk, 2000a).....	6
Şekil 2.2	Anaerobik parçalanma işleminin mekanizması (Filibelli, 2000).....	12
Şekil 2.3	Enzimatik tepkime hızına besi (substrat) konsantrasyonunun etkisi (Tüzün, 1991).....	15
Şekil 3.1	Reaktör tipleri (Öztürk, 2000a).....	25
Şekil 5.1	Atıksudaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı(Tünay vd., 2001).....	53
Şekil 5.2(a)	Karışım sıvısındaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı çözünmüş inert KOİ (Tünay vd., 2001).....	53
Şekil 5.2(b)	Karışım Sıvısındaki KOİ Fraksiyonlarının Dağılımı - Partiküler KOİ (Tünay vd., 2001).....	54
Şekil 6.1	Deney düzeneğinin şematik gösterimi	58
Resim 6.1	Deney düzeneğinin fotoğrafı.....	59
Şekil 7.1	Pamuklu boyama (selüloz) için uygulanan yöntem	63
Şekil 7.2	%50 Polyester- %50 Viskon karışım için uygulanan yöntem.....	64
Şekil 8.1	Devre alma döneminde KOİ giderme verimi.....	68
Şekil 8.2	Devre alma döneminde çıkan biyogaz hacmi.....	68
Şekil 8.3	Devreye alma dönemindeki çıkış pH değerleri.....	69
Şekil 8.4	Devreye alma dönemindeki AKM çıkış değerleri.....	70
Şekil 8.5	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait KOİ giderme verimi-12 saatlik (Tesis 1).....	71
Şekil 8.6	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait biyogaz üretimi-12 saatlik (Tesis 1)	72
Şekil 8.7	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait alkalinite - 12 saatlik (Tesis 1)	73
Şekil 8.8	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait UYA -12 saatlik (Tesis 1)	73
Şekil 8.9	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -12 saatlik (Tesis 1).....	74
Şekil 8.10	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1).....	74
Şekil 8.11	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -12 saatlik (Tesis 1)	75
Şekil 8.12	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1).....	75
Şekil 8.13	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -12 saatlik (Tesis 1).....	76
Şekil 8.14	Bekletme süresi 4.5 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1).....	76
Şekil 8.15	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-24 saatlik (Tesis 1).....	77
Şekil 8.16	Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve%15 olan tekstil atıksuya ait biyogaz üretimi-24 saatlik (Tesis 1)	78
Şekil 8.17	Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve%15 olan tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik (Tesis 1)	78
Şekil 8.18	Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve%15 olan tekstil atıksuya ait alkalinite – 24 saatlik (Tesis 1)	79
Şekil 8.19	Bekletme Süresi 9 Günlük, % 40 Evsel İçerikli Atıksuya ait Alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -24 Saatlik (Tesis 1)	80

Şekil 8.20	Bekletme süresi 9 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1).....	80
Şekil 8.21	Bekletme süresi 9 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuyun alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -24 saatlik (Tesis 1)	81
Şekil 8.22	Bekletme süresi 9 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuyun KOİ giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1).....	81
Şekil 8.23	Bekletme süresi 9 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuyun alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -24saatlik (Tesis 1)	82
Şekil 8.24	Bekletme süresi 9 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuyun KOİ giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1).....	82
Şekil 8.25	Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-24 saatlik(HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	84
Şekil 8.26	Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait biyogaz -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	84
Şekil 8.27	Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	85
Şekil 8.28	Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	85
Şekil 8.29	Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait pH _{çıkış} -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	86
Şekil 8.30	Evsel atıksu oranını %60 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	86
Şekil 8.31	Evsel atıksu oranı %60 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	87
Şekil 8.32	Evsel atıksu oranı, %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} - pH _{çıkış} -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	87
Şekil 8.33	Evsel atıksu oranlı, %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme ve UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	88
Şekil 8.34	Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} ve pH _{çıkış} -24 saatlik (HBS 4.5 gün)(Tesis 1).....	88
Şekil 8.35	Evsel atıksu oranı%30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1).....	89
Şekil 8.36	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	89
Şekil 8.37	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait pH _{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml	90
Şekil 8.38	Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	90
Şekil 8.39	Evsel atıksu oranı %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	91
Şekil 8.40	Evsel atıksu oranı %40 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	91
Şekil 8.41	Evsel atıksu oranı %40 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	92
Şekil 8.42	Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	92
Şekil 8.43	Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	93
Şekil 8.44	Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	93
Şekil 8.45	Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-	

	UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml.....	94
Şekil 8.46	Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	95
Şekil 8.47	Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait biyogaz -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	95
Şekil 8.48	Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml	96
Şekil 8.49	Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	96
Şekil 8.50	Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait pH _{çıkış} -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml	97
Şekil 8.51	Evsel atıksu oranı %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} - 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	98
Şekil 8.52	Evsel atıksu oranı %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	98
Şekil 8.53	Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} - 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	99
Şekil 8.54	Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	99
Şekil 8.55	Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite _{çıkış} -pH _{çıkış} - 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	100
Şekil 8.56	Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	100
Şekil 8.57	Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi- 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	101
Şekil 8.58	Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktoz içeren tekstil atıksuya ait UYA - 24 saatlik (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	102
Şekil 8.59	Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktoz içeren tekstil atıksuya ait pH _{çıkış} - 24 saatlik (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	102
Şekil 8.60	Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktoz içeren tekstil atıksuya ait Alkalinite- 24 saat (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	103
Şekil 8.61	Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktoz içeren tekstil atıksuya ait AKM- 24 saat (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml.....	103

İC. YUKSEK LİSE
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ
MÜHÜRÜ

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Başlıca anaerobik mikroorganizma grupları (McCarty, 1964)	7
Çizelge 2.2	Karbonhidrat ve amino asitlerden uçucu asitlerin üretimi (Aydınol,1995)	9
Çizelge 2.3	Organik asitlerin asetik asite dönüşümü.....	9
Çizelge 2.4	Anaerobik organizmalar ve metabolik ürünleri (Kargı,1998).....	10
Çizelge 2.5	Endüstrilerde kullanılan mikrobiyal enzimler (Scragg, 1991).....	16
Çizelge 2.6	Anaerobik biyokimyasal prosesler üzerinde sıcaklığın etkisi (İleri , 2000).....	17
Çizelge 2.7	Havasız çamur yatağı sisteminde tasarım yükünün sıcaklıkla değişimi (Öztürk, 2000a).....	18
Çizelge 2.8	Anaerobik ayrışma prosesini ileri derecede yavaşlatan konsantrasyonlar (Öztürk, 2000b).....	21
Çizelge 2.9	Çalışılan ağır metal ve konsantrasyonları; kontrol çeşitleri için değerler ve çürütücü ürünleri (Tijero vd., 1991).....	23
Çizelge 2.10	Metan bakterilerinin elemental içeriği (Kanat, 1996).....	24
Çizelge 3.1:	Evsel veya eşdeğeri seyreltik atıksuların havasız arıtımı ile ilgili çalışmalar (Ubay, 1991).....	28
Çizelge 4.1	Boya banyolarında kullanılan kimyasal maddeler (Öztürk vd., 1986).....	39
Çizelge 4.2	Boyaların uygulanan ipliğe göre sabitleme ve çıkışta kaybedilen oranları (O'Neill vd., 1999).....	40
Çizelge 4.3	Tekstil işleme kategorileri (Başbüyük vd., 1998).....	46
Çizelge 4.4	Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre tekstil endüstrisi atıksularının alıcı ortama deşarj standartları (2 saatlik kompozit) (SKKY, 1988).....	47
Çizelge 4.5	Reaktif boya kompozit numunesi aerobik yolla biyolojik arıtılabilirlik sonuçları (pamuklu örgü kumaş son işlemler) (Tünay 1991)	48
Çizelge 4.6	Tekstil boyalarının anaerobik ortamda seram şişeleri kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmaları ve sonuçları.....	50
Çizelge 4.7	Ko-substratın atıksu arıtımına etkisi (Chinwetkitvanich vd., 2000)	51
Çizelge 5.1	Tekstil atıksuyunda çözünmüş inert KOİ ile ilgili literatürde verilen deneysel sonuçlar (Çokgör vd.,1998).....	55
Çizelge 5.2	Pamuklu ve sentetik örgü fabrikası atıksuyunun KOİ bileşenleri (Orhon vd.2001).....	56
Çizelge 5.3	Farklı evsel atıksulardan elde edilen KOİ bileşenleri sonuçları(mg/L) (Çokgör vd.,1999).....	56
Çizelge 7.1	İncelenen pamuklu son işlemleri atıksuyunun karakterizasyonu (Tesis 1).....	65
Çizelge 7.2	İncelenen polyester boyama fabrikası atıksuyu (Tesis 2)	66
Çizelge 7.3	Alışma döneminde kullanılan atıksuyun karakterizasyonu.....	67
Çizelge 8.1	Pamuklu son işlemler (Tesis 1) ,polyesterli kumaş boyama (Tesis 2) ve evsel atıksuyun KOİ bileşenleri.....	105
Çizelge 8.2	Pamuklu son işlemler (Tesis 1) ,polyesterli kumaş boyama (Tesis 2) ve evsel atıksuyun KOİ bileşenlerinin dağılımı	106

ÖNSÖZ

Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans yapmamı kabul ederek, bu bölümü tanımama izin veren başta Çevre Mühendisliğini Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ferruh Ertürk'e, bana emek verip ve yönlendiren hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. F. İlder TÜRKOĞAN AYDINOL'a, deneysel çalışmanın farklı bakış açılarını gösteren ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen sevgili hocalarım Doç. Dr. Beyza ÜSTÜN ve Öğr. Gör. Dr. Hürrem BAYHAN'a, bilgi ve kitaplarını paylaşan Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT'a, deneysel çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli kimyasal maddeleri sağlayan Doç. Dr. Talha GÖNÜLLÜ'ye, değerli bilgilerinden yararlandığım bütün hocalarıma, deneylerin yapılacağı alet ve düzeneklerin çalışma prensiplerini gösteren Araş.Gör. Ahmet GÜNAY, Araş.Gör. Bestamin ÖZKAYA'ya, yardımlarını esirgemeyen Araş.Gör. Aslan SARAL ve Araş.Gör. Bülent GONCALOĞLU'na, İngilizce özetin yazılmasında yardım eden Araş.Gör. Sinan BİLGİLİ'ye, deneysel çalışmalar sırasında yardımcı olan Teknisyen Müşerref ÖZGEN ile Şükrü ÜNAL amcama, hiçbir zaman desteklerini ve sevgilerini esirgemeyen arkadaşlarım; Dr. Kerem O. DERYA'ya, Hande ACAR'a, Vesile KARAYILMAZ'a, Müge ÖZGÜR'e ve bilgisayardaki deneysel sonuçlarımı kurtararak bu çalışmanın devam etmesini sağlayan M. Suat ÖZGÜR'e ve yaşamımı borçlu olduğum beni yetiştiren, sevgi ve şevkatlerini hiç esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zehra ŞAPÇI

2002

ÖZET

Bu çalışmada, anaerobik şartlar sağlanarak yapılan laboratuvar ölçekli üç reaktör kullanılmıştır. Reaktörlerde mezofilik granüler bakteriler kullanılmıştır. Farklı iki tip tekstil atıksuyuna, karışması muhtemel evsel atıksu oranlarıyla arıtılabilirliği incelenmiştir. Ayrıca, evsel atıksu içeren tekstil atıksularının arıtımında ko-substrat ilavesinin etkisi araştırılmıştır.

Birinci bölümde, ülkemiz için tekstil endüstrisini önemi ve çalışmanın amacı kısaca açıklanmıştır.

İkinci bölümde, biyolojik arıtmanın özellikleri ve anaerobik arıtım anlatılmaktadır. Anaerobik arıtmanın mukayesesi, mikrobiyolojisi, biyokimyası ve biyokimyasal reaksiyon parametreleri hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, anaerobik reaktör tipleri ve serum şişeleri kullanılarak yapılan anaerobik reaktörler açıklanmıştır. Deney düzeneğinde serum şişeleri kullanılarak benzetilmeye çalışılan YAHÇR hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, Türkiye’de tekstil endüstrisi, tekstil endüstrisinin kategorileri ve altkategorileri ile, yapılan arıtılabilirlik çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, KOİ bileşenleri ve bileşenlerin bulunma yöntemleri kısaca anlatılmıştır. Çalışmada uygulanacak olan inert KOİ bileşeni açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, deneysel çalışmada incelenen konular, deneysel çalışma düzenekleri hem anaerobik arıtım için kullanılan, hem de KOİ bileşenlerini hesaplamak için kullanılan reaktörler şekil ve resimlerle izah edilmiştir. Reaktörlerin devreye alınmasında ve çalıştırılmasında izlenen parametreler ile yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Yedinci bölümde, devreye alma döneminde kullanılan atıksuyu meydana getiren tesis ile çalışmada arıtılabilirlikleri incelenen iki farklı tipteki atıksuyu oluşturan tesisin özellikleri hakkında bilgi kısaca verilmiştir.

Sekizinci bölümde, farklı iki karakterdeki tekstil atıksuyuna karışması muhtemel evsel oranlarla arıtılabilirlikleri incelenmiştir. Ayrıca iki farklı ko-substrat ilavesi ile arıtılabilirliğin mukayesesi yapılmıştır. Anaerobik arıtılabilirliğin belirlenmesi için ölçülen KOİ parametresi çalışılan her bir atıksu için karşılaştırmalı olarak ve tek tek izah edilmiştir. Alkalinite – pH ilişkisi ve KOİ giderme yüzdesi- UYA oranı arasındaki ilişkileri araştırılmıştır. Hidrolik bekletme süresi olarak seçilen 4.5 ve 9 günlük sürelerin arıtma verimi üzerine etkisi incelenmiştir. Tekstil ve evsel atıksulara ait KOİ bileşenlerinin oranları ölçülmüştür.

Dokuzuncu bölümde ise çalışmalardan elde edilen sonuçlar maddeler halinde sıralanarak kısaca açıklanmıştır.

Çalışmaya temel olan deney sonuçları bir ek halinde en son kısma ilave edilmiştir.

Anahtar kelimeler: tekstil atıksuyu, evsel atıksu, KOİ bileşenleri, HBS

ABSTRACT

In this study, three laboratory scale reactors were used. The reactors were run in anaerobic conditions with mesophilic granular bacteria. Treatability of different types textile wastewater were investigated with some probable mixing rates of domestic wastewater. Besides, effect of addition of co-substrate were investigated in the treatment of textile wastewater containing domestic wastewater.

In the first section, the purpose of study and the importance of the textile industry for Turkey are explained briefly.

The characteristics of biological treatment and anaerobic treatment are anaerobic treatment are explained in the second section. Some information is given about the comparison, microbiology, biochemistry and the biochemical reaction parameters of anaerobic treatment.

Anaerobic treatment types, anaerobic reactors which are made by using serum bottles and UASB (Up-Flow Anaerobic Sludge Batch Reactor) are explained shortly in third section.

In the fourth section, information about the textile industry in Turkey, the classification of textile industry and the existing treatability studies are given.

In the fifth section COD (chemical oxygen demand) components, the identification of these components, and the inert COD, which is used in this study are explained.

Experimental study plans and the reactors which are used either for anaerobic treatment or to calculate COD components are explained with figures and pictures in the sixth section. The methods and the parameters which are used to control the operation of the reactors are explained.

In the seventh section the characteristics of the plant which generates the wastewater for the start-up period, and the plant which generates two different types of wastewater are explained.

In the eighth section, the treatability of two different types of textile wastewater by mixing with probable domestic wastewater ratios is examined. More over, the comparison of the treatability with the addition of two different kinds of co-substrate is made. COD fraction, which is used to determine the anaerobic treatability is examined for each wastewater sample. The relationship between the alkalinity - pH and COD - VFA (volatily fatty acids) are investigated. Also, the effect of hydrolic retention time on the treatment efficiency is examined. The ratios of COD components for textile industry and domestic wastewaters are measured.

The results are arranged in order and each one is examined briefly in the ninth section.

The experimental results are added to the end of the study as an appendix.

Keyword: textile wastewater, domestic wastewater, COD component, hydrolic retention time

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle hızlanan teknolojiadaki gelişme ve dünya nüfusunun artışı gelişmekte olan ülkelerde başta olmak üzere doğal kaynakların tükenmesine ve çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Özellikle meydana gelen atıkların doğaya kontrolsüz verilmesi sonucu dünyamızın ekolojik dengesi bozulmaktadır.

Yaşadığımız çevrenin tabiata uygun olarak korunması bütün canlıları ilgilendiren hayati bir meseledir. Bu yüzden , doğadaki ekolojik dengeyi geri dönüşümü mümkün olmayan, olumsuz etkilere sürükleyebilecek v.d.er faydalı kullanımları engelleyebilmektedir. Böyle durumların önüne geçilmesi ancak atıkları uzaklaştırmadan önce, arıtma zorunluluğu ile mümkündür.

İnsanoğlu özellikle sanayileşme devriminden sonra, çevreye verdiği yüksek kirliliğin etkisini azaltmak için yeni yöntemler geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu yeni yöntemler; arıtma için enerji kullanan sistemler yerine, enerji üreten sistemler ; arıtma sistemi çıkışlarında oluşan atıkların yeniden kullanımı ve atık arıtımıyla ürün kazanmayı sağlayacak sistemler araştırılmaktadır.

Evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksuların arıtımında çeşitli arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Seçilen arıtma yöntemleri atıksuyun özelliğine bağlı olarak; basit, ucuz ve entegre çevre koruma yöntemleri göz önüne alınarak yapılmaktadır.

Atıksuların içindeki organik maddelerin, doğadaki parçalanma mekanizmaları incelenmesi sonucu biyolojik arıtma yöntemleri geliştirilmiştir. Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin kararlı hale geçmesini sağlayan bakteriler temel olarak, havalı ve havasız bakteriler olmak üzere iki tiptir. Bakterilerin doğadaki yaşam koşulları gözönüne alınarak reaktörler dizayn edilmektedir. Havalı bakterilerle yapılan biyolojik arıtmaya aerobik arıtma, havasız bakterilerle yapılan arıtmaya anaerobik arıtma denmektedir. Ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaya başlayan biyolojik arıtma yöntemlerinden biri olan anaerobik arıtma her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Çünkü kısıtlı olan enerji kaynaklarımızın kullanımı yerine biyolojik reaktörler içinde meydana gelen reaksiyonlar sonucu enerji ortaya çıkmaktadır. Yüksek kirlilik yüküne sahip, biyolojik olarak parçalanabilen atıksuların arıtımında, anaerobik arıtımla yüksek arıtma verimleri elde edilmektedir. Bu nedenle, özellikle anaerobik arıtma; biyolojik olarak parçalanabilen konsantre endüstriyel atıksularda uygulama alanı bulmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amaç Ve Kapsamı

Tekstil endüstrisi ülkemiz için son derece önemli iş alanlarından biri olup, ihracatta da ağırlıklı bir yere sahiptir. Devlet ekonomisine sağladığı yararlarının dışında bazı olumsuz etkilere de sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukların başında yüksek su tüketimi ve kirletici parametrelerin konsantrasyon ve çeşitleri bakımından çevre kirlenmesine yol açmasıdır.

Bilindiği üzere; İstanbul'da ki mevcut fabrikaların, meydana getirdiği atıksuları kanal bulunduğu yerlerde "ön arıtma" yapılarak İSKİ limitlerine kadar arıtması gerekmektedir.

Endüstri tesislerinde personelin duş, tuvalet v.b. kullanımı ile mutfak kafeterya v.b. gibi evsel faaliyetler yapılan yerlerden kaynaklanan atıksular endüstrinin evsel atıksuları olarak değerlendirilir. Kirlenmiş bir başka atıksu ile karışan evsel atıksular evsel özelliğini kaybeder ve proses atıksuları ile birlikte ele alınması gerekir.

Tekstil endüstrisinin Türkiye için önemli iş alanı olması, insan gücünde bir yoğunlaşma yaşanmasına neden olmuştur. Böylece tekstil endüstrisinde tekstil atıksuyu dışında birde evsel karakterli atıksu oluşmaktadır. Bu nedenle; Bu çalışmada; İstanbul'daki tüm endüstriyel atıksuların %53.5'i oranını (Toröz vd.,1998) oluşturan tekstil atıksularının evsel karakterli atıksu ile birlikte arıtılabilirliği incelenmiştir.

2. BİYOLOJİK ARITMA

Dünya oluşumunda ilk atıkların kaynağının canlıların yaşamsal faaliyetleri sonucu oluştuğu bilinmektedir. İnsan ve hayvanların metabolik faaliyetleri sonucu oluşan organik atıklar doğal sulara döküldüğünde, sularda yeterince oksijen olduğu sürece aerobik mikroorganizmalar tarafından mineralize edilirler. Sularda aerobik mikroorganizmalar organik maddeleri inorganik tuzlar, CO_2 ve suya dönüştürürler. Bu olaya “kendi kendine arıtma” denir. Bazen bu olay oksijensiz ortamlarda meydana gelir ve anaerobik mikroorganizmalar tarafından organik maddeler CO_2 , CH_4 , NH_3 ve H_2S gibi son ürünlere dönüştürülür (İleri , 2000).

Nüfusun hızlı artışı ve endüstrileşme sonucunda üretilen atıksular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek vd.er faydalı kullanımları engelleyecek bu durumu önlemek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri değişir.

Atıksuların genellikle %99’undan daha yüksek bir kısmı su ve yalnız geri kalan kısmı kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içinde çözünmüş halde olabilecekleri gibi, katı madde olarak askıda da bulunabilirler. Bu kirleticilerin şekil ve özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için de kullanılabilecek arıtma yöntemi de değişir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkin yöntemin “biyolojik arıtma” olduğu söylenebilir (İleri , 2000).

Katı, sıvı ve gaz atıkların giderilmesinde ve çevre kirlenmesinin önlenmesinde biyolojik yöntemler önemli bir yer alır. Biyoprosesler (biyolojik arıtma yöntemleri) her türlü canlı (bakteri, maya, küf, yosun, protozoa, bitki ve hayvan hücreleri, dokular ve organlar) tarafından yapılan dönüşümleri kapsar. Biyoprosesler fiziksel ve kimyasal yöntemlere kıyasla önemli avantajlara sahiptirler.

1. Biyoprosesler normale yakın şartlarda işletilebilirler (oda sıcaklığı, atmosferik basınç, nötrale yakın pH değerleri)
2. Biyolojik yöntemler oldukça spesifik katalitik dönüşümler içerirler.
3. Biyolojik dönüşümler otokatalitik olup dönüşüm devam ettikçe organizma konsantrasyonu artar ve dönüşüm hızlanır.

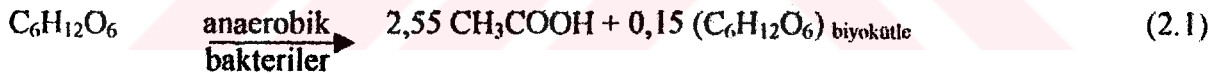
4. Polimerik ve tehlikeli atıklar biyolojik yöntemlerle giderilebilirler (selüloz, lignin, nişasta, yağ, pestisitler, hidrokarbonlar)
5. Biyolojik arıtma sistemleri daha düşük yatırım ve işletme giderleri gerektirdiklerinden kimyasal yöntemler yerine tercih edilirler.(Kargı,1998)

Ancak kimyasal proseslere göre oldukça yavaş oldukları ve kontrol gerektirdikleri için biyolojik proses kullanımları yaygınlık kazanmakta gecikmiştir.

2.1 Anaerobik Arıtma

Anaerobik arıtma ile ilgili çalışmalar 1850'li yıllarda başlamıştır. 1920-1940 yılları arasında Amerika ve Avrupa'da atıksu arıtımında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. 1940'lardan günümüze kadar özellikle zirai atıkların anaerobik olarak arıtılması üzerine gelişmeler kaydedilmiş; evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmasında pratik olarak kullanımı yaygınlaştırılmıştır (Filibelli, 2000; Ubay vd., 1991).

Havasız (anaerobik) arıtma biyolojik olarak ayrışabilen organik atıkların moleküler oksijen bulunmadığı ortamda biyolojik süreçlerde parçalanmak suretiyle, CH_4 , CO_2 , NH_3 ve H_2S gibi son ürünlere dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk, 2000a). Bu dönüşüm işlemleri anaerobik bakteriler tarafından gerçekleştirilebilmektedir.



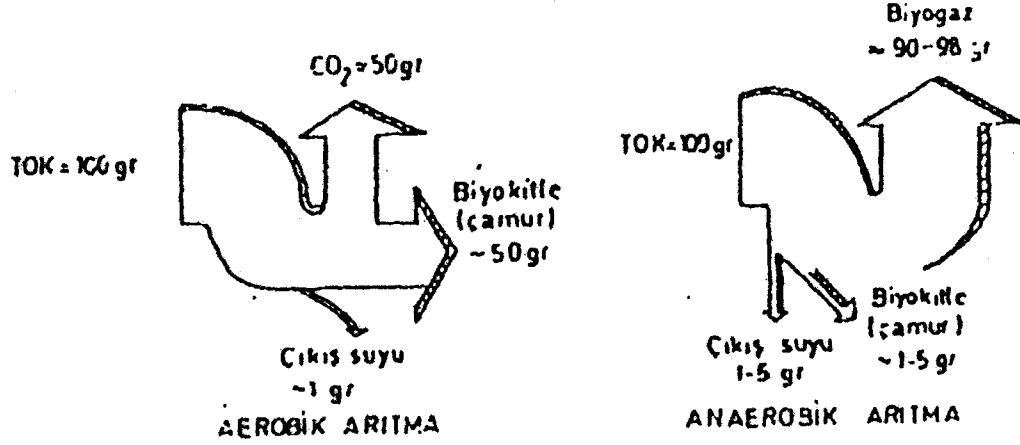
Havalı sistemler enerji maliyetlerinin hızla artmaya başladığı 1970'li yıllara kadar atıksu arıtımında en çok kullanılan sistemlerdi. Artan enerji maliyetleri, mevcut arıtma sistemlerinin yatırım ve işletme giderleri bakımından yeniden incelenmesini gündeme gelmiş ve bunun sonucu olarak da havasız arıtma sistemleri geliştirilmiştir (Öztürk, 2000a).

Ancak havasız arıtmanın bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

2.1.1 Anaerobik Arıtmanın Mukayesesi

Anaerobik arıtma, aerobik arıtma proseslerine göre başlıca aşağıdaki avantajlara sahiptir.

- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KÖİ) 1500 mg/L den büyük olan atıksuların arıtımı havalı arıtmaya göre daha ekonomiktir.
- Havasız arıtma ile enerji tüketilemez, biyoenerji (biyogaz) üretilir. Özellikle (kirliliği yüksek) kuvvetli atıksuların arıtımında, havasız arıtma adeta bir enerji jeneratörü hüviyeti kazanır. Havasız arıtma yoluyla 1000kg KÖİ giderimi sonunda 3500 kw-sa eşdeğeri enerji üretilebilir.
- Havasız arıtma sistemlerinde oluşan biyolojik çamur miktarı oluşan sistemlere göre çok azdır. Genelde havalı arıtmaya giren 100 gr organik karbondan (TOK) takriben 50 gr biyolojik çamur oluştuğu halde havasız arıtmada buna karşı ortaya çıkan biyolojik çamur miktarı 1 ile 5 gr civarındadır. Dolayısıyla havasız arıtmada giderilen organik karbonun %90-98 i biyogaza (metan) dönüştürülür (Şekil 2.1).
- Havasız arıtma tesisleri, havalı sistemlere göre daha az alan kaplar.
- Nutrient (N, P) ihtiyacı daha azdır. Kararlı işletme halinde nutrient ihtiyacı çok düşük seviyelerinde tutulabilir. Hatta optimum çevre koşullarında KÖİ:N:P oranı 3000:10:1 olabileceği literatüre belirtilmiştir (Filibelli, 2000).
- Havasız arıtma üretilen biyogaz dolayısıyla, önemli bir maddi kazanç sağladığı için kullanıcılara maksimum kapasitede ve verimde işletilirler. Böylece güvenli bir oto-kontrol sağlanmış olur.
- Havasız arıtma şeker ve konserve gibi mevsimlik endüstriler için çok uygundur. Zira havasız mikroorganizmalar 15°C'den daha az sıcaklıkta tutulmak kaydıyla beslenmeksizin, aktivitelerini uzun süre koruyabilirler.
- Çok farklı işletme şartlarında arıtma verimleri değişmeksizin kullanılabilirler.
- Havasız arıtma, müteakip basit havalı arıtma sistemleri ile birlikte çevre dostu entegre bir arıtma sistemi halinde uygulanabilir. Bu tür uygulama ile atıksularla balık yetiştirilip hayvan yemi (alg) üretilebildiği gibi, kükürt geri kazanılabilir, ayrıca zirai sulama yoluyla amonyum (NH₄) ve fosfat (PO₄) tuzları gübre olarak değerlendirilebilir.
- Oksijen transferi gerekmediği için aerobik arıtmaya göre sürekli dikkatli bir işletmeye gereksinimi son derece azdır.



Şekil 2.1 Aerobik ve anaerobik arıtma proseslerinin organik karbon dengesi ile karşılaştırılması (Öztürk, 2000a)

Enerji maliyetlerindeki hızlı artış ve ekonomik olarak kullanılabilir fosil yakıt rezervlerindeki azalma, atıklardan enerji (biyogaz) üretme imkanı veren anaerobik biyoteknolojiye dayanan havasız arıtma sistemlerine olan ilgiyi giderek arttırmaktadır. Yakın zamana kadar sadece biyolojik arıtma tesisi çamurlarının çürütülmesinde kullanılan anaerobik arıtma, özellikle son on yıldan bu yana endüstriyel ve hatta evsel atıkların ayrıca organik katı atıkların arıtımında geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Halen Türkiye'deki kimya sektöründe 1000'i aşkın anaerobik atıksu arıtma tesisinin olduğu tahmin edilmektedir. Bu sayı her geçen gün hızla artmaktadır (Öztürk, 1995b; Speece, 1996; Öztürk, 1995a; Kızılgün, 1996).

Yukarda belirtilen olumlulukları yanında, bir kısmı atık türüne de bağlı olan bazı kısıtlarıda bulunur. Düşük sıcaklık veya çok seyreltik ve düşük alkaliniteli atıksular ile deşarj standartlarının Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) ve/ veya Toplam N ve P sınırları gerektirdiği durumlarda havasız arıtma tek başına uygun olmamaktadır. Bu yüzden işletmeye almada devresi ve işletim sürecinde karşılaşılabilecek sorunlar aşağıda sıralanmıştır.

- İşletmeye alma devresinin biyokütle gelişimi bakımından uzun olması
- Seyreltik ve karbonhidratlı atıklarda düşük alkaliniteye bağlı ilave alkalinite ihtiyacının olması
- Bazı hallerde yüzeysel sulara deşarj kriterlerinin sağlanamaması (Toplam N,P)
- Seyreltik atıklarda üretilen metanın reaktörlerin 35 °C de ısıtılması için yeterli olmayışı

- Sülfatlı atıksularda H_2S ve koku probleminin oluşu
- Nitrifikasyon imkanı olmayışı
- Klorlu organiklerin havasız arıtmada, havalı arıtmaya göre daha zararlı oluşu
- Düşük sıcaklıklarda arıtma veriminin düşük oluşu
- Yüksek biyokütle aktivitelerinin oluşabilmesi için NH_4 konsantrasyonlarının da 40-70 mg/L gibi yüksek seviyelerde tutulma gereği
- Bazı tür endüstriyel atıklarda reaktör içinde ve boru aksamında ciddi organik çözelti ve taşlaşma sorunları
- Metan oluşturan bakteriler çok yavaş ürerler ve çevresel koşullara (T, pH) karşı çok duyarlı olması anaerobik arıtmayı kısıtlayıcı başlıca problemlerdendir (Kızılgün, 1996; İleri,2000; Filibelli, 2000; Öztürk, 2000a).

2.1.2 Anaerobik Arıtmanın Mikrobiyolojisi

Bakteriler doğada her yerde (suda, toprakta, havada) bulunurlar. Bakterilerin de gıda gereksinimi için ıslak bir çevre içinde bulunması gerekir. Toprak, organik maddenin parçalanması için gerekli olan her türlü bakteriyi içerir. Eğer alışılmadık organik bileşiklerin kararlı hale getirilmesi için bakteri gerekiyorsa mühendisin kendi ayağının altına bakması yeterlidir (McKinney, 1962).

Anaerobik arıtma, farklı tiplerdeki birçok kompleks organik maddelerin değişik biyokimyasal adımlardan geçerek başlıca iki ana kademedен oluşan bir biyolojik arıtmadır. Bu iki ana kademe başlıca iki grup bakterinin; asit bakterileri ve metan bakterileri, esas görev üslendiği bilinmektedir. Bu iki grup da kendi arasında her biri ikişer alt guruba ayrılmaktadır (McCarty, 1964; Öztürk vd., 1995a ; Aydınol,1995)(Çizelge2.1).

Çizelge 2.1 Başlıca anaerobik mikroorganizma grupları (McCarty, 1964)

Asit bakterileri	Metan bakterileri
• Bütirik ve propiyonik asit üretenler • Asetik asit üretenler	• Asetik asit kullananlar • Hidrojen kullananlar

İlk kademe katı kompleks organikler(yüksek molekül ağırlıklı); selülozlar, proteinler lignin ve lipidler suda çözünerek kısa zincirli organik asitlere, alkollere, CO_2 ve amonyağa dönüşmesidir. Bu işlemler fermantasyon kademesinde anaerobik bakterilerin ekstraselüler enzimleriyle(lipaz, proteaz,selülaz gibi) meydana gelir. İkinci kademe de, hidrolize olan basit organik maddeler asitojen bakteriler vasıtası ile propiyonik , bütirik ve valerik asit gibi uçucu

asit gibi fermente olmaktadır. Asetojen kademedede ise daha önce oluşmuş olan uçucu organik asitler asetik asit, H_2 ve CO_2 'e dönüşür. Son adımda ise asetoklastik metanojenler; asetik asidi metan ve karbondioksit'e dönüştürürler. Bu esnada hidrojen kullanan metan bakterileri de sistemdeki hidrojeni ve karbondioksiti kullanarak metan üretirler. Bunun yanı sıra CO_2 ve çok düşük seviyede H_2S 'de oluşmaktadır (Aydınoğlu,1995; İnce vd., 1995a ;Öztürk vd., 1995a; Delee vd., 1998; Demirel vd.,2000).

Anaerobik atık giderimin de son ürün genellikle metandır. Ancak uygun organizmalar ve şartlarla etanol, metanol, laktik, asetik asit gibi ürünler oluşabilirler. Metan oluşumunda başlangıç maddesine bağlı olarak üç yada dört basamak vardır (Kargı, 1998).

1. **Hidroliz** Polimerik bileşiklerin (protein, nişasta, selüloz, lipid, hidrokarbon v.b) asit yada enzimatik hidrolizidir. Hidroliz, hücre dışı enzimlerce gerçekleştirilen oldukça yavaş bir süreçtir. Reaksiyon hızını etkileyen en önemli faktörler pH, sıcaklık ve çamur yaşı (mikroorganizma bekleme süresi)dır (Öztürk, 2000a). Anaerobik sistemin ilk basamağında fakültatif anaerobik bakterilerin ekstraselüler enzimleri tarafından başarıyla yapılır (Soto vd., 1993).

Nişasta, sakkaroz, glikojen gibi bazı karbonhidratlar, mikroorganizmaların salgıladığı enzimler tarafından kolayca hidroliz olurlar. Pektin ve benzeri bileşikler pektinaz ve amilaz enzimleri tarafından hidrolize olur (Kanat, 1996; Aydınoğlu, 1995; Hasan, 1996). Proteinler; peptidaz ve proteaz enzimleri tarafından hidrolize olurlar. Çözünabilir proteinler uzaysal yapısı nedeniyle çözünür olmayanlara göre daha kolay hidroliz olurlar.Selüloz fiziksel ve kimyasal yapısından dolayı çok zor hidroliz olur (Kanat, 1996). Lignin de oldukça kompleks bir maddedir ve rasgele moleküler yapısı yüzünden hidrolizi oldukça düşük veya yoktur (Öztürk, 2000a). Lignin de anaerobik şartlarda zor hidroliz olur. Bu yüzden reaksiyon hızını sınırlayıcı bir rol oynarlar.

2. **Uçucu organik asit oluşumu** Hidrolizle oluşan bileşiklerin (karbonhidrat, aminoasit v.b) fermentasyonla organik asitlere dönüşümünü (valerik, bütirik, propionik, asetik asitler, etanol, CO_2 , H_2) içerir. Organik maddelerin küçük bir kısmı enerji kaynağı olarak tüketilmiştir. Asit oluşumu sırasında hidrojen açığa çıkar. Artan hidrojen miktarı birçok asit oluşturucu bakteriyi inhibe eder. Ancak metan bakterileri karbondioksiti metana dönüştürülürken hidrojen kullanıldığı için sistem içinde hidrojen miktarı azaltılmış olur.(Harada vd., 1994) Yani metanojenler sistem içindeki anahtar rolleri nedeniyle asetojenik

bakterilerin çoğalması için şart olan hidrojenin düşük kısmi basıncının korunmasını sağlarlar (Codia vd., 1998).

Uçucu yağ asitlerinin anaerobik reaktörlerdeki etkisi incelemek için farklı oranlarda propiyonik asit konsantrasyonlarıyla beslemede sistemin KOİ giderimi ve biogaz üretimi bazındaki performansı negatif yönde etkilenmiştir (Demirel vd., 2000).

Asitleşme safhasında karbonhidrat ve aminoasitlerin asitojen bakterileri tarafından propiyonik, butirik ve valerik aside fermentasyonu Çizelge 2.2'de gösterildiği şekilde meydana gelmektedir.

Çizelge 2.2 Karbonhidrat ve amino asitlerden uçucu asitlerin üretimi (Aydınol, 1995)

Girenler	Ürünler	ΔG^0 (kj)
<i>Karbonhidratların asitojen ayırımı</i>		
$C_6H_{12}O_6 + H_2O \longrightarrow$	$CH_3COO^- + CH_3CH_2COO^- + HCO_3^- + 3H^+ + H_2$	-283
$C_6H_{12}O_6 + H_2O \longrightarrow$	$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2HCO_3^- + 3H^+ + 2H_2$	-255
$C_6H_{12}O_6 + H_2O \longrightarrow$	$2CH_3CH_2OH + 2HCO_3^- + 2H^+$	-226
$C_6H_{12}O_6 + H_2O \longrightarrow$	$2CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 4H^+ + 4H_2$	-206
<i>Amino asitlerin asetojen ayırımı</i>		
$2CH_2(NH_2)COOH + 4H_2O \longrightarrow$	$CH_3COO^- + 2HCO_3^- + H^+ + 2NH_4^+ + 2H_2$	-52
$COOHCH(NH_2)(CH_2)2COOH + 3H_2O \longrightarrow$	$2CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + NH_4^+ + 2H_2$	-34
$CH_2(NH_2)COOH + H_2 \longrightarrow$	$CH_3COO^- + NH_4^+$	-78
$CH_3CH(NH_2)COOH + 3H_2O \longrightarrow$	$CH_3COO^- + NH_4^+ + HCO_3^- + H^+ + 2H_2$	+8
$(CH_3)_2CHCH_2CH(NH_2)COOH + 3H_2O \longrightarrow$	$(CH_3)_2CHCH_2COO^- + NH_4^+ + HCO_3^- + H^+ + 2H_2$	+4

3. **Asetik asit oluşumu** Organik asitlerin asetik asite dönüşüm safhasıdır. Anaerobik ayrışma prosesinde alkoller ile uçucu asitlerin asetata dönüştürülmesi için ortamdaki H_2 kısmi basıncının mümkün olduğu kadar düşük olması gerekir. Örneğin H_2 kısmi basıncı 10^{-4} atmosferin altına düşmedikçe propiyonatın asetata dönüşmesi mümkün değildir. (Wentzel vd., 1992; Öztürk, 2000b)

Çizelge 2.3 Organik asitlerin asetik asite dönüşümü

Girenler	Ürünler	ΔG^0 (kj)
$CH_3CH_2COO^- + H_2O + H^+$	$CH_3COO^- + HCO_3^- + 2H^+ + 3H_2$	+76
$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O + H^+$	$CH_3COO^- + 2H^+ + 2H_2$	+47
$CH_3CH_2OH + H_2O$	$CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	+2

4. **Asetik asidin metana dönüşümü** Metan oluşturan organizmaların asetik asidi metana indirgemesidir. Bu arada $CO_2 + H_2$ den de CH_4 oluşur. Metan üretimi yavaş bir süreçtir.

Genellikle havasız arıtmada hız sınırlayıcı safha olarak kabul edilmektedir. Havasız reaktörlerde üretilen CH_4 'in takriben %30'u H_2 ve CO_2 'den %70'i ise asetik asidin parçalanmasından oluşmaktadır (Öztürk, 2000a, Filibelli, 2000). Genel olarak pH=6.7-7.4 arasında değişir. pH değerinin düşüp düşmediğinin kontrolü için CO_2 miktarı sürekli kontrol edilmelidir. Çünkü CO_2 konsantrasyonu anaerobik çürüme işleminin hangi aşamada olduğunu en kolay bir şekilde anlamamıza yarayan bir göstergedir (Filibelli, 2000).



Standart şartlar altında 1 mol metan gazının okside olması için 2 mol oksijen gereklidir. Bu da 64 gr KOİ'ye eşittir. Buna göre 1 kg KOİ, oluşan 0,35 m³ metana eşittir.



Partikül halindeki organik maddelerin anaerobik bakterilerle parçalanma mekanizması şekil 2.2'de gösterilmektedir.

Anaerobik şartlarda fonksiyon gösteren organizmalar ve fonksiyonları Çizelge 2.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 Anaerobik organizmalar ve metabolik ürünleri (Kargı, 1998)

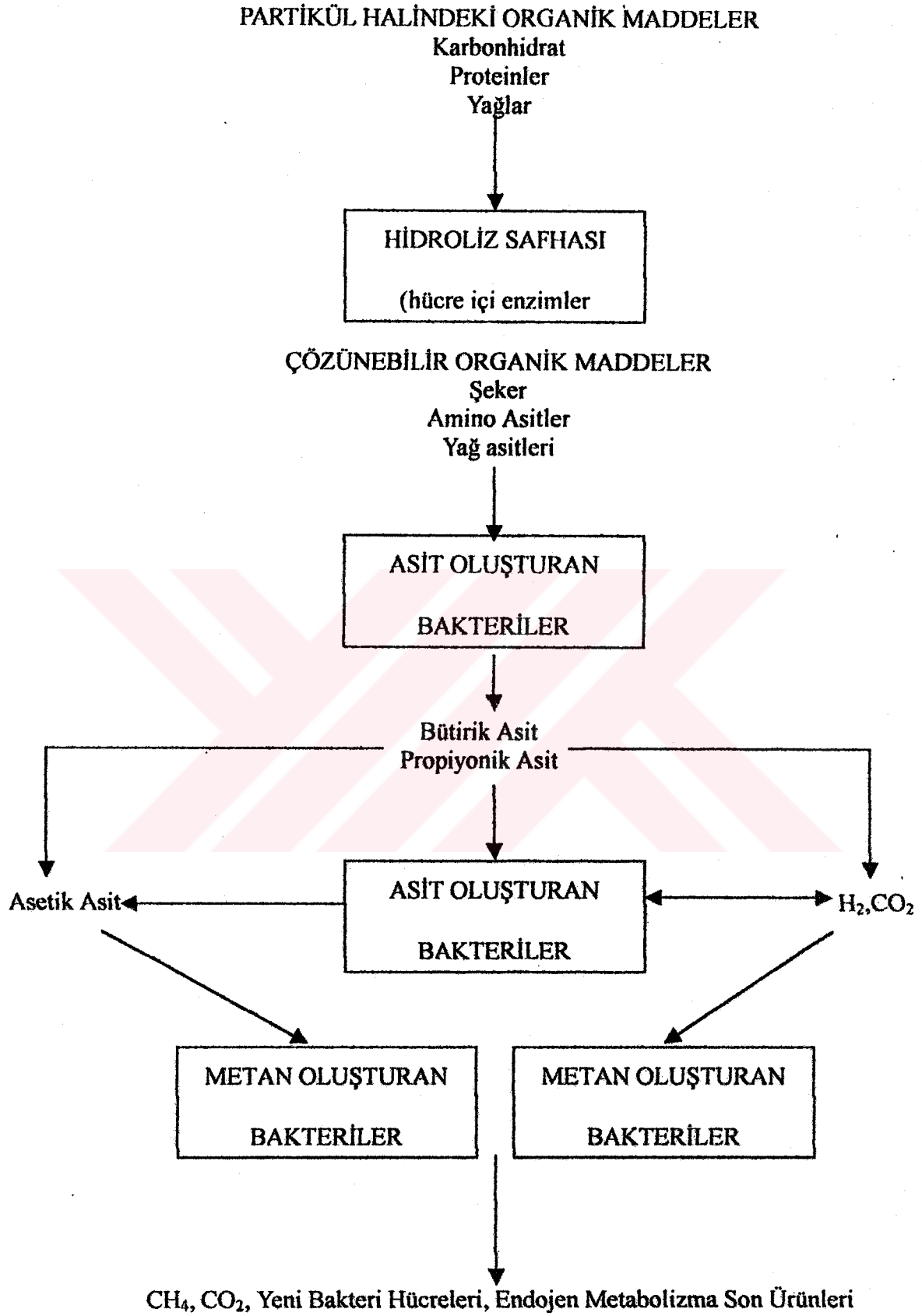
ORGANİZMA	ÜRÜN
Mayalar (<i>S.Cerevisiae</i>)	Etanol
Enterik Bakteriler (<i>E. Coli</i> , <i>E.Aerogenes</i>)	Karma asitler(formik, asetik, butirik, etanol, butandiol, CO_2 , H_2)
Clostridia (* <i>Clostridium saccharobutylicum-gamma</i> , <i>C. saccharobutyl-acetonicum</i> , <i>C. Viscifacies</i> , <i>C. Saccharobutyl-isopropyl-acetonicum</i> , <i>C. Granulabacter acetobutylicum</i> , <i>C. Madisonii</i>)	Aseton, bütanol, bütirik, asetik asitler, CO_2 , H_2
Propiyonik Asit Bakterileri	Propiyonik asit, H_2 , CO_2
Laktik asit bakterileri (<i>Lactobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>pediococcus</i>)	Laktik asit, etanol, CO_2

<i>Zymomonas mobilis</i>	Etanol, CO ₂
Metan Bakterileri (<i>Methanomonas</i> , <i>Methanobacillus</i> , <i>Methanovibrio</i> , <i>Methanococcus</i> , ** <i>Metanospirillum hungatei</i> , ** <i>Methanotherix</i>)	CH ₄ , CO ₂ , H ₂

(*Hockenhull, 1959)

(**Fang vd., 1997a)

Havasız sistemlere uygulanabilecek organik yükler ortamdaki biyokütlenin fonksiyonudur. Bilindiği üzere havasız sistemlerde organik madde giderimi ortamdaki metan bakterilerinin miktarına ve/veya aktivitelerine bağlıdır. Bir başka deyişle, ilk fazda (asit fazı)organik bileşikler asit bakterileri tarafından organik asitlere dönüştürülür (organik madde giderimi %30'a kadar olabilir), daha sonra ikinci fazda (metan fazı) metan bakterileri tarafından bu bileşikler ortamdaki yararlı bir gaz CH₄ ve CO₂ olarak uzaklaştırılır. Bununla birlikte sistemde bir miktar biyokütle oluşmaktadır(organik bileşiklerin yaklaşık %95'i biyogaza ve %5'i biyokütleyle dönüşmektedir (İnce vd., 1995a). Yang ve Okaos (1987) de serum şişeleri ile 35-37.5°C de yaptıkları iki tip metan bakterisinin (*Methanosarcina barkeri* ve *Methanosarcina mazei*) %3'den daha azının biyokütleyle dönüştüğünü bulmuşlardır (Delee vd., 1998).



Şekil 2.2 Anaerobik parçalanma işleminin mekanizması (Filibelli, 2000)

2.1.3 Anaerobik Arıtmanın Biyokimyası

Biyokimya canlı organizmaların yaşamsal prosesleri için meydana getirilen kimyasal reaksiyonlarla ilgilidir. Bu reaksiyonlar hücre içi (intraselüler) veya hücre dışı (ekstraselüler) olabilir. Organizmalar, biyolojik arıtma sistemlerinin organik maddeleri parçalayan biyokatalistleridir. Tek hücreli organizmalar, yüksek molekül ağırlıklı protein, nükleik asit, polisakkarit, lipid gibi moleküllerden oluşmuşlardır. Örneğin tipik bir bakterinin hücre duvarı; protein, lipid ve polisakkaritlerden oluşmakta ve hücre stoplazması enzim formunda proteinler ve karbonhidratlar içermektedir. Bunlara ilaveten, hücreler inorganik tuzlar (NH_4 , PO_3 , K, Ca, Na, SO_4) ve metabolik ara maddeler (piruvat, asetat) ve vitaminler içerir (İleri, 2000).

Biyolojik arıtma sistemlerinde kompleks organik maddelerin son ürünlere kadar parçalanması anaerobik arıtmanın mikrobiyolojisi adlı bölümde de söylendiği gibi bakterilerle olmaktadır. Aerobik sistemlerde aerobik bakteriler, anaerobik sistemlerde ise anaerobik bakteriler rol oynamaktadır. Biyolojik arıtma sistemlerinde bakterilerin yaşamak ve üremek için duyduğu maddelerin oranların atıksuda olup olmadığının incelenmesi son derece önemlidir. (Mckinney, 1962). Farklı çevresel koşullar altında büyümüş bir çok farklı bakteri üzerinde yapılan deneyler bakterilerin % 80 su, % 20 katı madde içerdiğini göstermiştir. Kuru maddecek % 90 organik, % 10 inorganiktir. Organik fraksiyon % 53 karbon, % 29 O_2 , %12 nitrojen, % 6 H_2 içerir. Organik fraksiyon yaklaşık olarak $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ ampirik formülünü verir. İnorganik fraksiyon yaklaşık % 50 P_2O_5 , % 6 K_2O , % 11 Na_2O , % 8 MgO , % 9 CaO , % 15 SO_3 ve % 1 FeO_3 içerir. Bakteri sıvı çevreden gelen bakteri protoplazma için tüm temel elementleri içermelidir. Eğer çevre bir yada iki elemente yalnızca yetersizse kimyasal yetersizliğe bağlı orantılı olarak bakteri gelişecektir (Mckinney, 1962). Bu yüzden atıksuya gerekirse eksik maddelerin dışarıdan verilmek suretiyle bakterilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesi sağlanmalıdır.

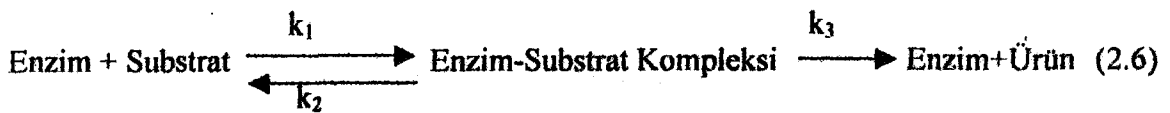
Havasız reaktörlerde arıtılan organik maddelerin çoğu bitkisel kökenlidir. Bu katı organik maddelerin başlıcaları polisakkaritler, lignin, proteinler, azotlu bileşikler ve lipidlerdir. Bunlar arasında özellikle lignin havasız arıtma bakımından inört kabul edilmektedir. Bu yüzden havasız arıtma sürecinde meydana gelen biyokimyasal olayların daha iyi anlaşılabilmesi için katı ve çözünmüş formdaki muhtelif organik maddelerin yapı ve fonksiyonlarının ana hatlarıyla da olsa bilinmesinde yarar bulunmaktadır (Öztürk, 2000a).

Her biyolojik dönüşüm bir enzim tarafından katalizlenir. Enzimler, özgül, geniş kullanım alanlı ve oldukça etkin biyokatalistler olup kimyasal katalistlere kıyasla çok daha hızlı

tepkime verirler. Katalitik etkinlik, kimyasal katalizörlerinkine göre 10^6 - 10^{16} kat daha hızlı olabilir. Bu etkinlik sabit olmayıp, metabolizmanın gidişine göre azalır veya çoğalabilir, yan ürünler meydana gelmez. Organik kimyasal reaksiyonlarda az veya çok kesinlikle yan ürün meydana gelir. Enzim reaksiyonlarında ise hiç yan ürün meydana gelmez, verim %100 dür. Biyokimyasal reaksiyonlarda da termodinamik yasalar geçerlidir (Tüzün, 1991). İkibinden fazla bilinen enzim vardır. Biyokimyasal reaksiyonlar $0-60^{\circ}\text{C}$ aralığında meydana gelir. Her organizma için optimum bir sıcaklık aralığı vardır. Optimum sıcaklığa kadar büyüme hızı sıcaklık artışı ile artar, optimum sıcaklığın üzerinde ise, büyüme hızı sıcaklık artışı ile düşer ve ölüm olayı görülebilir Sıcaklık aralıklarına göre mikroorganizmalar üç gruba ayrılırlar.

$0-20^{\circ}\text{C}$	psikrofilik bakteriler
$20-50^{\circ}\text{C}$	mesofilik bakteriler
$>50^{\circ}\text{C}$	termofilik bakteriler (İleri, 2000).

Biyolojik arıtmada organik bileşikler organizmaların salgıladığı enzimler tarafından parçalanırlar. Enzim kinetiği, biyolojik arıtma kinetiğine benzemektedir. Enzimatik tepkimelerin kinetiği, "Mikelis-Menten" yada doygunluk kinetiği adıyla bilinir. Substrat enzim molekülüne bağlanarak enzim-substrat kompleksi oluşturur. Bu kompleks kararsız olup bozunarak ürün verir ve enzim değişmeden açığa çıkar. Enzim substrat kompleksinin ürüne dönüşmesi tepkimesi, tek yönlü kabul edilmiştir ve bu kabul ancak ürün konsantrasyonunun düşük olduğu başlangıç hızları için geçerlidir.



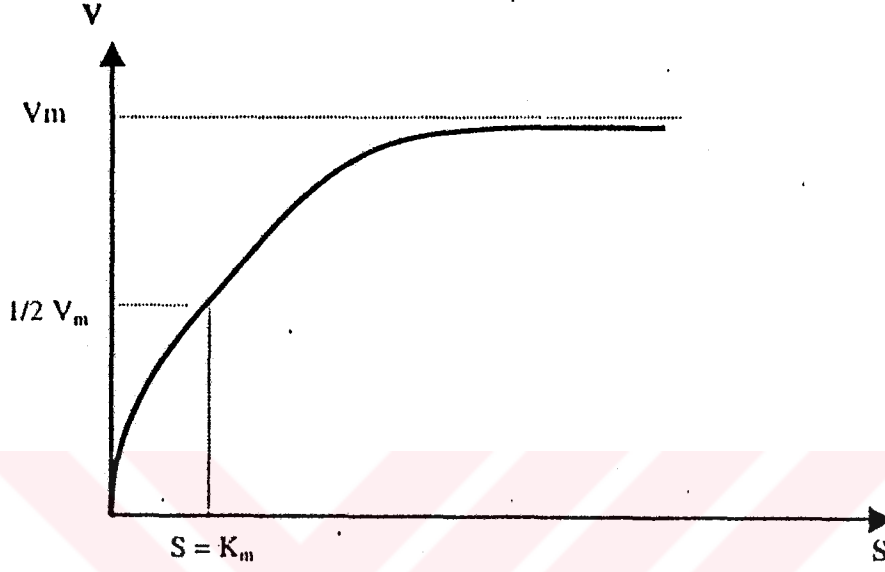
Burada enzim-substrat kompleksi(ES), enzim ve substratdan k_1 hızı ile oluşuyor. Enzim-substrat kompleksinin ayrışması ise k_2 hızlı reaksiyonu ile ve k_3 hızı ile ürün ve enzime ayrışmasıyla oluyor.

Enzimatik tepkimelerde enzim oluşma hızı aşağıdaki ifade ile verilir.

$$V = dP / dt = -dS / dt = k_2 (ES) \quad (2.7)$$

Burada; V, ürün oluşum yada substrat giderme hızıdır (mol/l.s).

Şekilde bir seri değişik başlangıç substrat konsantrasyonlarında enzimatik tepkime yapılarak başlangıç hızları hesaplanır bu hızlar substrata (besi maddesine) göre grafiğe geçirildiğinde aşağıdaki şekil elde edilir (Tüzün, 1991; İleri, 2000).



Şekil 2.3 Enzimatik tepkime hızına besi (substrat) konsantrasyonunun etkisi (Tüzün, 1991)

Bazı endüstrilerdeki uygulamalar ve rol alan enzim ve kaynakları Boing tarafından 1982'de yapılmıştır ve bu Çizelge2.5'de ki şekliyle aşağıdaki biçimde gösterilmektedir.

Çizelge 2.5 Endüstrilerde kullanılan mikrobiyal enzimler (Scragg, 1991)

Endüstri	Uygulama Alanı	Enzim	Kaynak
Bira	Ezilmiş arpa ve su karışımı	Amilaz	Bakteri/ Mantar
	Soğuk içkinin alkol derecesi	Proteaz	Bakteri/ Mantar
	Kaliteli filitrasyonda gelişme	B-Glukanaz	Bakteri/ Mantar
Tahıl	Ön pişirilmiş bebek maması, kahvaltılık yiyeceği, soslar	Amilaz Proteaz	Bakteri/ Mantar Bakteri/ Mantar
Çikolata, kakao	Şurupların imalatı	Amilaz	Mantar
Mısır pekmezi	Yüksek maltozlu şurup üretimi	Amilaz	Mantar
	Mısır pekmezinden glikoz üretimi	Amiloglukosidaz (amyloglucosidase)	
Mandıra	H ₂ O ₂ ile yapılan sterilizasyondan sonraki kalan H ₂ O ₂ nin süttten giderimi	Katalaz	Mantar
	Protein hidroliziyle yapılmış	Proteaz	Bakteri/ Mantar
	Sütün buharlaştırılmasıyla stabilizasyonu	Proteaz	Bakteri/ Mantar
	Tüm konsantre süt üretimi, dondurulmuş tatlı ve dondurma	Laktaz	Maya
Kahve	Kahve çekirdeği fermantasyonu	Pektinaz	Mantar
	Konsantre kahve hazırlama	Pektinaz	Mantar
Meyve suyu	Konsantre pelte oluşumunu önleme,	Pektinaz	Mantar
	Meyve ekstraksiyonu ile ürün veriminde gelişme. Oksijen giderimi	Glikoz oksidaz	Mantar
Deri kumaş	Deterjanlar	Proteaz	Bakteri
Et	Eti yumşatma	Proteaz	Mantar
	Balık proteinlerini toplayarak hazırlamak	Proteaz	Bakteri/ Mantar
Tekstil	Dokumanın haşıl giderimi	Amilaz	Bakteri
Sebze	Hidrolizle hazırlama	Pektinaz Selülaz	Mantar

2.1.3.1 Biyokimyasal Reaksiyon Parametreleri

Anaerobik arıtma sistemlerinin performansını birçok faktör etkiler. Bunlar üretim yükleme faktörleri, hidrolik yükleme oranı, sıcaklık, pH, nütrient gibi çevresel faktörler; toksik maddenin olup olmaması gibi operasyonel faktörler ve arıtılan atıksuyun karakterine göre değişmektedir. Geçmişte anaerobik arıtma sistemlerinin kararlılık ve performansı aerobik sistemlere oranla daha zayıf olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte atık için kararlı ve kabul edilebilir bir performansı oluşturmak mümkündür. Sonuçta başarılı bir dizayn ve uygulama için bu faktörleri anlamak son derece önem içermektedir.

2.1.3.1.1 Sıcaklık

Biyokimyasal reaksiyonlar, genel olarak Van't Hoff kuralına uyarlar. Buna göre sıcaklığın her 10°C artması ile, reaksiyon hızları, iki misli artış gösterir (Demirsoy, 1993; Tüzün, 1991). Biyokimyada sıcaklık ilişkisi çoğunlukla Q_{10} değeri ile ilişkilendirilir. Bu, belli bir sıcaklıktaki reaksiyon hızının, 10°C aşağısındaki reaksiyon oranı olarak bilinir. Çizelge 2.6'da klasik anaerobik çürütme prosesindeki çamurun değişik sınırlarındaki Q_{10} değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 Anaerobik biyokimyasal prosesler üzerinde sıcaklığın etkisi (İleri, 2000)

Biyolojik Sistem	Sıcaklık, $^{\circ}\text{C}$	Q_{10}
Anaerobik Çamur	10-20	1.67
	15-25	1.73
	20-30	1.67
	25-35	1.48
	30-40	1.00

Sıcaklık arttıkça enzimin daha az aktif olduğu bir noktaya erişilir. Bu andaki enzimin gösterdiği fonksiyon değişimi, enzimin denatüre olması olarak ifade edilir. Sıcaklığın reaksiyon hızı üzerindeki etkisinin önemi çevre biyoteknolojistleri ve çevre mühendisleri tarafından anaerobik çamur çürütme proseslerinde öncelikle fark edilmiştir (İleri, 2000).

Lettinga vd.adaşlarının 1983'de yaptığı çalışmada gıda endüstrisi atıksularının arıtıldığı havasız çamur yataklı rektöründeki hesap yüklerinin sıcaklıkla değişimi Çizelge 2.7'de verilmiştir. Havasız arıtma sistemlerinde evsel atıksuların havasız arıtımının uygulanması bilhassa sıcak bölgelerde ısıtmaksızın %70 KOİ giderimi sağlanmasıyla giderek artmıştır (Öztürk, 2000a).

Çizelge 2.7 Havasız çamur yatağı sisteminde tasarım yükünün sıcaklıkla değişimi (Öztürk, 2000a)

Sıcaklık °C	Tasarım Yükü Kg KOİ/m ³ -gün
40	15-25
30	10-15
20	5-10
10	2-5
	1-3

Düşük sıcaklıklarda(<25⁰) konsantre edilmiş atıksuların anaerobik arıtımı klasik anaerobik çürütücülerin ekonomik olmamasından dolayı uzun süreler göz ardı edilmiştir. 1970'lerde yüksek oranlı anaerobik prosesin (UASB reaktörleri ve anaerobik filitrelerin) tanınmasından sonra soğuk atıksu fraksiyonlarının düşük sıcaklık arıtımı ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Hem 10-14⁰C hem de 16-25⁰C'de benzer KOİ arıtımı %75-95'e ulaşmıştır. İki kat yüksek yükleme oranı kullanılmasına rağmen (10-15 kg KOİ/m³ g) 16-25⁰C de , 10-14⁰C prosesleri ile arıtılabilecek sonuçlar elde edilmiştir (Kettunen, 1997c).

Düşük sıcaklıktaki mikroorganizmalar ve sıcaklığın mikroorganizmalara bazı zararlı etkileri geniş olarak çalışılmıştır. Bazı mikroorganizmalar taşıma sistemlerinin aktivitelerini ve gerekli mebran-zar enzimlerinin fonksiyonlarını düzenleyerek, sıcaklığın düşüşüne bir tepki olarak düzenleyebilmektedir. En çok rastlanan tepki mikroorganizmanın stoplazmik mebranında lipid yapısının değişmesidir. Böylece düşük sıcaklıklarda bile mebran yarı akışkan olarak kalır (Brock vd.,1994; Herbert, 1986; Kettunen, 1997c).

Değişik substratlar ve farklı sıcaklıklarla yapılan çalışmalar sonucunda biyokütle bulunduğu sıcaklığa adaptasyon sağladıktan sonra (psikofilik koşullar altında bile) anaerobik proseste yüksek arıtım kapasitesi gözlenmiştir.

2.1.3.1.2 pH

Biyokimyasal reaksiyon hızına etki eden en önemli faktörlerden biride, hidrojen iyonu konsantrasyonudur. Bu tip reaksiyonlar enzimler tarafından yürütüldüklerinden ve kontrol edildiklerinden, enzim aktivitesi üzerine pH'ın etkisinin bilinmesi gerekir. Bu enzimler düşük pH seviyelerinde daha aktif olmakla beraber, bazılarında yüksek pH'lı ortamlarda aktifirler. Fakat genelde nötral ortamlarda en fazla olmaktadır (İleri, 2000).

Her enzim pH 3 ile 8 arasında olan optimum bir pH'ı vardır. Canlı hücrelerde ortamın pH'ının nötrale yakın olduğu bilinir. Ancak biyokimyasal reaksiyonlar sırasında her enzimin yerel pH'ını tayin etmek mümkün değildir. Bu yerel pH larda küçük değişiklikler meydana

gelerek bu yollarda reaksiyon hızlarının ayarlandığı sanılmaktadır (Tüzün, 1991).

Anaerobik reaktör içeriğinin asidite veya alkalinitesi asit-baz sisteminin reaktör içindeki etkisine bağlıdır. Bu sistem zayıf yada kuvvetli olabilir. Asidik veya bazik bileşenler reaktöre giriş akımıyla girebilir yada ayrışma işlemleri sonucunda oluşabilir. Birçok anaerobik reaktörde asit-baz sistemi zayıf karbonik, hidrosülfirik, ve ortofosforiktir. Uçucu yağ asidi ve amonyumda bu sistem içinde yer alır. Asetik ve propiyonik asitin benzer olan iyonlaşma sabitleri, bu asitlerin zayıf asit olmasına neden olur. Hidrosülfirik ve ortofosforik sistemler çok düşük konsantrasyonlarda olduğundan anaerobik arıtmada çok az tamponlama kapasitesi temin eder (Aydınol, 1995).

Anaerobik ayrışma safhalarından uçucu organik asit oluşumu suda çözünebilir organik maddelerin asitogen bakteri tarafından fermente edilmesi sonucu meydana gelir. Asitogen bakterileri pH'ya karşı aşırı duyarlı değildirler. Fermentatif bakterilerin uçucu organik asit üretimi, bunları indirgeyen asetojen ile metanojen bakterilerden daha hızlıdır. Böylece reaktörde uçucu asit artışı olur ve pH'ya karşı çok duyarlı olan metanojenler engellenir. Bu durum sıcaklık değişimlerinden, toksik madde girişinden veya organik ve hidrolik karakterlerdeki değişimlerden dolayı sistem denge dışında olduğu zaman meydana gelir.

Birçok sanayi atıksuyu bir baz ilavesi eklemeden arıtlamayacak kadar asidiktir (Kanat, 1996). Anaerobik arıtmada çeşitli faktörlerin alkalinitenin düşmesini engellemek için NaOH, Ca(OH)₂, NaHCO₃, KOH gibi tamponlayıcı maddeler kullanılır (Aydınol, 1995; Speece, 1996; Kızılgün, 1996; Öztürk, 2000a). Nötralizasyon masraflarını azaltmak için geri devril yapılabilir. Yalnız bu durumda prosese zararlı maddelerin durumu gözden geçirilmelidir (Kanat, 1996).

Organik maddelerin bozunmasıyla ortaya çıkan alkalinite kendini öncelikle bikarbonat formunda göstermektedir. Karbondioksit ve pH arasındaki ilişki aşağıdaki reaksiyonlarda verilmektedir.



pH = 6.6-7.4 değerleri arasında toplam gaz hacminin %30-40'ını karbondioksit gazı oluşturmakta ve bikarbonat alkalinitesi 1000- 5000 mg CaCO₃/L değerleri arasında kalmaktadır. Bir kısım alkalinitenin kaynağı olan uçucu asit tuzları bikarbonatla reaksiyona girdiğinde karbondioksit gazı açığa çıkmaktadır. Uçucu asit konsantrasyonlarının %83.3'ü

uçucu asit tuzları olarak alkaliniteye katkıda bulunmaktadır (Filibelli, 2000).

Çoğu endüstriyel atıksular normal olarak gerekli olan bir seviyede bikarbonat konsantrasyonuna sahiptir. Birçok endüstriyel atıksuların alkali ürün potansiyeli büyük ölçüde değişir. Organik azot içeren bir atıksuyun alkaliliğinde NH_3 'ün serbest hale geçmesinden olayda büyük ölçüde yükselmektedir (Aydınol, 1995; Wentzel, 1992).

2.1.3.1.3 Diğer Kimyasal Maddeler

Birçok kimyasal madde, enzimleri etkisiz hale getirir (Demirsoy, 1993). Bu nedenle çevre mühendisliğinde atıksuyun karakterinin belirlenmesi ve enzimleri etkisiz hale getiren kimyasal maddelerin olup olmadığının kararının verilmesi gereklidir. Eğer böyle kimyasal maddeler varsa bazı ön işlemlerle giderim sağlandıktan sonra biyolojik arıtma yapılmalıdır (Öztürk, 2000b).

Bütün biyolojik proseslerde olduğu gibi anaerobik arıtmada da zehirlilik söz konusudur. Belirli bir konsantrasyonun üzerinde bütün maddeler prosesde engelleyici etki veya zehirlilik meydana getirebilir. Bu maddelerin bir arada bulunması halinde antagonistik ve sinerjistik etkide meydana gelebilir. Bütün bu faktörlerin yanında zehirlilikle ilgilenirken adaptasyonu ve biyolojik ayrışabilirliği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, zehirlilik ve inhibisyon için belirli değerler vermek oldukça zordur. Kolaylıkla ayrışabilen ve biyolojik olarak parçalanabilen atıksularda zehirlilik genellikle metanojenik toplulukla sınırlıdır. Anaerobik arıtmada metanojenik zehirliliği birkaç şekilde olabilir, bunlar; pH'ya bağlı, kuvvetli zehirler (bazı ağır metaller, kuvvetli zehirler, organik solventler), fenol ve yağ bileşenleri (lignin, tanin, uzun zincirli yağ asitleri ve apolar bileşikler), tuzlar (katyonlar), oksijen (zorunlu anaerobikler için) olmak üzere beş gruba ayrılabilir (Kanat, 1996).

Mikroorganizmaların faaliyetlerini yavaşlatan veya durduran zararlı maddelerin daha sonraki işletme safhasında olduğu gibi, alıştırma döneminde de dikkatli bir şekilde kontrolü gerekmektedir. Bu tür zararlı maddelerin anaerobik ayrışma prosesini ileri derecede yavaşlatan konsantrasyonlar tabloda verilmiştir. Anaerobik arıtmaya inhibisyon etkisi gösteren maddelerin bir çoğu inorganik alkali, toprak alkali, ağır metaller, amonyum azotu ve sülfürdür.

Çizelge 2.8 Anaerobik ayrışma prosesini ileri derecede yavaşlatan konsantrasyonlar
(Öztürk, 2000b)

Madde	Zararlı Konsantrasyon Seviyesi (mg/L)
NH ₄ , NH ₃	1500-2000*
Çözünmüş H ₂ S, HS ⁻ , S ₂ ⁻	100-150
Na	4000-6000
K	3000-5000
Ca ²⁺	3000-5000
CN ⁻	0,5-1
Alkil benzen sülfanat	500-700

* özellikle pH>7.5 halinde zararlı

Toksik maddeler çözünmüş formda oldukları takdirde, uygun organik madde alıkoyma süresinde sistem için toksik olmayan forma dönüşebilirler. Toksik maddeler, metan bakterilerin büyüme kinetiğini değiştirme eğilimi göstermektedirler. Dolayısıyla, kısa alıkonma süreleri, faaliyetleri yavaşlayan metan bakterilerinin toksisiteye tolerans olanağı bulamadan sistemden yıkanarak atılmasına neden olacaktır. Bu konuda otuzdan fazla toksik madde için yapılan araştırmalarda iki ay gibi uzun bir periyotta sıfır metan üretimine rağmen sistem kurtarılarak eski verime ulaştığı saptanmıştır. Bu durum, sistemde halen bakterilerin yaşamakta olduğunu ve toksisitenin giderildiğini yada bir şekilde dönüştürülebildiğini ortaya koymaktadır (Filibelli, 2000).

Çoğunlukla rastlanan bir yanlış anlama anaerobik bakterilerin atıksudaki kimyasalların toksisitesine çok hassas olduğudur (Fang vd., 1997a; Filibelli, 2000; Speece, 1996). Anaerobik şartlarda üç farklı tipte granüler bakteriler ile yapılan fenol toksisitesinin araştırılması sonucunda her bir granüler bakterinin farklı bir eşik değeri olduğu ve yalnızca şok yüklemelere değil sürekli beslemeli YAHÇYR sisteminde de yüksek bir toleransa sahip olduğunu görmüştür (Fang vd., 1997a). Petro-kimya, kimya, boya, tekstil, ilaç, antibiyotik, tütün, kağıt, metal ve deri gibi endüstrilerin proseslerinden kaynaklanan ve kalıcı KOİ ye neden olan rekalsitrant adı verilen birçok kimyasal maddenin olumsuz bir takım etkileri olmaktadır ve arıtmaları klasik aktif çamur sistemleri ile istenilen arıtma verimleri sağlanamamaktadır. Ancak anaerobik bakterilerin rekalsitrant maddelere aklımasyonu sağlanarak ve yardımcı substrat kullanımıyla istenilen verimler elde edilmiştir.

Birçok enzimin fonksiyonu ve aktivasyonu için iz elementleri gerekmektedir. Fakat bunların aşırı miktarı inhibisyon veya toksisiteye neden olmaktadır. Enzimin prostaltik grupları metallerden meydana gelir. Doğal değişimler tarafından veya protein molekülündeki diğer

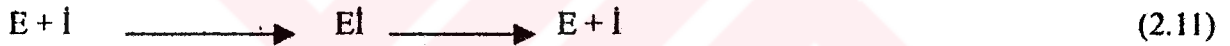
guruplar tarafından enzim fonksiyonu ve yapısının bozulması yüzünden ağır metal toksisitesinin meydana geldiğine inanılmaktadır. Temel faktör ağır metallerin toksik etkisinin özel parçalanma tarzlarından olmasıdır (Hickey vd., 1998).

Pek çok enzim belirli kimyasallar tarafından inhibe edilmektedir. Ağır metallerinde enzim-substrat ilişkilerinde inhibisyon etkileri yüksektir. Substrat ve enzimin birleşme eğilimleri, tür ve konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir. Eğer ortamdaki ağır metalin birleşme eğilimi substrattan fazlaysa, ağır metal oluşturacak komplekste substratın yerini alarak, enzimin aktivitesini bloke eder. İki tip inhibisyon mekanizmasından söz edilebilir. Bunlar tek yönlü (dönüşümsüz) ve çift yönlü (geri dönüşümlü) inhibisyonudur.

Tek yönlü (dönüşümsüz) inhibisyon: inhibitör (I) enzimin aktivitesini sağlaması için gerekli bir fonksiyonel gurubu bozarak reaksiyonun hem sürmesine hemde geri dönüşüne engel olur.



Çift yönlü (geri dönüşlü) inhibisyon: inhibitörün enzimle birleşerek, enzimin fonksiyonlarının geçici olarak aksamasına neden olması durumudur.



Bu tür inhibisyon iki tür gerçekleşebilir. Bazı durumlarda inhibitör ile substrat arasında bir rekabet söz konusudur. Üç boyutlu molekül yapısı olarak substrata benzeyen inhibitör, enzime bağlanarak EI kompleksi oluşturur. Reaksiyon geri dönüşlü olmakla birlikte, yeni ürünler oluşturacak başka reaksiyonlar için devam niteliğinde değildir. Bazı durumlarda ise inhibitör substratın yerini almak yerine, enzime başka bir kısımdan bağ yapar. Sonuçta çift yönlü bir reaksiyonla aktif olmayan enzim kompleksi oluşur. Bu bağlar hem serbest enzimlerle hem de enzim-substrat kompleksleri de oluşturabilir. Ağır metallerin inhibisyon reaksiyonları bu guruba girmektedir.



Ağır metal inhibisyonu hızlı büyüyen sistemlerde kendini daha çok gösterirken, bir alışma fazının ardından düşük dozlara uyum sağlanabildiği görülmüştür. Ortamda pH, sıcaklık değişimi gibi etkilere inhibitörlerin çözünürlüklerinin artması halinde inhibisyon etkisi de artar. İnhibitörlerin birbirlerine karşı antogonist ve sinerjik etkileri de oldukça önemlidir (Kızılgün, 1996).

Tijero vd.adaşları (1981) anaerobik yolla yapılan biyolojik arıtma sistemlerinde bakır, nikel

ve çinko ağır metalleri etkisinde yapılan çalışmada yüksek konsantrasyondaki organik maddeler ile atıksular arıtmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan ağır metal dozları özet olarak Çizelge 2.9'da gösterilmektedir. Bu çalışmadaki metal toksisitesinin derecelendirilmesiyle elde edilen sonuçlara göre $Ni^{+2} > Cu^{+2} > Zn^{+2}$ bulunmuştur (Tijero vd., 1991).

Çizelge 2.9 Çalışılan ağır metal ve konsantrasyonları; kontrol çeşitleri için değerler ve çürütücü ürünleri (Tijero vd., 1991).

Ağır metal	Konsantrasyon (mg/L)	Kontrol parametreleri			Biogas üretimi		Verim %
		pH	Alkalinite (HCO ₃)	Uçucu asit (mg/L)	CH ₄ %	$\frac{LCH 4}{kgVS, day}$	
	0	7.25	3197	216	53.1	365	93
Cu ⁺²	20	6.97	2273	631	48.4	312	81
	40	6.73	995	1721	47.6	239	54
	70	6.67	460	3093	42.7	96	19
Ni ⁺²	5	6.90	2566	613	47.8	294	76
	10	6.52	388	3195	43.5	155	38
	30	6.48	173	2960	33.0	37	17
Zn ⁺²	200	6.83	1836	1404	44.3	250	57
	445	6.78	449	3091	41.1	115	36
	600	6.23	121	4080	23.3	47	19
Cu ⁺² -Ni ⁺² -Zn ⁺²	10-2'5-100	7.12	2605	841	46.0	253	65
	20-5'0-200	7.08	1547	1840	44.5	146	37
	30-7'5-300	6.67	132	3980	40.0	111	29

Anaerobik evsel çamurla yapılan toksisite deneylerinde ağır metallerin metanojenik aktiviteye etkisi incelemiştir.. Serum şişeleri ile yapılan labrotuar denemesinde üretilen metanın inhibisyonuna dayanan basit bir test uygulanmış ve bunu sonucunda; karışık bakteri popülasyonunda, ağır metal toksisitesi $Zn > Cr > Cu > Cd > Ni > Pb$ şeklinde bulunmuştur (Codia vd., 1998).

Serum şişeleri ile Cu, Cd, Zn ağır metalleri ile yapılan bir başka çalışmada ara madde olan hidrojen transferinin çok daha uzun sürede tamamlandığı görülmüştür. Hidrojen metanojenik aktivite için önemlidir. Çünkü karbonhidrat, diğer substrat ve propiyonatın sonraki giderimi vd.er yüksek moleküllü UYA (asetat) fermentasyonu boyunca üretilir ve bakteriler tarafından kullanılarak metana kadar dönüşüm sağlanır (Hickey vd., 1998).

2.1.3.1.4 Suyun Etkisi

Enzimlerin büyük bir kısmı işlevlerini su içersinde gösterdiklerinden suyun miktarı da enzim işlevinde etken bir koşuldur. Genellikle %15'in altında su içeren ortamlarda, enzimler işlev göstermezler (Demirsoy, 1993).

Yüzey gerilimi ve dielektrik sabiti çok büyük olma özelliğinden dolayı su, iyi bir çözücü olmakta ve hayat için gerekli birçok bileşiği eriterek bünyesine almaktadır. Bu suya canlılar için gerekli birçok mineral gıda maddesini taşıyıcı özellik kazandırır (İleri, 2000).

2.1.3.1.5 Temel Ve İz Elementleri

Bakteriler canlıların en basit formlarındandır ve her canlı gibi varlığını sürdürmek için üreme zorundadır. Çoğu bakteri, zorunlu elementlerinde iyon yada anorganik tuzlar formunda bulunması kaydıyla, şeker gibi basit substratlarla yaşayabilirler. Anaerobik atıksu esnasında reaktörde çıkıştan kaçan mikroorganizma sayısından daha fazla sayıda bakteri çoğalması elde edilmelidir. Bunun içinde reaktörde mikroorganizmaların hücre sentezi yapabileceği miktarda nütrient ve iz element olmalıdır. Bakterilerin birçok karbonlu maddeden protein sentezleme kabiliyetleri bilinmektedir. Eğer bakteriyel üreme olursa bakteri hücresindeki %12'lik azot oranının sağlanabilmesi için ortamda belirli miktarda azot bulunmalıdır (İleri, 2000). Metan bakterilerinin hücre içeriği Çizelge 2.10'de verilmektedir. Görüleceği üzere bu bakterilerin azot, fosfor ve sülfür ihtiyacı orta derecededir.

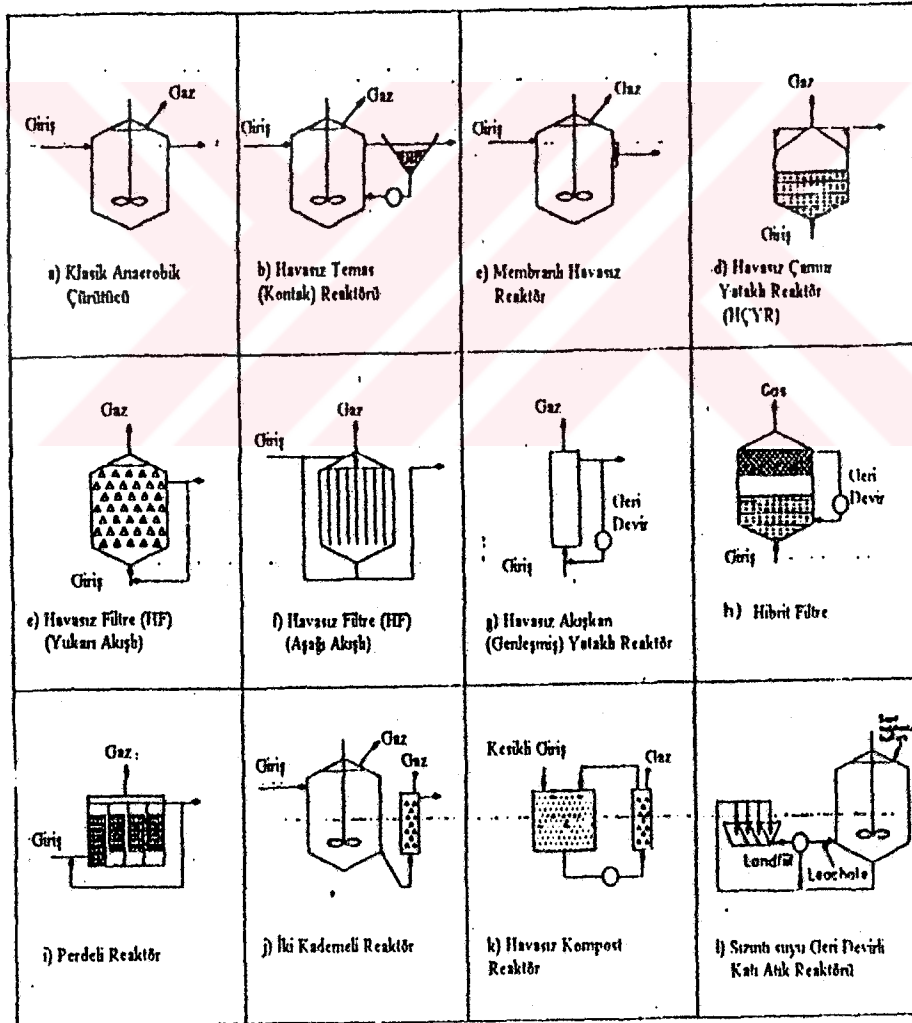
Çizelge 2.10 Metan bakterilerinin elemental içeriği (Kanat, 1996)

Nütrientler	Konsantrasyon (g/kg)	İz Element	Konsantrasyon (g/kg)
N	65	Fe	1.8
P	15	Ni	0.1
K	10	Co	0.075
S	10	Mo	0.06
Ca	4	Zn	0.06
Mg	3	Mn	0.02
		Cu	0.01

Verimli bir şekilde arıtma yapmak için, reaktörde yeterli miktarda nutrient olması gereklidir. Yüksek konsantrasyonda gerekli miktarlar azot ve fosfordur. Anaerobik bakteriler için kullanılan ampirik formül $C_5H_7O_2N$ dir (Kanat, 1996; Parkin, 1986). Anaerobik bakterilerin nutrient ihtiyaçları bölüm 2.1.1'de de vurgulandığı gibi aerobik bakterilere göre oldukça azdır. Eğer reaktörde yeterli miktarda nütrient yoksa atıksu arıtılmadan ortamı terk eder (Speece, 1996).

3. ANAEROBİK REAKTÖR ÇEŞİTLERİ

Endüstriyel ve evsel atıksuların anaerobik sistemlerle arıtılması bölüm 2.2.1 de anlatıldığı gibi avantajları nedeni ile günümüzde tercih edilmektedir. Aynı zamanda bazı dezavantajlar sahip olan bu sistemlerin olumsuzluklarını azaltmak veya tamamen gidermek için bazı farklı tiplerde reaktör çeşitleri bulunmuştur. Araştırmacılar reaktör hacimlerini, yatırım maliyetlerini, toksik maddelerin varlığını, sıcaklığın korunmasını, pH düzenlemesini ve hidrolik bekletme süreleri gibi özellikleri göz önüne alarak çalışmalarına devam etmişlerdir. Aşağıdaki şekilde de anaerobik arıtma teknolojilerinde kullanılan reaktör tipleri verilmiştir.



Şekil 3.1 Reaktör tipleri (Öztürk, 2000a)

Klasik havasız çamur çürütücü tam karışimli ve geri devirsiz bir reaktördür. Bu nedenle de çamur yaşı ile hidrolik bekletme süresi bir birine eşittir. Sistemin verimini artırmak için çöktürme tankı ve geri devir sistemi eklenmiş sisteme havasız temas reaktörü denmektedir. Yukarı akışlı olup fakültatif biyofilmin yüzeye tutulmasını sağlayıp geri yıkamalara karşı dayanıklı geniş yoğunlukta biyokütleyi tutup gelişmesini sağlayan dolgu malzemesine sahip anaerobik reaktör tipine ise havasız filtre denmektedir. İlk olarak 1974'de kimyasal bir tesiste Teksas'ta uygulanmıştır (Speece, 1996). Havasız filtre reaktörlerinde yapılan deneylerde değişen uçucu yağ asidi konsantrasyonlarına çabuk uyum sağladığı gözlenmiştir (Demirel vd., 2000). Ayrıca tekstil atıksularıyla yapılan denemelerde yüksek KOİ giderimi dışında yüksek renk giderimi de gözlenmiştir (Minke vd., 1999). Havasız çamur yataklı filtreler ise alt kısmı havasız çamur yatağı üst kısmı ise havasız filitre olan reaktör tipidir. Havasız akışkan yataklı reaktörde, 0,1-0,6 mm (Öztürk, 2000a) veya 0,2-0,8 mm (Esger, 1998) çaplı kum, antrasit, aktif karbon gibi ağır küçük partiküller etrafında biyotabakalarda biyoküteller gelişmektedir. Yüksek biyokütle konsantrasyonu ve aktivitesinde çok yüksek arıtma kapasiteleri sağlanmaktadır (Esger, 1998). Genelde 0,8 mm 'den küçük olduğunda partiküller %70 giderme verimi elde edilmektedir (Öztürk, 2000a). Havasız çamur yataklı reaktörler sentetik filitre pahalılığı ile askıdaki katı maddelerle tıkanma, kanallanma, büyük debilerdeki aşırı yük ve biyokütle kaybı gibi mahsurları taşımayan ve içersinde yatak malzemesi bulunmayan bir sistemdir. Arıtma, reaktörün alt kısmındaki çamur yatağı ile bunu üst kesimindeki çamur örtüsünce gerçekleştirilmektedir. Membranlı anaerobik reaktörler sentetik membranları olan tam karışimli bir reaktör sistemi olup istenilen çamur yaşını geri devirle sağlayabilecek bir düzeneğe sahiptir (Öztürk, 2000a). İnce vd.adaşlarının (1997) yaptığı 14 haftalık, 80,000-90,000 mg/L'lik KOİ içeren çalışmanın ilk alışma haftasında %14'lük çözünmüş KOİ giderimi bulunmuş, üç hafta sonra KOİ giderme verimi iyileşerek %80'lere ulaşmıştır. Yüksek KOİ yüklerinde giderimin kısa süreli alışma döneminden sonra yüksek verimler elde edilebilmektedir. Havasız ardışık kesikli reaktör doldurma, arıtma, çökeltme ve boşaltma işlemlerinin yapıldığı kesikli bir sistemdir. Granüler biyokütle ile yüksek verimler elde edilebilir. Havasız kompost reaktörleri, katı madde oranı %20-35 olan organik katı atık ve/veya arıtma tesisi çamurlarının mezofilik veya termofilik işletme şartlarında havasız olarak kompostlaştırıldığı sistemlerdir. Klasik anaerobik reaktörlerin gelişimi ile tek basamaklı geri devirli reaktörler iki basamaklı reaktörler şeklini almıştır. Klasik havasız arıtmada doğal olarak birlikte meydana gelen asit ve metan oluşumları iki kademeli havasız arıtma reaktörlerinde asit ve metan reaktörü olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Asitojenik ve metanojenik fazların ayrımıyla meydana gelen bu reaktörler daha kararlılardır (Roy vd.). Orta ve yüksek

kirlilik yüklü atıksuların havasız arıtmada ekonomik ve teknik açıdan fizibil olduğu kanıtlanmıştır. Evsel atıksuların da doğrudan havasız arıtımı konusunda da çeşitli araştırmalar yürütülmüştür. Evsel veya eşdeğeri seyreltik atıksuların havasız arıtımı ile ilgili çalışmalar Çizelge 3.1’de topluca görülmektedir.

Ancak evsel atıksuların KOİ konsantrasyonu nispeten düşük olduğu için bu sistemlerden elde edilen gaz miktarları ekonomik olarak değerlendirilemeyecek miktardadır. Organik yükün artışına paralel olarak gaz debisinde artış gözlenirken, metan yüzdesinin de %90’ı aştığı gözlenmiştir. Bu olay arıtma sonucu oluşan CO₂ gazının daha büyük oranda çözünüp çıkış suyuna geçmesi ile açıklanabilir(Ubay, 1991).

Çizelge 3.1: Evsel veya eşdeğeri seyreltik atıksuların havasız arıtımı ile ilgili çalışmalar (Ubay, 1991)

Girişteki		Girişteki		Reaktörde		Çıkıştaki		Çıkıştaki		KOİ _T	Reaktör	
KOİ _T		AKM	HRT	su		KOİ _T		AKM	giderme		tipi	Kaynak
mg/L	mg/L	mg/L		sic.(°C)		mg/L	mg/L	mg/L	verimi		(*)	
Ortalama	Aralık	Ort.	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık					
355	150-530	140				189	96-285	43	44	HF		Genung vd. (1982)
197		83	13-27			110		17	44	HF		Genung vd. (1982)
288	77-1170	118	20-35	24		78	55-121	32	73	HF		Kobayasi vd. (1983)
473			37	2.4-38			145-364		18-52	HGY		Roccey ve Forster (1982)
267	104-1106	78	17-25	6.4		142	74-225	50	47	HAY		Switzenbaum vd. (1984)
134	46-187	16	22-29	1.7-5.0		84	43-114	27	37	HAY		Switzenbaum vd. (1984)
688	204-1253		12-16	24		150	79-304		78	HÇY		Lettinga vd. (1984)
493	117-1100		7-20	12		164	35-299		67	HÇY		Lettinga vd. (1983)
435		61	16	24		173		21	60	HF		Jewell vd. (1981)
328		72	29	24		110		10	66	HF		
	322-950		20						60-89	HÇY		
	100-900		20	8-48					65-80	HÇY		
	170-320		20	8					68-92	HGY		Jewell vd. (1981)
	140-220		20	2-1					57-84	HGY		Jewell vd. (1981)
215			20	2					77	HGY		Jewell vd. (1981)
	119-205		20	8-24					68-72	HGY		Jewell vd. (1981)
	250-572		20	5					71	HF		Raman vd. (1970)
500			20	24-45			75-110		78-90	HF		Pretorius (1971)
200						80			60	HF		DeWalle vd. (1980)
	200-900	<30	38-20						50-85	HÇY		Lettinga vd. (1982)
		0										
	500-700		12-18	7-12					40-60	HÇY		De Man vd.(1988)

(*)HF: Havasız filitre HAY: Havasız akışkan yatak,HÇY: Havasız çamur yatak, HGY: Havasız genleşmiş yatak

3.1 Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktörler

YAHÇY ilk olarak geniş bir kullanım alanı bulduğu Hollanda da geliştirilmiştir. Sistemde genellikle inört madde bulunmaz, birikmez ve biyokütle gaz kabarcıkları ile süspansiyon halinde işletilir. Bakterilerin yukarı doğru akımı atık akımı içerisinde floklar halinde gelişir (Morgan vd., 1991a). Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktörler önceleri kompleks olmayan düşük kuvvette ($KOI > 3000 \text{ mg/L}$) ve orta kuvvette ($3000-20.000 \text{ mg KOI/l}$) çözünmüş atıkların arıtılması için geliştirilmesine rağmen yüksek kuvvette atıklarda da başarıyla uygulandığı görülmektedir (Kanat, 1996).

3.1.1 YAHÇY Reaktörlerde Besleme Çamuru

YAHÇY de besleme çamuru etkili bir işletmeye alma için gereklidir. YAHÇY reaktörlerin içindeki mikroorganizmalar, yüksek aktiviteli ve mükemmel kolonili yapıların meydana getirdiği biyogranüler formdadırlar (Speece, 1996). Son on yıl boyunca YAHÇY lı reaktör içinde atıksuyu arıtan hep çoğalmak isteyen ve iyi-basit granüler çamur sağlama zorluğu nedeniyle kendi aşısıyla geliştirilmesinin araştırmaları teşvik edilmiştir (Kalogo vd., 2001).

Genel olarak sürekli beslenen yukarı akışlı havasız reaktörlerde mezofilik ve termofilik şartlarda granülasyon oluşabilir. Ancak granülasyon için bazı özel şartların sağlanması gerekir. Bazı durumlarda istenen özellikte granüler çamur üretilmeyebilir. Bu özellikle evsel atıksular gibi seyreltik atıksular ile yüksek miktarda askıda madde ihtiva eden mezbaha ve inhibitör maddeler ihtiva eden bazı endüstriyel atıksularda gözlenmiştir. Granüler çamur olmadanda çökeltme özellikleri ve biyolojik aktivitesi fevkalade olan floklu çamur yatakları ile de yüksek hızlı havasız arıtma sağlanabilmektedir (Ubay vd., 1992).

3.1.2 YAHÇY Reaktörlerin Tasarımı

Karışık bakteri popülasyonunun dengelenmiş aktivitesi anaerobik çürütmenin stabilizasyonunda gereklidir. Bu denge; metan üretiminin azalması ile aynı anda UYA konsantrasyonun ani artması gibi farklı faktörlerin sebep olmasına bağlı olarak basitçe bozulabilir (Codia vd., 1998). pH değişimleri ve toksik şokları önlemek, yükün kademli olarak artırılması ve uzun hidrolik bekletme süreleri bu aşamada gereklidir. İşletmeye alma, yükleme ve çıkış arasında eşitlik dengesine bağlıdır; uygun besleme çamurunun seçimi de çok önemlidir. Başlangıca yardımcı olmak için kullanılan ince kum vd.er katılar yaygın bir kullanıma sahip değildir. Reaktör tasarımı sistem veriminde ve performansta önemli rol

oyunar. Buda önemli derecede çamur yaşına ve aktivitesine bağlıdır. (Kanat, 1996; Morgan vd., 1991a; Speece, 1996)

Elde edilen çamur stabilizasyonu; çökebilin, absorblanabilen ve tutulabilen substrat bileşenlerinin biyolojik indirgenebilirliğine, işletme sıcaklığına ve ortalama çamur tutma zamanına bağlıdır. YAHÇY reaktörleri, reaktör içinde mevcut çamurun tane büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak granüler çamur yatak reaktörler ve floklu çamur yatak reaktörler olmak üzere iki kısımda incelenebilirler. Müsaade edilebilir granüler çamur yatak reaktörlerde yüzeysel hidrolik yük:

- Çözünabilir atıksular için 3 m/s
- Kısmi çözünabilir atıksular için 1-1.25 m/s (bütün gün besleme varsa), olarak alınmaktadır. Günde birkaç saat besleme varsa 6 m/s ve 2 m/s değerlere tolere edilebilir.

Hacimsel floklu çamur tipi için müsaade edilebilir maksimum yüzey yükü 0.5 m/s (2-4 s beslemeli)'dir. 2 m/s kadar piklere izin verilebilir. İyi çökebilir çamurlar için değerler %50 artmaktadır. (Filibelli, 2000; Öztürk, 2000b)

YAHÇY reaktörlerin içindeki yüksek aktiviteli ve mükemmel kolonili yapıları meydana getiren mikroorganizmalar biyogranüler formdadırlar. Biyogranüllerin mikro yapısı ve bu popülasyonun dinamikliği atıksu içindeki doğal kirleticilere bağlıdır. 3 farklı granüler tipde çalışılan sistemlerde 6 ayın üstünde tek tip substratla 10.000 mg KOİ/l konsantrasyonla besleme yapılması gerekmiştir (Fang vd., 1997a). Moosbrugger vd.adaşları da 1990'da 10,000 mg/L'lik besleme ile granülleri destekleyecek yükleme oranını 65 kg/m³-gün olarak yaptığında KOİ giderimini %95 bulmuşlardır (Speece, 1996).

YAHÇY reaktörlerinde, biyokütle, kompakt granüler çapları 3-4 mm den, yukarı akışlı ve sürekli sistem içersinde henüz belirlenememiş mekanizmalarda gelişen taneler olarak sunulur. Yüksek çamur yaşı ile işletilen YAHÇY reaktörünün iki temel tasarım prensibi çamurun çökme özelliklerini düzeltmekte bulunmuştur. Birkaç aylık bir işletme süresinden sonra, daha büyük taneli çamur yatağını diğer bir deyişle reaktörün daha alt kısımlarını oluşturur (Morgan vd., 1991a).

HÇY'de yüksek kaliteli granüler çamur üretilebilmesi için sistemin işletmeye alınmasında bir takım hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Evsel atıksu arıtma çamurlarının aşı olarak kullanılması halinde HÇY için tavsiye edilen işletmeye alma stratejileri;

- Granülüzasyon için 30-55°C uygundur (Kosaric, 1992).
- Aşı çamuru miktarı: 10-15 kg UKM/m³ (Öztürk, 2000b).
- Başlangıçtaki biyolojik yük :0.005-0.1 kgKOİ/m³UKM-gün (Öztürk, 2000b).
- Genelde granül yatak 1,6 kg KOİ/kgUAKM-gün oranına kadar adapte edilebilir (Kosaric, 1992).
- KOİ giderme verimi %80'i aşmadıkça organik yük arttırılmamalı yeniden reaktöre döndürülmesi önlenmelidir (Öztürk, 2000b).
- Çamurun ağır kısmının sistemde tutulması sağlanmalı (Öztürk, 2000b).
- Aşı çamurunun UKM konsantrasyonunun çok düşük olması halinde, granülasyonu teşvik için reaktöre bir miktar inorganik çekirdek malzemesi ilave edilmelidir (Öztürk, 2000b).
- Ca⁺² konsantrasyonu yüksek olmalı fakat 150 mg / dm³'ü geçmemelidir (Morgan, 1991a).

Çamur yükleme oranının YAHÇY deki granüler yapıya etkisi hakkındaki bir araştırma şunu göstermiştir. 0.3 kg KOİ/kg VSS-gün oranında ise kabarma ve sistemden kaçaklar gözükürken, 0.6 kg KOİ/kgVSS-gün üzerindeki oranlarda topaklar gözükmemektedir (Morgan, 1991a). Granüler çamur yataklı YAHÇY reaktörlerde kesin olmamakla birlikte TÇM (toplam çözünmüş madde) giriş konsantrasyonunu 6-8 g/l'yi aştığı belirlenmiştir. Çünkü granüler ve floküler çamur arasında o kadar yüksek TÇM konsantrasyonunu ayırmak için hız yeterli değildir (Guiot vd., 1986; Öztürk, 2000b). Çamurun spesifik aktivitesinin; AKM ye bağlı olduğu, minimum üst akış 1 m/ gün olması gerektiğini ve özellikle Ni, Co ve Mo meydana getirdiği ağır metal karışımının, metanojenlerin büyümesini hızlandırdığı; biyofilim kalınlığını ve spesifik aktivitesini arttırdığını keşfetmişlerdir (Guiot vd., 1986).

Atık suyla beslenen sistemin Ca konsantrasyonu granülasyonda önemli bir faktördür. Hushoff Pull vd.adaşlarının bulduğu, giriş Ca iyon konsantrasyonu 150 mg /dm³ civarındayken granülasyonun artırdığını gözlemlemişlerdir. Mahoney vd.adaşları Ca iyonları ile beslenmiş 100 mg /dm³ olan konsantrasyonda granülasyon gözlemlendiği belirtilmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlarda artış elde edilmemiştir. Alibhai ve Forster hem 80 mg / dm³ lük Ca iyonu hem de 142 mg / dm³ fosfat tek tek eklendiği zaman daha yüksek kararlılıkta granülasyon oluşturduğunu belirlemişlerdir. YAHÇY reaktörlerdeki granülasyonun belirlenmesinde *Methanothrix sp.* önemli bir yer tutar. Çünkü yüksek *Methanothrix sp.*populasyonlu biyokütleler granüler yapıdadır. Bununla birlikte granüle olmayan çamurlarda diğer çeşitler baskındır (Morgan vd., 1991a).

Endüstriyel atıksuların içerdiği çözünemeyen veya kısmi olarak çözünemeyen kirleticiler, toksisite veya inhibisyonu arttıran bileşikler köpüklenmeye, tortu ve /veya çamur

floklaşmasına neden olan kompleks atıksu kategorisine almak uygun olur. Kompleks çözünabilir atıksular için köpürme probleminin meydana gelmemesi için; özellikle iyi adapte edilmiş sistemler gereklidir ve hangi sıcaklıkta çamur meydana gelirse gelsin sistemdeki maksimum çamur yükleme oranı maksimum spesifik metanojenik aktivitenin yaklaşık yarısını asla geçmemelidir (Öztürk, 2000b).

Hidrolik bekletme süresi (HBS); YAHÇY reaktörlerine muhtemel yükleme ve ileri çamur stabilizasyonu için ihtiyacı olan uygun çürütücü zamanıdır. Sayed ve Fergala (1995)'deki çok hedefli çalışmalarında; ham evsel atıksuyun anaerobik arıtımı için YAHÇY reaktör sistemiyle (düşük kuvvet de ki kompleks atıksu için ; $KOİ_{toplam}=200-700$ mg/L ve toplam $KOİ$ nin % 45-55 i partiküler $KOİ$ 'dir) 18-20 °C de arasındaki sıcaklıklarda arıtımı çamur stabilizasyonu ile birlikte değerlendirilmesi çalışılmıştır (Sayed vd., 1995). Bu çalışmada iki basamaklı floküler-granüler-çamurlu YAHÇY reaktör sistemi kullanılmıştır. Çamur ve işletim sırası temelde aynı olan benzer iki YAHÇY reaktörle yapılan deneylerde birinci basamak, floküler çamurdan oluşmaktadır. Birinci basamaktaki reaktör 4saat, 6 saat ve 8 saatlik bekletme sürelerine göre beslenmiştir. İkinci basamaktaki YAHÇY reaktör de ise granüler çamur kaynaklıdır ve işletim süreklidir. Besleme periyodu ve birinci basamağın besleme periyoduna karşılık iki gündür (Morgan vd., 1991a).

YAHÇY'nin termofilik ve mezofilik bakteriyal gelişim için uygun olduğu rapor edilmiştir. Bununla beraber yarı-mezofilik ve psikofilik sıcaklık koşulları için müsaade edilebilir organik yük sınırlayıcı faktördür (Filibelli, 2000). Fakat termofilik reaktörlerde pH'nın uygun aralığın biraz üstünde olduğu ve bu şekilde çalıştığı görülür. Önemli miktarda tamponlama işletmeye almayı izleyen birkaç hafta içersinde gelişir, ve artık pH dengelemesi yapmaya gerek kalmaz. Bazı araştırmacılar YAHÇY de pH'nın nötrale yakın olarak işletilmesinin avantajları olduğunu söylemiştir. pH salınımlarının sonucu olarak $KOİ$ giderimin de düşüş görülür. Termofilik reaktörler mezofilik reaktörlere göre %3-4 daha az CH_4 içeren gaz üretirler. 35C° ve 50C° de çalışan YAHÇY leri karşılaştırdığınız da mezofilik aralıkta çalışanların $KOİ$, $BOİ$ ve TAM giderimleri göz önüne alınırsa daha etkili olduğu söylenebilir. Organik yükleme 18 g $KOİ$ /l-gün den büyüktür (Morgan vd., 1991a).

YAHÇY'nin ikinci ana tasarım prensibi reaktörün üst kısmındaki gaz/katı ayırma ve çökeltme kısımlarının kurulumudur. Çamur örtüsünün flokülasyon karakteristiği ve daha küçük olan partikülleri, çamur yatağında olduğundan daha kötü bir çökeltmeye sebep olur. Bu yüzden çamur tabakasının beklemesine izin vermek için çökeltme ünitesinde uygulanan sıvı hızı düşük olmalıdır. Yüksek sıvı hızları (0.5-1 m/s) umulmadık çamur kayıplarına neden olabilir. Ama

bu düşük hız nedeniyle giriş akımından gelen sedimentin reaktörde ve çamurda birikmesine izin verir. Bu da çamurun aktivitesini düşürür. Bu yüzden YAHÇY yüksek AKM ve organik içeren atıksular için çok etkili değildir. Atıksu yüksek oranda çözünürlüğe sahip olmalıdır. Toplam askıda madde 500 mg/L civarında olmalıdır(Morgan vd., 1991a). Kısmi çözünmüş atıksular , ham evsel atıksu (KOİ nin yaklaşık %45-55 askıda katılar içerir) (Metcalf ve Eddy 1991). Granüler çamurlu UASB reaktör veya tek basamak fuloküler reaktörlerle arıtıldığında birçok farklılıklar görülür. Tek basamaklı granüler çamur UASB reaktör için, çamur granüllerini çevreleyen bariyer biofilmin şeklini veren çamur yatağı içinde evsel askıda katılar biriktiği için olumsuzluk yaratır (Switzenbaum and Jewel,1980). Uzun dönem beslenme durumlarında çamur granüllerinin bozunması olayı görülür (Sayed vd., 1995).

Gaz/ katı ayırma ünitesi, Schwartz ın çalışmasında YAHÇY nin içinde yer almıştır. Bu parça plastik bir halkadan ibarettir. Reaktörün üst kısmında çepere 1.5 cm uzaklıkta ters dönmüş 45° lik bir plastik koni biçimindedir. Koninin en yukarda ki kısmı boyunca gazın büyük çoğunluğunun geçebileceği şekilde 3 cm lik bir açıklık vardır. Buradan geçen gaz çıkış akımı kısmının altındaki gaz boşluğuna gider. Koninin aşağı kısmı reaktör duvarı ile birleştirilmiştir. Bu tasarım birçok YAHÇY tasarımına benzemekle birlikte şaşırtmalı perdeler süpürme ve sıyırma kolları gibi çeşitli varyasyonlar kullanmaktadır. Duvara 55° acılı koninin kullanılması ile çamurun çökmesine yardım edilmiş, böylece reaktörde bekleme süresi arttırılmıştır. Lettinga çökme duvarı acısının 50° olmasını tavsiye eder. Böylece daha etkili ve daha uzun bir çamur bekleme süresi elde edilir. Daha küçük gaz çıkış alanı ise çökme için gerekli olan alanı arttırarak verimi çoğaltır. Gaz/katı ayırımı olmaksızın yapılan laboratuvar ölçekli çalışmalarda çok daha iyi stabilite elde edildiği iddia edilir. Bu prosesteki en önemli limitleyici faktörlerden biri aktiviteyi başlatmak için olan zaman oldukça uzun (4-8 hafta besleme çamuru kullanılırsa) olmasıdır.

YAHÇY de artan yükler, stabilitenin biraz bozulması ile tolere edilebilir. Fakat KOİ ve BOİ giderimi tutarlı olmaz ve düzensiz TAM giderim verimleri gözlenir. UASB çıkış suyunda yüksek katı madde konsantrasyonları görülmüştür. Bunu nedeni gaz/katı ayırma ünitesinin dizaynı çökme bölgesinde zaman zaman oluşan tıkanıklar olabilir. Lane YAHÇY veriminin artan yük ile düzeldiği ve zamanla çamurun buna adapte olduğunu rapor etmiştir (Morgan vd., 1991a).

Anaerobik arıtmaların işletmeye alma dönemlerinin uzunluğu bir olumsuzluk olmaktadır. Bu olumsuzluğu gidermek için atık su karakterine uygun mikroorganizma popülasyonu seçilip aşı olarak kullanılmaktadır. Buna ilave olarak özellikle mezofilik mikroorganizmalar için

optimum çevre şartlarının sağlanması gerekmektedir. Mikroorganizmalar için optimum olan bu şartlar KOİ/N/P oranı 300/5/1; pH'nın 6,8-8,2; alkalinitenin 1000-4000 mg/L CaCO_3 ve uçucu asit <1000-1500 mg/L asetik asit aralığında olması gerekmektedir (Öztürk, 2000a).

Atıksuyun kompozisyonu YAHÇY reaktörünün işletilmesinde önemli bir rol oynar. Çamur tanecik yapısı çeşitli araştırmalar ile belirlenler; bira mayası şeker kamışı ve patates atıkları substrat olarak kullanıldığında çamurun granül özelliğinin son derece iyi olduğu fakat distilasyon ürünleri, mısır nişastası ve rendering atıklarında bu granül yapısının kötü olduğu gözlenmiştir (Öztürk, 2000b).

Çalışmalarda KOİ giderimi ve biyogazda iyileşme oranı arasında büyük farklar bulunmuştur. Kendi aşısı kullanılan reaktörlerde fiziksel ve biyolojik performansına ilişkili proses dinamiği detayıyla söylenememekte ve bu konuda bilgisizlik hala devam etmektedir. Bu tip sistemlerde bile çok yavaş bir işletmeye alma dönemi görülmektedir. 1 ile 40 gün arasında çok küçük bir flokleşme ile artan verim göze çarpmaktadır. KOİ giderimi ve biyogazda iyileşme arasındaki büyük çelişki nedeniyle işletmeye alma dönemi için biyolojik giderim için bulunan süre oldukça uzun (14 hafta) olmaktadır. 22 hafta boyunca işletilen sistemde ortalama giderme verimi $\text{KOİ}_{\text{toplam}}$ 'de %65, $\text{KOİ}_{\text{çözünmüş}}$ 'de %43 ve katı madde de %76 olarak bulunmuştur (Kalogo vd., 2001).

3.1.3 YAHÇY Reaktör Hacmi

Reaktör hacmi birkaç faktöre bağlıdır bunlar;

- Maksimum günlük toplam KOİ yüküne
- Uygun akışkan yüzey yüküne
- Atıksuyun minimum sıcaklığına
- Atıksuyun karakteri (örneğin kirletici bileşikliğinin kompleksliği ve biyolojik giderilebilirliği, proteinin bulunuşu), atıksuyun kuvveti
- İzin verilebilir çamur tutmanın yükleme süresinin oranı
- Gerekli arıtma verimi
- Gerekli çamur stabilite mertebesi

Kısmi çözünmüş atıksular için örneğin kentsel atıksular gibi seyreltik atıksuların arıtımı için 3-5 m reaktör yüksekliği tavsiye edilmektedir. 3000 mgKOİ/l'yi aşan konsantre atıksular için 5-7 m reaktör yükseklikleri önerilebilir (Filibelli, 2000).

Evsel atıksu için yapılan çalışmada iki bölümlü floküler-granüler-çamur YAHÇY reaktör sistemi kullanılmıştır; belirtilen KOİ giderim verimi, azalan HRT ile artmaktadır. HRT :6 saat %84 (1. basamak için:4; 2. basamak için 2 saat) arıtma verimi iken HRT:10 saat (1. basamak için 8, 2. basamak için 2 saat) arıtma verimi %75dir. Sistemin birinci kısmı için Çamur stabilizasyonun boyutu dışında HRT ile doğrudan ters orantılıdır. Çünkü HRT:8 saat için, toplam KOİ gideriminin %41'i metana dönüşmektedir HRT: 4 saat için dönüşüm %28'e düşmektedir. İkinci sistemdeki granüler çamur için toplam KOİ nin metana dönüşüm oranı hemen hemen kararlı %17-20 lik dağılım gösterir (Sayed vd.,1995).

3.2 Serum Şişeleri İle Yapılan Anaerobik Sistemler

Birçok bilim adamının istedikleri koşulları sağlamak koşulu ile kullandıkları küçük şişeler veya serum şişeleriyle yapılan laboratuvar ölçekli çalışmaları gözlenmektedir. Genellikle metanojenik aktivite testleri ve toksik maddelerin sisteme etkisi serum şişesi yöntemiyle çalışılmıştır.

Soto vd. (1993) de anaerobik koşullar altında küçük şişeleri kullanarak metanojenik ve non-metanojenik aktiviteleri incelemişlerdir. Üç reaktör sistemi kurmuşlardır, bunlardan birincisi 2000 ml'lik olup H_2SO_4 eklenmesi ile pH2'nin üstünde tutularak tam karışimli asit reaktörü olarak çalıştırılmıştır. Diğer şişeler ise 126 ml'lik olup 100 mlsi kullanılan hacmi olup solusyonları eklenmiştir. Literatürde yaptığı çalışmalarda 30 ile 2500 ml arasında değişen küçük şişelerden yapılan reaktörleri göz önüne almıştır. Bonastre vd. 1987'de yaptığı çalışmasına dayanarak 126 ml'lik reaktörlerini tam karışimli yapmamıştır. Çalışmasında karbon kaynağı olarak monomerlerden (glikojen ve glikozdan) yararlanarak metanojenik ve astojenik aktiviteleri tesbit etmiştir.

Madson ve Rosmussen (1996)'da yaptıkları çalışmada ise 24 ml hacimli, 35°C de çalışan serum şişeleriyle yaptığı anaerobik sisteminde %20 inhibisyon yapan toksik kimyasal maddeler üzerinde çalışmışlardır. Serum şişelerinin tıplarına takılan şırıngalarla toplanan gaza bağlı olarak inhibisyonu ölçmüşlerdir.

Ning vd. (1990) organik toksik maddelerin(methanol, butanol, toluen v.s.) inhibisyonunun %50 oranını tesbit için 1000 ml'lik serum şişerini aerobik şartlar altında çalıştırmışlardır (Tang vd., 1999).

Evsel atıksularda bulunan 9 kimyasal maddenin toksisitesini (m-cresol, 2-octanol, etanol, polietilen glikol v.s.) çalışan Daniel vd. (1984)'de 160 ml'lik serum şişerine anaerobik ortam

sağlayarak 35⁰Cde %50 inhibisyon yapan oranlarını bulmuşlardır. Aynı şekilde evsel anaerobik çamur kullanarak metallerin methanojenik aktiviteye etkisini ve inhibisyon oranları üzerine çalışmada 118 ml'lik serum şişeleri kullanılmış (Codina vd., 1998).

Nutrient faktörler, aktivite ve granülüzasyon üzerine çalışan Guiot vd.,(1986) 35⁰C anaerobik şartlarda serum şişeleri ile çalışmışlardır. 125 ml'lik serum şişelerine değişik konsantrasyonlarda bileşikler içeren (polivinil alkol, nişasta, karboksimetil selüloz v.s.) 37+1⁰C de çalıştıran Sacks ve Buckley (1999); 30 ml numune, 30 ml aşı çamuru ve 40 ml distile su koyarak 100 ml'lik hacimde çalışmışlardır.

Anaerobik biyogranüllere fenol toksistesini inceleyen Fang ve Chan (1997)'de 2,8 litrelik reaktörler kullanarak inhibisyon yapan %50 değeri üzerine çalışmışlardır.

Tekstil endüstrisi atıksuyunun artımı için serum şişelerinden yapılan reaktörler bölüm 4.4'de "tekstil atıksularının biyolojik arıtılabilirlik çalışmaları" adlı kısımda açıklanmıştır.

4. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

Tekstil endüstrisi doğal, sentetik ve yapay ipliklerin hazırlanması; dokuma, örme veya başka yöntemler aracılığıyla dokunmuş kumaş, örgü kumaş, halı gibi tekstil ürünleri elde edilmesi; iplik, elyaf, örgü kumaş ve dokunmuş kumaşa boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanmasını içermektedir (Tünay, 1996).

4.1 Türkiye'de Tekstil Endüstrisi

Türkiye son dönemde dünya piyasasında tekstil endüstrisi açısından önemli bir konuma sahip olmuştur. Endüstrilerde çalışan işçilerin %20'si, tekstil endüstrisinde faaliyet göstermektedir. Yıllık istatistiklere göre 1992'den günümüze kadar olan sürede toplam ihracat gelirinin %36-39'u tekstil ürünlerinin ihracatından sağlanmaktadır. Türkiye, Çin'den sonra Avrupa Birliğine tekstil ürünleri ihracat eden ikinci ülke konumundadır (Babuna, 2000; Doğruel, 2000; Pınarlı vd., 1999).

Tekstilde bunca yoğun üretimin gerçekleştirildiği ülkemizde, çevre kirliliğine katkı yönünden bu endüstri dalı dikkate alınmalı ve gerekli önlemler zaman kaybedilmeksizin hayata geçirilmelidir. Bu kapsamda tekstil endüstrisinde; endüstriyel kirlenme kontrolü, iki aşamalı bir yaklaşım izlenerek gerçekleştirilmelidir. İlk adım tesis içi kontrolün uygulanması, ikinci adım ise oluşacak atıksu miktar ve karakterine göre tasarlanacak bir arıtma tesisinin işletilmesini kapsar (Babuna vd., 1998).

Bu sektörden kaynaklanan atıksular, İstanbul'daki tüm endüstriyel atıksuların %53.5'u oranındadır. Endüstriyel atıksu açısından 2. sırayı %26.2 lik oranla deri sanayi, 3. sırayı ise %6.3 lük oranla gıda sanayi, 4. sırayı ise %5.9 luk oranla metal sanayi almaktadır. Toplam tesis sayısı itibariyle ise tekstil sektörü, petrol ve petrol ürünleri sektörü ve metal sektöründen sonra 3.sırada gelmektedir (Toröz vd., 1998).

Türkiye'de mevcut endüstri tesislerinin önemli bir kısmı İstanbul'da faaliyet göstermekte olup, 1997 yılı itibariyle sanayi odasına kayıtlı tesis sayısı 8540 civarındadır. Bu tesislerin içerisinde yaklaşık 820 kadar tekstil firması mevcuttur. Bu firmalardan atıksu üreten 294'u, İstanbul'un içme suyunun temini ve atıksularının uzaklaştırılmasından sorumlu birim olan İSKİ'nin Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetim Dairesi Başkanlığında (AARDDB) kayıtlı bulunmaktadır (Toröz vd., 1998).

4.2 Tekstil Endüstrisinde Kategoriler

Tesisin proses profili belirlendikten sonra (literatürdeki doğru yerinin belirlenmesi) bu profil esas alınarak tesisin kirlenme bazındaki sınıflandırmadaki kategori ve alt kategorileri belirlenir. Tesis verilerinin saptanan alt kategori ile uyumu, sadece proses esası değil ancak kullanılan teknoloji, hammadde ve atıksu oluşumu ve karakterinde etkili olan faktörler de alınarak araştırılır. Kirlenme bazındaki sınıflandırmanın amacı, endüstrilerin kirlenme karakterizasyonu ile birlikte kontrol çalışmalarının dayandırılacağı kendi içinde homojen grupları belirlemektir. Bu amaca iki aşamada ulaşılabilir. Birinci aşama; kategorilerin belirlenmesidir. Kategorilerin belirlenmesinde sadece kirlenme özellikleri dikkate alınmaz. Çünkü bireysel endüstriyel kaynakların karakterizasyonu için çok karmaşık işlemler uygulamak gerekir. Bu nedenle kategorilerin saptanmasında, kirlenme özellikleri yanında hatta onlardan daha öncelikli olarak endüstri sektörü ve endüstri yapısı ile üretim biçimleri ve bunların dağılımı göz önünde tutulur. Kategoriler belirlendikten sonra alt kategorilerin tanımlanmasına geçilir. Alt kategorizasyonun amacı, aynı kategori içinde olmakla birlikte üretim farklılıkları olan veya aynı ürünü farklı proses ve yöntemlerle üreten tesislerin atıksularında oluşacak karakter farklılıklarını ortaya koymaktır (Tünay, 1996).

Tekstil endüstrisinin üretiminde işlenen ham maddenin özelliğine göre bazı farklılıklara sahip olmakla beraber genelde benzerlikler göstermektedir. Tekstil endüstrisinin hammaddesi elyafıdır. Doğal elyaf, sentetik elyaf ve yapay elyaf olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Doğal elyaflar; bitkisel kökenli (pamuk, keten) veya hayvansal kökenli(yün,ipek) olan elyaflardır. Selülozik olmayan organik maddelerden sentetik olarak üretilmesiyle sentetik elyaf(polyester,

naylon); doğal selülozdan kimyasal proseslerin uygulanmasıyla da yapay elyaf (viskoz rayon, asetat rayon) elde edilir (Doğruel, 2000; Sarioğlu vd., 1998).

ISO kayıtlarına göre 1984 yılında pamuk ipliği ve pamuklu dokuma firmaları 65, yün ipliği ve yünlü dokuma firma sayısı 155 iken, 1997 yılında bu firmaların sayıları sırasıyla 99 ve 91 adet olarak gözükmemektedir. Buna göre pamuklu tekstilde artış, yünlü de ise azalma olmuştur (Toröz vd.,1998).

Bu çalışmada pamuklu son işlemleri yapan bir tekstil fabrikası ele alınmıştır. Pamuk elyafı; iplik yapımı, dokuma hazırlık ve ürünlerin terbiyesi olarak üç aşamada işlenir. İplik yapımı, açma temizleme, tarama, çekme, eğirme, bobinleme gibi işlemleri kapsar. Dokuma hazırlık işlemleri, bobin ve çile hazırlaması, çözümler, tahar, haşıllama ve dokuma işlemleri kapsar. Bu iki işlemde kuru işlemlerdir. Tekstil endüstrisi kategorisi tabii ve fabrikasyon elyafları kullanarak kumaş vd.er tekstil ürünleri üreten tesisleri kapsar. Fabrikasyon elyaflarının üretimi ve giyim sanayi bu kategori dışındadır. Tekstil endüstrisi tabii ve fabrikasyon ipliklerinin hazırlanması dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanması işlemlerini içerir (Tünay, 1996).

Pamuklu kumaşa genelde uygulanan dört basmak vardır. Bu temel basamaklar yıkama, işleme, durulama ve apre-ikmaldır (Doğruel, 2000; Tünay, 1996; Uçar, 1995).

1) Yıkama

Elyaf üzerindeki tozun giderilmesi ve kaşar işlemlerinin herbirinden ve kaşar işlemi bittikten sonra kimyasal maddelerin artıklarının tekstil malzemesinden uzaklaştırılmasıyla bir sonraki işleme zarar vermesinin önlenmesi için enzimatik veya oksidatif ön işlemler ile bazı yardımcı maddelerin uzaklaştırıldığı haşıl sökme kademelerini içermektedir.

Pamuk ipliğinin kumaşa dönüştürülmesi esnasında kola, modifiye kola, polivinil alkol, polivinil asetat, karboksil metil selüloz ve zambak ipliğin gerilme direncini ve pürüzsüzlüğünü arttırmak amacıyla kullanıldığı prosese haşıllama denir. Hacimleri düşüktür ama kullanılan reçeteye göre yüksek derecede BOI, KOİ ve AKM ihtiva edebilirler. Haşıl işlemi esnasında çözündürme, hidrolize etme, oksidasyon gibi işlemlerle, iplik üzerine uygulanmış maddelerin ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlar. Kullanılan haşıl giderim metotları ile atıksu özellikleri, kullanılan haşıla göre değişir. Yüzey aktif maddeler, enzimler, asitler ve alkaliler ve haşıllama nedeniyle, haşıl sökmenin çıkış suyuna eklenen maddelerle ortamdaki kirletici yükünün artmasına neden olur (Correia vd., 1994). İngiltere’de yapılan bir çalışmada KOİ yükünün

%90'ının haşıl sökme , yıkama ve ağartmadan kaynaklandığını ortaya koymuştur (Başbüyük vd., 1998).

2) İşleme

Önce pişirme ve kaynatma işlemleri uygulanmaktadır. Pişirme pamuğun yapısında bulunan yağ, mum, petkin gibi maddelerin tekstil maddesini hidrofil kılmak ve böylece boya alma kabiliyetini arttırmak amacı ile yapılan işlemlerdir. Pamuklu ürünün 110-130°C arasındaki sıcaklıklarda ve basınç altında seyreltik sodyum hidroksit çözeltisi ile uzun süre muamele edilmesiyle olur. Kaynatma ise yaklaşık 100°C'de normal atmosfer basıncı altında yapılır. Kaynatma sırasında pamuklu liflerdeki lignin ve petkinler tamamen uzaklaştırılmadıklarından, mamul kullanılırken zamanla sararmaktadır. Sararmayı önlemek için mamulün bir asitlemeden geçirilmesine gerek duyulur. Daha sonraki işlem merserizasyondur. Burada pamuk lifinin kıvrımlı yapısını, düzgün yuvarlak kesitli hale getirmek ve böylece hem yüzey parlaklığını hem de mukavemetini ve boya alma kabiliyetini arttırmak için yapılan işlemdir. Özellikle saf pamuklu kumaşlara uygulanan bir yöntemdir, sodyum hidroksitli boyada yıkanan ve nötralize edilmek üzere son olarak asitle işlem görenlere uygulanır. Merserizasyondan sonraki işlem ağartma işlemidir. Ağartma; pamuğun yapısında bulunan ve rengini esmerleştiren doğal boyar maddeleri uzaklaştırmak için uygulanır. Bu işlem genellikle bitmiş kumaşın beyaz veya çok açık renge boyanması istendiğinde tavsiye edilir. Bu hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit veya sodyum klorit kullanılmasına neden olan bir oksidasyon işlemidir (Correia vd., 1994). Ağartmadan sonra uygulanan boyama işlemi elyaf, iplik ve kumaşa renk kazandırmayı amaçlar. Dünyada, 1978 yılında toplam 450 000 ton tekstil boyası üretilmiştir. Üretilen toplam boya miktarının yaklaşık, %2'si (9000 ton) üretim esnasında, %9'u ise (40 000 ton) boyama işlemleri sonrasında alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Bunların değeri toplam 50 000 ton civarındadır (Koyuncu vd., 2000). Boyamada reaktif naftol, direkt, kükürtlü, indigo gibi çeşitli boya türleri kullanılır. Pamuklu mamulleri boyamada kullanılan çeşitli kimyasal maddeler Çizelge 4.1'de verilmiştir (Öztürk vd., 1986). Boyar maddeler taşındıkları ortam içinde çözelti halinde bulunur, eğer bu ortamda çözünmeyen renklendirici madde olursa bunlara "pigment" denir. Bunlar dokuma liflerinin renklendirilmesinde kullanılır (Kaderli, 1994).

Çizelge 4.1 Boya banyolarında kullanılan kimyasal maddeler (Öztürk vd., 1986)

Boya tipi	Kimyasal Madde
Anilin siyahı	Anilin hidroklorür, sodyum ferrosiyanür, sodyum klorit, pigment, sabun, sodyum dikromat
Inkişaf (küp)	Boya, penentrrant, sodyum klorür, sodyum nitrat, hipoklorit asit, inkişaf ettirici beta naftol, sabun veya sulfatlanmış sabun
Direk	Boya, sodyum karbonat, sodyum klorür, ve ıslatma maddesi
Naftol	Boya, kostik soda, çözülebilir yağ, alkol, sabun soda külü, sodyum klorür, baz, sodyum nitrat, sodyum nitrit, sodyum asetat
Sülfür	Boya, sodyum sülfid, sodyum karbonat, sodyum klorür, sodyum dikromat
Küp	Boya, kostik soda, sodyum bi sülfid, çözülebilir yağ, jelatin, perborat veya hidrojen peroksit
Reaktif	Boya, tuz (sodyum klorür ve sodyum sülfat), sertlik giderici (calgon T), soda, sabun, baz, asetik asit

Boyalı atıksuların, boya tipinin belirlenmesi; boyanın kumaşa uygulanma yöntemi yada boyanın kimyasına göre olur. Boyalar genellikle iki anahtar öge içeren küçük moleküllerdir. Bu iki anahtar öge; renkten sorumlu kromofor ve boyayı life bağlayan işlevsel gruptur. Kimyasal yapılarına ve liflere uygulanış tiplerine göre tanımlanmış ve rapor edilmiş literatüre geçmiş yüzlerce boya vardır (Correia vd., 1994). Florasan beyazlatıcı yardımcı maddeler göre yapılan başka bir sınıflandırma ise anyonik bileşikler (asit boyalara benzer olarak) (pamuklu, yünlü ve poliaminli iplikler), katyonik bileşikler (selüloz ve poliaminler), çözülebilir grupları olmayan bileşikler (dispers boyalara benzer olarak; polyester, poliamid ve selüloz asetatlar) olmak üzere üçe ayırmıştır (Schubert, 2000). Farklı boya-iplik bileşimleri için sabitleme derecesi ve çıkışta kaybedilen oranların uygulaması renk ve boya uzmanları derneği ruhsatında (Society of Dyers and Colourists) çizelge 4.2 deki şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Boyaların uygulanan ipliğe göre sabitleme ve çıkışta kaybedilen oranları (O'neill vd., 1999)

Uygulanan boya sınıfı	İp	Sabitlenme derecesi %	Çıkışta kaybedilen %
Asid	Poliamid	85-95	5-20
Bazik	Akrilik	95-100	0-5
Direk	Selüloz	70-95	5-30
Dispers	Polyester	90-100	0-10
Metal-kompleks	Yün	90-98	2-10

Sülfür	Selüloz	60-90	10-40
Reaktif	Selüloz	50-90	10-50

Genel olarak boyalar iki iki bileşikten oluşur. Kromofor ve fonksiyon grubu kromofor boyanın rengi için önemli bir bileşiktir. bir yada birden çok bağ içerir. Bu bağlar değişkendir ve ışığı absorblayarak, boyanın parlak renkli görünümünü sağlar (Delee vd.,1998). Reaktif boyalar; moleküllerinde bulundurdıkları bir veya iki reaktif guruba göre sırasıyla monoreaktif ve bireaktif olarak adlandırılırlar (Knudsen vd., 1996).

Monoreaktif

Tip 1



Monoreaktif

Tip 2



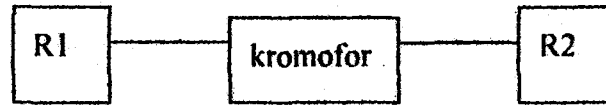
Bireaktif

Tip 1



Bireaktif

Tip 2



Bireaktif

Tip 3



Reaktif boya maddeleri özellikle ki bunlar diğer boya maddelerine benzemez, tekstil fibrillerine kovalent bağlıdırlar. Baskın 7 reaktif grup : dichlortrizain (DCT), monochlotriazin (MCT), sulfatethylsulphon (VS), trichlorpyrimidin (TCP), dichlorquinoxalin (DCC), diflourcklopyrimidin (DFCP)ve monoflourtrazin (FT)dir (Knudsen vd., 1996). Kovalent

bağlarla bağlanan reaktif boyalar selülozik ipliklerin iyonize hidroksil gurupları ile reaksiyona girmez. Fakat boyahaneler içine hidroksil iyonları verilmesine bağlı olarak selüloz substaratlar ile alkali boyanma durumları yarışır ve hidroliz olan boyaların oranları iplikler ile sonuçlanır (Carliell vd., 1998).

Klasik su kullanımı ve yardımcı kimyasallar ile istenilen ton elde edilebilir. Özel ton elde etmek için kullanılan boya maddesi bileşikleri farklı kimyasal ve fiziksel özellikler içermektedir. Karışık kimyasalların kullanılması nedeniyle suyun sertliğine karşı korunmaları ve / veya su içinde dağılmış boya maddesi hidrolizini pamukla birlikte kontrol altına almak gerektir (Knudsen vd., 1996).

Kumaştaki boyanın sabitleştirilme işlemi çeşitli uygulanması gerekli olan bağlayıcılarla olur. Bunlar

*Kovalent (reaktif boya)

*Elektrostatik (asit ve katyonik boyalar)

*Adsorpsiyon (dispers boyalar)

*Hidrojen bağlayıcılar (küp ve metal kompleksler) (Schubert, 2000)

Boyanın türü ve boyama basma işlemlerinde sabitleme derecesine göre boyaların tutunmalarının ortalama dereceleri; sürekli boyamalı işletmelerde dispers boyalar %95, basma işleminde dispers boyalar %97, reaktif kesikli boyalar için yünlü iplikte % 95, pamuklu iplikte %70, sürekli azo boyamanın pamuklu ipliğinde %84, basmada %87 olarak bulunmuştur (Schubert, 2000).

Azo boyalar en çok kullanılan sentetik boyalardır. Bu boyalar anaerobik bakterilerin saldırısına karşı genel olarak dayanıklıdır. Aerobik arıtma sistemlerine de uygun değildir. Bununla beraber; azo bağının normal anaerobik koşullar altında bakterilerce nasıl giderilebilirliği bilinmektedir (Kallyuzhnyi vd., 2000; Knapp vd., 1995; Wong vd., 1996).

3) Durulama

Yıkama ve işleme adımlarından sonra ürün üzerindeki artık maddelerin uzaklaştırmak için yapılmaktadır.

4) Apre Ve İkmal

Kumaşa iyi bir görünüş, yumuşaklık ve düzgünlük kazandırmak için bu işlem yapılır. Özel

bitirme işlemleri ile kumaş buruşmaz, , çekmez, su geçirmez ve zor yanar hale getirilebilir. Bu ünite de nişasta, dekstrin, tabii ve sentetik vakslar, sentetik reçine, amonyum ve çinko klorür, yumuşatıcı maddeler ve ıslatıcılar kullanılır (Öztürk vd., 1986). Özel bitirme işlemlerinin çıkışta, pentaklorofenoller ve etilklorofosfatlar gibi toksik organik maddeler bulunabilir (Correia vd., 1994).

4.3 Altkategoriler

Tekstil endüstrisinde birbirinden oldukça farklı üretim yapan kısımlar olduğundan atıksuların karakteristikleri de oldukça farklı ve büyük sınırlar içersinde değişir (Öztürk vd., 1986). Aynı kategoride olmasına rağmen üretim farklılıkları veya proseslerde oluşan farklılıklar yüzünden atıksuda farklılıklar meydana gelir. Ayrıca hammadde, ürün, su kullanımı ve atıksu karakteristiklerindeki benzerlikler göz önüne alınarak altkategorizasyon yapılmıştır (Tünay,1996).

A. Yapağı Yıkama

Ham yün elyaf vd.er hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsamaktadır.yünün temizlenmesinde ilk sulu işlemdir. Yün elyafında bulunan tabii kirleticileri gidermek için yapılır. Yün elyafında bulunabilecek kirleticiler; ot,saman, gübre,kum, toprak,hayvanların tanınması için kullanılan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık ve haşelere karşı koruyan ilaçlı maddelerin artıklarıdır (Yapraklı, 1997). Yapağı yıkama işlemi ile kirler ve yağ, emülsyon haline geçer ve çoğunlukla yağlı bir köpükle kaplı kahverengi, kumlu, bulanık bir atıksu meydana getirir (Öztürk vd., 1986).

Yapağı temizleme çıkışı yağlı yünlerin; sıcak su ve deterjanla yıkanmasıyla meydana çıkar. Bu da oldukça kirletici 40.000 mg/L BOI değerine kadar çıkan bir atıktır. Aerobik ve anaerobik durumlarda yapağı temizleme çıkışındaki anlık bakteri üremesi uzun zaman içersinde kararsızlığa yol açabilir. Günümüzde uygulanan lagün sisteminde kirliliğin giderimindeki temel mekanizma;uzun bekletme sürelerindeki (18-20 gün) anaerobik biyoflokülasyondur (Mercz vd., 1997).

B. Yün Son İşlemleri

Yün elyaf karışımı kumaşlarda ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemezlilik ve benzeri işlemlerden birinin uygulanmasını kapsamaktadır. Karbonizleme ve dinkleme proseslerindeki içeren bu alt kategoride karbonizleme; %100 yünlü kirli liflerinde bulunan bitkisel atıkların yıkama vd.er işlemler sırasında giderilemeyen kısmının uzaklaştırılması, dinkleme ise yün liflerinin keçeleşme özelliği kullanılarak kumaşın görünüm

ve tutumunun değiştirilmesini amaçlayan proseslerdir. Karbonizleme işlemi; materyalin, sülfirik asit ile iyice ıslatılması işlemi ile başlar, daha sonra bu işlem kurutma ve pişirme işlemi ile devam eder (Correia vd., 1994).

C. Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri

Dokunmuş kumaşlara haşıl sökme, yıkama, ağartma, mersevizasyon, boyama, basma, apre ve benzeri işlemlerinden birinin uygulanmasını kapsar (Yapraklı, 1997; Doğruel, 2000).

Haşıl sökme; pamuk liflerinin içersinde yağ, mum, pektin, hemiselüloz ve proteinler gibi yabancı maddeler bulunmaktadır ve lifler hafif sarımtırak renge sahiptirler. Liflerin arasında ise toplanırken karışmış olan yaprak, koza, çekirdek kabuğu v.b. gibi atıklar bulunmaktadır (Demirel vd., 2000). Haşıl giderimi, haşıllama işlemi sırasında çözündürme, hidrolize etme, oksidasyon gibi işlemlerle, iplik üzerine uygulanmış maddelerin ortamdan uzaklaştırılmasını sağlar. Yüzey aktif maddeler, enzimler, asitler ve alkaliler ve haşıllar nedeni ile haşıl giderim prosesinin çıkış suyuna eklenen maddeler ortamdaki kirletici yükünün artmasına neden olur.

Ağartma işlemi ise pamuk vd.er liflerin doğal sarımtırak renklerini uzaklaştır, dolayısıyla beyazlığını artırır. Bu işlem genellikle bitmiş kumaşın beyaz veya çok açık renge boyanması istendiğinde tavsiye edilir. Bu hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit veya sodyum klorit kullanılmasına neden olan bir oksidasyon işlemidir. Sülfirik asit, hipoklorik asit, sodyum hidroksit, sodyum bisülfid, yüzey aktif maddeler gibi yardımcı kimyasallar genellikle ağartma veya son durulama işlemi sırasında kullanılır ve kirlilik yüklemesine katkıda bulunur. %100 sentetik yada yünlülerin işlenmesi esnasında sadece hafif ağartma yada başka hiçbir işlem tavsiye edilmez, böyle durumlarda oluşan atıksu önemli bir kirlilik sebebi değildir.

Mersevizasyon; özellikle saf pamuklu kumaşlara uygulanan bir yöntemdir. Sodyum hidroksitli banyoda yıkanan ve nötralize edilmek üzere son olarak asitle işlem görenlere uygulanır. Bu işlemin amacı; kumaşa parlaklık vermek, boyanma eğilimini ve gerilme direncini arttırmaktır. Mersevizasyon işleminde atıksuyun BOD ve toplam katı madde seviyesi düşüktür ama nötralizasyon için kullanılan alkali seviyesi yüksektir (Correia vd., 1994).

Boyama ve baskı tekstil malzemesinin renklendirilmesi için kullanılır. Baskı boyanın özel bir şekli olup boyama işleminde genellikle tek renkli ürün elde edilirken baskı işleminde çok renkli motifler elde etmek ve böylece ürüne daha cazip bir görünüm sağlamış olur. Boyama işleminde pamuklu ve sentetikler için farklı yöntemler mevcuttur (Uçar, 1995).

D. Örgü Kumaş Son İşlemleri

Bu alt kategori çoğunluğu örgü olan pamuklu ve /veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama,

ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar (Yapraklı, 1997; Doğruel, 2000).

Konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı bakımından oldukça geniş bir aralık göstererek dokunmuş kumaş terbiyesi atıksularına benzerdir (Öztürk vd., 1986).

E. Açık Elyaf Son İşlemleri

pamuklu ve/veya sentetik iplik ve elyafa yıkama, ağartma, boyama, basma, apre ve benzeri işlemlerden birinin uygulanmasını kapsamaktadır.

Meydana gelen atıklar, diğer altkategorilerdekiler kadar kuvvetli değildir ve elyafların tek bir çeşit veya karışık olarak işlenip işlenmediklerine bağlı olarak değişir (Öztürk vd., 1986).

F. Halı Son İşlemleri

Tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsar. Çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemleri de bulunan tesisler bu alt kategoridirler.

Başlıca atık kaynakları boyama ve baskıdır. Fakat, bu prosesler konvansiyonel ve non-konvansiyonel kirleticilerde ekstrem değerler meydana getirmez. Özel bitim işlemlerinin atık debisinc olan etkileri düşüktür (Öztürk vd., 1986).

G. Dokusuz Yüzeyli Kumaş Üretimi

Yün, pamuk veya sentetik malzemenin yalnız veya karışım halinde mekanik termal ve/veya yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile imal edilen ürünleri kapsar.

Dokusuz yüzey üretiminin yapısı, nispeten küçük hidrolik ve kirletici yüklerine sahip bir tesise benzer özellik taşır (Öztürk vd., 1986).

H. Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi

Bu altkategori; dinkleme ve keçeleştirme işlemleri sonucunda dokusuz yüzeyli ürünlerin elde edilmesini kapsamaktadır. Yün, rayon ve yün-rayon-polyester karışımı keçeleştirme işleminde kullanılan başlıca elyaflar arasında yer almaktadır. Rayon %100 rejenere edilmiş selülozdur ve işleme amaçları için temiz pamuk olarak değerlendirilebilir. yüksek hacimli fakat genellikle seyreltik bir yapıda atıksu meydana gelir.

Dinkleme ve boyamayı takiben durulamalar yapılıyorsa, su kullanımı ve kirletici miktarları artar (Öztürk vd., 1986).

I. Az Su Kullanılan İşlemler

İplik yapımı, tekstürize iplik yapımı, dokuma, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli

çok çeşitli kuru işlemleri kapsamaktadır. Az su kullanılan işlemler altkategorisinde esas atık kaynağını işlemler sırasında yararlanılan donanımın yıkanması ve temizlenmesi ile soğutma meydana getirmektedir.

Proses ile ilgili atıksuların toplam deşarjın büyük bir kısmını oluşturduğu yerlerde, atıksu karakteristikleri başlıca haşılama prosesine (konvansiyonel dokuma), dokuma prosesine veya ıslatma, şişirme veya doyurma prosesine (yapışma ile ilgili fabrikalar) bağlıdır (Öztürk vd., 1986).

J. Koza İşleme Ve Doğal İpek Üretimi

Koza kaynatma (pişirme) ile ipck çekimi işlemlerini ve ipck ipliği üretimini kapsamaktadır.

Tekstil atıksuları, içerdikleri boyar maddeler ve çok sayıdaki kimyasallardan dolayı oldukça değişken olabilir. Genel olarak ürün türü ve buna bağlı olarak kullanılan ham maddeler uygulanacak arıtma yöntemini belirlemede en önemli faktörlerdir. Çizelge 4.3'de değişik tekstil işletme kategorilerinden kaynaklanan kirlilik yükünü göstermektedir.

Çizelge 4.3 Tekstil işleme kategorileri (Başbüyük vd., 1998)

Parametre	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*
BOİ/KOİ	0,2	0,29	0,35	0,54	0,35	0,3	0,31
BOİ(mg/L)	6000	300	350	650	350	300	250
AKM(mg/L)	8000	130	200	300	300	120	75
KOİ(mg/L)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
Yağ ve gres(mg/L)	5500	-	-	14	53	-	-
Toplam krom(mg/L)	0,05	4	0,014	0,04	0,05	0,42	0,27
Fenol(mg/L)	1,5	0,5	-	0,04	0,24	0,13	0,12
Sülfat(mg/L)	0,2	0,12	8	3	0,2	0,14	0,09
Renk (ADMI)	2000	1000	-	325	400	600	600
pH	8	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık (C°)	28	62	21	37	39	20	38
Su kullanımı (l/kg)	36	33	13	113	150	69	150

*Kategorilerin tanımı:

1. ham yün yıkama, 2. iplik ve kumaş üretimi, 3. yün işleme, 4. dokunmuş kumaş işleme, 5. kumaş örgü bitirme, 6. halı üretimi, 7. iplik boyama ve bitirme işlemi

Endüstriyel üretim yapan kuruluşlar atıksularını kanalizasyona verebilmek için İSKİ bünyesindeki Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetim Daire Başkanlığı'ndan atıksularını kanalizasyona ve/veya alıcı ortama boşaltma şartlarını belirleyen bir belge olan "Deşarj Kalite Kontrol Ruhsatı" almak zorundadır. Bu belgeyi almak için müracaat eden sanayi kuruluşun atıksuyundan ardaşık iki adet 2 saatlik kompozit numuneler alınır ve analiz neticesi elde

edilen parametrelerin ortalamalarının “Atıksuların Kanalizasyon Şebekesi Deşarj Yönetmeliği”nde verilen deşarj limitlerini geçip geçmediğine bakılarak ön arıtma veya arıtma ihtiyacının olup olmadığı tespit edilir (Sarıkaya ve diğ., 1999). Çizelge 4.4’de 2 saatlik kompozit için su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre tekstil endüstrisi atıksuların alıcı ortama deşarj standartları verilmiştir.

Çizelge 4.4 Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre tekstil endüstrisi atıksularının alıcı ortama deşarj standartları (2 saatlik kompozit) (SKKY, 1988)

Parametre	Birim	Açık Elyaf , İplik Üretimi ve Terbiye	Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri	Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	İlali Terbiyesi ve Benzerleri	Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri
BOI ₅	mg/L	80	90	90	200	50	120	100
KOI	mg/L	350	400	250	400	300	300	400
AKM	mg/L	-	140	160	400	-	160	-
Amonyum Azotu	mg/L	5	5	5	5	5	5	-
Serbest Klor	mg/L	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Toplam Krom	mg/L	2	2	2	2	2	2	-
Sülfür	mg/l.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sülfid	mg/L	1	1	1	1	1	1	-
Çinko	mg/L	-	-	-	-	-	-	12
Fenol	mg/L	-	1	-	-	1	1	1
Yağ ve Gres	mg/L	10	-	10	200	10	10	-
Balık Biyodeneyi (ZSF)	mg/L	4	4	4	-	4	-	3
pH	mg/L	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9

4.4 Tekstil Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirlik Çalışmaları

Arıtılabilirlik deneyleri, tesisin atıksularının arıtılmasında kullanılacak düzenlerin uygulanabilirliğinin laboratuvar ölçeğinde araştırılması amacı ile yürütülür. Genel olarak, bir arıtılabilirlik deneyi:

- Arıtma yönteminin uygulanabilir olup olmadığının belirlenmesi
- Uygulanabilir yöntemlerin de çeşitli çalışma koşullarındaki performansları hakkında bilgi edinilmesi, amaçlarına hizmet eder (Tünay 1991).

Pamuklu kumaşların işlem gördüğü örgü kumaş son işlemleri alt kategorisine giren fabrika atıksularına önce kimyasal sonra biyolojik arıtılabilirlik çalışmasının sonucu Çizelge 4.5’deki gibi bulunmuştur. Reaktif boya numunesi yüksek organik madde içeriğine karşın kolayca ve

yüksek verimle arıtılabilmektedir. Sonuçlara göre konvensiyonel tipteki arıtma ile dahi %80 civarında BOİ giderilebilmiş ancak bu halde KOİ giderme verimi %50'lerde kalmıştır (Tünay 1991).

Çizelge 4.5 Reaktif boya kompozit numunesi aerobik yolla biyolojik arıtılabilirlik sonuçları (pamuklu örgü kumaş son işlemler) (Tünay 1991)

Bekletme süresi	KOİ (% verim)	BOİ_s (%verim)
8	52	82
24	67	92
24	72	92
22	74	93
43	73	93

Collishaw vd.erleri (1992)'de yaptığı araştırmalarda, 2000 yılına kadar her yıl iplik üretiminin; %0.4 artış göstereceği ve pamuk tüketiminin 23 milyon ton değerine ulaşacağı belirtilmiştir. Buna göre; boya tüketimi de, pamuk tüketimi ile birlikte artış gösterecektir. Tekstil boyahanelerinde kullanılan boyaların bir kısmı elyaflar tarafından emilirken, özellikle pamuklu tekstil endüstrisinde kullanılan reaktif boyaların %10 ile 50'lik bir oranı atıksulara karışmaktadır. Bu atıksuların büyük bir kısmı, biyolojik olarak zor ayrışan atıklardır (Koyuncu vd., 2000).

Bazı azo boyalar ve onların bozunmuş ürünleri onların yaşayan organizmalarda güçlü toksik, mutajenik veya kanserojenik şekilde etkilidir. Bu yüzden, deşarjdan önce bu atıksular arıtılmalıdır. Bununla birlikte azo boyaları aerobik koşullar altında biyolojik ayırma karşı oldukça dayanıklıdır ve kolayca klasik aerobik atıksu arıtım sistemlerinden geçer.(Knapp vd., 1995, Kalyuzhnyi vd., 2000) Tekstil atıksularının değişken içerikleri klasik arıtma metotlarını yetersiz hale gelmesine sebep olur. Bundan dolayı daha pahalı ve etkili arıtma metotları (ozonlama, elektro-kimyasal metodlar v.s.)aranmaktadır (Sacks vd., 1999). Öte yandan anaerobik sistemlerin ekonomik olması nedeniyle tekstil atıksularının arıtımında anaerobik reaktörlerin kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalara önem verilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda; azo boyaları azo bağlarının anaerobik ortamlarda ayrıştırılmasıyla görünür biçimde renksizleştirilebildiği gözlenmiştir. Azo boyalarının bu özelliği verimli bir biyomineralizasyon prosesi tasarımı anaerobik- aerobik ardaşık düzeni gerektirmektedir. Değişik boyalar üzerinde yapılan biyolojik parçalanma çalışmalarında anaerobik yöntemlerle boyalı atıksuları renksizleştirmek için kullanılabilir ve sonraki aerobik arıtma için atıksuyun biyolojik parçalanmasını kolaylaştırır (Chinwetkitvanich vd., 2000).

Bazı atıklar ve mikrobiyal gelişmeyi desteklemeyen bazı kirleticiler biyoreaktöre tek başına uygulandığında biyolojik olarak parçalanmayı destekleyen yardımcı bir substrat gereklidir (Chinwetkitvanich vd., 2000). Kalyuzhnyi ve Skiyar (2000)'ın çalışmasında 30°C de anaerobik çamur kullanılarak serum şişeleriyle UASB reaktörü yapmış; çalışma da anaerobik çamurdan granüler çamur elde edilmiş ve ko-substrat kullanılarak (ethanol ve siriusgelb) ve kullanılmadan deneyler yapılmıştır. Ko- substratla yapılan deneyler; hem ko-substratsız anaerobik hemde aerobik reaktörlerden elde edilen sonuçlara göre çok daha iyi verim elde edildiği gözlenmiştir. Ko-substratla elde edilen arıtım verimi anaerobikte %51 iken aerobik sistemden elde edilen verim %20 ile 30 arasında bulmuşlardır. Aynı zamanda 1000 mg/L glikozunda serum şişesine aşılanmış anaerobik biyokütlenin renk giderimini arttırdığı rapor edilmiştir (Chinwetkitvanich vd., 2000).

Tekstil endüstrisi atıklarında bulunan reaktif azo boyalarının KOI/BOI₅ oranlarının 8-50 arasında değiştiği belirtilmektedir. Çift bağlı azot halkasına sahip bu boyaların inert KOI içeriği nedeni ile renk ve kalıcı KOI'nin giderilmesi anaerobik arıtmanın ön arıtma olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Reaktif boyalardaki azo grubu ışığı absorblayarak içinde bulundukları bileşiğe çeşitli renkler verirler. Azo bileşiklerinin biyolojik gideriminin ve renksizleştirilmesinin indirgeyici anaerobik biyoproseslerle gerçekleştiği saptanmıştır. Anaerobik ayrışma sırasında ilave bir karbon kaynağının olması azo boyalarını indirgeyen biyokütlenin elektron taşınımı için gereklidir. Yapılan bir çok çalışmada azo halkasının bakteriler tarafından indirgenmesi için sürekli elektron veren ko-substratların (yardımcı besi maddesi) olması gerekliliğini savunmuştur. Çalışmalarda ko-substrat olarak nişasta ile karboksimetil selüloz konulmuştur. Azo boyaları gibi inert bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından kullanılması ve metabolize edilmesi için organizmalar tarafından alınması gereken minimum substrat konsantrasyonlarının altında olması gerekmektedir. 20 günlük çamur yaşında 30 mg/L boya ve 1500 mg KOI/l glikoz içeren serum şişelerinde arıtılabilirlik çalışması sonucunda anaerobik çamur kullanıldığında KOI giderim verimi %37-54, granül çamur kullanıldığında KOI giderimi %68-78 arasında bulunmuştur. 13 günlük çamur yaşında 60 mg/L boya 5000 mg KOI/l glikoz içeren serum şişelerinde anaerobik çamur için KOI giderimi %38-23, granüler çamur için KOI giderimi %48-61 arasında bulunmuştur. Hidrolize olmuş reaktif black 5 boyası ile yapılan başka bir çalışmada kontrol reaktöründe çıkış suyu renginin önemli ölçüde koyulaştığını ve bunun nedenini mikrobiyal metabolitler, ölü anaerobik mikroorganizmalara ait hücre dışı enzimler ve anaerobik metabolizma ürünlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Sponza vd., 2000).

j. Sacks ve C.A. Buckley (1999) yaptıkları laboratuvar çalışmalarında 125 ml'lik serum şişelerinde değişik konsantrasyonlar içeren sentetik atıksu ile çalışmışlardır. Almanya'da bulunan tekstil atıksuyunu örnek alarak hazırlamışlardır. 30 ml numune ve 30 ml aşı çamuru 100 ml'ye distile su ile tamamlanmıştır. Mikroorganizmalar ile substrat arasındaki teması sağlamak için şişeler günde bir defa elle sallanmıştır. 37°C de çalıştırılan sistemde gaz üretimi hacimsel olarak ölçülmüştür. Sentetik tekstil atıksuyunun giderim sonuçları polivinil alkol (PVA) için KOİ giderimi %70, gaz üretim hızı 3,24 ml/gün; nişasta için KOİ giderimi %85, gaz üretim hızı 0,03ml/gün; karboksi metil selüloz (CMC) için KOİ giderimi % 55, gaz üretim hızı 7,04 ml/gün olarak bulmuşlardır (Sacks vd., 1999). Peynir işletmesinden çıkan boyalı atıksuyuna glikoz eklenmesiyle KOİ'sini 2 kat artırılmasıyla araştırılan UASB tipli reaktörde Organik yükleme oranı : 6,2 g KOİ/gün, Hidrolik bekleme süresi : 6 gün için maksimum KOİ giderimi %98 bulunmuştur (Gava vd., 1999).

Tekstil boyalarının anaerobik ortamda serum şişeleri kullanılarak yapılan diğer arıtılabilirlik çalışmaları Çizelge 4.6'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.6 Tekstil boyalarının anaerobik ortamda serum şişeleri kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmaları ve sonuçları

Atıksu Tipi	Ko-substrat	Reaktör Tipi	Sıcaklık	Mikro-organizma	Verim	Kaynak
Sentetik azo-reaktif boya	Glikoz (%1) Nişasta(%0.5)	—	30°C	<i>Aspergillus foetidus</i> (fungus)	Glikoz için %30-95 Nişasta için %15-28 renk giderimi	S. sumathi ve B.S. Manju (2000)
Sentetik azo-reaktif boya	Glikoz(850 mg/LKOİ) ile Asetik Asit (150 mg/LKOİ) birlikte	Anaerobik / Aerobik Çamur yataklı reaktör	30°C	—	%63-64 renk giderimi %90-96 KOİ-TKN giderimi	T. Pansawad ve W.Luangdilok (2000)
Sentetik katyonik boya	—	Yukarı akışlı anaerobik reaktör (2 fazlı)	37°C	Asetoklastik metanojenler Asetogenesis	%74-90 renk giderimi %70 KOİ giderimi	A.M.Talarposhti, T.Donnelly ve G.K.Anderson (2000)
Sentetik reaktif boya	Nişasta	YAHÇR (2 fazlı)	29-32°C	Sülfat giderici bakteriler, Metan üreten bakteriler	%36-71 renk giderimi	S.Chinwetkitvanich, M.Tuntoolvest, T.Panswad (2001)
Sentetik azo- boya	Ethanol siriusgelb	YAHÇR	30°C	—	%48-61 KOİ giderimi	Kalyuzhnyi ve Skiyar (2000)

Sentetik Reaktif azo-boya	Glikoz	Anaerobik çürütücü (karışimsız)	32 ⁰	—		Carliell (1994)	vd.
---------------------------	--------	---------------------------------	-----------------	---	--	-----------------	-----

Chinwetkitvanich vd., (2000), boyalı atıksu ve sentetik atıksuyun ko-substratlı ve ko-substratsız olarak biyolojik reaktördeki verimini araştırmışlardır. İki basamaklı YAIÇR'le HBS 12 saat olarak çalışılmıştır. Bu çalışmadaki ko-substrat olarak kullanılan nişastanın verime etkisi çizelge 4.7 de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7 Ko-substratın atıksu arıtımına etkisi (Chinwetkitvanich vd., 2000)

Ko-substrat (mg/L)	Boya	KOI _{toplam} (mg/L)	KOI _{verim} (%)
0 (mg/L)	Kırmızı	408	27
	Mavi	96	13
	Sentetik mavi	47	-20
200 (mg/L)	Kırmızı	619	40
	Mavi	300	73
	Sentetik mavi	250	68
500 (mg/L)	Kırmızı	940	45
	Mavi	602	84
	Sentetik mavi	549	79

Boya moleküllerini ayrıştırabilmek için ortama asetat yada farklı bir karbon kaynağı (nişasta gibi) ilave edilir. Eğer hiçbiri mevcut değilse, bu reaktörde renk giderimi mümkün değildir. Yapılan bu çalışmada, sentetik boyaya yardımcı karbon kaynağı verilmediğinde asidifikasyon basamağında renk giderimi olmazken, belirli bir miktarda asetik asit içeren ham atıksularda renk giderimi %6 oranında başarılabilmektedir. Her iki basamaktaki reaktörde belirgin bir biçimde sülfid üretiminin gözlenmesi oldukça gariptir. Sülfid, ham atıksularda sentetik boyalı atıksuya göre oldukça belirgindir. Buda bize organik karbon tüketimini yapan bakterilerle sülfat giderici bakterilerin beraber bulunup rekabete girdiğini göstermektedir. Bu durum, sisteme belli bir ko-substrat eklendiğinde daha da belirgindir. Örneğin; 500 mg/L nişasta içeren sentetik ve ham atıksu çıkışlarında sırasıyla 6,8 ve 53,1 mg/L S⁻² bulunmuştur (Chinwetkitvanich vd., 2000).

5. KOİ BİLEŞENLERİ

Tekstil endüstrisinde ürünler doğal ve sentetik ham maddelerden değişik prosesler kullanılarak üretilir. Kullanılan ham madde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği, su kullanımlarının çok farklı oluşu, endüstride yapının son derece değişken olduğunu gösterir. Bu dinamik yapı, atıksu karakterizasyonu ve uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımakta, endüstri için tipik bir atıksu ve standart arıtma teknolojisinden söz etmek anlamsız hale gelmektedir (Pınarlı vd., 1999).

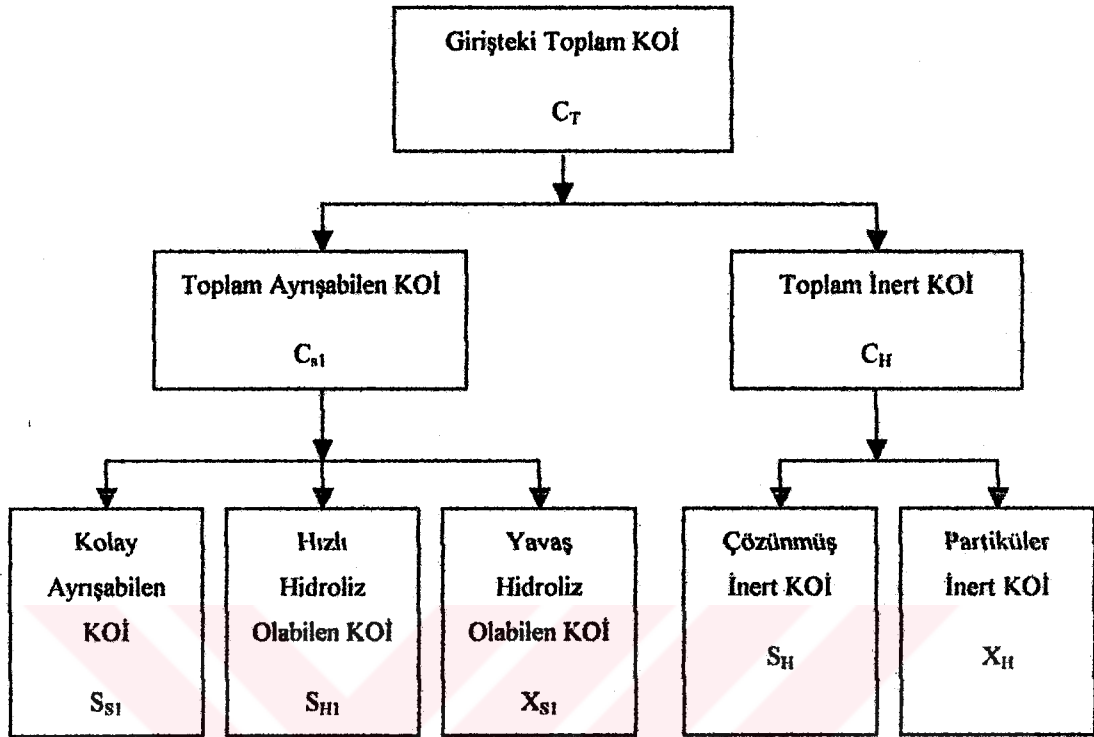
Günümüzde tek substrat ve biyokütle bileşenlerinden oluşan konvansiyonel aktif çamur modelleri geçerliliğini yitirmiştir. Gerek atıksu karakterizasyonu gerekse aktif çamur prosccsinin daha iyi açıklanması ve anlaşılması için çok bileşenli modellere geçilmiştir (Çokgör vd., 1998).

Aktif çamur sistemlerinde substratın biyolojik olarak ayrışması sonucu biyolojik açıdan inert (biyolojik olarak parçalanamayan) bazı ürünlerin ortama bırakıldığı gözlenmiştir. Ayrıca iki bileşenli modellerde substrat ölçümleri için uygulanan kollektif parametreler (KOİ, BOİ, TOK vs.) teorik kavramların karşılığı olmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı günümüzde, reaktördeki biyokütle fraksiyonları, giriş ve çıkış akımlarındaki çözünmüş substrat bileşenleri fraksiyonları ile birlikte sistemden atılan çamur miktarı hakkında daha gerçekçi bilgiler veren çok bileşenli aktif çamur modelleri kullanılmaktadır (Çokgör vd., 1999).

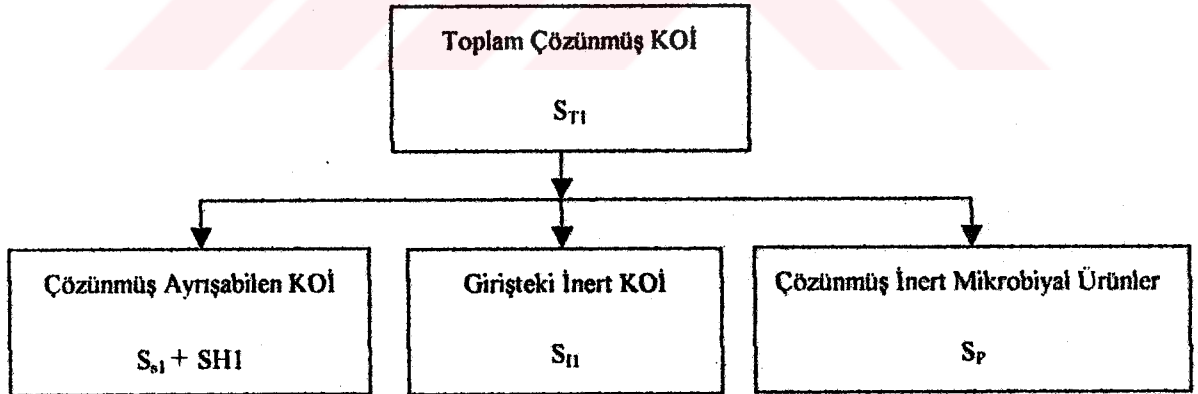
KOİ, modelleme açısından biyolojik olarak ayrışabilen ve inert organik madde veya hızlı ve yavaş biyolojik ayrışabilen fraksiyonlar arasındaki farklılığı vermez. İnert KOİ giriş suyunda bulunabileceği gibi biyolojik ayrışma esansında kalıcı mikrobiyal ürünlerden de meydana gelebilir. Kalıcı KOİ fraksiyonu, konvansiyonel atıklar için önemli (kritik) olmamakla birlikte, özellikle kuvvetli endüstriyel atıksularda biyolojik arıtılabilirlik ve kinetik analizlerde yanlış yorumlara yol açtığından önemli hale gelmektedir (Çokgör vd., 1998).

KOİ, parametresi biyolojik olarak parçalanma özelliklerine bağlı olarak, toplam biyolojik olarak ayrışabilen KOİ ve toplam inert KOİ olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Toplam ayrışabilen KOİ bileşeni ise organik maddenin ayrışma hızına bağlı olarak kolay ayrışabilen KOİ, hızlı hidroliz olabilen KOİ ve yavaş hidroliz olabilen KOİ fraksiyonları olarak üçe ayrılmaktadır. Toplam inert KOİ ise çözünmüş inert KOİ ve partiküler inert KOİ olmak üzere iki tiptir. Çözünmüş inert KOİ, reaktördeki biyokimyasal reaksiyonları etkilemeksizin girdiği gibi çıkarken; partiküler inert KOİ, aktif çamur bünyesine alınır, birikime uğrar ve çıkış akımı

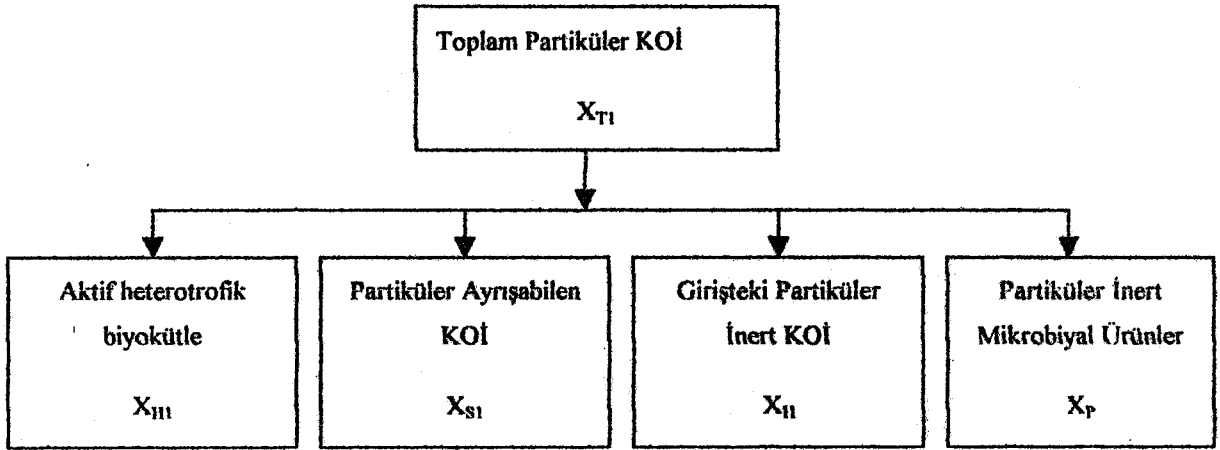
ile sistemi terk eder (Tünay vd., 2001) (Şekil 5.1, Şekil 5.2a, Şekil 5.2b).



Şekil 5.1 Atıksudaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı(Tünay vd., 2001)



Şekil 5.2(a) Karışım sıvısındaki KOİ fraksiyonlarının dağılımı çözünmüş inert KOİ (Tünay vd., 2001)



Şekil 5.2(b) Karışım Sıvısındaki KOİ Fraksiyonlarının Dağılımı - Partiküler KOİ (Tünay vd., 2001)

5.1 Çözünmüş İnert KOİ (S_H) Bileşenin Belirlenmesi

Atıksu arıtma tesisi çıkışındaki toplam organik madde miktarını çözünmüş inert organik maddeler (S_H), partiküler inert organik maddeler (X_H), mikrobiyal sentetik aktivitenin sonucunda üretilen çözünmüş inert mikrobiyal ürünler (X_P) meydana getirmektedir. Özellikle kuvvetli atıksularda giriş akımındaki çözünmüş KOİ bileşenleri, biyolojik arıtmanın performansını önemli ölçüde etkilemekte ve endüstri kategorileri için geliştirilmiş deşarj standartlarına ulaşılmasını önleyebilmektedir (Doğruel, 2000).

Ekama ve diğerleri (1986), tam karışimli laboratuvar ölçekli bir sistemde girişteki çözünmüş inert KOİ nin filitrelenmiş çıkış KOİ sine eşit olacağını belirtmiştir. daha sonraları, IAWPRC Task Grup tam karışimli sürekli çalışan ve çamur yaşı on günün üzerinde olan bir reaktörden alınan ve kesikli bir reaktörde havalandırılan farklı bir metot tanımlamışlardır (Çokgör vd., 1999).

Giriş akımındaki; çözünmüş inert organik maddeler sadece KOİ ölçümlerine dayanan yeni bir uygulama ile deneysel olarak doğrudan belirlenebilmektedir (Orhon vd., 1994). Böylece çözünmüş inert organik bileşikler ile sistemde oluşan mikrobiyal ürünlerin inert kısmı birbirinden ayrılabilir. Bu yeni uygulamaya göre önceden akline olmuş az miktardaki (10-50 mg UAKM/l) biyokütle ilave edilen üç reaktörde uygulanır (Yılmaz vd., 1995). Ham atıksu reaktörü, süzölmüş atıksu reaktörü ve süzölmüş atıksuya eşdeğer konsantrasyonda KOİ içeren glikoz reaktöründen oluşur. Süzölmüş atıksu reaktöründeki inert KOİ kısmından,

glikoz reaktörü sonucunda oluşan mikrobiyal ürünlerin inert KOİ si arasındaki fark bize çözünmüş inert organik bileşikleri göstermiş olur (Pınarlı vd., 1999). Çünkü glikoz reaktörü saf bileşimli olduğu için girişte inert madde yoktur ve çıkıştaki inert madde içeriği mikrobiyal ürünlerden meydana gelmektedir (Yılmaz vd., 1995).

Tekstil atıksularıyla yapılan çalışmalarla ilgili olarak literatürde verilen deneysel sonuçlar Çizelge 5.1 de verilmektedir (Çokgör vd.,1998).

Çizelge 5.1 Tekstil atıksuyunda çözünmüş inert KOİ ile ilgili literatürde verilen deneysel sonuçlar (Çokgör vd.,1998)

Atıksu tipi	S _{Tİ} (mgKOİ/l)	S _{II} (mgKOİ/l)	Kaynaklar
Dokunmuş kumaş	1176	90	Orhon vd. 1992*
Örgü kumaş	800	88	Orhon vd. 1992*
Örgü fabrikası	535	117	Orhon vd. 1992*
Pamuklu ve sentetik son işlemler	1000	190	Germirli vd. 1991*
Örgü fabrikası	686	150	Eremektar vd. 1996*
-	470	12	Çokgör, 1997*
-	560	21	Çokgör, 1997*
Pamuklu örme kumaş	2300	170	Germinli Babuna, 1998**
Yün iplik boyama	710	28	Germinli Babuna, 1998**
Polyester örme kumaş	1985	415	Germinli Babuna,1999***
Pamuklu örme kumaş	1470	260	Germinli Babuna,1999***
Pamuklu+polyester örme kumaş	2400	250	Germinli Babuna,1999***
Önceden boyanmış kot	2400	100	Germinli Babuna,1999***

*(çokgör vd. 1998)

** (germirli babuna vd.. 1998) (wat sci tech vol38,no4-5 pp,9-17)(modelling of activa slud..)

*** (germirli babuna vd.. 1999) (wat sci tech vol40,no1 pp,145-152)(evalu of treat for tex mill..)

Pamuklu ve sentetik örgü fabrikası atıksuyu ile yapılan diğer bir çalışmada KOİ bileşenleri ile

ilgili bulunan sonuçlar Çizelge 5.2’de verilmektedir (Orhon vd.2001).

Çizelge 5.2 Pamuklu ve sentetik örgü fabrikası atıksuyunun KOİ bileşenleri(Orhon vd.2001)

KOİ	Toplam atıksu (mg/L)	Toplam atıksu (%)
Kolay ayrışabilen KOİ	118	10
Hidroliz olan	752	64
Girişteki çözülmüş inert	247	21
Girişteki partiküler inert	63	5
Toplam KOİ	1180	

Farklı atıksular için giriş akımındaki toplam atıksuda ölçülen organik madde miktarı çözülmüş (kolay ayrışan organik madde, yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) ve partiküller (yavaş ayrışan organik madde ve kalıcı organik madde) bileşenlerinin toplamı farklı evsel atıksulardaki deneysel çalışmaların sonucu çizelge 5.3 de gösterilmiştir (Çokgör vd.,1999).

Çizelge 5.3 Farklı evsel atıksulardan elde edilen KOİ bileşenleri sonuçları(mg/L) (Çokgör vd.,1999)

C _{T1}	S _{T1}	X _{T1}	S _{S1}	S _{I1}	X _{I1}	S _{H1}	X _{S1}
315	150	165	40	20	42	90	123
670	185	485	61	18	52	106	433
585	150	435	75	16	60	59	375

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada mezofilik şartlarda çalışan anaerobik reaktörlerde tekstil atıksuyunun arıtılabilirliği incelenmiştir. Tekstil sektörünün Türkiye için önemli iş alanı olması, insan gücünde bir yoğunlaşma yaşanmasına neden olmuştur. Böylece tekstil endüstrisinde tekstil atıksuyu dışında birde evsel karakterli atıksu oluşmaktadır. Bu nedenle tekstil atıksuyuna karışması muhtemel farklı debilerdeki evsel karakterli atıksu oranları denenerek anaerobik arıtılabilirlikleri incelenmiştir.

Ayrıca; farklı boya maddesiyle çalışan iki tekstil fabrikasından alınan atıksular ayrı ayrı evsel atıksuların farklı oranlarının karışımı hem ko-substratlı hem de ko-substratsız olarak, farklı bekletme süreleri denenerek KOİ giderme verimleri incelenmiştir.

Toplam tesis sayısı itibariyle ise tekstil sektörü, petrol ve petrol ürünleri sektörü ve metal sektöründen sonra 3.sırada gelmektedir (Toröz vd. 1998). Bu nedenle tekstil endüstrisine ait atıksuların ülkemizin ekonomik ve çevre koşulları göz önüne alınarak yapılacak arıtma ekolojik dengenin fazla zarar görmemesi sağlayacaktır.

6.1 Deney Tesisinin Tanıtımı

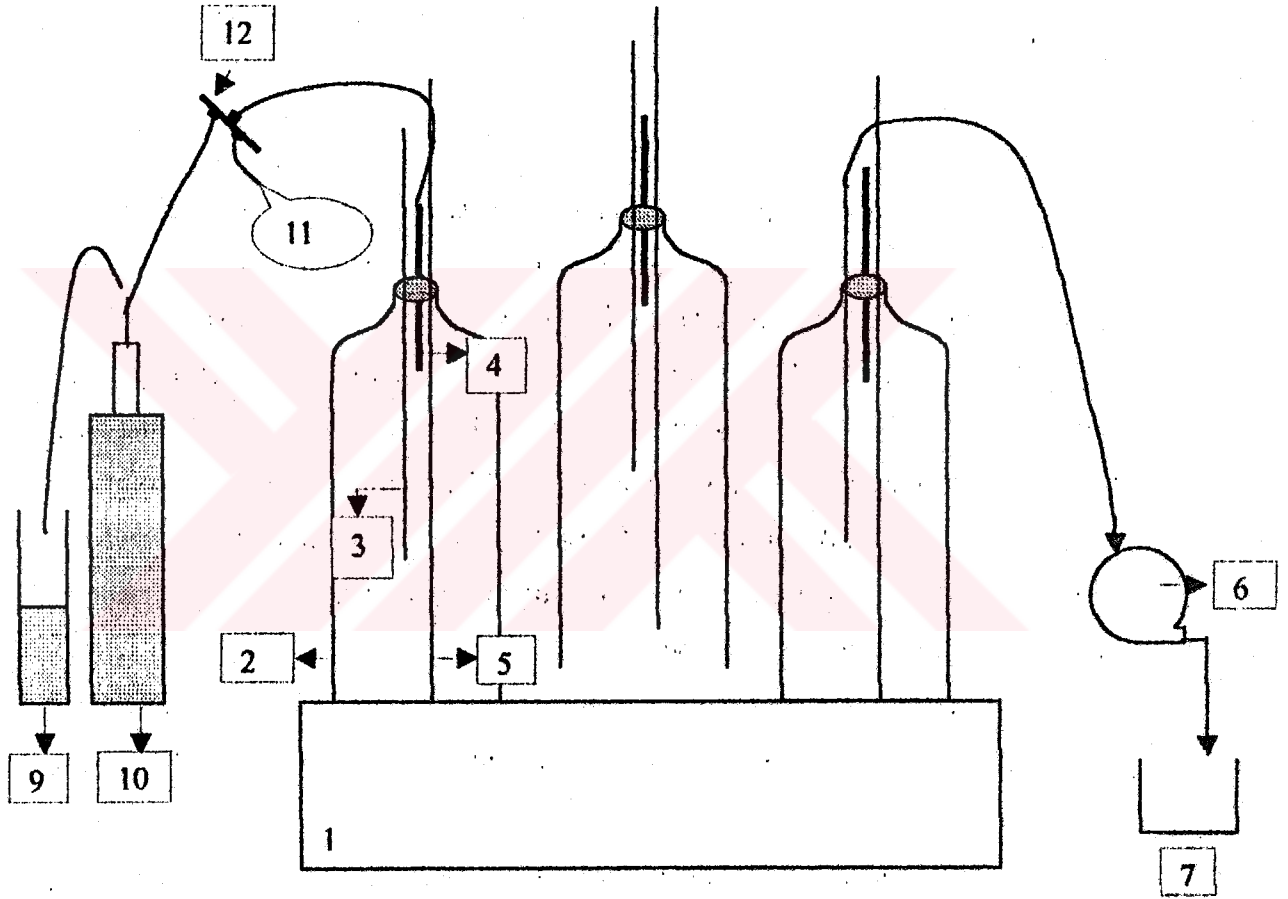
6.1.1 Anaerobik Reaktör Düzenegi

Deney düzeneginin kurulması ve deneysel çalışmaları yaklaşık 6 ay süren çalışmada, YTÜ çevre mühendisliği laboratuvarında anaerobik mezofilik şartlarda çalışan 3 adet serum şişesiyle yapılmıştır. Reaktörlerden ikisinin hacimleri eşit olup 1172 ml v.d.eri 1183 ml dir. Arıtmada Şekil 6.1’de şematik olarak ve Resim 6.1 gösterilen fotoğraflarda görüldüğü gibi ısıtma, su banyosu kullanılmak suretiyle mezofilik şartlardagerçekleşmiştir. Su banyosunun çevresi inşaat sektöründe ısı yalıtımı için kullanılan mavi strafor ile kaplanarak sıcaklık muhafaza edilmiştir.

Serum şişelerinin ağzından üç tane cam boru indirilmiştir. Birinci boru (şekilde, 5 numaralı boru) şişenin dibine kadar indirmiştir. Beslemeler şırınga vasıtasıyla bu boruya verilmiş böylece reaktörde yukarı akış elde edilmiştir. İkinci boru (şekilde, 3 numaralı boru) ise reaktörde toplam 800 ml atıksu ve çamur kalacak şekilde ayarlanmıştır. Üçüncü boru (şekilde 4 numaralı boru) ise çok kısa tutulmuş yalnızca gaz çıkışı için kullanılmıştır. Reaktörün üst kısmı literatürde belirtildiği gibi gaz toplama hunisine benzer bir eğime sahiptir. Buradan toplanan biyogazlar hacimsel olarak yer değiştirme metoduna göre ölçülmüştür. Cam boru

vasıtasıyla reaktörden çıkan biyogaz, sıvı dolu bir kaba girmekte ve burada oluşturduğu basınçla sıvı dışarı atılmaktadır. Reaktörde oluşan biyogaz hacmi kadar sıvının yer değiştirdiği kabul edilerek, taşan sıvı mezürle ölçülmüştür.

Reaktöre verilen, tekstil ve evsel atıksu karışımı olan besleme sıvısı 25 ml'lik büyük şırınga ile verilmiştir. Arıtılmış su peristaltik pompa (Watson Marlow 505 DI) yardımıyla reaktör dışına alınmıştır.



Şekil 6.1 Deney düzeneginin şematik gösterimi

1. Su Banyosu
2. Serum Şişesi Reaktörü
3. Arıtılmış Atıksu Çıkış Borusu
4. Biyogaz Çıkış Borusu
5. Besleme Borusu
6. Peristaltik Pompa

7. Arıtılmış Atıksu Toplama Kabı
8. Tıpa
9. Mezür
10. Gaz Yıkama Şişesi
11. Gaz Toplama Balonu
12. Vana

Farklı tekstil atıksuları ile arıtılabilirlik çalışmaları yapılan deneylerde, dışardan hangi bir besi maddesi ve iz elementleri verilmeden ham atıksu kullanılmıştır. Yalnızca sistem çalışmaya alınmadan önce anaerobik şartların sağlanması için oksijen bağlayıcı olarak N_2 gazı geçirilmiştir.



Resim 6.1 Deney düzeneğinin fotoğrafı

6.1.2 İnert KOİ Anaerobik Reaktör Düzeneği

Mezofilik şartlar sağlanarak atıksu arıtılabilirliği yapılan bu çalışmada iki farklı tesise ait tekstil atıksuları ile evsel atıksuyunun inert KOİ oranları araştırılmıştır. 250 ml hacme sahip 6 şişe kullanılmıştır. Bu üç atıksu ham olarak üç şişeye konulmuştur. Diğer üç tane şişeye ise bu üç atıksuyun GFC 'den süzülmesi suretiyle elde edilen atıksu konulmuştur. GFC kağıdından süzülen bu atıksuyun çözünmüş KOİ içeriğine sahip olduğu kabul edilmiştir. İnert KOİ'nin belirlenmesi için yapılan reaktörlerin her birine aklıme olmuş 30 mg UAKM / l granüler biyokütle aşılandıktan sonra 100 ml'lik atıksular eklenmiştir. Sistem çalışmaya alınırken yapılan besleme dışında başka besleme yapılmamıştır. Tam karışımli olarak 2.5 ay

çalıştırılmıştır

6 adet inert KOİ reaktörü su dolu akvaryuma yerleştirilmiştir. Mezofilik şartların sağlanması için akvaryum ısıtıcısı kullanılmıştır. Akvaryum ısıtıcılarının çok hassas olmayışı nedeniyle 38-40°C sıcaklığı ancak sağlanabilmektedir. Manyetik karıştırıcı ile reaktörler tam karışım hâle getirilmiştir.

Reaktörlerdeki gaz çıkışının izlenmesi için reaktörlerin üstünden çıkan hortumlar akvaryum içindeki suya daldırılmış, biyogaz çıkışının olmadığı noktada deneyler sonuçlandırılmıştır.

6.2 Reaktörün Devreye Alınması

Tekstil atıksuyunda 35-35.5°C olarak seçilen mezofilik şartlar sağlanarak anaerobik arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Reaktörlerin toplam hacmi (1172-1183 ml)'nin ; reaktörün koni şeklindeki üst kısmını oluşturan %14'lük kısım biyogazın toplanması için kullanılmıştır. Geriye kalan kısmı ise yaklaşık %25'lik (300 ml) bölümü granüler çamur ile %61'i (700 ml) atıksu ile doldurulmuştur. Başlangıçta HBS 9 gün olarak tutulmuştur. OYO ko-substratsız olarak 71 grKOİ/m³-gün değerinde beş gün beslemeden sonra gaz oluşumunun gözlenmesi, pH, alkalinite ve AKM değerlerinde problem olmayışından dolayı, ko-substrat olarak glikoz kullanılarak 245 grKOİ/m³-gün değerine kadar kademeli olarak yükseltilmiştir.

6.3 İzlenen Parametreler Ve Analiz Metodları

6.3.1 Sıcaklık

Reaktörler küçük hacimli olduğu için su banyosuna oturtulmuş ve suyun sıcaklığı 35 ± 0,5 °C olacak şekilde ayarlanarak termometre vasıtasıyla günlük kontroller yapılmıştır. Elektrik kesilmelerinden ve laboratuvar ısısının değişikliklerinden en az şekilde etkilenmesi için ısı yalıtım malzemesi olan mavi strafor ile sarılmıştır.

6.3.2 Gaz Miktarı Ve Bileşenleri

Reaktörde oluşan biyogaz hortumlar aracılığı ile iki çıkışlı vanaya bağlanmıştır. Vananın birinci çıkışı teflon torbalara bağlanmıştır. Bu teflon torbalara toplanan biyogaz, Orsat Cihazı kullanılarak CH₄, CO₂ ve H₂S miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak kullanılan laboratuvar ölçekli reaktörlerin hacminin az oluşu nedeniyle günlük biyogaz oranı yeterli miktarda toplanamamıştır. Orsat cihazı ölçümlerinde gerekli olan gaz hacmi için en az iki

günlük gazın biriktirilmesi gerekmiştir. Gaz toplama borusuna, bir girişi iki çıkışı olan vanalar takılmıştır. Birinci vana ucuna takılan teflon balonlarla gaz içeriği, ikinci vana ucuna sıvının yer değiştirme prensibi kullanılarak gaz hacimi ölçülmüştür. Gaz hacminin sürekli ölçümü tesbit edilemeyeceği için bu birinci çıkış vanası kullanılmamıştır.

6.3.3 pH Ve Alkalinite

Reaktörlerin giriş ve çıkışlarından alınan numunelere göre her gün Jenway 3040 Ion Analyser cihazı ile pH ölçümleri yapılmıştır. Alkalinite deneyleri ise haftada üç gün olarak standart metotlara (Standart Methods, 1989) göre yapılmıştır. Seçilen atıksuların pH oranları 6.5 ile 9.4 arasında olduğu için herhangi bir tamponlayıcı madde ilavesine gerek görülmemiştir.

6.3.4 Askıda Katı Madde (AKM)

Askıda katı madde miktarı ölçümleri Standart Methodlara (APHS-AWWA, 1991) göre hafta üç defa olarak yapılmıştır.

6.3.5 Uçucu Yağ Asitleri

Çıkış atıksuyunda UYA'leri toplam asit cinsinden titrimetrik olarak ölçülmüştür. Standart metotlarda (Standart Methods, 1989) belirtilen AKM oranının sağlanması için santrifüjleme veya filtre etme yöntemleri uygulanmıştır. Çıkış suyu numunesinin pH'ı 3'e ayarlandıktan sonra soğutucu altında kaynatılmış ve belirli hacimde toplanan distilat 0,1. NaOH ile fenolftaleyn indikatörü yardımıyla titrasyon yapılmıştır. Önceden yapılan şahit numunesine göre hesaplanan deneysel hata oranı belirlenmiştir. UYA miktarı deneysel hata oranı katılarak hesaplanmıştır.

6.3.6 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı her gün giriş ve çıkış atıksularından alınan numunelerle yapılmıştır. KOİ deneyi için ön görülen Cl^{-1} değeri limitlerin altında bulunduğu için seyreltme dışında herhangi bir işlem yapılmamıştır. KOİ giderme verimi ve verime etkili olan ko-substart oranları çalışma süresince araştırılmıştır. KOİ deneyleri Open Reflux (APHS-AWWA, 1991) metodu kullanılmıştır. İnert KOİ ölçümünde literatüre göre partiküler KOİ değeri için direkt, çözünmüş KOİ değeri için 0,45 μm gözenek çapındaki membran filitre aracılığı ile süzölmüş numunelerde standart metotlara göre deneysel olarak hesaplanmıştır.

7. İNCELENEN TEKSTİL ENDÜSTRİLERİ

Tekstil endüstrisi atıksuyunun anaerobik arıtılabilirlik deneylerinde iki farklı tesisin atıksuyu çalışılmıştır. İşletme alma aşamasında kullanılan tekstil atıksuyu ise farklı fabrikadan alınmıştır. Her üç tesis için kullanılan prosesler ve atıksuyun karakterizasyonu açıklanacaktır.

7.1 Pamuklu Son İşlemleri Yapan Tekstil Fabrikası (Tesis 1)

Çalışmanın birinci kısmında, pamuklu son işlemleri yapan tekstil fabrikası (Tesis 1) ele alınmıştır. Pamuklu ve sentetik kumaşların ve bunların farklı oranlardaki karışımlarını içeren mamullere boyama, kaşarlama, pişirme ve benzeri işlemler uygulanmaktadır. Kumaşın miktar ve türü değişiklik göstermekte ve tüm prosesleri kesikli olarak çalışmaktadır. Kullanılan kumaş türleri; pamuklu, viskon, polyester, poliamid, pamuk-polyester ve polyester-viskon örgü kumaş karışımlarıdır. Bu kumaşlardan %60 oranında en fazla kullanılan pamuklu örgü kumaşlardır.

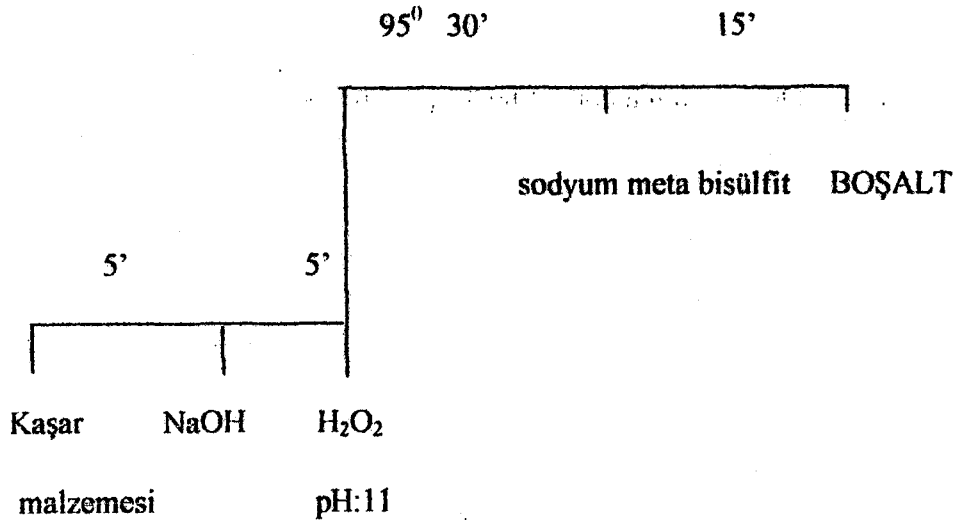
Pamuklu son işlemleri içeren birinci tesise ait uygulanan işlemler şematik olarak Şekil 7.1'de gösterilmektedir.

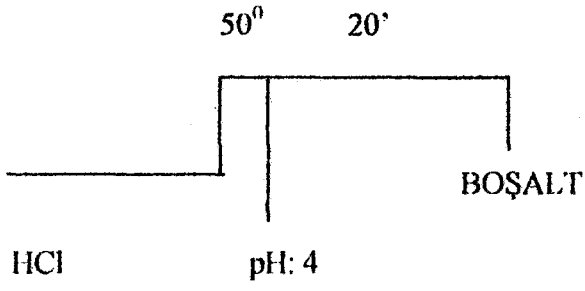
Su seviyesi : 455

Tuz miktarı : 45

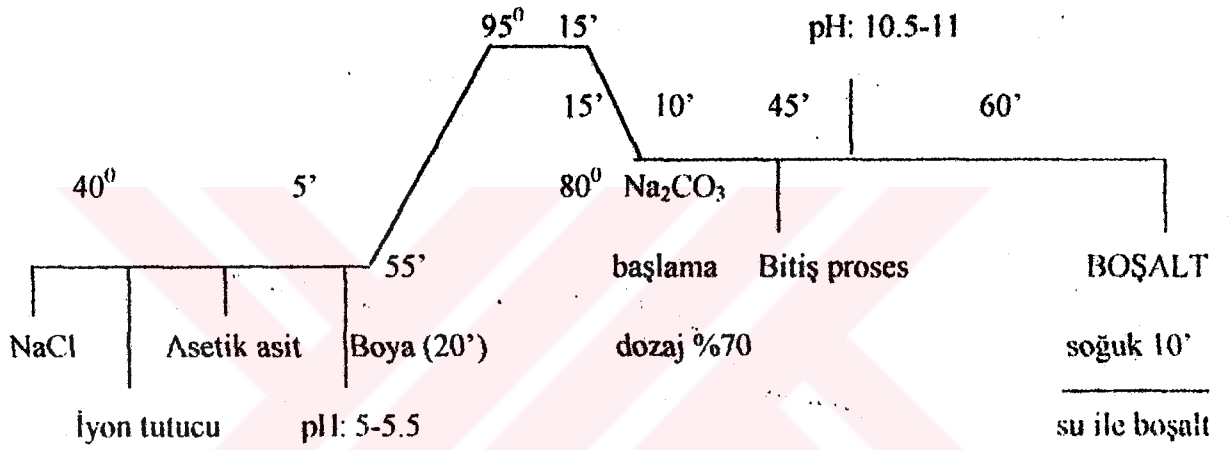
Su miktarı : 500

Ön kaşar:

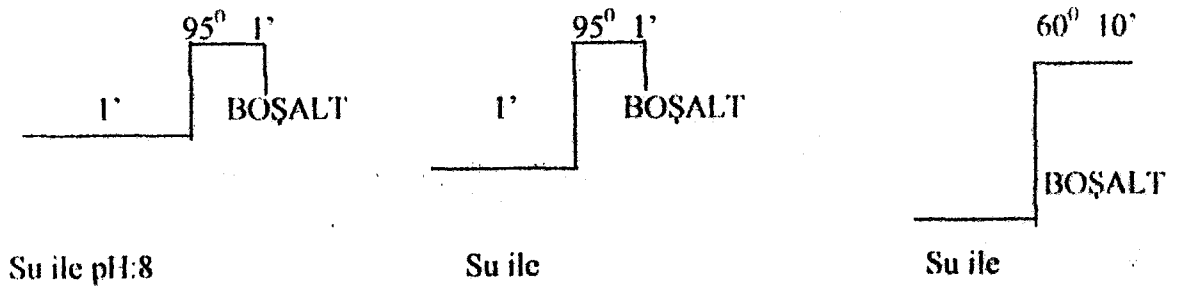




Prosyon boyama:



Sabunlama:



Şekil 7.1 Pamuklu boyama (selüloz) için uygulanan yöntem

1:20 flote oranına sahip jet tipi kesikli makineler kullanan tesisinden alınan atıksuyun karakterizasyonu Çizelge 7.1 de gösterilmektedir.

Çizelge 7.1 İncelenen pamuklu son işlemleri atıksuyunun karakterizasyonu (Tesis 1)

Parametre	Değer
pH	9.4
KOI	1757 mg / l
TKN	16 mg / l
Toplam P	34 mg / l
Alkalinite	1750 mg / l
Sülfat	760 mg / l
Deterjan	10 mg / l
Yağ- Gres	50 mg / l
Renk	520 (Pt-Co)
AKM	95 mg / l
Mg	2.2 mg / l
Fe	1.8 mg / l
Mn	0.3 mg / l
Zn	10 mg / l
Pb	0.3 mg / l
Cr	3 mg / l
Ni	0.4 mg / l
Co	<0.03 mg / l
Pb	0.3 mg / l
Cu	0.3 mg / l

7.2 Polyester Boyama Yapan Tekstil Endüstrisi (Tesis 2)

Çalışılan ikinci tesis, %100 polyesterli mamulün hazır olarak dışardan alınıp, dispers boya ile boyaması yapmaktadır. Dispers boya öncelikle 100cc soğuk suda 1gr boya asidik ortamda çözülür. pH 4-5 aralığını elde etmek için yardımcı madde olarak tanacid CP3 ve tanapal kullanılmaktadır. Çözünmüş boya 130°C'ye getirilerek ürünün boyanması sağlanmaktadır.

%100 polyesterli ürünü boyayan bu tesiste iki tip boya banyosu kullanılmaktadır. Bunlar açık sistem ve AT boya kazanlarıdır. Açık sistemde, kazanların ağzı açıktır ve böylece çalışanlar görsel olarak gerekli boya ilavesi yapmaktadırlar. Açık sistemde dispers boya çözündükten sonra 130°C'de 15-30 dakika durduktan sonra 70°C'de 10 dakika daha tutulmaktadır. Eğer boyanan ürün çorap ise 130°C'ye çıkmadan önce 90°C'ye geldiğinde ceriare adlı yardımcı bir madde daha ilave edilmektedir. AT boyama ise kapalı bir sistemdir. 130°C'ye basınç altında çıkmakta ve 2 saat çalıştırılmaktadır. Herhangi bir ilave madde eklenmemektedir. Açık sistemde 1/1 oranında kullanılan boya/su oranı, kapalı sistemde (AT) 1/10 olarak

kullanılmaktadır. Yani kullanılan boya daha azdır. AT tipinde basınç altında boyama yapılmasından dolayı ürün tarafından boyanın Emilimi daha fazla olduğu için KOİ kirlilik parametresinde düşüktür. Bu olumluluğunun yanında AT sistemi, otoklavın çalışma prensibine benzemekte, sistem çalışmaya başlatıldıktan sonra su veya boya ilavesi yapılamamaktadır. Böylece istenilen boya rengini elde etmek için uygun oranda boya maddelerinin katılıp katılmadığı sistem çalışırken karar verilememektedir.

Numuneler her iki sistemin çalışmasının bittiği zaman alınmıştır. Tesis ülkemizin diğer tekstil fabrikalarında olduğu gibi talebe göre sürekli değişken oranlarda çalışmaktadır. Bu nedenle bu tesise ait Çizelge 7.2’de verilen atıksu karakterizasyonu alındığı andaki kirliliği göstermektedir.

Çizelge 7.2 İncelenen polyester boyama fabrikası atıksuyu (Tesis 2)

Parametre	Değer
pH	8.72
KOİ	3218 mg /L
TKN	204 mg /L
P	21 mg /L
Alkalinite	230 mg/L CaCO ₃
Sülfat	130 mg /L
Deterjan	2 mg /L
Yağ- Gres	10 mg /L
AKM	250 mg /L
Mg	3.7 mg /L
Fe	2.1 mg /L
Mn	0.23 mg /L
Zn	0.8 mg /L
Pb	-
Cr	0.45 mg /L
Ni	-
Cd	0.02 mg /L
Cu	<0.1 mg /L

7.3 Yünlü Tekstil

Yünlü tekstil sektöründen alınan atıksu sistemin devreye alınması aşamasında kullanılmıştır. Elyaf, yün iplik ve kumaş boyamanın yapıldığı tesiste her türlü boya ve apre işlemleri yapılmaktadır. Atıksuyun alındığı bu sektör ayrıca dokuma tezgahlarıyla istediği mamulü kendisi üreten bir entegre tesistir.

Tesiste atıksu iki yoldan gelmektedir. Bunlar; boyahanelerden gelen (günlük 1000-1200 m³) atıksu ve aprede gelen (günlük 1200-1500 m³) atıksudur. Günlük toplam atıksu 2300-2500

m³ civarındadır.

Çalışmada orijinal atıksu ile çalışma tercih edildiği için kirlilik yükü çok yüksek olmayan bu entegre tesisin atıksuyu alıştırma dönemi için seçilmiştir. Aşağıdaki çizelgede tesis çıkışıındaki atıksuyun kirlilik parametreleri ve değerleri verilmektedir.

Çizelge 7.3 Alıştırma döneminde kullanılan atıksuyun karakterizasyonu

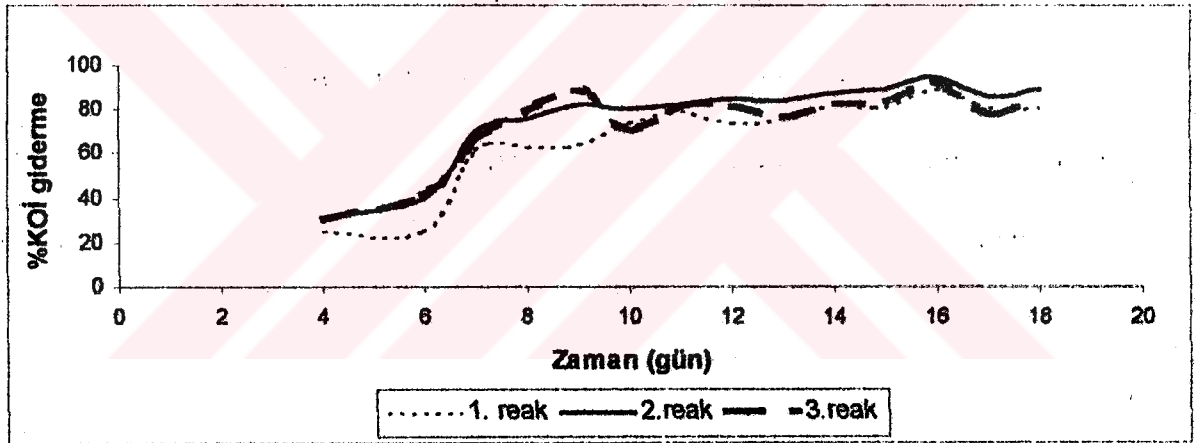
Parametre	Değer
pH	6.5
KOI	640 mg / l
TKN	43 mg / l
TP	5 mg / l
AKM	47 mg / l
Sülfat	300 mg / l
Deterjan	2 mg / l
Cl ⁻	700 mg / l
Fe	0.45 mg / l
Pb	0.03 mg / l
Zn	0.11 mg / l
Cd	<0.01 mg / l
Cr	1.68 mg / l
Cu	0.03 mg / l
Ni	<0.01 mg / l

8. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

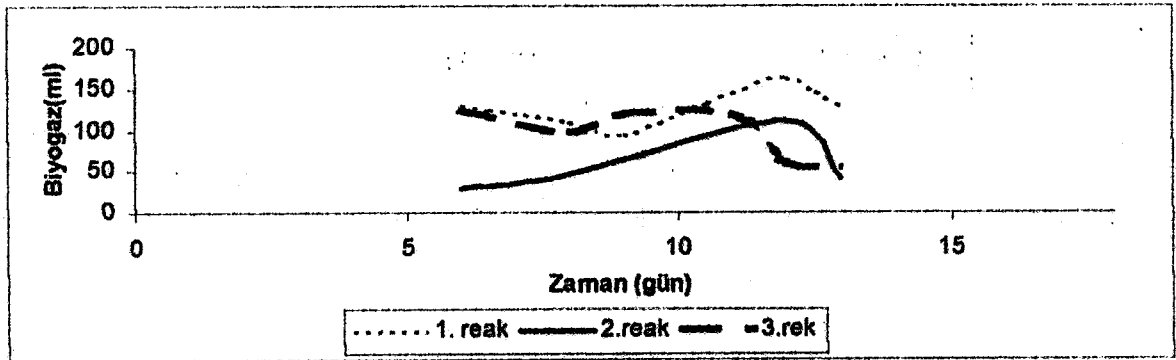
Bu çalışmadaki deneysel sonuçlar Ek 1'de her üç reaktör için ayrı ayrı verilmiştir.

8.1 Devreye Alma

Anaerobik sistem işletmeye alınmadan önce bakterilerin tekstil atıksuyuna adaptasyonu için yünlü tekstil atıksuyu ile beslenmiştir. Alışma dönemine ait her üç reaktörde gözlenen sonuçlar Şekil 8.1, Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'de gösterilmiştir. Başlangıçta HBS 9 gün olarak tutulmuştur. OYO ko-substratsız olarak $71 \text{ grKOI/m}^3\text{-günlük}$ değerinde beş gün beslemeden sonra gaz oluşumunun gözlenmesi, pH, alkalinite değerlerinde problem olmamıştır. Bu nedenle, ko-substrat olarak glikoz kullanılarak $245 \text{ grKOI/m}^3\text{-gün}$ değerine kademeli olarak yükseltilmiştir. Alıştırma döneminde her üç reaktörde aynı karakterli atıksu ile eş zamanlı olarak beslenmiştir.



Şekil 8.1 Devre alma döneminde KOİ giderme verimi



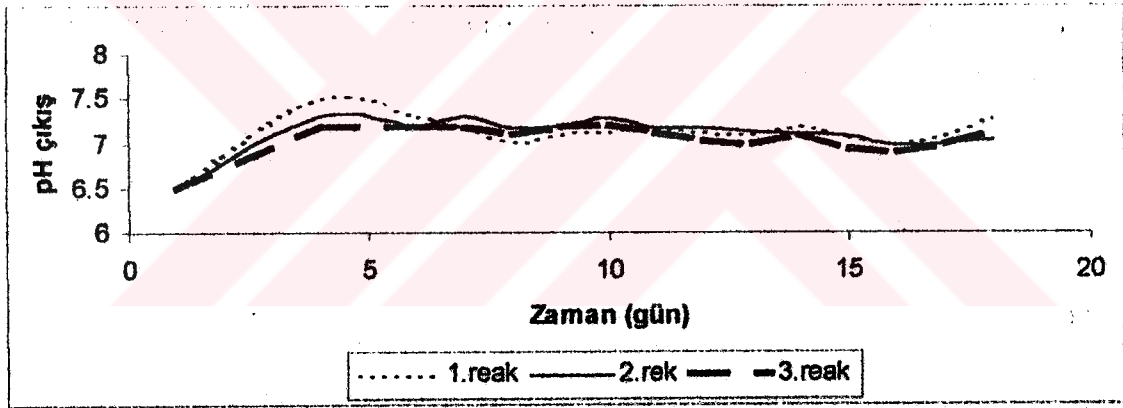
Şekil 8.2 Devre alma döneminde çıkan biyogaz hacmi

Devreye alma döneminde 5. gün sonunda biyogaz oluşumu gözlenmiştir. 13. günden sonra

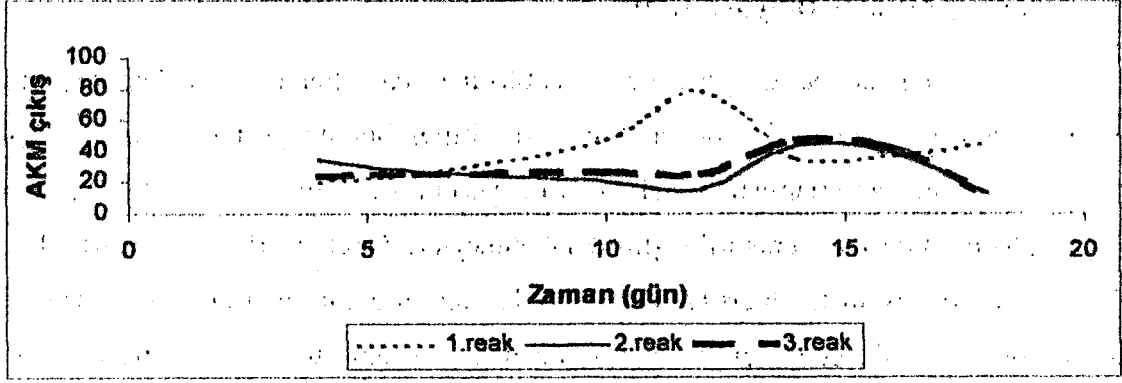
biyogaz balonlara toplanmıştır. Toplanan biyogaz içeriğinin öğrenilmesi için balonlardaki gaz Orsat Cihazı ile ölçümü denenmiştir. Ancak sistemin küçük hacimli olması yüzünden oluşan gazın hacminin az olması, ancak 3-4 günlük gazın toplanmasıyla ölçümün yapılabileceğini göstermiştir. Devreye alma süresinde toplanan biyogaz ise günlük olarak hacmi belirlenemeyeceği için biyogaz içeriğinin tespitinden vazgeçilmek zorunda kalınmıştır.

Deneysel çalışma mezofilik şartlar altında yapılacağı için devreye alma döneminde de bu şartlar sağlanmıştır. Su banyosu ile ısıtılan reaktörler, su banyosunun sıcaklık ayarı ile 35-35.5°C değerinde tutulmuştur. Sıcaklıklar günlük olarak 50°C'lik civalı termometre ile ölçülmüştür.

Deneysel çalışma boyunca sistemde sıcaklık , alkalinite ve pH değerlerine dikkat edilmiştir. pH ve alkalitenin denge durumunda kalabilmesi için sisteme tamponlayıcı bir madde ilavesine ihtiyaç duyulmamıştır. Ancak alıştırma döneminde 1000mg/L 'lik alkalinite artışı sağlayacak oranda sodyum bikarbonat (NaHCO_3) bir defaya mahsus olarak ilave edilmiştir.



Şekil 8.3 Devreye alma dönemindeki çıkış pH değerleri



Şekil 8.4 Devreye alma dönemindeki AKM çıkış değerleri

Reaktör 2 ve 3'te AKM değerleri birbirine yakın olarak ölçülmüştür. Reaktör 1 ise 12. gün dışında, diğer iki reaktöre yakın AKM miktarı ölçülmüştür. 1. Reaktörde ortalama olarak AKM miktarı 42-36 mg/L değerinde iken 12. günde bu değer 80 mg/L olarak ölçülmüştür. AKM oranının küçük değer olması nedeniyle 12. günde bulunan bu miktar muhtemelen deneysel ölçüm hatasıdır. Çünkü 12. günde çıkan atıksuyun KOİ giderim oranında (%72 KOİ giderim oranı) bir azalma gözlenmemiştir. Ayrıca pH oranında da bir değişim gözlenmemiştir.

8.2 Tekstil Atıksuyunun Arıtılabilirliği İle İlgili Deneysel Çalışma

Tekstil atıksuyunun anaerobik arıtılabilirliği araştırılan bu çalışmada; tekstil endüstrisinde evsel karakterli atıksuyun da meydana gelmesiyle tesiste tekstil atıksuyuna karışması muhtemel farklı debilerdeki evsel karakterli atıksu oranları denenerak anaerobik arıtılabilirlikleri incelenmiştir.

Pamuklu son tekstil işlemleri yapan tesise ait atıksu ile polyesterli kumaş boyama yapan tesisin atıksularının arıtılabilirliği ayrı ayrı ele alınmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde; iki farklı tekstil atıksuyuna farklı evsel atıksu oranları denenerak arıtılabilirliği incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise; tekstil atıksularına katılmış olan farklı debilerdeki evsel atıksuya ko-substrat ilave edilmiştir. Ko-substrat içeren bu atıksuların KOİ giderme verimleri göz önüne alınarak arıtılabilirlikleri incelenmiştir.

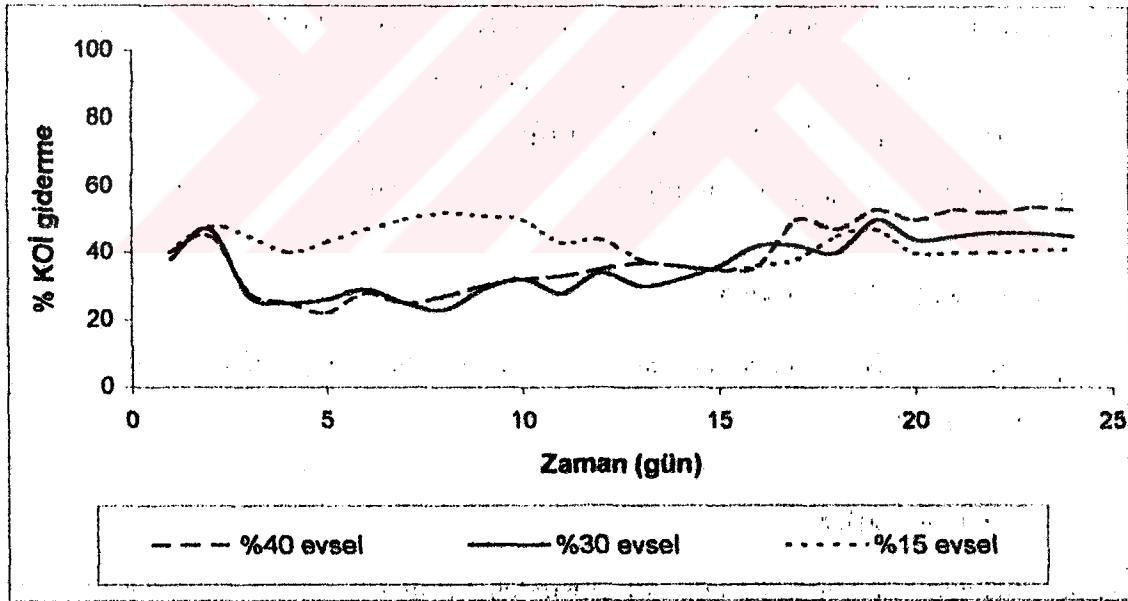
8.2.1 Ko-Substratsız Pamuklu Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 1)

Tekstil atıksuyuna karışması muhtemel farklı debilerdeki evsel karakterli atıksu oranları

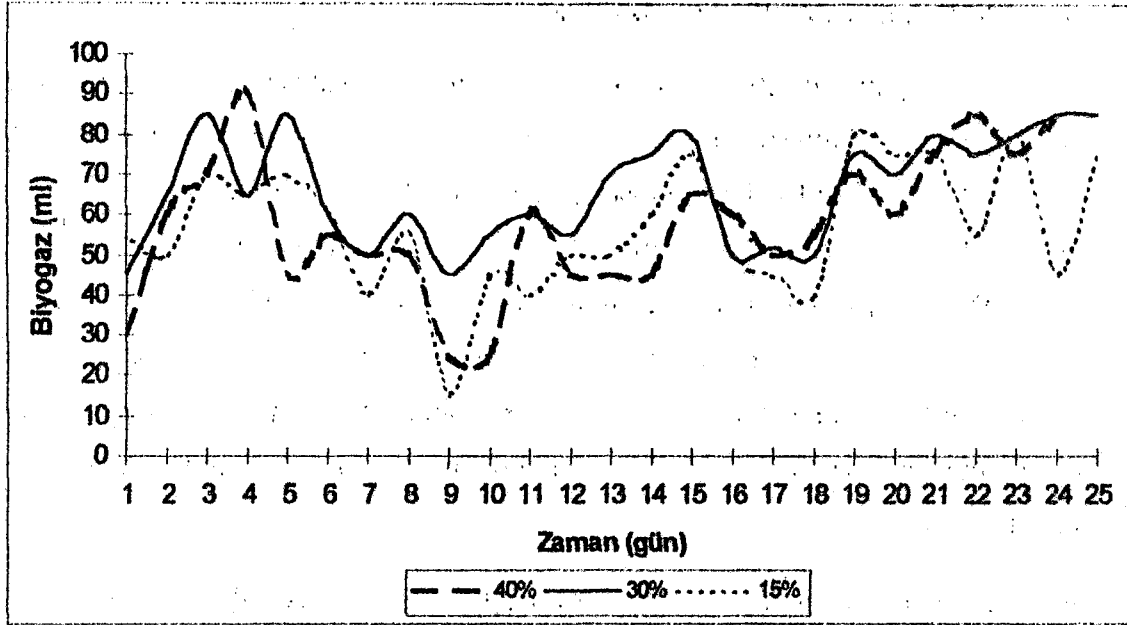
denenerek anaerobik ko-substratsız olarak arıtılabilirlikleri incelenmiştir.

12 saatte bir kesikli olarak 24 gün süreyle, %15, %30 ve %40'ı evsel atıksu içeren pamuklu son işlemlere ait tekstil atıksuyuyla beslenen reaktörlerin KOİ giderme yüzdeleri ve biyogaz miktarları Şekil 8.5 ve Şekil 8.6 da gösterilmiştir. OYO yaklaşık $230 \text{ g KOI/m}^3\text{-gün}$ ve HBS 4.5 gün olarak sistem çalışmaya başladığında reaktörler arasında uyum farklı olmakla beraber denge konumuna geldiğinde her üç farklı evsel oranındaki atıksuyun, birbirine yakın KOİ giderme verimine sahip oldukları gözlenmiştir.

%40 evsel atıksu içeren tekstil atıksuyu ile beslenen reaktördeki KOİ giderme verimi yaklaşık %53, %30 evsel atıksu içeren için yaklaşık %46 KOİ giderme verimi ve %15 evsel atıksu içeren reaktörde yaklaşık %40 KOİ giderme verimi gözlenmiştir. Bu değerler bize evsel oran arttıkça KOİ gideriminin artmasına rağmen yine de giderimlerin birbirine çok yakın olduğundan dolayı tekstil atıksuyuna karıştırılan evsel atıksu oranlarının çok önemli olmadığını bulunuştur. Çıkış KOİ'sinin $630\text{-}565 \text{ mg/L}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler bize İSKİ deşarj standartlarının altında olduğunu göstermiştir.

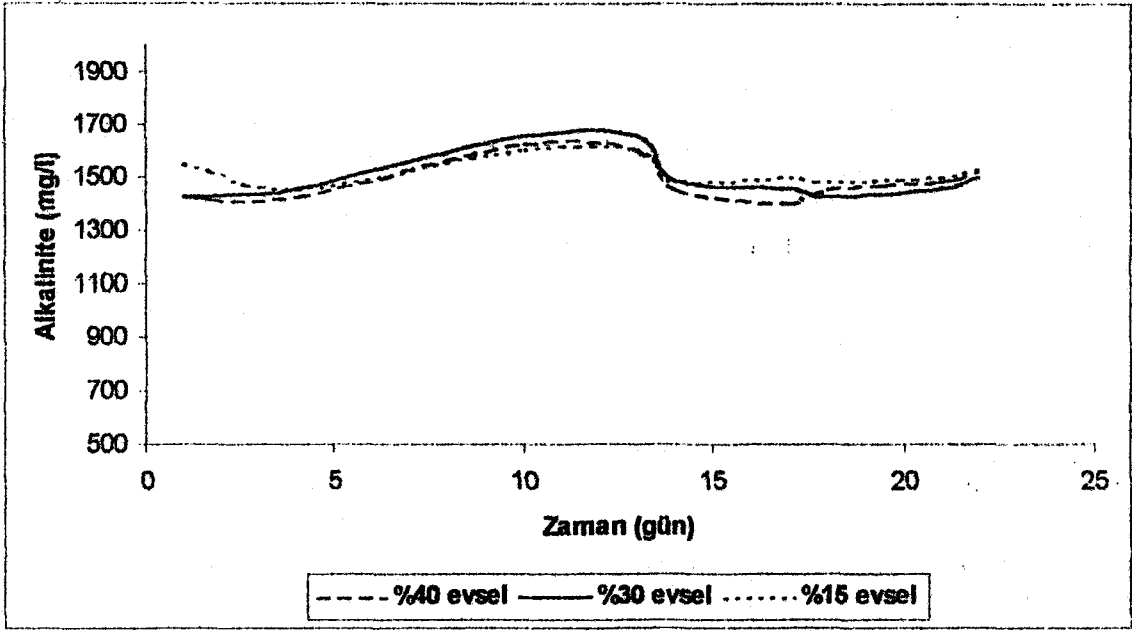


Şekil 8.5 Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait KOİ giderme verimi-12 saatlik (Tesis 1)

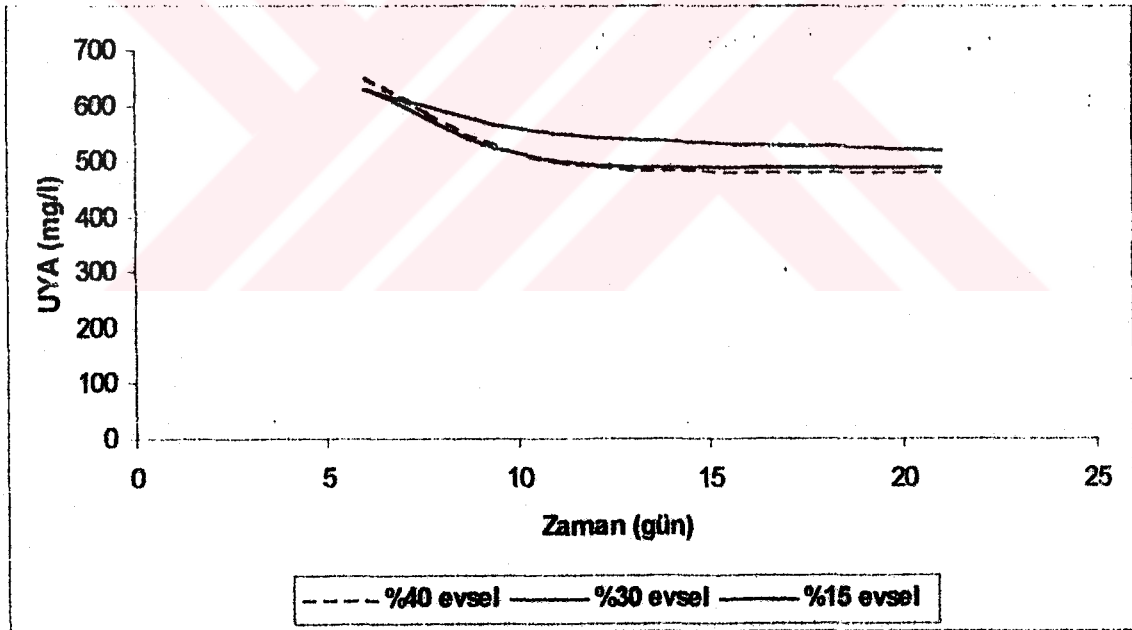


Şekil 8.6 Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait biyogaz üretimi-12 saatlik (Tesis 1)

Yapılan çalışma sonucunda alıştırma döneminden sonra %40, %30 ve %15'lik evsel atıksu içeren tekstil atıksuyu arıtımında reaktör çıkışlarında ilk 6 gününde KOİ giderim oranında bir dengesizlik görülmüştür. Biyogaz çıkışları genel olarak KOİ verimi arttıkça artmaktadır. Fakat, biyogaz çıkışı günlük olarak incelendiğinde dengesizlikler göze çarpmaktadır. Bunun nedeni, sistem içindeki kısmi basıncın azlığından dolayı oluşan gazın çıkamaması olabilir. Çünkü; serum şişeleri ile yapılan reaktörlere dışardan bakıldığında, baloncuklar şeklinde gaz kabarcıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca literatürde kendi aşısı kullanılan reaktörlerde fiziksel ve biyolojik performansı ile ilişkili KOİ giderimi ve biyogazda iyileşme oranı arasında büyük farklar bulunduğu belirtilmektedir (Kalogo vd. 2001).



Şekil 8.7 Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait alkalinite -12 saatlik (Tesis 1)

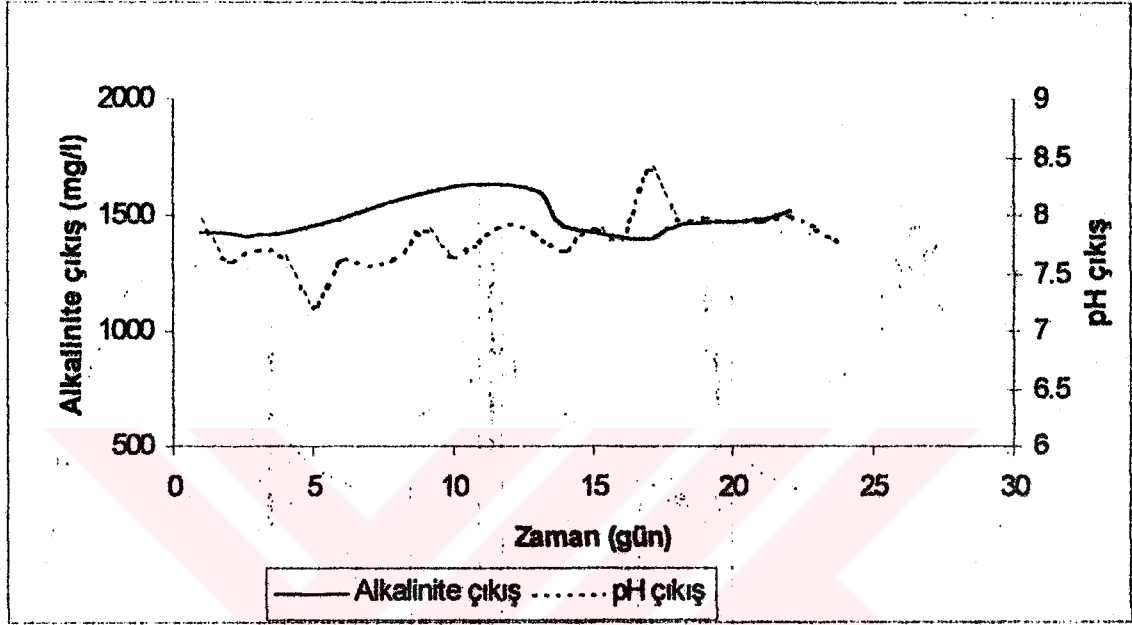


Şekil 8.8 Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuyuna ait UYA -12 saatlik (Tesis 1)

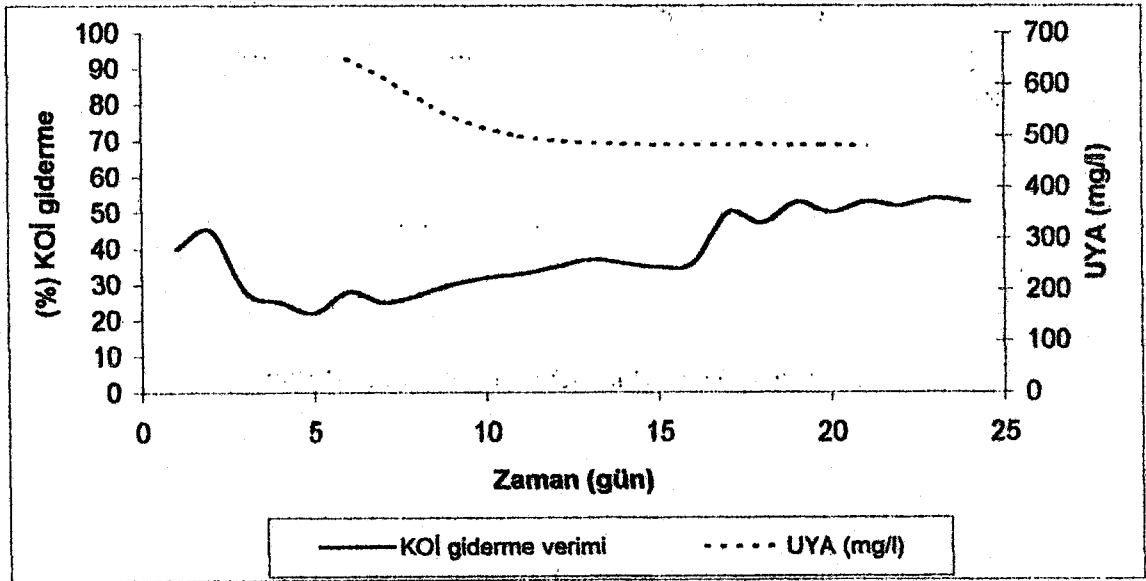
Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan pamuklu tekstil atıksuyun reaktör çıkışında birbirine paralel UYA ve Alkalinite değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca KOİ giderim oranı ve biyogaz oluşumunda her üç atıksuyun arıtılabilirliğinde birbirine yakın

değerler olarak ölçülmüştür. Bu nedenle karışması muhtemel evsel atıksu oranlarının incelenen pamuklu tekstil atıksuyu için arıtılabilirlikte çok önemli olmadığı görülmüştür.

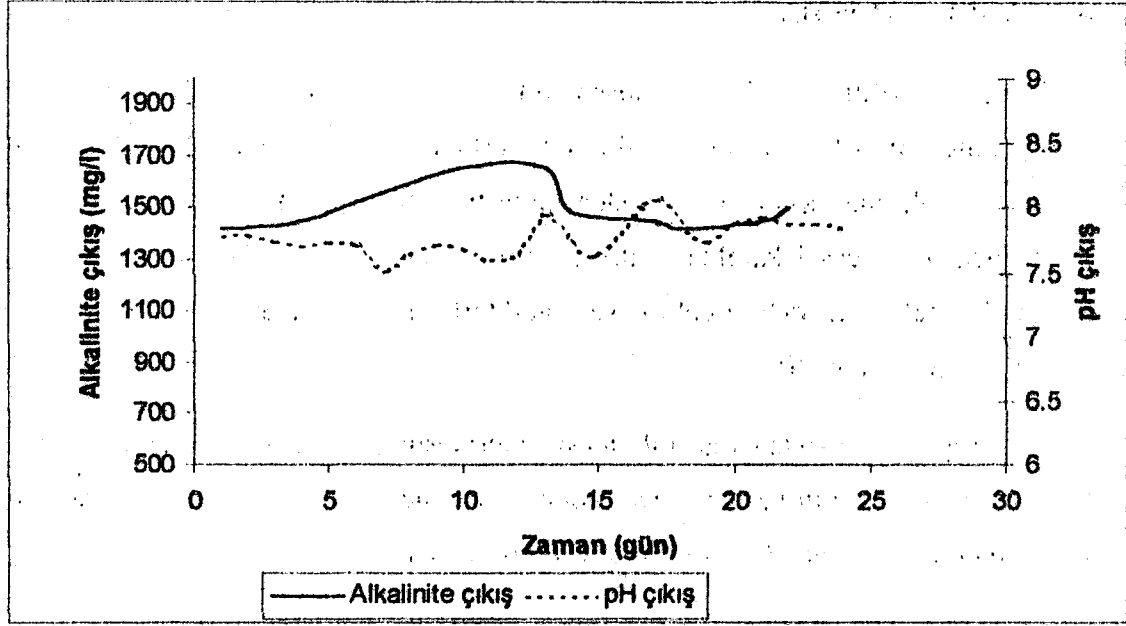
Ko-substrasız olarak verilen atıksular, reaktör çıkışlarındaki Alkalinite-pH ve KOİ giderme verimleri- UYA oranları karşılaştırmalı olarak ayrı ayrı verilmiştir.



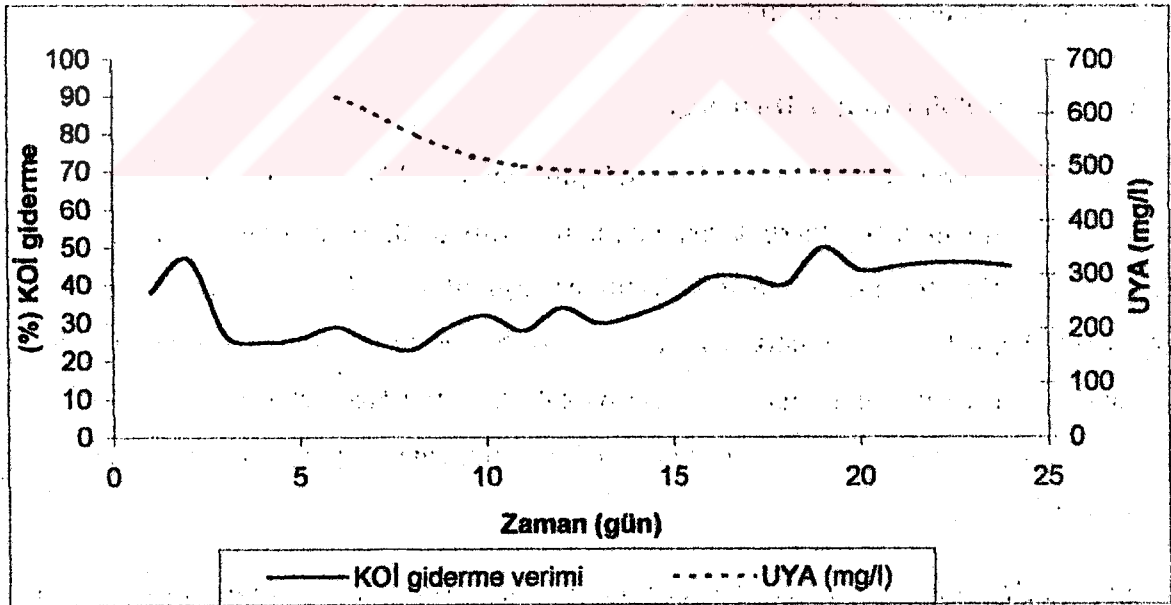
Şekil 8.9 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite çıkış ve pH çıkış-12 saatlik (Tesis 1)



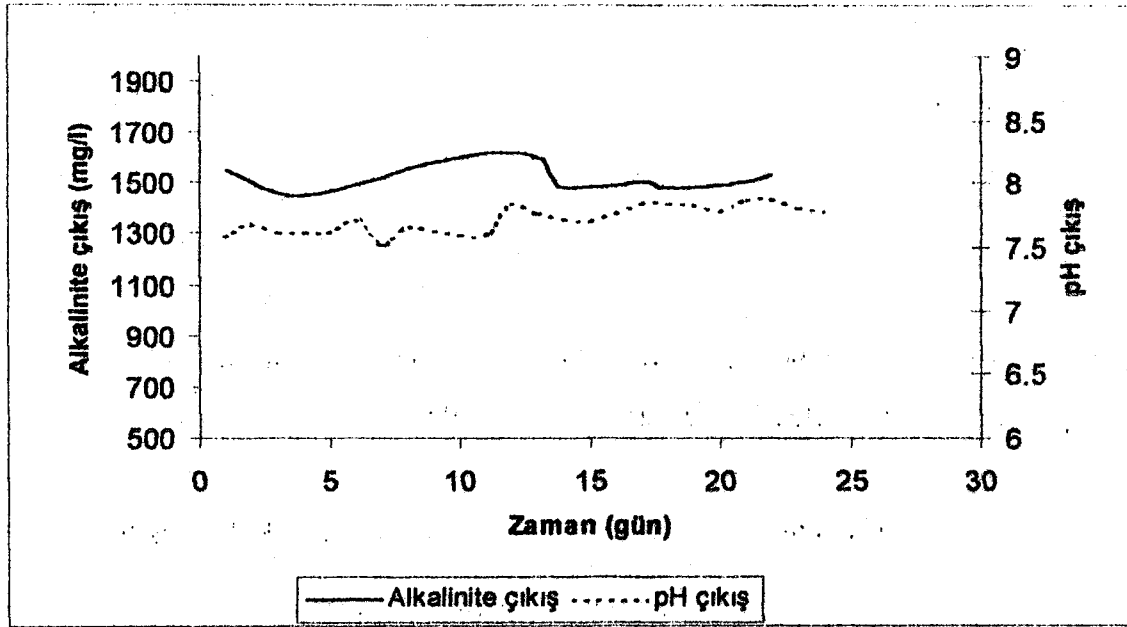
Şekil 8.10 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1)



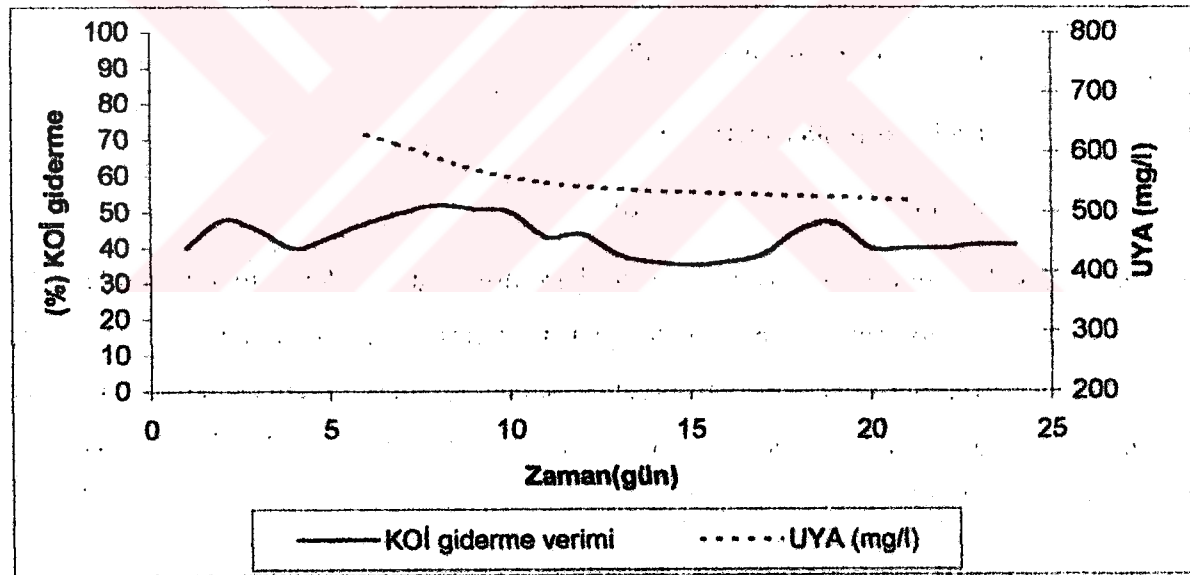
Şekil 8.11 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite_{çıkış} ve pH_{çıkış} 12 saatlik (Tesis 1)



Şekil 8.12 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuya ait KOL giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1)



Şekil 8.13 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuya ait alkalinite_{çıkış} ve pH_{çıkış}-12 saatlik (Tesis 1)

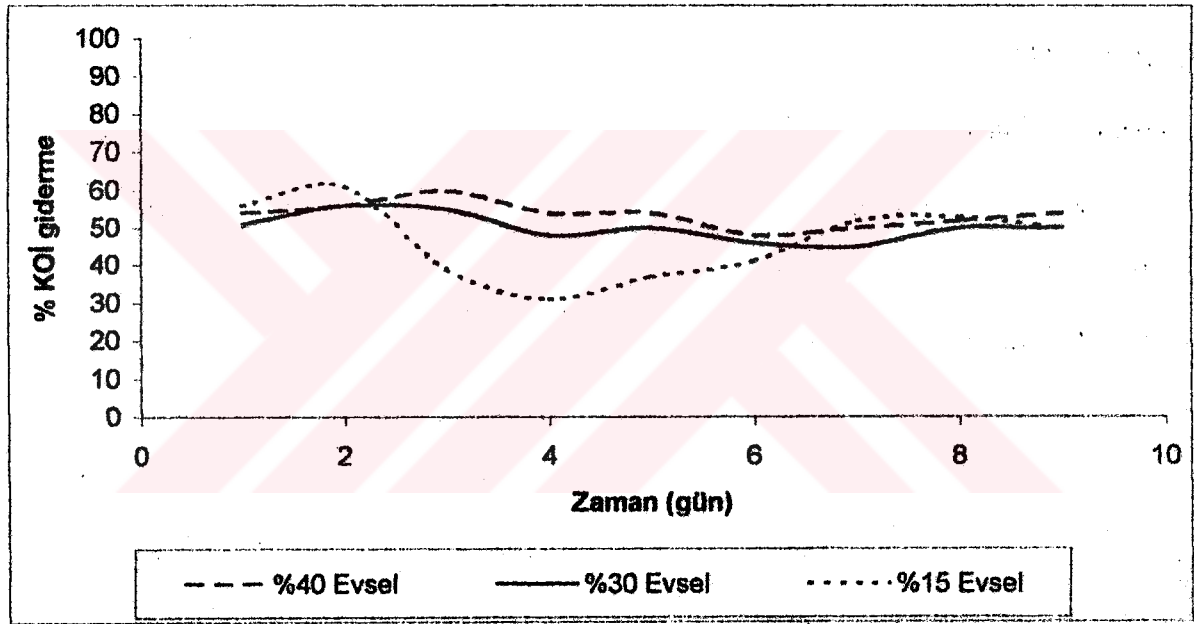


Şekil 8.14 Bekletme süresi 4.5 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuya ait KOİ giderme verimi ve UYA-12 saatlik (Tesis 1)

4,5 günlük HBS'li çalıştırılan ve ko-substrat kullanılmayan bu çalışmada her üç atıksu için UYA değerleri ortalama 500-650 mg/L olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışmada Alkalinite değeri ise 1350-1600 CaCO₃ mg/L değerleri arasında ölçülmüştür. Literatürde UYA için 1000-1500 mg/L değerlerinden az ve Alkalinite içinde 1000-4000 mg/L değerleri arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Kalogo vd. 2001). Reaktör çıkışından alınan atıksuyun değerlerinin, reaktör içinde mikroorganizmalar için gerekli UYA ve Alkalinite değerlerinin

optimum çevre şartlarını sağladığını göstermektedir. pH değerinin anaerobik arıtma için en uygun aralığı olarak literatürde belirtilen 6.5-8.2 değerleri arasında olduğu gözlenmiştir. Bu aralığın üstünde ki değer yalnızca %40'lık evsel karakterli atıksu içeren reaktörün 17. gününde pH 8.4 olarak ölçülmüştür. pH daki bu artış nedeniyle KOİ gideriminde azda olsa bir azalma gözlenmiştir. Bu ölçümler neticesinde anaerobik arıtmada; alkalinite düşme ve uçucu yağ asitlerinin oranlarında yükselme gözlenmediği için tamponlayıcı madde kullanılmamıştır.

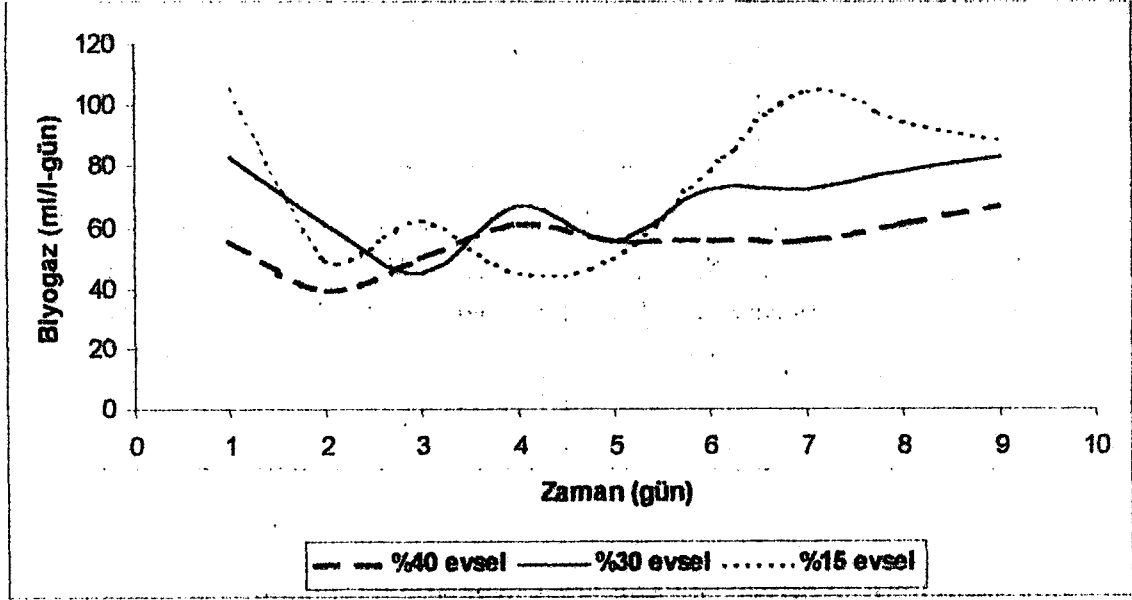
OYO yaklaşık 80 gr KOİ / m³-gün ve HBS 9 gün olarak aynı tekstil-evsel atıksu oranlarında sistem çalıştırıldığı zaman kesikli besleme (24 saatlik) sonrası elde edilen sonuçlar Şekil 8.15 ve Şekil 8.16 de gösterilmektedir.



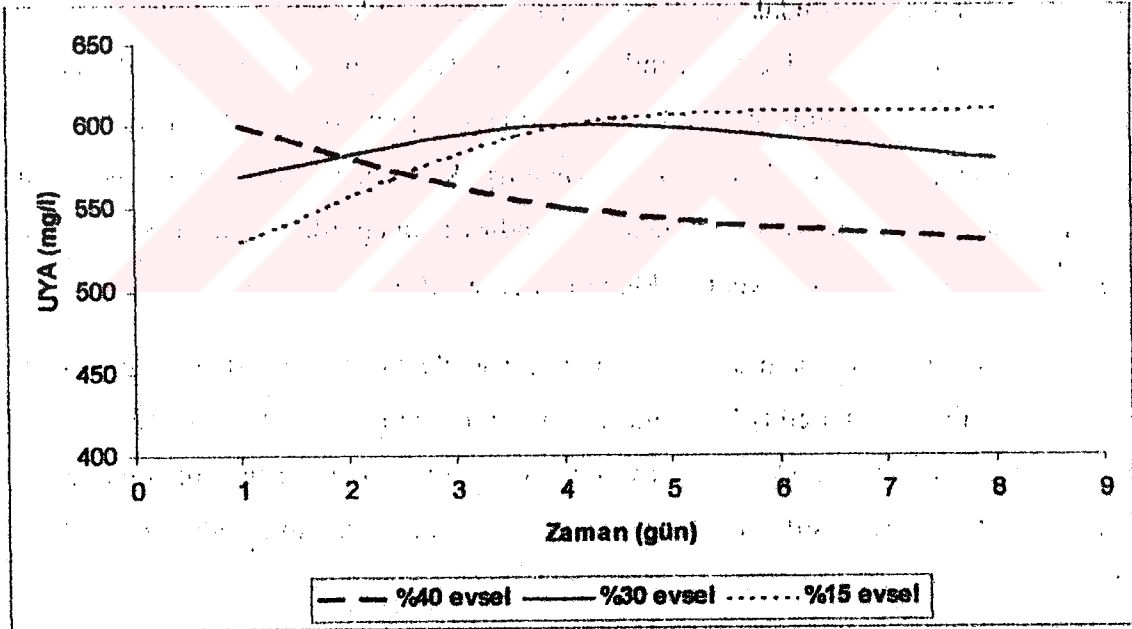
Şekil 8.15 Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-24 saatlik (Tesis 1)

%15'lik evsel atıksuyla beslenen reaktörün OYO' nun 80 gKOİ/m³-gün den 65 gKOİ/m³-gün değerine düştüğü 2. ve 5. günler arasında KOİ giderme oranında ve biyogaz oluşumunda azalma gözlenmiştir. Kesikli beslemenin sisteme olumsuz etkileri olduğu halde, şok substrat yüklemelerinin UASB istemlerinde iyi tolere edilebilmektedir. Şok yüklemelerin reaktör aktivitesi üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir (Öztürk vd., 2000b).

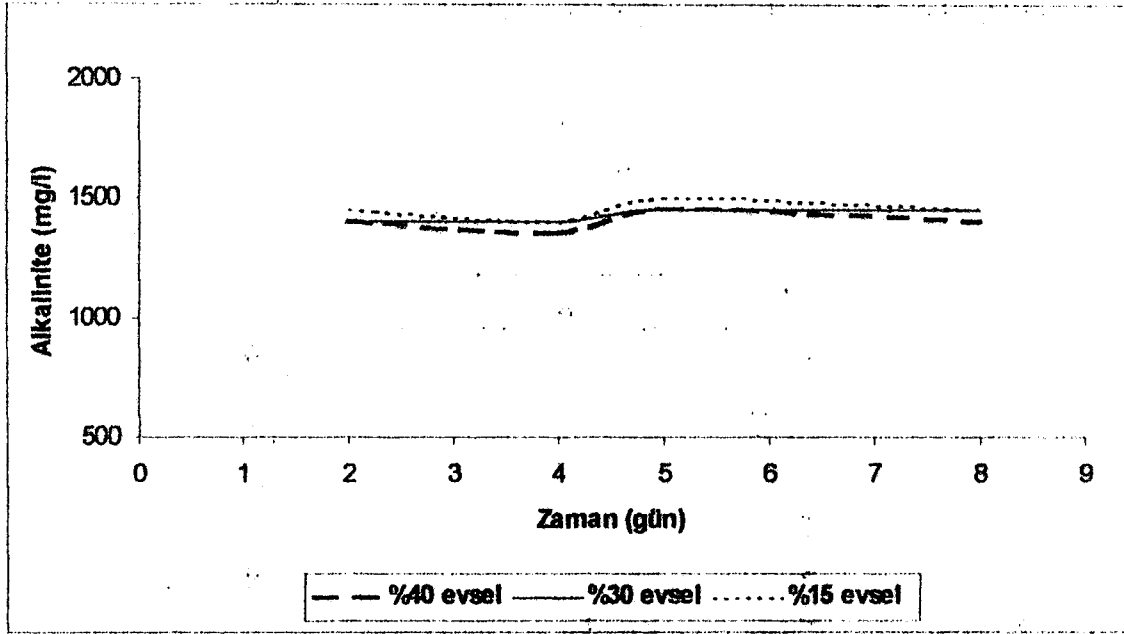
%40 ve %30'luk evsel içerikli atıksuyun reaktör çıkışlarındaki verim birbirine paralel ve yakın değerlerde meydana gelmiştir. Her üç atıksu için KOİ giderme verimi %50 ile %54 arasında bulunmuştur.



Şekil 8.16 Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve %15 olan tekstil atıksuya ait biyogaz üretimi- 24 saatlik (Tesis 1)

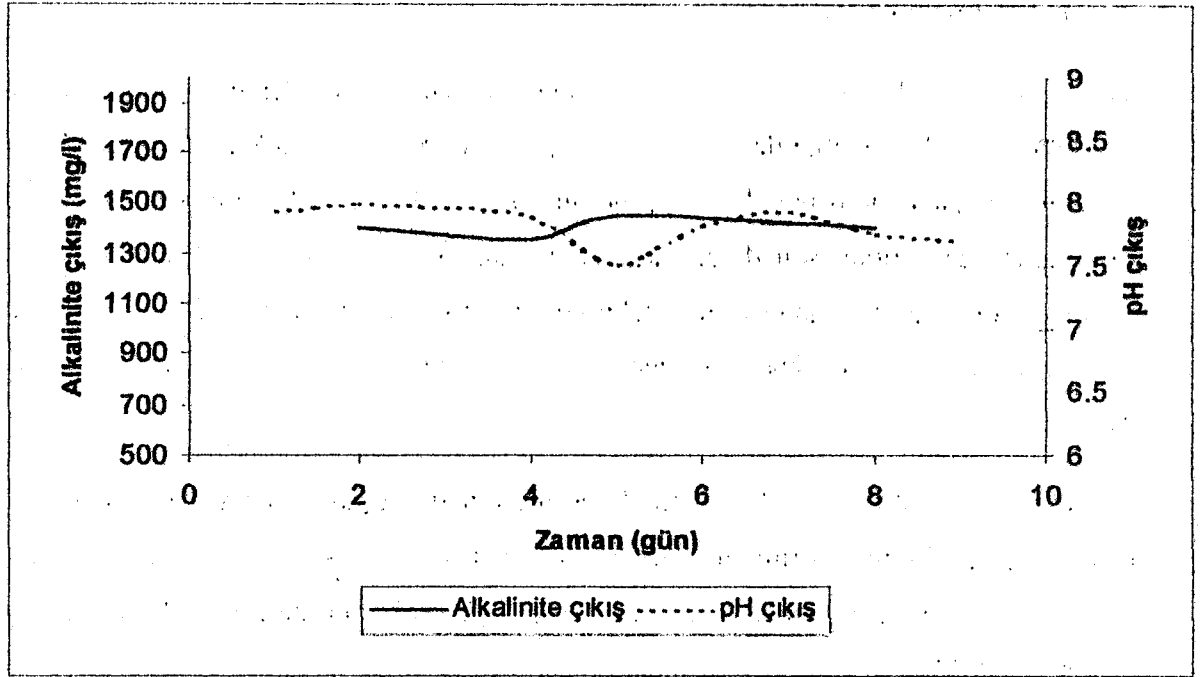


Şekil 8.17 Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve %15 olan tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik (Tesis 1)

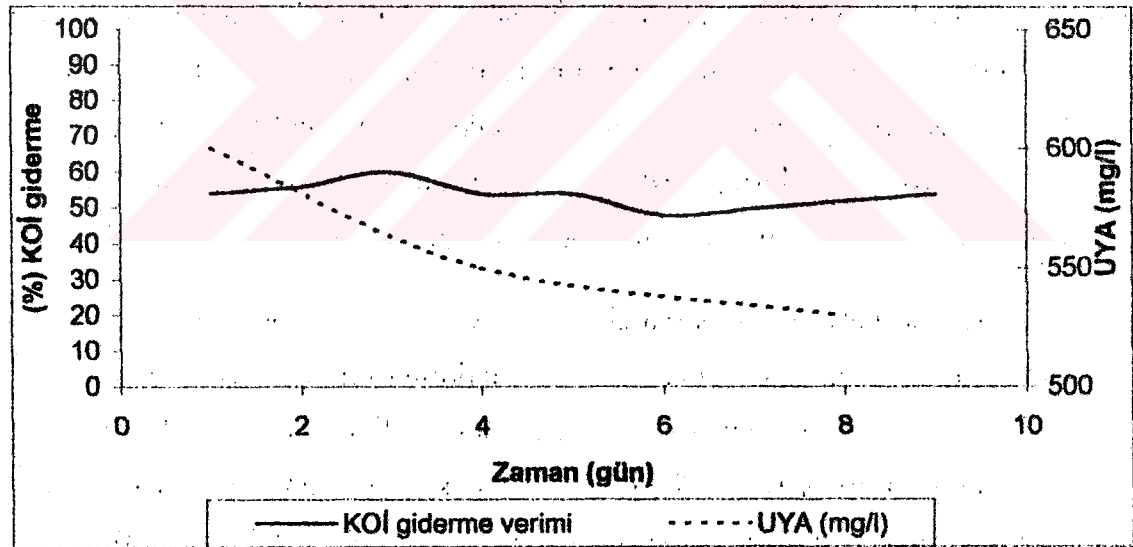


Şekil 8.18 Evsel atıksu oranları %40 , %30 ve %15 olan tekstil atıksuya ait alkalinite -- 24 saatlik (Tesis 1)

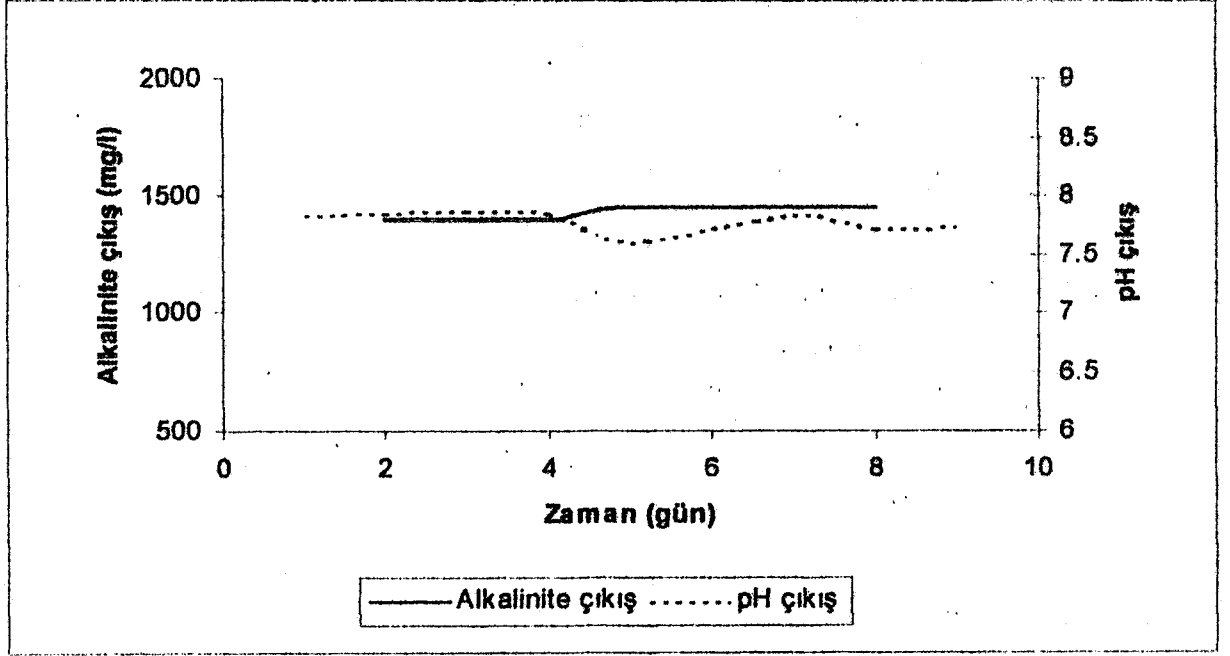
%15 evsel atıksu içeren tekstil atıksuyu reaktör çıkışında %61 olan KOİ verimi 4. Günde %31'e düşmüştür. Bunun nedeni; OYO oranının $80 \text{ gKOI/m}^3\text{-gün}$ den $65 \text{ gKOI/m}^3\text{-gün}$ değerine düşmesidir. Şok yükleme veya benzeri bir nedenle stabilitesi bozulan reaktörlerde beslemenin azaltılması veya tamamen kesilerek UYA konsantrasyonunda düşme kaydedilene kadar beklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu esnada reaktör pH'sına müdahale ederek bilhassa metanojen mikroorganizmalara zehirli etki meydana getirebilecek iyonize olmamış UYA konsantrasyonu da azaltılmaya çalışılmalıdır (Kanat 1996). UYA 530 mg/L den 600 mg/L ye artması nedeniyle KOİ giderme veriminde düşüş gözlenmiştir (Şekil 8.24). UYA 'lerinde ki bu az orandaki artışın bu kadar ekili olması, sistemin hacminin küçük olmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Literatürde UYA için $1000\text{-}1500 \text{ mg/L}$ yi geçmesi halinde organik yükün azaltılması gerektiği belirtilmiştir (Kalogo vd., 2001). Ancak sistemdeki UYA oranı bu değerlerin altında olduğu için organik yükte azaltılma yapılmamıştır. Ayrıca reaktör çıkışlarında pH değeri anaerobik arıtmaya uygun olarak $7.5\text{-}8$ aralığında bulunmuştur (Şekil 8.19, Şekil 8.21, Şekil 8.23).



Şekil 8.19 Bekletme Süresi 9 Günlük, % 40 Evsel İçerikli Atıksuya ait Alkalinite_{çıkış} ve pH_{çıkış}-24 Saatlik (Tesis 1)

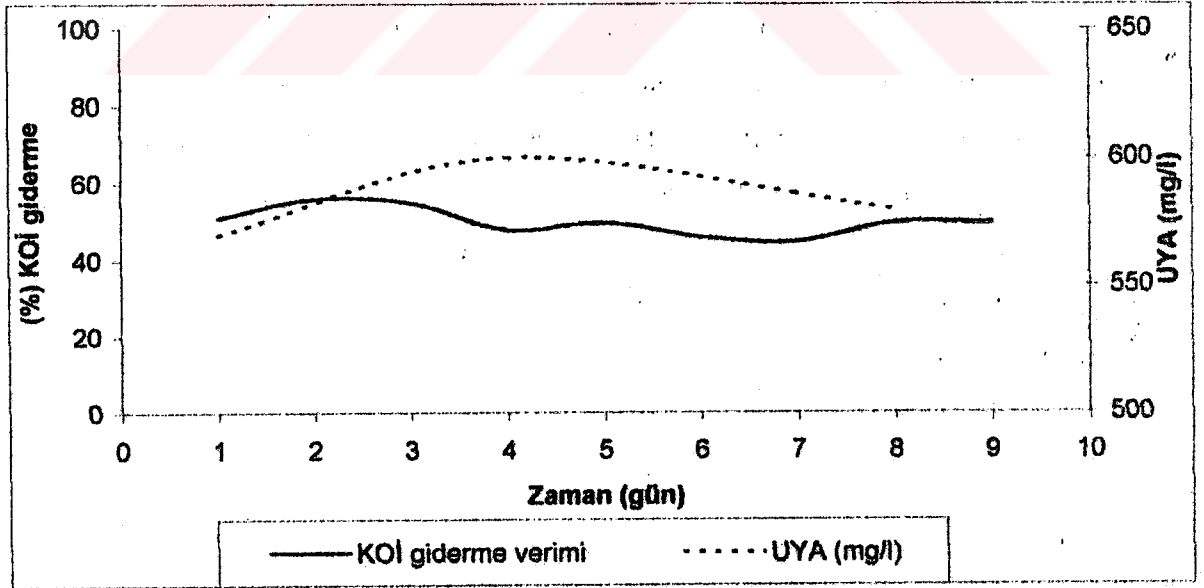


Şekil 8.20 Bekletme süresi 9 günlük, % 40 evsel içerikli atıksuya ait KOI giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1)

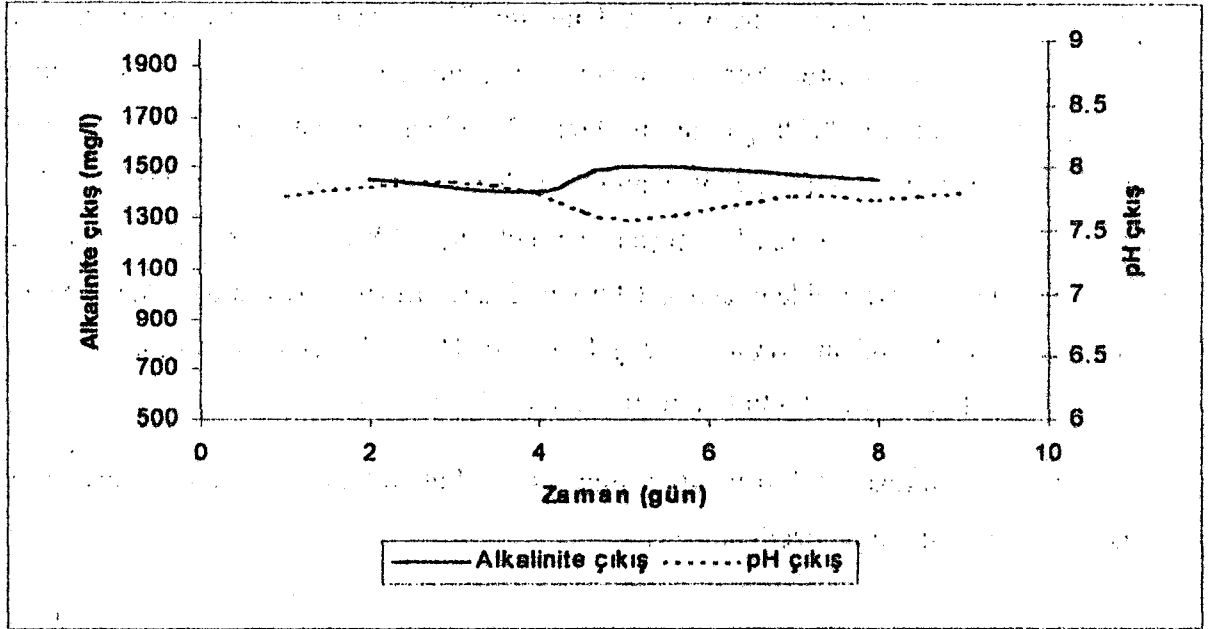


Şekil 8.21 Bekletme süresi 9 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuyun alkalinite_{çıkış} ve pH_{çıkış}-24 saatlik (Tesis 1)

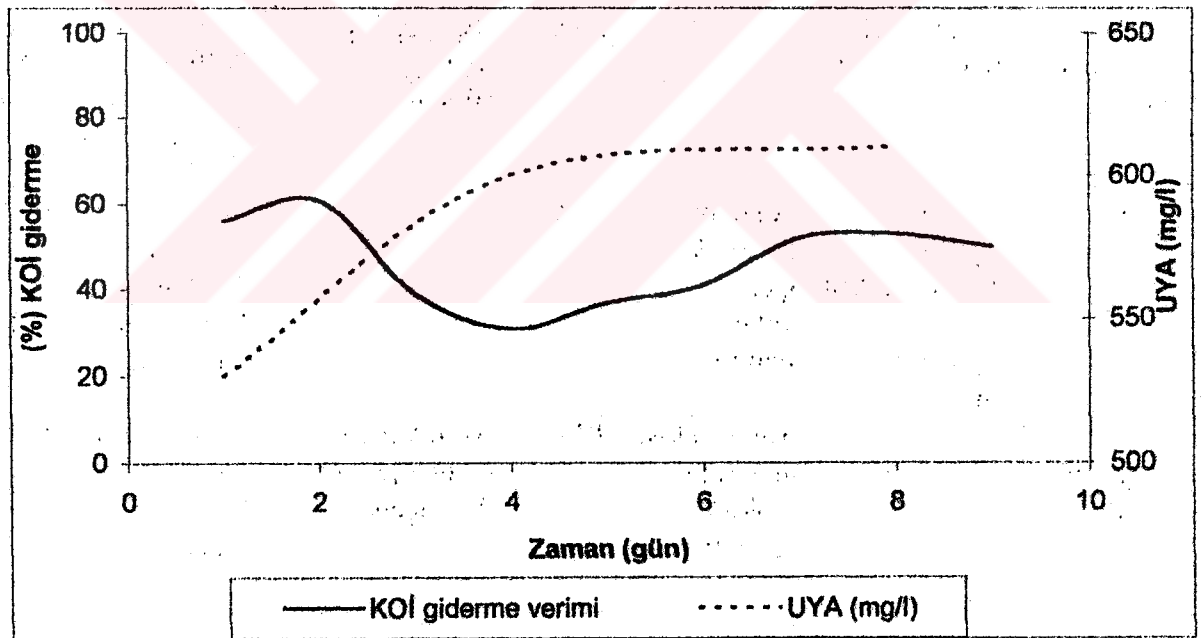
İşletme veriminde dengeye yaklaştıkça %40 ve %30 evsel içerikli atıksu için UYA oranlarında azalma meydana gelmiştir (Şekil 8.20 ve Şekil 8.22). Çıkış atıksularına ait pH ve alkalinite değerleri (Şekil 8.21 ve Şekil 8.23) gösterilmiştir.



Şekil 8.22 Bekletme süresi 9 günlük, % 30 evsel içerikli atıksuyun KOİ giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1)



Şekil 8.23 Bekletme süresi 9 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuyun alkalinite çıkış ve pH çıkış-24saatlik (Tesis 1)



Şekil 8.24 Bekletme süresi 9 günlük, % 15 evsel içerikli atıksuyun KOİ giderme verimi ve UYA-24 saatlik (Tesis 1)

KOİ giderme oranının artmasıyla UYA konsantrasyonu azalmakta, KOİ giderme oranının azalması ile UYA konsantrasyonunu artmaktadır. UYA konsantrasyonundaki bu artış literatürde (Öztürk, 2000a) belirtildiği gibi zararlı etki yapan oranın çok altına olmasına ve düşük oranlarda artmasına rağmen yine de sistemin verimi üzerinde etkili olmasına dayanmaktadır.

OYO' nun ortalama $80 \text{ gKOl/m}^3\text{-gün}$ olan ve 9 günlük HBS'ne göre çalıştırılan sistemde pH 7.5 ile 8.00 aralığında, Alkalinite $1350\text{-}1500 \text{ mg CaCO}_3 / \text{l}$ değerleri arasında ölçülmüştür. UYA değeri ise $630\text{-}500 \text{ mg/L}$ arasındadır. OYO'nun $66,7 \text{ gKOl/m}^3\text{-gün}$ ve HBS 4,5 gün olarak çalıştırılan sistemle yaklaşık aynı olan bu sonuçlar KOİ giderme oranında da benzer bulunmuştur.

Pamuklu tekstil atıksuyuna karışması muhtemel evsel karakterli atıksu oranlarının hem OYO $66,7 \text{ gKOl/m}^3\text{-gün}$ ve HBS'si 4,5 gün olması halinde, hemde OYO'nun $80 \text{ gKOl/m}^3\text{-gün}$ ve HBS'nin 9 gün olması durumunda KOİ giderme verimlerinin %50'i civarında olduğu görülmektedir. Her iki yükleme oranı ve farklı HBS'leri ile karışması muhtemel evsel karakterli atıksu oranları bu tekstil atıksuyun arıtma verimini fazla etkilememiştir.

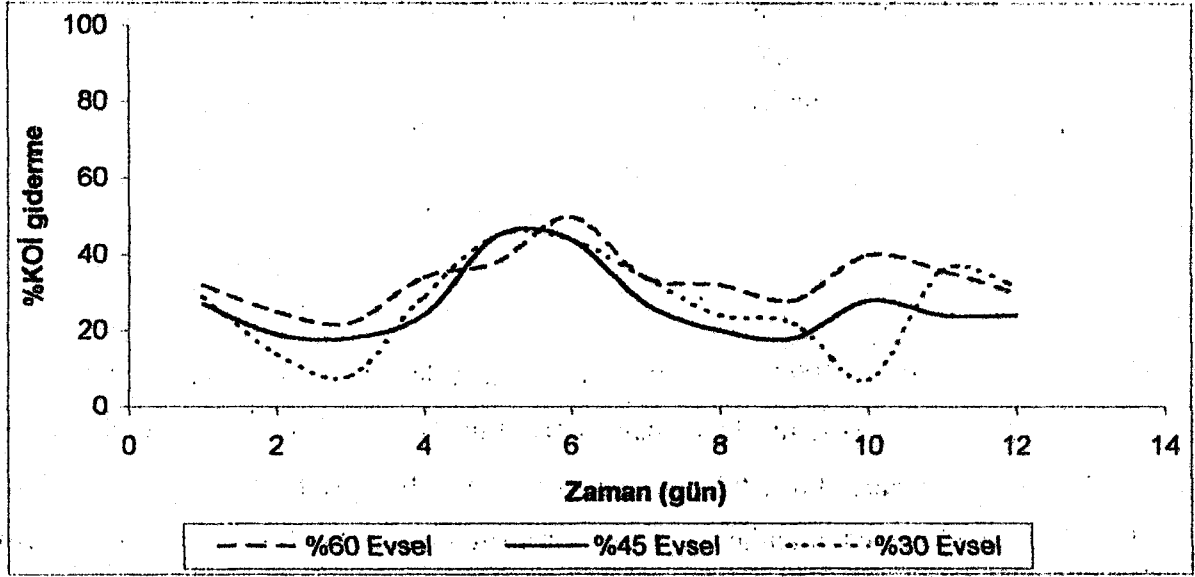
8.2.2 Ko-Substratla Pamuklu Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 1)

Tekstil atıksuyuna farklı oranlarında karıştırılan evsel atıksulara HBS'leri 4.5 ve 9 gün değerleri sabit tutulmuş ko-substrat olarak seçilen glikozun sistem üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

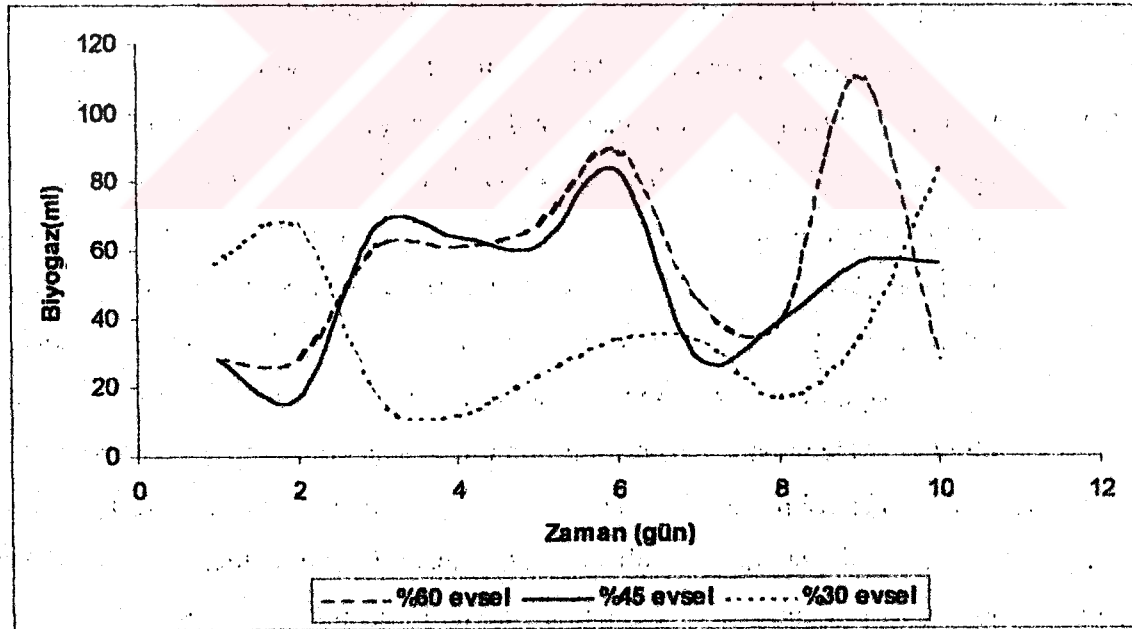
Evsel atıksu içeriği %60, %45 ve %30 olan pamuklu tekstil atıksuyuna glikoz eklenmesi yapılarak OYO'ları sırasıyla 480, 500 ve $520 \text{ mg KOI/m}^3\text{-gün}$ ortalama değerlerinde, HBS 4.5 gün olarak sisteme verilmiştir.

Pamuklu tekstil atıksuyuyla aklime olmuş çamura verilen glikozlu pamuklu tekstil atıksuyunu reaktör çıkışındaki KOİ giderme verimleri Şekil 8.25'de beraber gösterilmiştir.

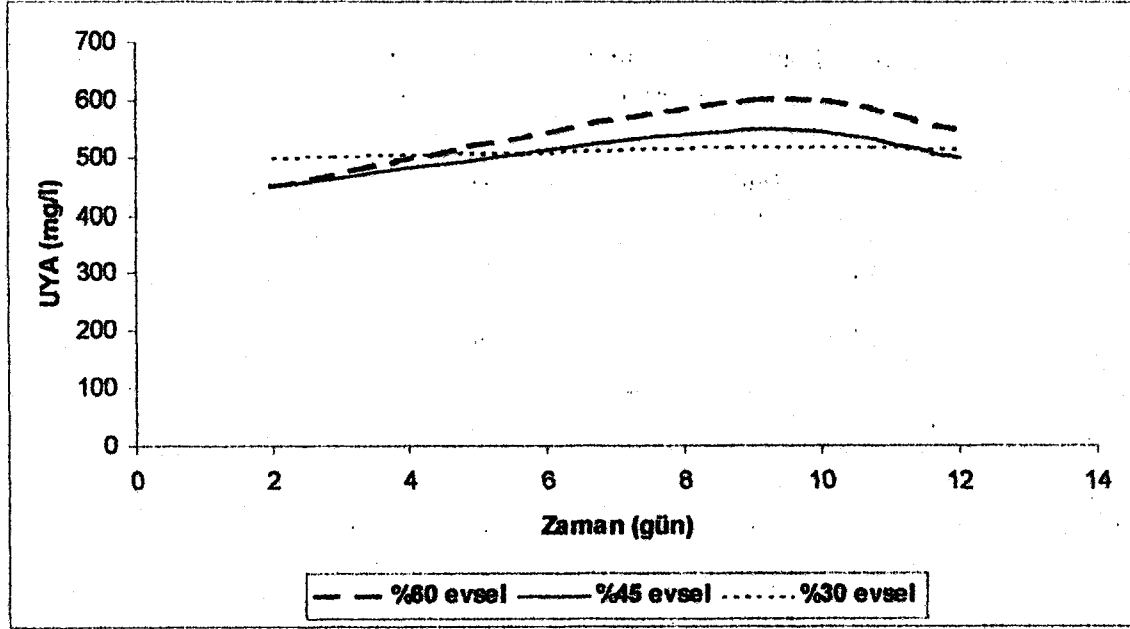
Çamur pamuklu tekstil suyuna alışmış ve kullanılan ko-substratın kolay parçalanabilen monosakkarit olmasına rağmen, KOİ gideriminde salınım göstermiştir. UYA 450 mg/L den 600 mg/L değerine çıkmıştır. pH değeri de 7.6'dan, 6.8'e düşmüştür. Alkalinite 1400 mg/L den 1750 mg/L ye yükselmiştir. Bu değerlerin küçük oranlardaki değişimi literatür bilgilerine uygun olmasına rağmen sistemin dengesini bozmuştur (Şekil 8.28, Şekil 8.30, Şekil 8.32). Ancak yinede pH, Alkalinite ve UYA lerindeki değişim düzenli bir seyir izlemesine rağmen KOİ ve biyogaz çıkışlarında anlaşılamayan bir salınım gözlenmiştir (Şekil 8.25, Şekil 8.26).



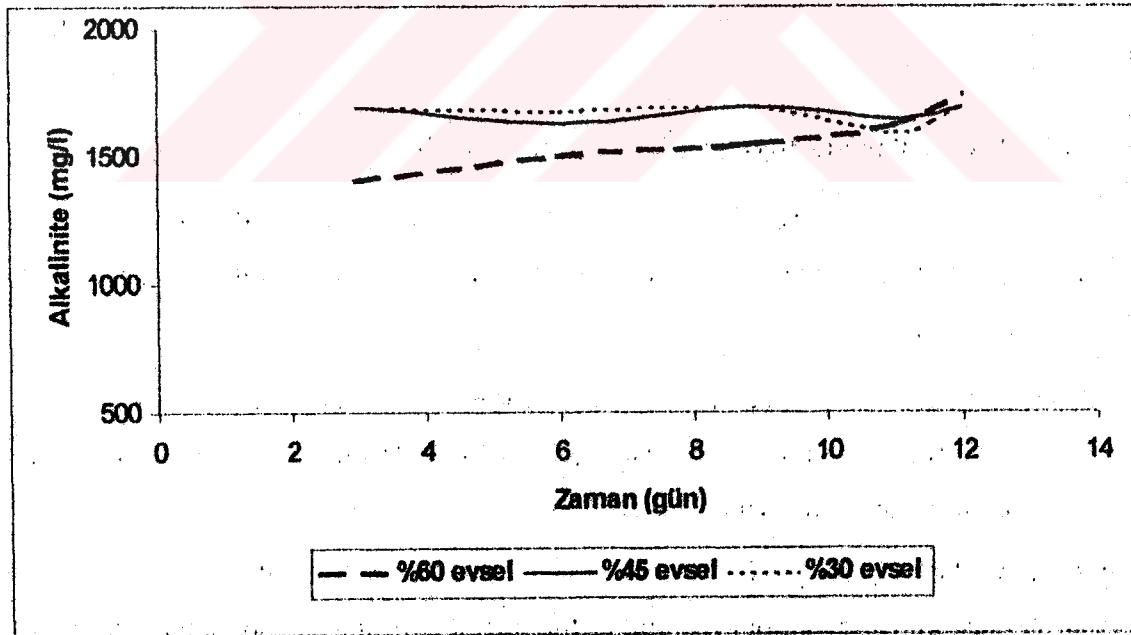
Şekil 8.25 Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOl giderme verimi-24 saatlik(HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



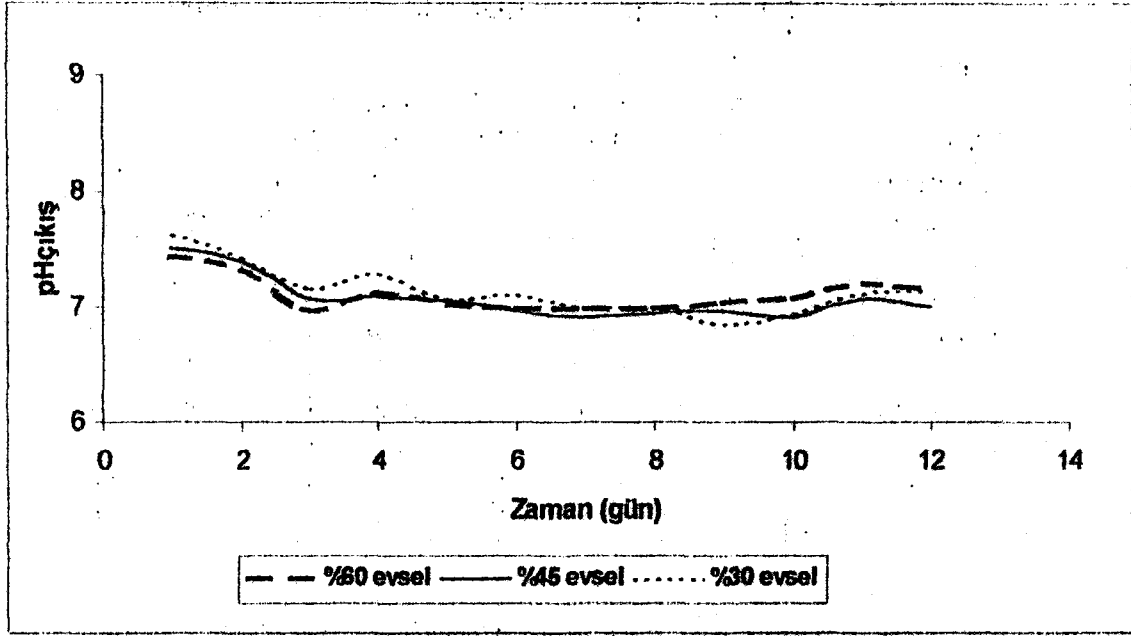
Şekil 8.26 Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait biyogaz - 24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



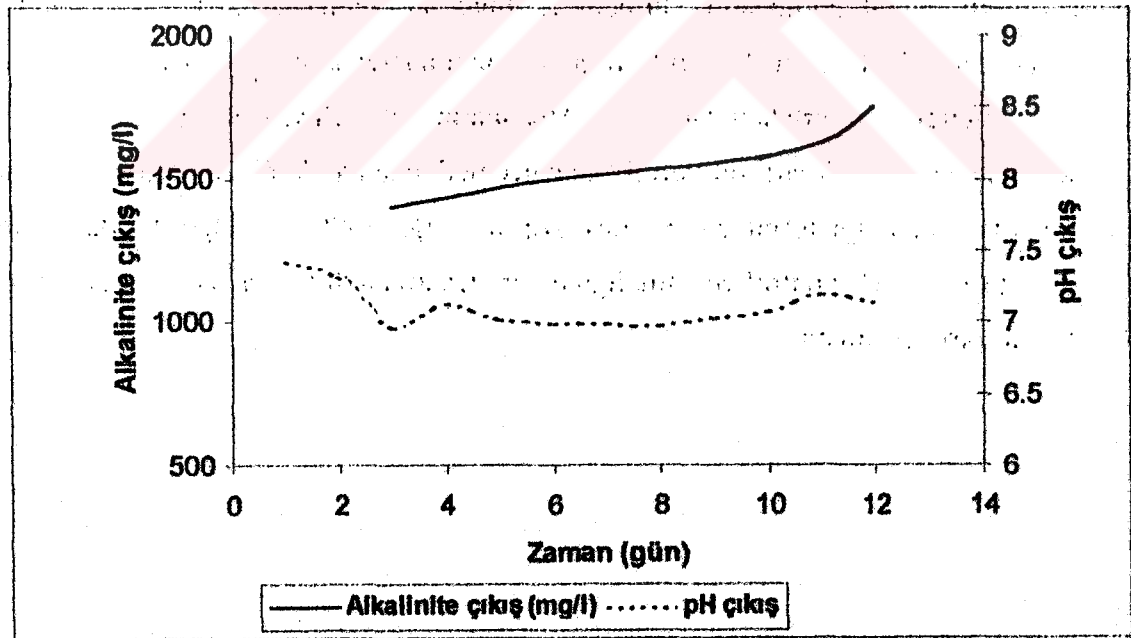
Şekil 8.27 Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



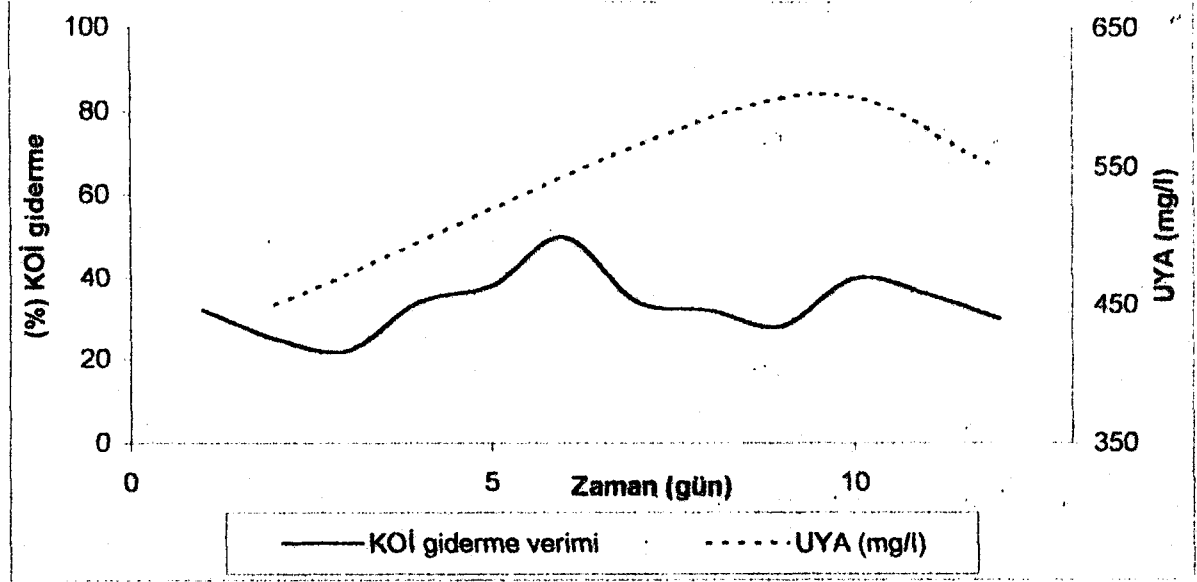
Şekil 8.28 Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



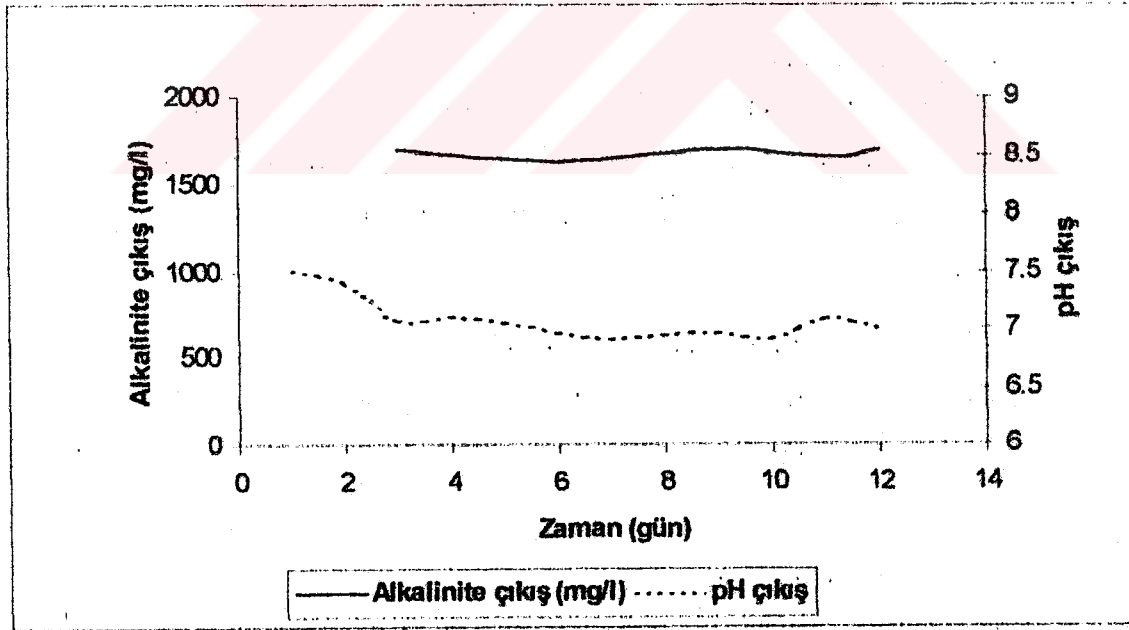
Şekil 8.29 Evsel atıksu oranları %60, %45 ve %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait $pH_{\text{çıkış}}$ - 24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



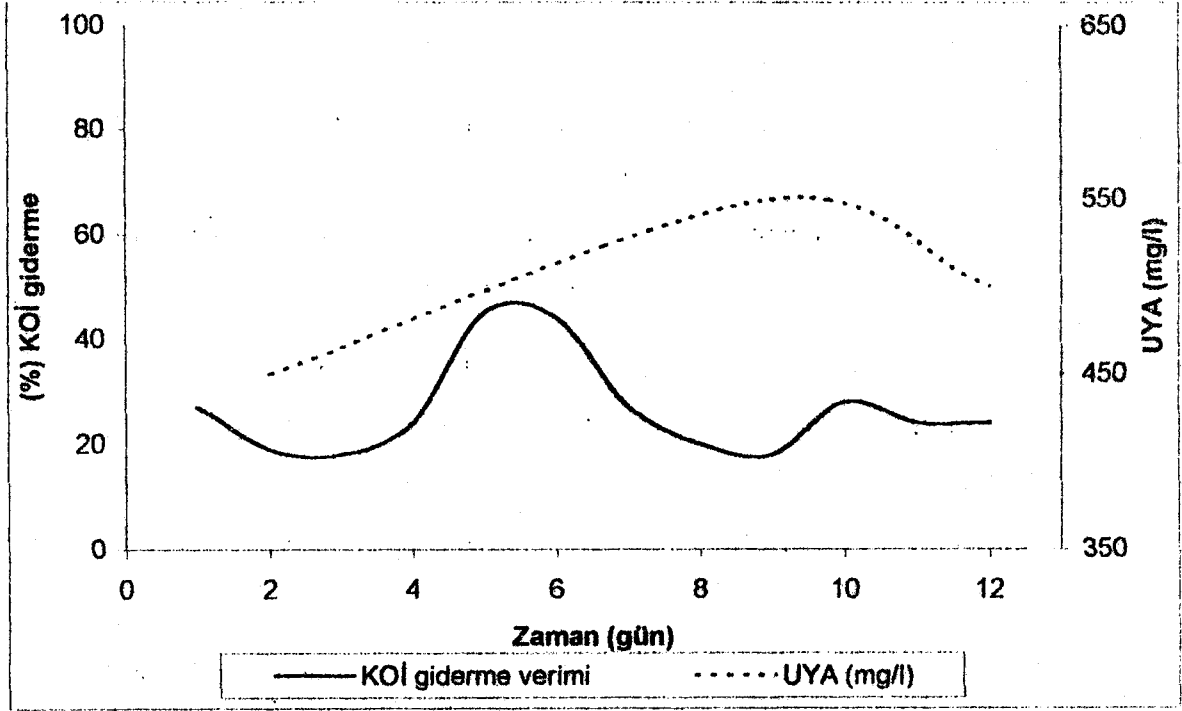
Şekil 8.30 Evsel atıksu oranını %60 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış}- $pH_{\text{çıkış}}$ -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



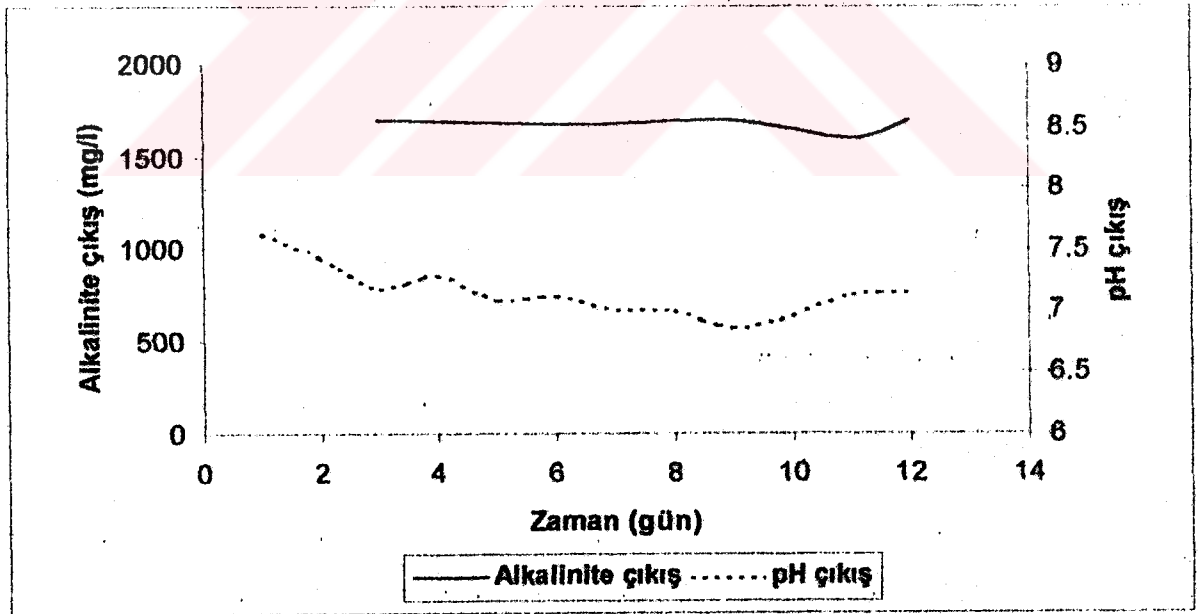
Şekil 8.31 Eysel atıksu oranı %60 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



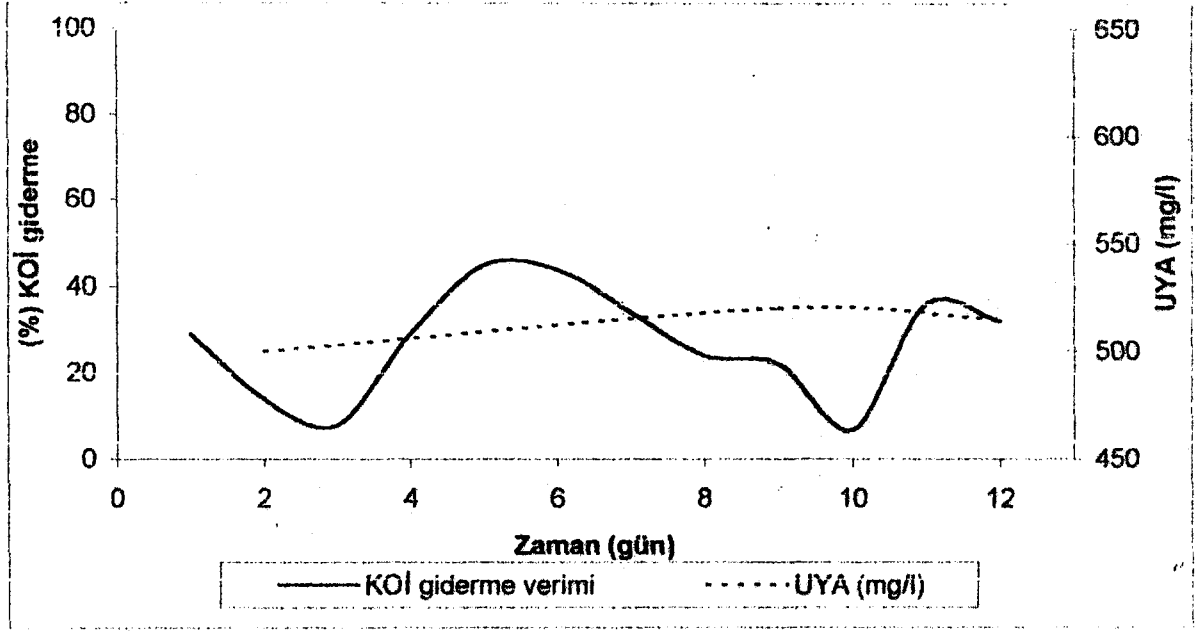
Şekil 8.32 Eysel atıksu oranı, %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite çıkış- pH çıkış-24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)



Şekil 8.33 Evsel atıksu oranlı, %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOI giderme ve UYA - 24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)

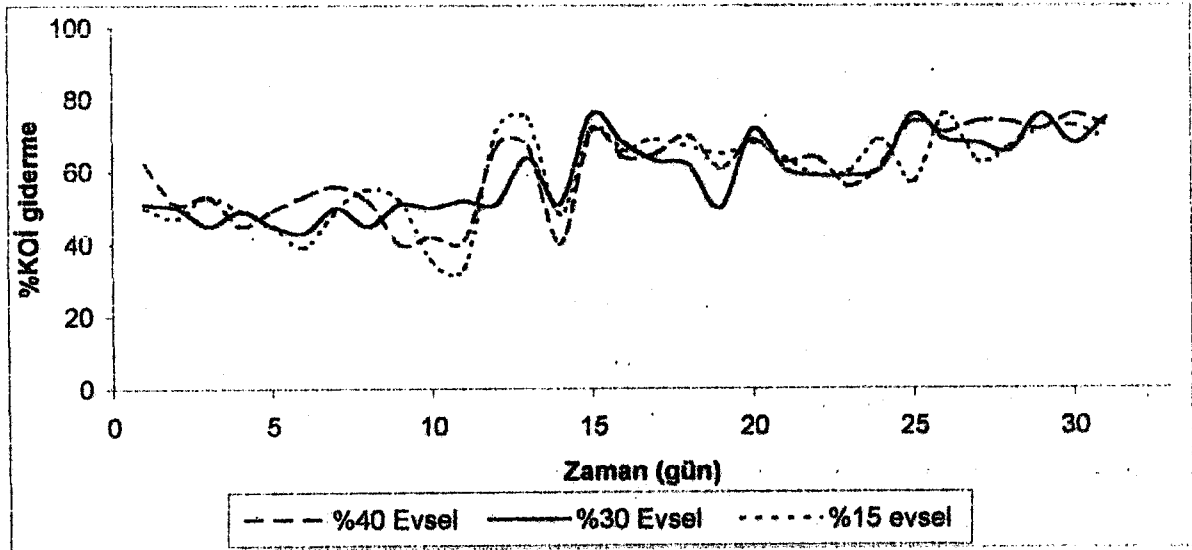


Şekil 8.34 Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış} ve pH_{çıkış} -24 saatlik (HBS 4.5 gün)(Tesis 1)

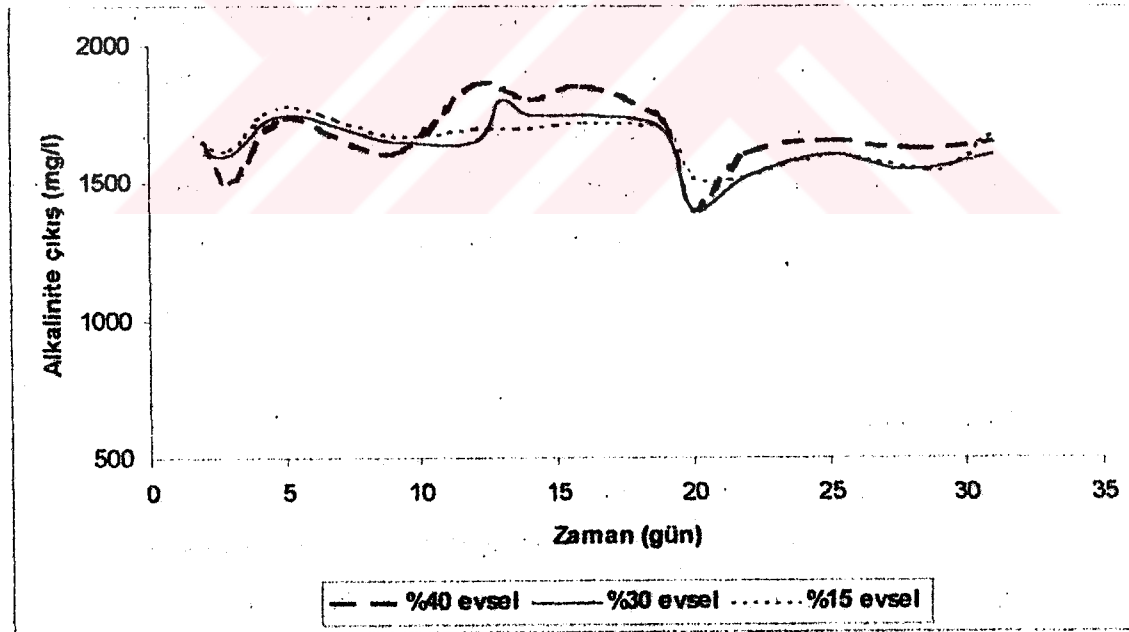
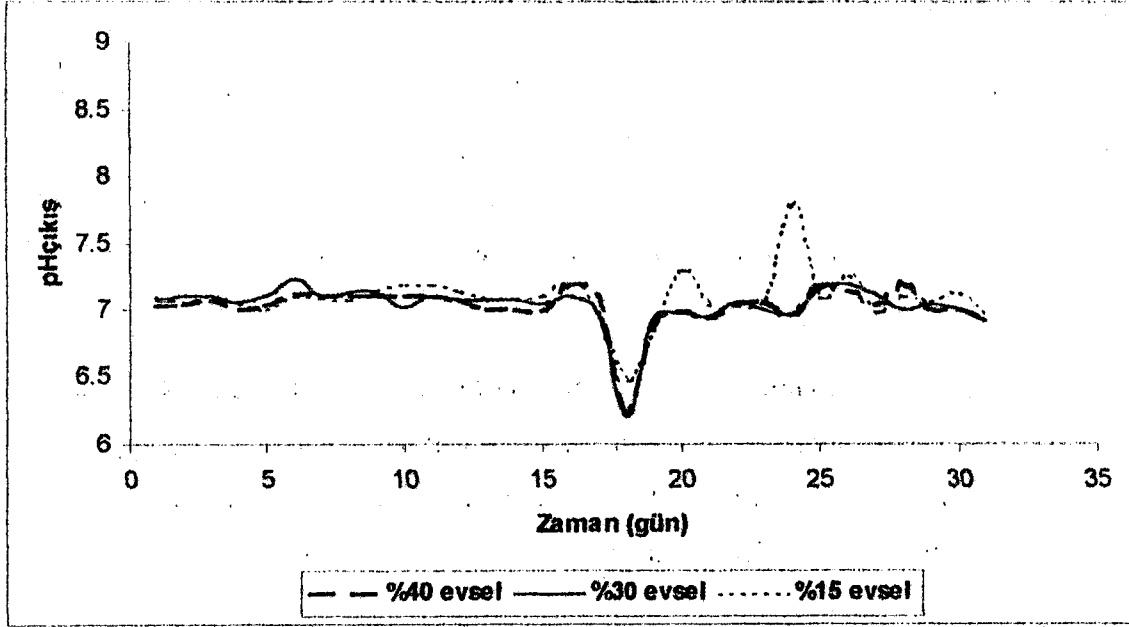


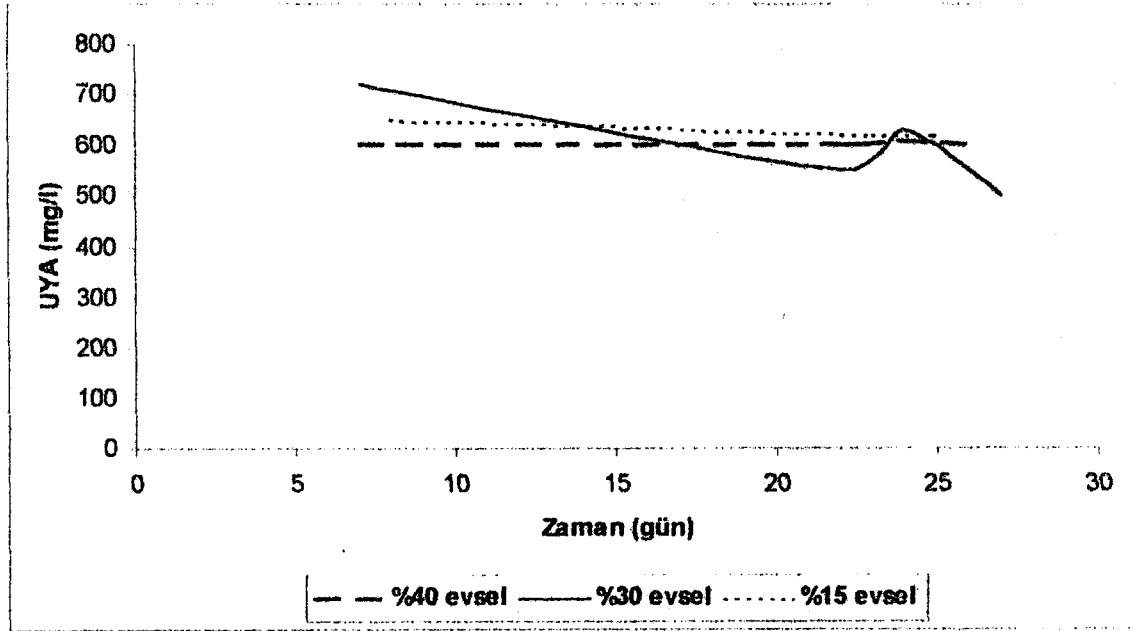
Şekil 8.35 Eysel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik (HBS 4.5 gün) (Tesis 1)

HBS 9 güne ayarlanan reaktörlerde, OYO %40'lık evsel atıksu içeriği için $300 \text{ gKOI/m}^3\text{-gün}$, %30'luk evsel atıksu içeriği için $322 \text{ gKOI/m}^3\text{-gün}$, %15'lik evsel atıksu içeriği için $345 \text{ gKOI/m}^3\text{-gün}$ olarak besleme yapılmıştır. KOİ giderme verimleri, biyogaz oluşumu, pH ve Alkalinite değerleri aşağıdaki grafiklerde birlikte gösterilmiştir (Şekil 8.36, Şekil 8.37, Şekil 8.38, Şekil 8.39).



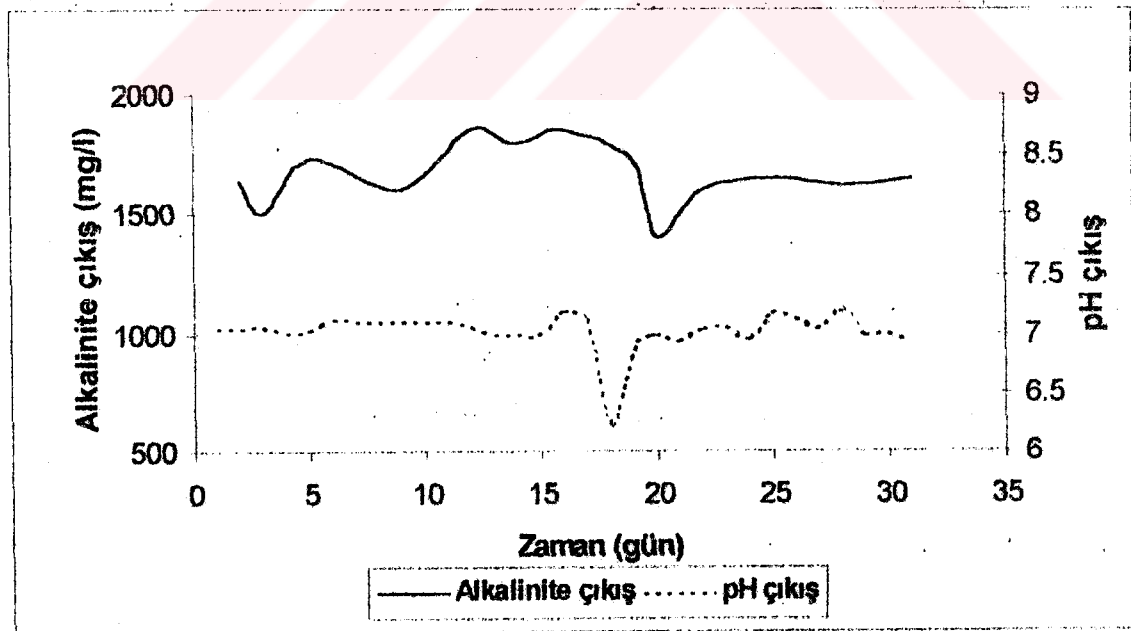
Şekil 8.36 Eysel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-24 saatlik (HBS 9 gün) (Tesis 1) 100ml



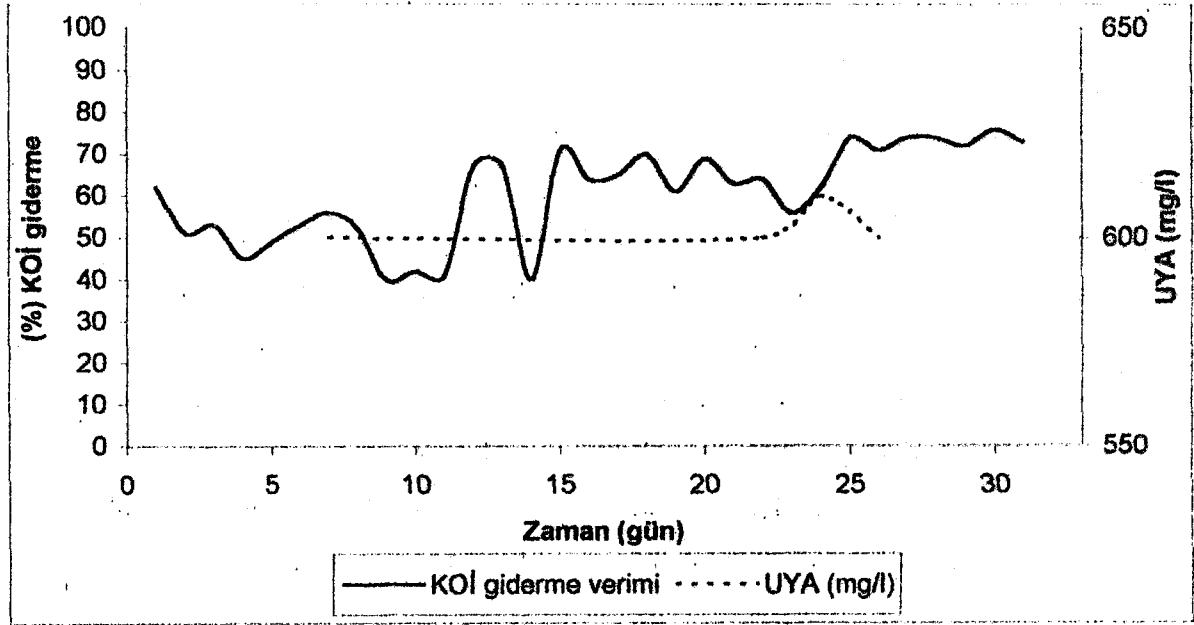


Şekil 8.39 Evsel atıksu oranı %40, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml

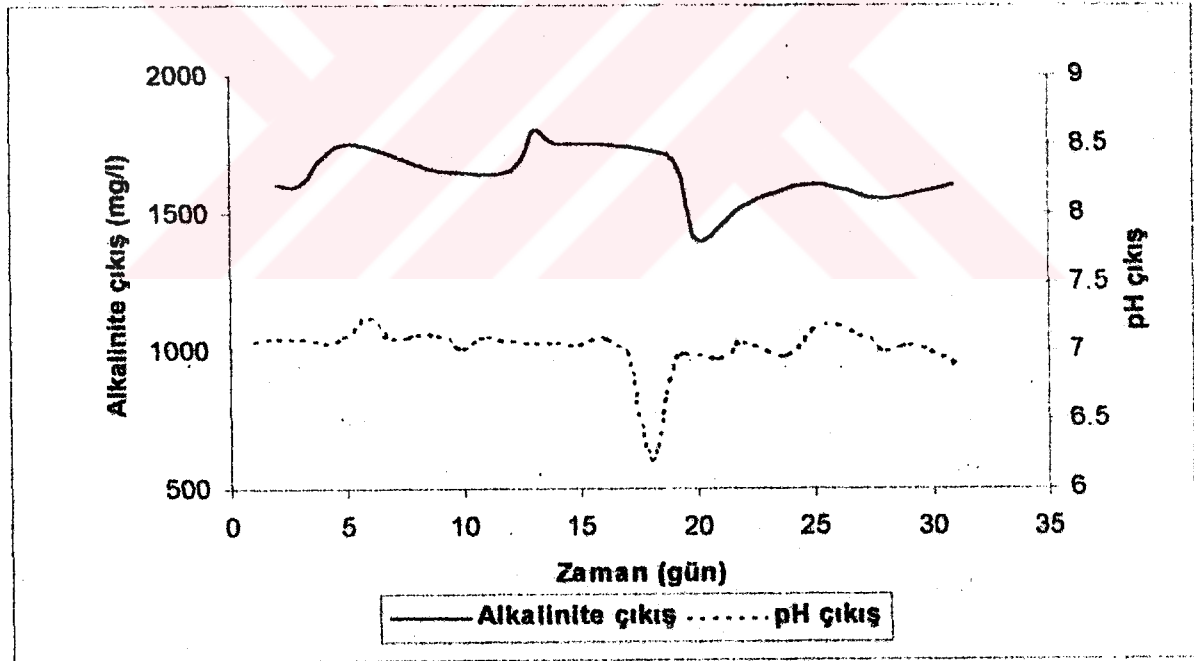
Evsel atıksu içeriği %40, %30 ve %15 olan üç atıksuyun reaktör çıkış değerleri herbiri için Alkalinite_{çıkış}-pH_{çıkış} ve KOİ giderme oranı-UYA miktarları aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir.



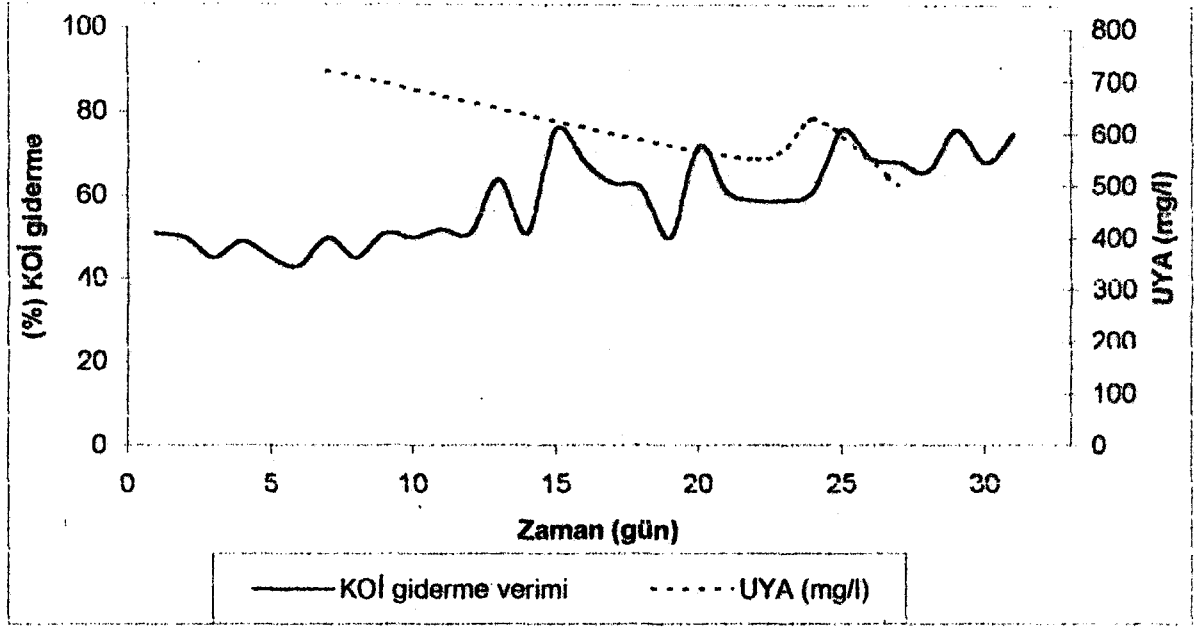
Şekil 8.40 Evsel atıksu oranı %40 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış}-pH_{çıkış} -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml



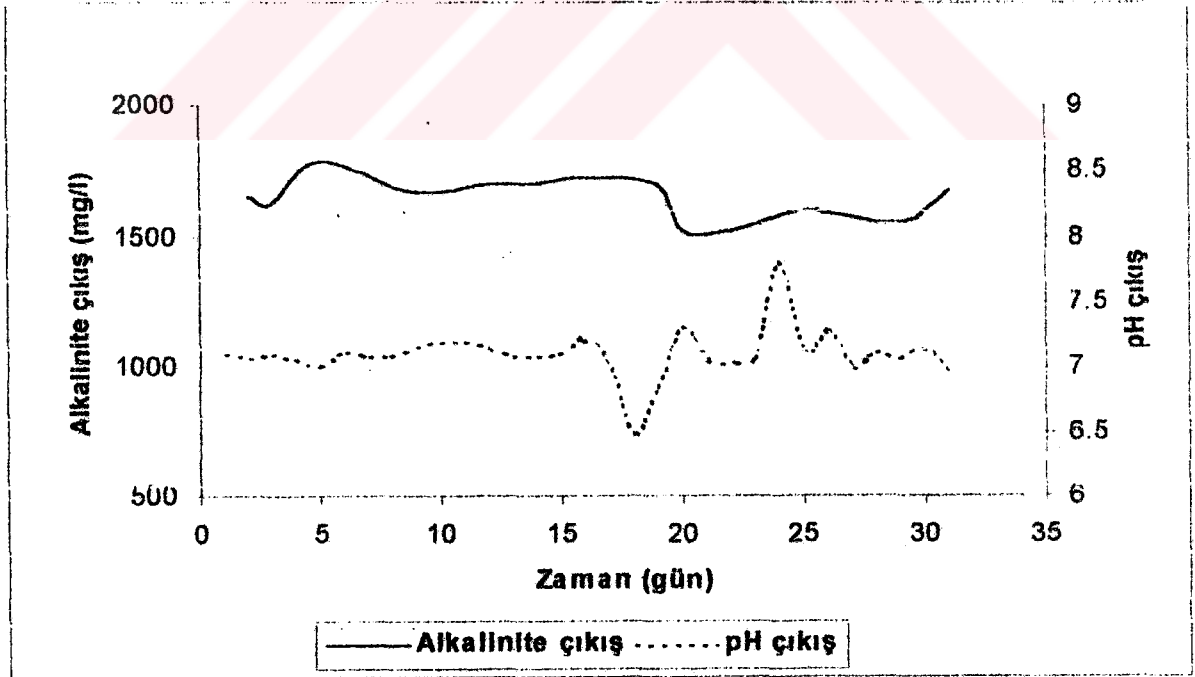
Şekil 8.41 Evsel atıksu oranı %40 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOI giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml



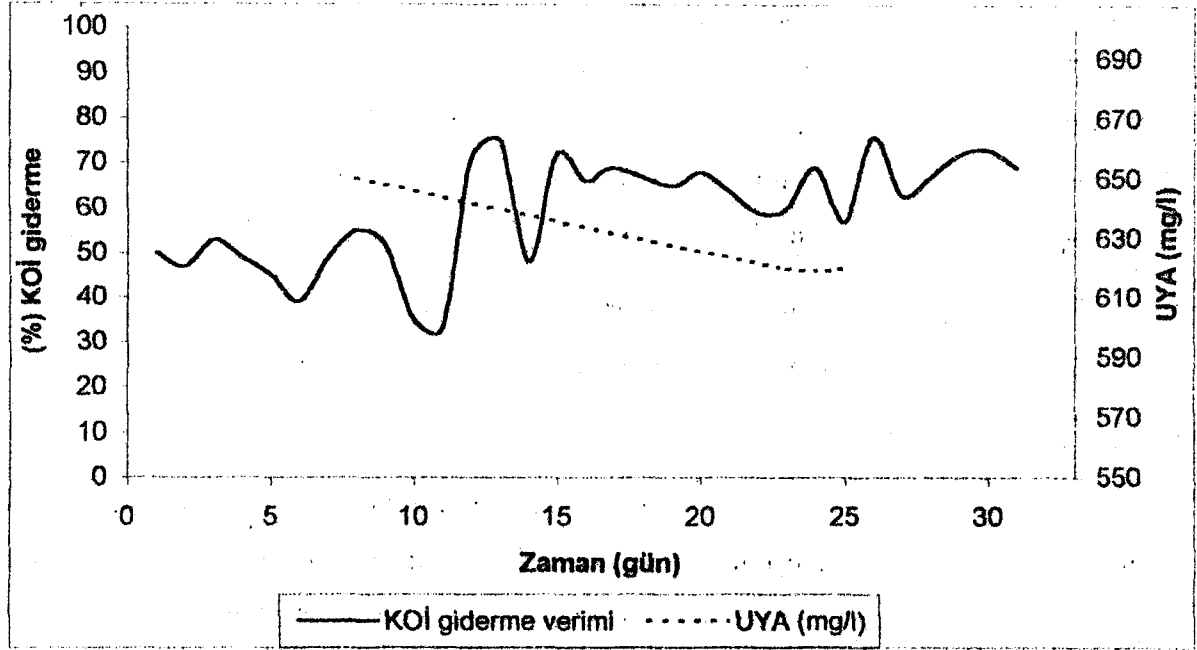
Şekil 8.42 Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış}-pH_{çıkış}-24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml



Şekil 8.43 Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml



Şekil 8.44 Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite çıkış-pH çıkış-24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml



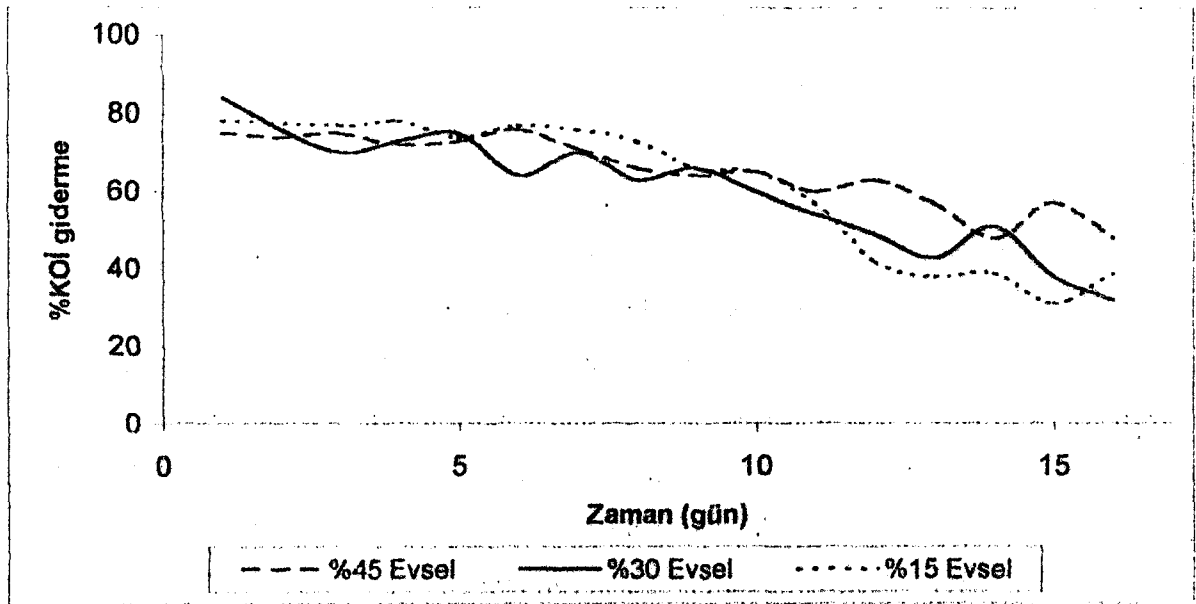
Şekil 8.45 Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi-UYA -24 saatlik(HBS 9 gün)(Tesis 1)100ml

Glikozlu pamuklu tekstil atıksuyunda % 40, %30 ve %15 evsel atıksuyla beslenen her üç sistemde KOİ giderme oranı %50'den %70'lere yükselmiştir. pHlarda ki günlük değişim KOİ giderim oranını günlük olarak etkilemiş ancak bir gün sonra düzelen pH değeri ile birlikte KOİ giderimide iyileşmiştir. Ko-substrat sistemin optimum çevre şartlarının değişmesiyle anaerobik mikroorganizmaların daha az etkilenmesini ve kısa sürede toparlanmasını sağlamıştır.

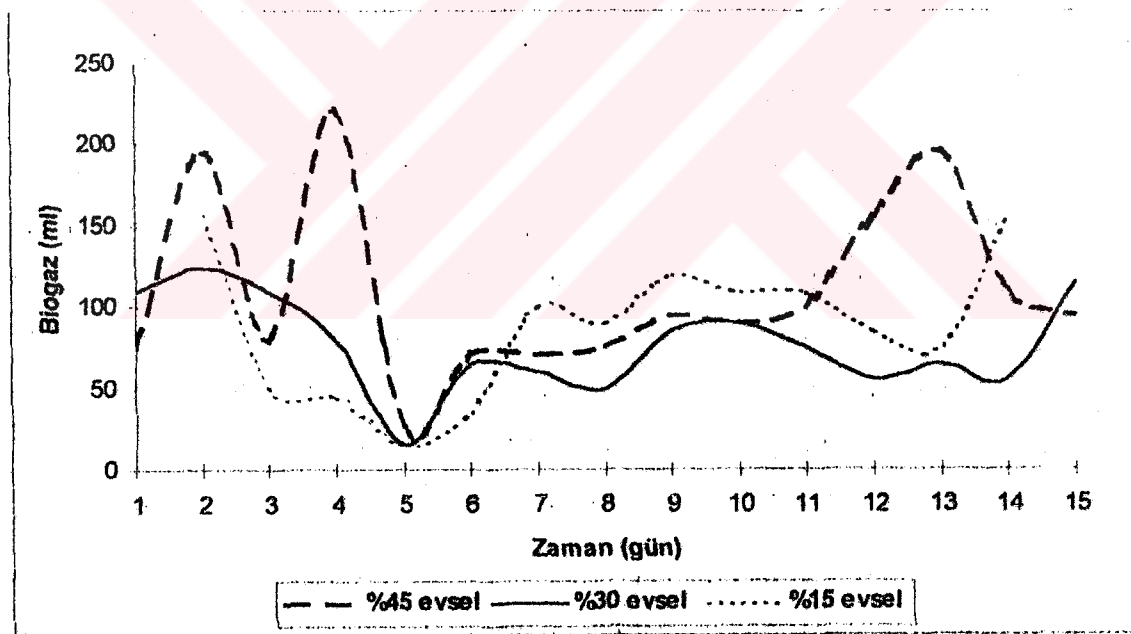
8.2.3 Ko-Substratlı Polyester Tekstil Atıksuyunun Evsel Atıksuyla Arıtılabilirliği (Tesis 2)

%100 polyesterli kumaşa dispers boyama yapan tesise ait atıksuyun arıtılabilirliği çalışmasına ko-substrat olarak glikoz eklenmesiyle deneysel çalışma başlatılmıştır.

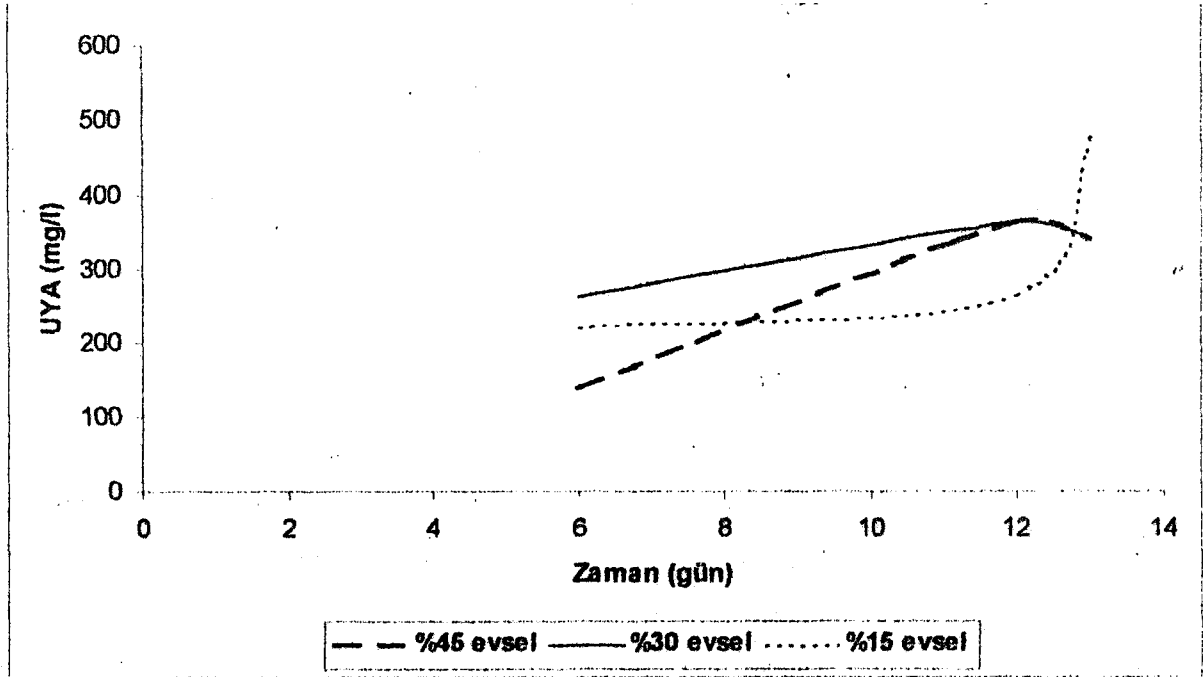
%45, %30 ve %15 evsel atıksu içeren tekstil atıksuyuna OYO oranları sırasıyla 160 gKOİ/m³-gün, 170 gKOİ/m³-gün ve 250 gKOİ/m³-gün olarak sisteme verilmiştir. HBS 5 gün olarak seçilmiştir.



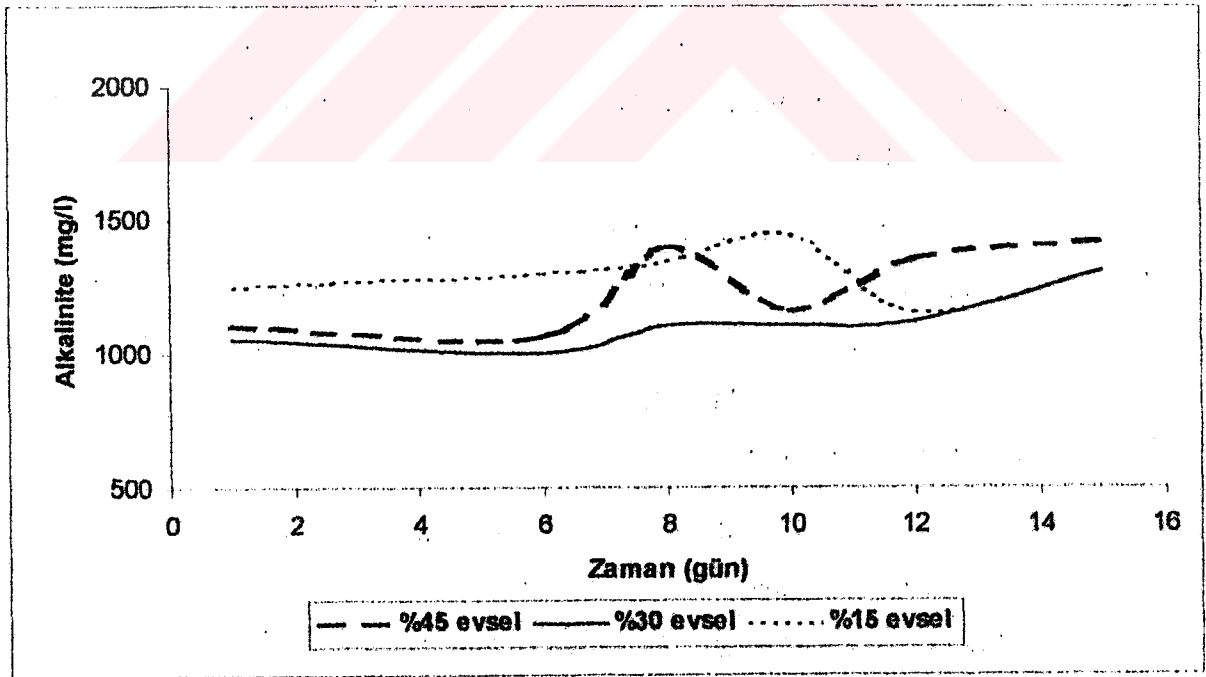
Şekil 8.46 Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOl giderme verimi -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



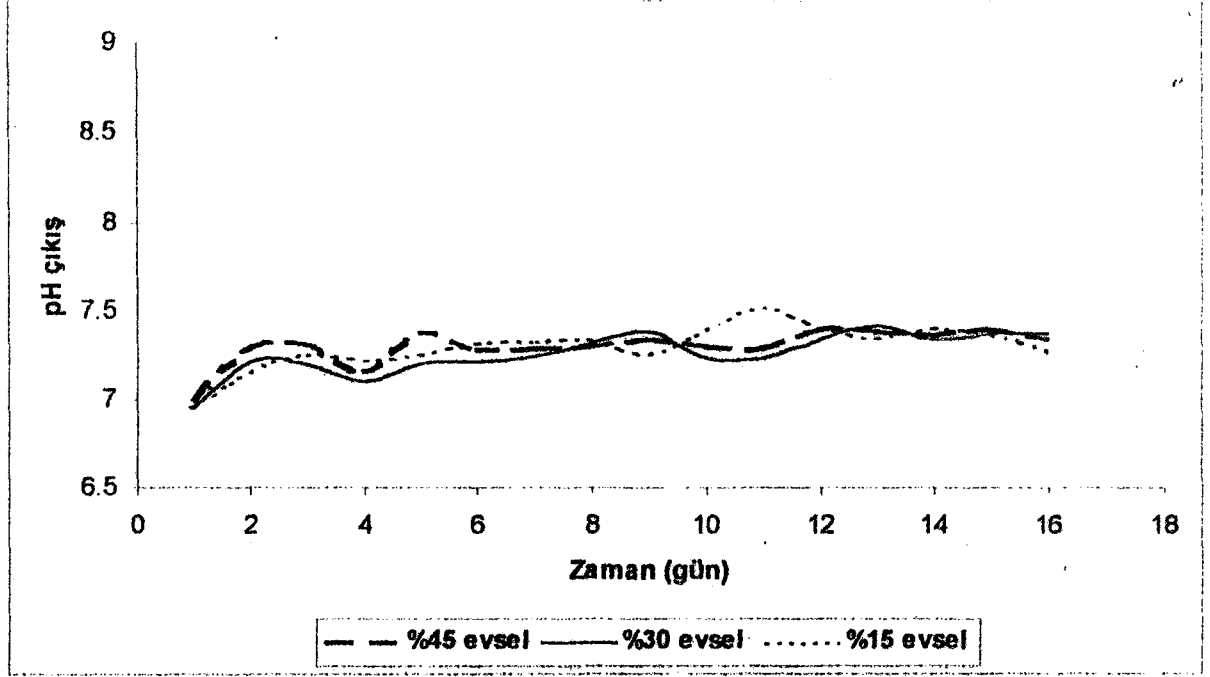
Şekil 8.47 Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait biyogaz - 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.48 Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.49 Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml

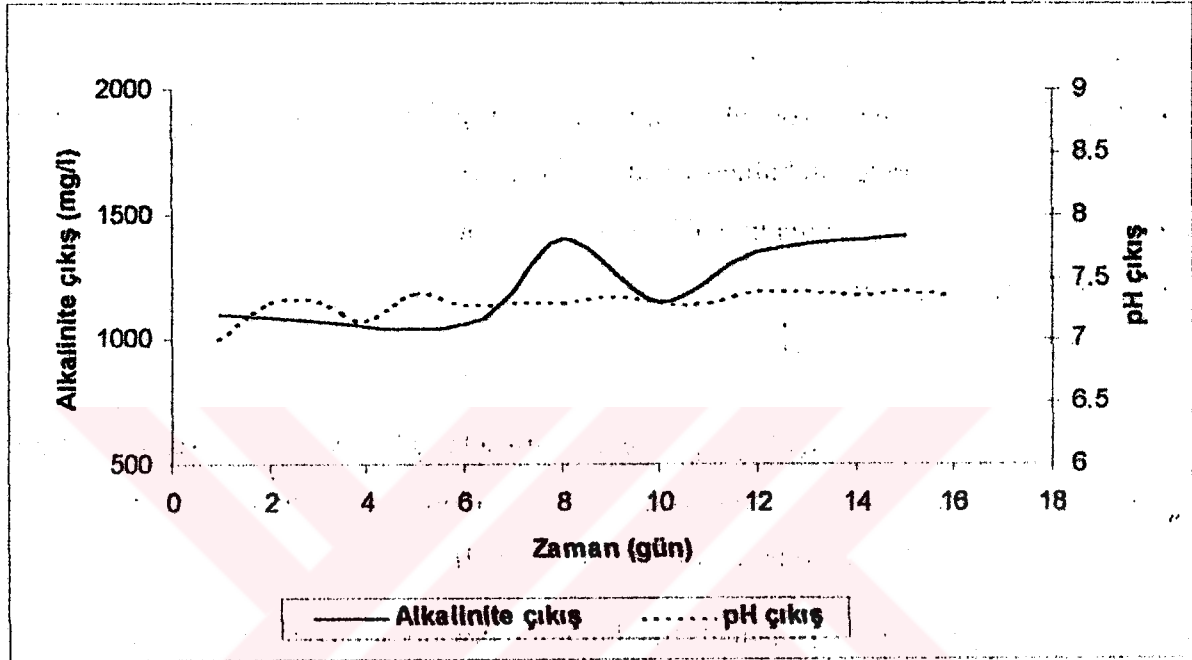


Şekil 8.50 Evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait $pH_{\text{çıkış}}-24$ saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml

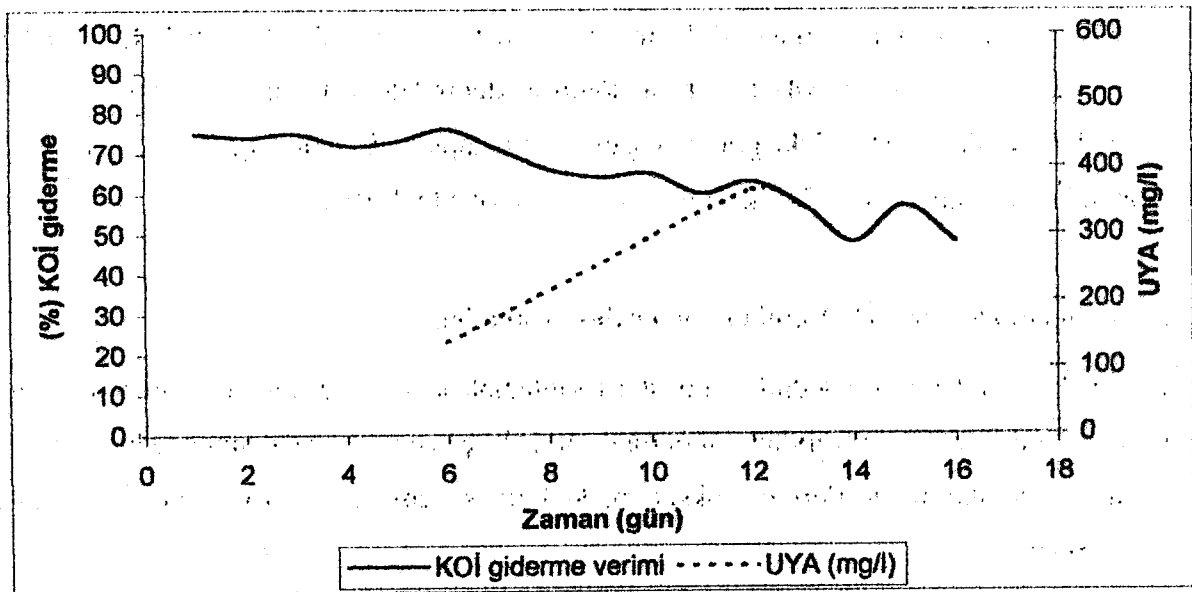
Evsel Atıksu Oranları %45, %30 ve %15 olan glikozlu polycesterli tekstil atıksuyu, yaklaşık %75 'lik verimle işletmeye alınmıştır. Ancak 17 gün sonunda KOİ giderme oranı %40 civarlarına kadar düşmüştür. pH ve Alkalinite değerleri literatür bilgilerine göre normal oranlarında bulunmuştur. 6. günden sonra ölçülen UYA oranları ortalama 220 mg/L'den 365 mg/L ye artış göstermiştir. UYA'larındaki bu artış nedeniyle sistemin verimi azalmıştır. Alkalinite ve pH verileri anaerobik arıtmaya uygun olarak bulunmuştur. Azalan KOİ giderimi sonucu biyogaz çıkışında dengesizlik gözlenmiştir. Azalan verime rağmen, zaman zaman biyogaz çıkışlarında ani artışlar gözlenmiştir. Bu artışların nedeni; reaktör içindeki kısmi basıncın düzenli olmadığı ve bu yüzden atıksu içindeki çözünmüş gazın dışarıya düzensiz çıkması olabilir. Çünkü, saydam olan sisteme dışardan bakıldığında gaz kabarcıkları görünmüştür. Deneme amacıyla sistem 30 sn elle çalkalanmış ve reaktör yüzeyine doğru çıkan gazlar gözlenmiştir (Öztürk vd., 2000b). Ubay vd.1992'de yaptığı çalışmada giriş KOİ'si 200-900 mg/L olarak işletilen sistemde biyokütle oranını belirlemek üzere, sentetik atıkla yapılan deneysel çalışma boyunca kararlı hallerde çeşitli seviyelerden alınan çamur numunelerinde uçucu katı madde tayinleri yapılmıştır. Reaktör yüksekliği boyunca çamur konsantrasyonu dağılımının homojen olmadığı ve genelde yer yer su cepleri teşekkül ettiği gözlenmiştir. Bu çalışmadakine benzer şekilde serum şişesi anaerobik reaktöründe de su cepleri oluşmuştur. Meydana gelen bu su ceplerinin içinde bulunan gazın zamanla biriktiği ve

gazın yüzeye çıkması sebebiyle toplam gaz hacminde artışlar gözlemlendiği düşünülmektedir.

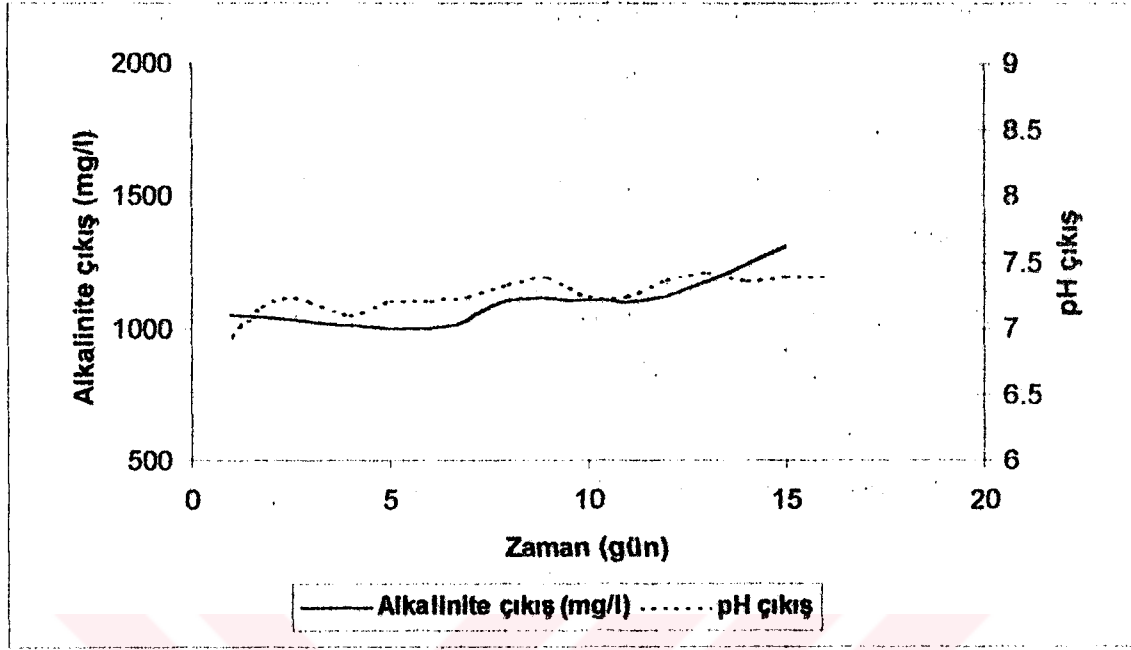
Her üç sisteme giren, farklı oranlarda evsel atıksu ile beslenen reaktörlere ait veriler aşağıdaki grafiklerde tek tek gösterilmiştir (Şekil 8.51, Şekil 8.52 Şekil 8.53 Şekil 8.54, Şekil 8.55, Şekil 8.56, Şekil 8.57).



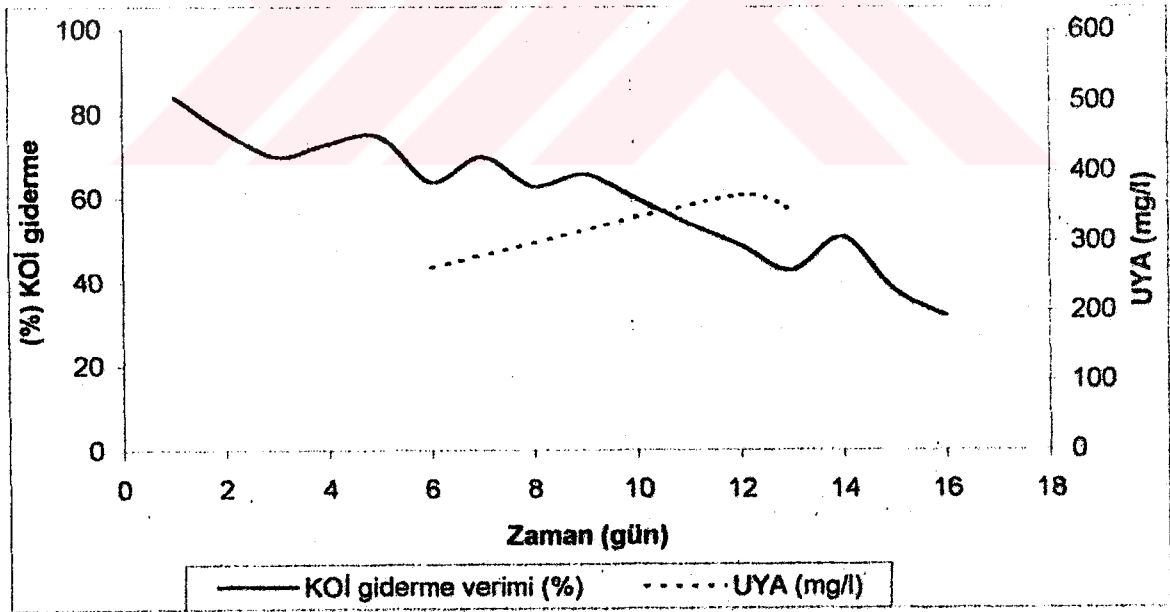
Şekil 8.51 Evsel atıksu oranı %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite çıkış-pH çıkış -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



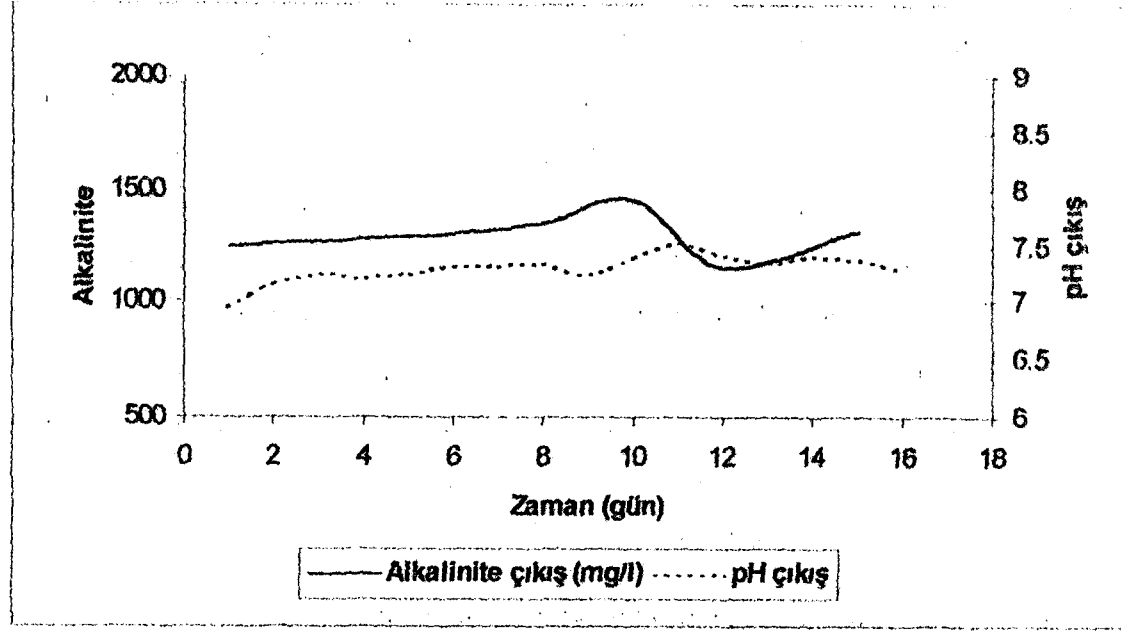
Şekil 8.52 Evsel atıksu oranı %45 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi- UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



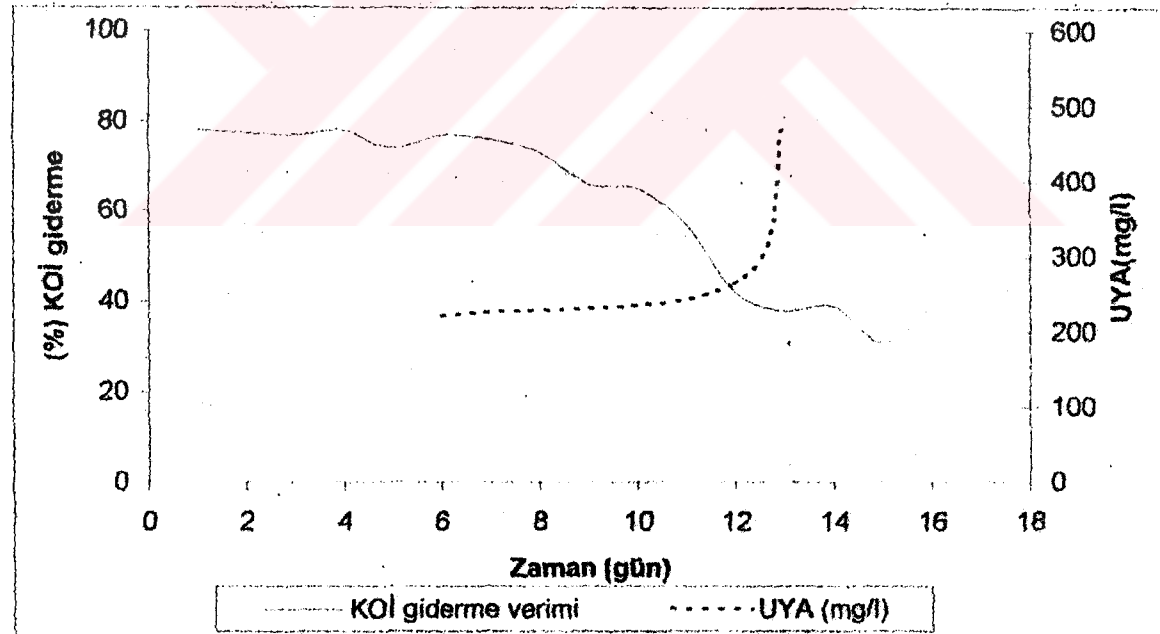
Şekil 8.53 Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış}-pH_{çıkış} -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.54 Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOI giderme verimi- UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.55 Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait alkalinite_{çıkış}-pH_{çıkış} -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



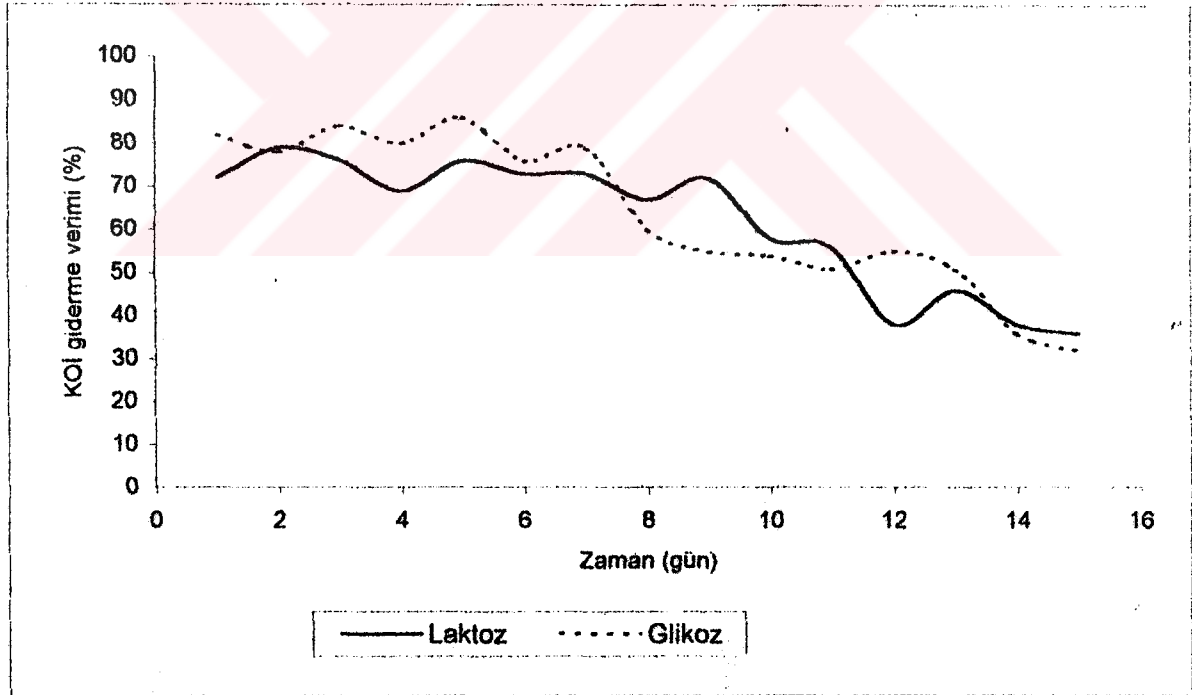
Şekil 8.56 Evsel atıksu oranı %15 olan glikozlu tekstil atıksuya ait KOI giderme verimi- UYA -24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml

Dispers boyama kullanarak polyesterli kumaşı boyayan tesise ait atıksuya farklı oranlardaki evsel atıksu içeriği ve glikoz eklenmesi ile çamurun adaptasyonu sağlanmıştır. Bu adapte olmuş çamura glikozsuz olarak verilen atıksu ile (tekstil atıksu + evsel atıksu) 21 gün

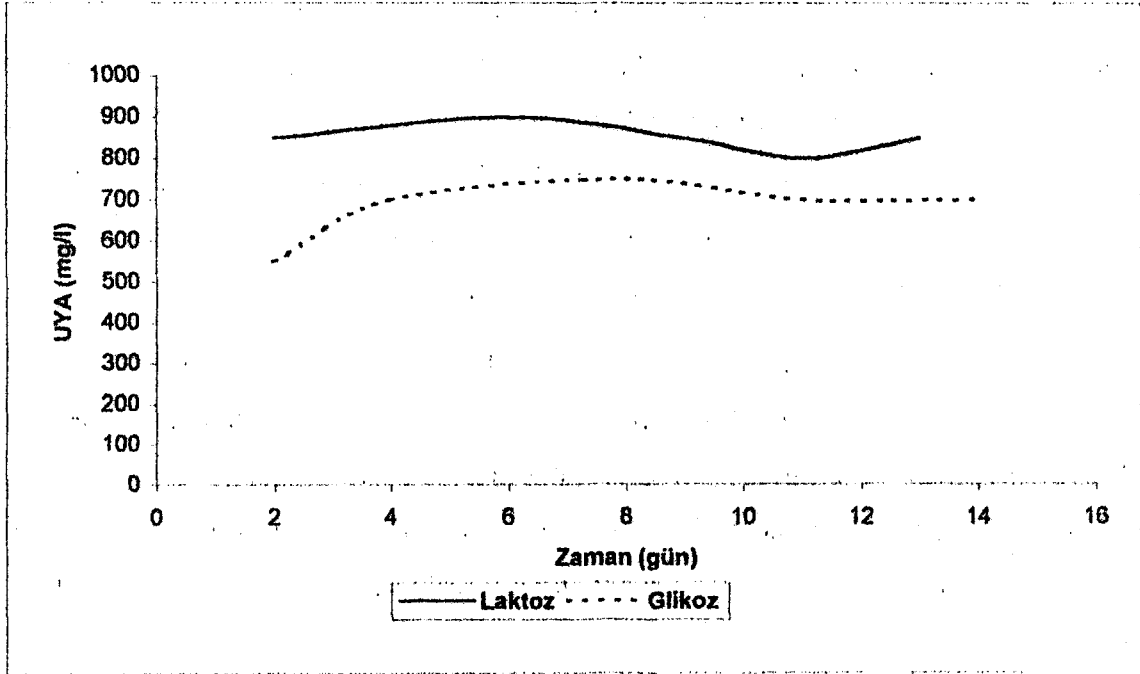
boyunca çalıştırılmıştır. Ancak başlangıçta ortalama %30 olan verim 5. gün sonunda %10'a, 6. gün sonunda % 5'e ani olarak düşmüştür. Alkalinite, AKM, pH oranları literatür verilerine uygun olarak bulunmuştur. UYA deneyinin yapıldığı ekstraksiyon cihazındaki problemler nedeniyle UYA ölümü yapılamamıştır. Bu nedenle verim düşmesinin UYA bağlı olup olmadığı bilinmemektedir.

8.2.3.1 İki Farklı Ko-Substratla Polyesterli Atıksuyun Arıtılabilirliği (Tesis 2)

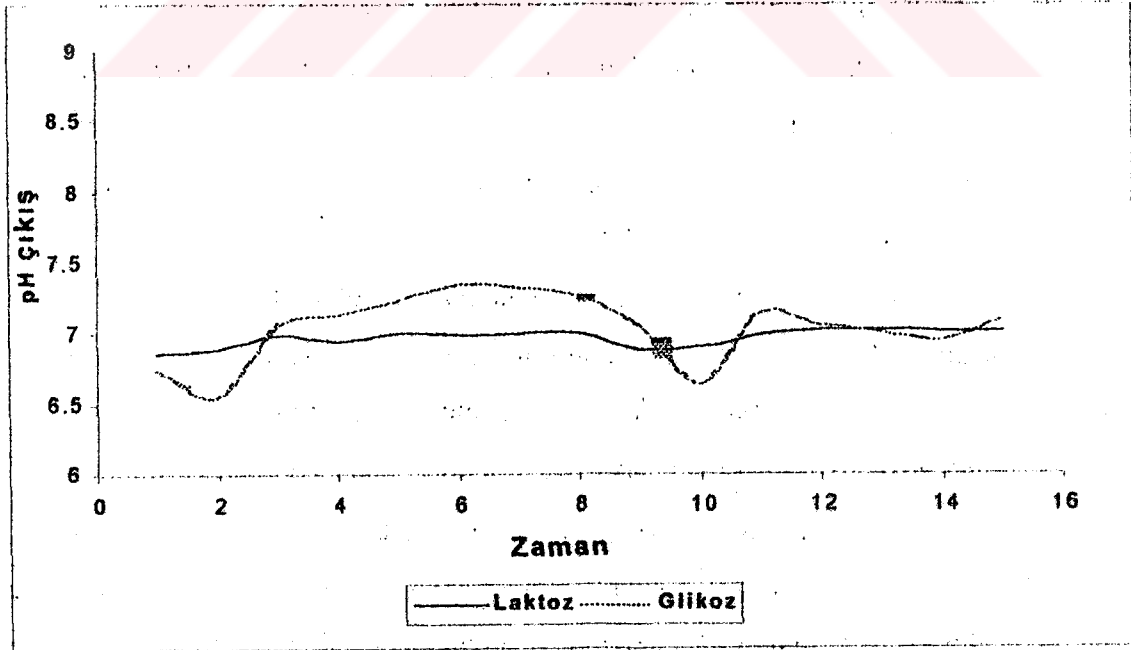
Farklı ko-substrat kullanımı ile verimde bir değişimin olup olmayacağını anlamak için ikinci bir ko-substrat olarak laktoz seçilmiştir. KOİ giderme veriminde ortalama bir değer veren %30 evsel atıksu içeren tekstil atıksuyu seçilmiştir. Ko-substrat kullanımına bağlı olarak oluşabilecek farklılıkları anlayabilmek için birinci ko-substrat glikoz, ikinci ko-substrat laktoz seçilmiştir. Aşağıdaki grafiklerde %30 evsel içeren tekstil atıksuyunun glikoz ve laktozlu ko-substratlarla arıtım sonuçları verilmiştir (Şekil 8.57, Şekil 8.58, Şekil 8.59, Şekil 8.60, Şekil 5.61)



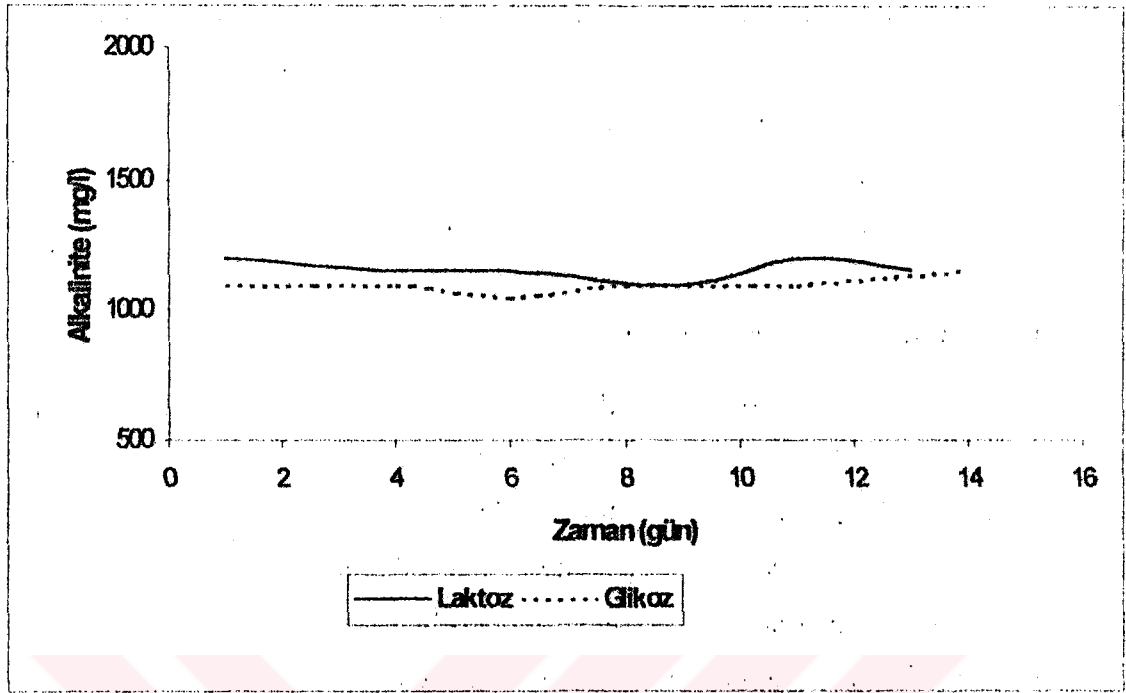
Şekil 8.57 Evsel atıksu oranı %30 olan glikoz ve laktozlu tekstil atıksuya ait KOİ giderme verimi- 24 saatlik(HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



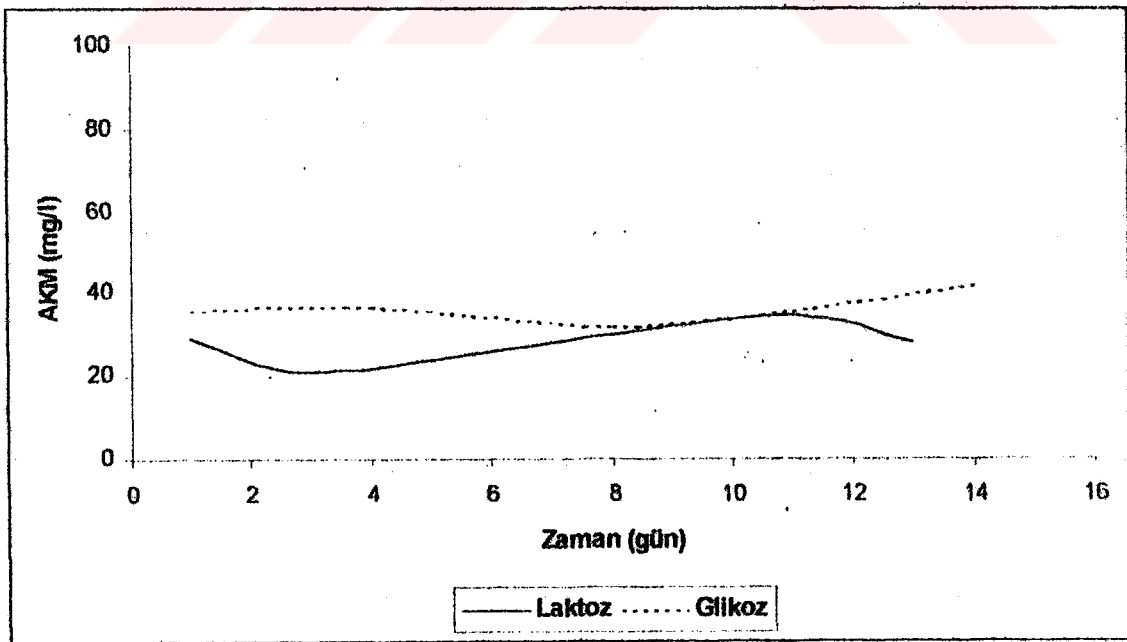
Şekil 8.58 Evsel atıksu oranı %30 olan glukoz ve laktöz içeren tekstil atıksuya ait UYA -24 saatlik (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.59 Evsel atıksu oranı %30 olan glukoz ve laktöz içeren tekstil atıksuya ait pH_{çıkış}-24 saatlik (HBS 5 gün)(Tesis 2) 200ml



Şekil 8.60 Evsel atıksu oranı %30 olan glukoz ve laktöz içeren tekstil atıksuya ait Alkalinite- 24 saat (HBS 5 gün) (Tesis 2) 200ml



Şekil 8.61 Evsel atıksu oranı %30 olan glukoz ve laktöz içeren tekstil atıksuya ait AKM- 24 saat (HBS 5 gün) (Tesis 2) 200ml

Dispers boya kullanan bu tesise (Tesis 2) ait arıtılabilirlik sonuçları pH, Alkalinite ve AKM değerlerinin anaerobik arıtmaya uygun olarak bulunmuştur. Ancak KOİ giderimi açısından bakıldığında, ko-substrat maddeleri olarak seçilen glikoz veya laktozun verimde bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Pamuklu tekstil son işlemleri yapan tesisin (Tesis 1) arıtılabilirlik çalışmalarında UYA oranı sistemde yaklaşık 650 mg/L iken, Tesis 2 'de glikozlu için UYA'ı 700 mg/L, laktozlu için 900 mg/L olarak ölçülmüştür. KOİ veriminin zamanla düşmesine rağmen UYA oranlarında artış gözlenmemiştir.

KOİ gideriminin yaklaşık %75 olduğu sistemin çalıştırıldığı birinci günden 11 gün sonra yaklaşık %50'lere düşen verim gözlenmiştir. Verimdeki bu azalma, %30 evsel atıksu içeren hem laktozlu, hemde glikozlu anaerobik arıtım çalışmalarında gözlenmiştir. Ayrıca evsel oranların %45, %30 ve %15 içeren tekstil atıksuyuna eklenen glikozlu atıksuyun arıtılabilirliği çalışmalarında da yaklaşık %75lerle başlayan verim, 11. günde %50 civarlarına düşmüştür.

UYA değerinin Tesis 1'e ait atıksuyla çalıştırılırken elde edilen sonuçlara göre yüksek oluşu nedeniyle Tesis 2'ye ait atıksuyun arıtılabilirlik çalışmalarını olumsuz etkilemiş olabilir. Gerçi Tesis 2'ye ait UYA değerleri anaerobik arıtmaya uygundur. Diğer parametre değerleride de anaerobik arıtmaya uygun olsada KOİ giderimi veriminde azalma gözlenmiştir. Dispers boya içeren Tesis 2'ye ait atıksuyun içerisinde zehirlilik etkisi yapan bir madde olabilir. AKM değerlerinde herhangi bir değişiklik olmayışından dolayı biyokütle kaçıışı olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle; bu zararlı maddenin biyokütleyle adsorbe olarak, reaktör içinde biyokütlenin çökmesine neden olmuş olabilir. Başka bir olasılıkta . Harada vd.adaşlarının 1994'de yaptıkları çalışmalarında %53.3 'ü nişasta ve şeker olan atıksuda sülfat giderici bakteriler tarafından % 20'sinin kullanıldığını gözlemlemişlerdir. Sülfatın bakterilerle sülfite indirgenmesi inceleyen; Uberio ve Bhattacharya (1995) raporlarındaki sonuca göre astogenesis ve metahanogenesise göre sülfitin çok toxic olabileceğini belirtilmiştir (Fang vd., 1997b). Reaktör çıkışındaki atıksuya ait sülfid değeri ve reaktör içindeki bakterilerin türleri bilinmediğinden sülfitin toksik etkisi nedeniyle mi KOİ veriminin azaldığı kesin olarak belli değildir.

Polyesterli kumaşı dispers boya ile boyayan bu tesisin atıksuyuna, karışması muhtamel evsel oranlar ve ko-substrat olarak kullanılan glikoz veya laktozun seçiminin anaerobik

arıtılabilirliğine hiçbir etkisi olmadığı bulunmuştur.

8.2.4 İncelenen Tekstil Endüstrisi Atıksularının İnert KOİ Bileşenleri

KOİ, parametresi biyolojik olarak parçalanma özelliklerine bağlı olarak, toplam biyolojik olarak ayrışabilen KOİ ve toplam inert KOİ olmak üzere ikiye ayrıldığı Bölüm 5’de açıklanmıştır.

Pamuklu son işlemler (Tesis 1), polyesterli kumaş boyama (Tesis 2) ve evsel atıksuya ait KOİ bileşenlerini bulmak için yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 8.1’de gösterilmiştir. Deneysel çalışmada Tesis 1 ve Tesis 2 nin farklı debilerdeki evsel atıksuyla arıtılabilirliği çalışıldığı için tek tek KOİ bileşikleri ölçülmüştür.

Çizelge 8.1 Pamuklu son işlemler (Tesis 1) ,polyesterli kumaş boyama (Tesis 2) ve evsel atıksuyun KOİ bileşenleri

TESİS	KOİ BİLEŞENLERİ (mg/L)						
	C_T	S_{T1}	$S_{II}+S_P$	$S_{S1}+S_{III}$	X_{T1}	$X_{II}+X_P$	$X_{III}+X_{S1}$
Tesis 1	1757	1440	180	1260	317	265	52
Tesis 2	3218	2708	636	2072	510	409	101
Evsel atıksu	925	325	231	94	600	403	197

Her üç atıksu için KOİ bileşenlerinin % oranları Çizelge 8.2’de gösterilmiştir. Tesis 1 için % 82 ve Tesis 2 için % 84 olan toplam çözünmüş KOİ içerikleri yaklaşık birbirine yakın değerlerdir. Ancak girişteki inert KOİ ile çözünmüş inert mikrobiyal ürünler tesis 1 için % 10 iken tesis 2’de % 20 olarak iki katı ölçülmüştür. Çözünmüş ayrışabilen KOİ içeriğinde Tesis 1’de %72 , Tesis 2’de %64 olarak ölçülmüştür. Bu değerler bize hızlı hidroliz olabilen ve kolay ayrışabilen organik kısmın Tesis 1’in Tesis 2’ye göre yüksek olduğunu, dolayısıyla arıtılabilirlik veriminde daha iyi sonuçlar elde edilmesinin nedeni olduğunu göstermektedir.

Aktif biyokütle ile partiküler ayrışabilen KOİnin toplamalarının birbirine eşit olarak ölçülmüştür. Girişteki partiküler inert KOİ değerleri Tesis 1’de %15, Tesis 2’de %13 olarak birbirine yakın oranlarda bulunmuştur. Girişteki inert kısım; biyolojik olarak parçalanamayan ve bu yüzden reaktöre girdiği miktarda çıkan kısımdır. Girişteki partiküler ve çözünmüş inert KOİ, reaktör içinde oluşan partiküler ile çözünmüş inert mikrobiyal ürünlerin toplamı reaktör çıkışlarında Tesis 1 için % 25, Tesis 2 için % 33 olarak ölçülmüştür. Bu tek başına, Tesis 1

için atıksu KOİsinin %75'inin, Tesis 2 için % 66 sının biyolojik olarak giderilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 8.2 Pamuklu son işlemler (Tesis 1),polyesterli kumaş boyama (Tesis 2) ve evsel atıksuyun KOİ bileşenlerinin dağılımı

KOİ	TESİS 1		TESİS 2		EVSEL ATIKSU	
	Toplam atıksu (mg/L)	Toplam atıksu %	Toplam atıksu (mg/L)	Toplam atıksu %	Toplam atıksu (mg/L)	Toplam atıksu %
C _T	1757	100	3218	100	925	100
S _{TI}	1440	82	2708	84	325	35
S _{II} +S _P	180	10	636	20	231	25
S _{SI} +S _{III}	1260	72	2072	64	94	10
X _{TI}	317	18	510	16	600	65
X _{II} +X _P	265	15	409	13	403	44
X _{III} +X _{SI}	52	3	101	3	197	21

İncelenen evsel atıksu için girişteki toplam KOİnin %35 ini çözünmüş KOİ oluşturmaktadır. Kolay çözünebilen ve hızlı hidroliz olabilen çözünmüş KOİ ise girişteki toplam KOİnin %10'lu kısmını oluşturmaktadır. Evsel atıksu için reaktör çıkışında toplam inert KOİ ise %69 olarak ölçülmüştür. Kullanılan evsel atıksu için biyolojik olarak parçalanabilen kısım ile aktif biyokütlenin toplam yüzdesi %31 olarak bulunmuştur. Çokgör vd.adaşlarının evsel atıksu ile yaptığı çalışmalarında girişteki toplam KOİ 670 mg/L için biyolojik olarak parçalanabilen kısım ile aktif biyokütlenin toplam yüzdesi %94, 315 mg/L'lik KOİ için %93 olarak bulunmuştur. Biyolojik olarak parçalan kısım oranı literatür göre oldukça düşük bulunmuştur. Deneysel çalışmada evsel atıksu olarak seçilen atıksu kullanma sularında oluşmaktadır. Deneyde kullanılan evsel atıksu sabah erken saatlerde alınmıştır. Bu saatlerde yapılan temizlikten kaynaklanan ve içinde çeşitli kimyasal temizlik maddeleri bulunan atıksudur. Bu kimyasal temizlik maddesi içeriği nedeniyle toplam KOİsinin yüksek olduğu ve yine bu sebepten dolayı biyolojik olarak parçalanabilen kısmın %sinin az olduğu düşünülmektedir.

9. SONUÇLAR

Tekstil endüstrisi atıksularının, serum şişeleriyle anaerobik ortam oluşturularak yapılan laboratuvar ölçekli reaktörlerde arıtılabilirliğinin incelendiği bu çalışmada, elde edilen sonuçları aşağıdaki başlıklar altında toplayabiliriz.

1. Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya ait sonuçlar

- İncelenen tekstil endüstrisine karışması muhtemel evsel atıksu oranları oranları %40, % 30 ve %15 olarak seçilmiştir. Deney düzeneği kesikli olarak çalıştırılmıştır. KOİ giderme verimleri %45 ile %52 arasında bulunmuştur. Evsel atıksu oranı arttıkça, KOİ giderme veriminin de arttığı gözlenmiştir. %40'lık evsel içerikli atıksu için yaklaşık %52 KOİ giderme verimi, %15 evsel içeren atıksu için ise yaklaşık %45 KOİ giderme verimi gözlenmiştir. Evsel atıksu oranı arttıkça KOİ gideriminde gözlenen bu artışa rağmen verim değerleri birbirine yakındır. Bu nedenle; karışması muhtemel evsel oranların tekstil atıksuyunun anaerobik arıtmada fazla etkili olmadığı bulunmuştur.
- Evsel atıksu oranları oranları %40, % 30 ve %15 olan tekstil atıksuyunun anaerobik arıtılabilirlik çalışmada HBS'lerinin etkisini belirleyebilmek için iki tane HBS ile çalışılmıştır. HBS 4.5 gün için KOİ giderme verimleri yaklaşık %45 olarak bulunmuştur. HBS 9 için ise KOİ giderme verimleri yaklaşık %52 olarak ölçülmüştür. HBS'si arttıkça verimde artış gözlenmiştir. HBS'leri iki kat arttırılmasıyla KOİ giderme verimlerindeki artış, yaklaşık olarak birbirine yakın değerlerdedir. Buyüzden, HBS'si için 4.5 gün veya 9 gün olarak seçilmesinin arıtma veriminde çok önemli olmadığı bulunmuştur.
- Atıksuyuna karışması muhtemel evsel atıksu oranları içeren atıksulara ko-substrat olarak ilave edilen glikozla arıtılabilirliği incelenmiştir.
 - Eklenen glikoz miktarı evsel içerikli tekstil atıksuyunun KOİ'sini 3.5 kat arttıracak oranlarda verildiğinde; %40'lık evsel içerikli atıksu için %75'lik, %30'luk evsel içerikli atıksu için %73'lük, %15 içerikli evsel atıksu için %70'lik yaklaşık KOİ giderme verimleri bulunmuştur.

Eklenen glikoz atıksuyun KOİ'sini 2.5 kat arttıracak şekilde verildiğinde; %60 evsel içeren atıksuda %35, %45 evsel içerende %28, %30 evsel içerende %30 KOİ giderme verimi gözlenmiştir.

Farklı evsel oranlar içeren her üç atıksuya ko-substrat olarak seçilen glikoz eklendiğinde arıtma verimlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.

- Glikoz kullanılmadan çalışılan arıtılabilirlik deneyinde KOİ giderme verimi yaklaşık %50'lerde bulunmuşken, glikozla yapılan arıtılabilirlik deneylerinde yaklaşık %70 olarak bulunmuştur. Bu da bize, ko-substrat olarak seçilen glikozun atıksuya ilavesiyle arıtma veriminin arttığını göstermektedir.
- Evsel atıksu oranları %40, %30 ve %15 olan atıksuyun glikoz ilavesiyle arıtımında seçilen HBS 9 gün için KOİ giderme verimi yaklaşık %70'lerde bulunmuştur. %60, %45 ve %30 içeren evsel atıksu oranları için HBS 4.5 gün seçildiğinde KOİ giderme verimi yaklaşık %30'larda olmuştur. Yani ko-substrat ilaveli atıksuda HBS arttıkça KOİ giderme verimide artmaktadır.
- Karışması muhtemelen evsel oranları içeren tekstil atıksuyunun arıtılabilirliğinde ko-substrat kullanılmadığında verim %50'lerde bulunmuştur. Ko-substrat olarak seçilen glikoz eklendiğinde KOİ giderme verimi yaklaşık %70'lerde bulunmuştur. Glikoz ilavesi yapıldığında evsel içerikli tekstil atıksuyunun arıtılabilirliği artmıştır.

2. Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuya ait sonuçlar

- Atıksuya karışması muhtemel evsel atıksu oranları %45, %30 ve %15 olduğunda ilave edilen glikoza rağmen KOİ giderme veriminde sürekli bir azalma meydana gelmiştir. Her üç atıksu için birbirine paralel olarak yaklaşık %80'lerden başlayan KOİ giderme verimi 17.gün sonunda %30'lara kadar düşmüştür. bu nedenle bu atıksuyun direk anaerobik arıtımın uygulanmaması gerektiği bulunmuştur.
- Evsel atıksu oranı %30 olan glikozlu atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları diğer iki atıksuyun glikozla arıtılabilirliğine paralel ve ortalama değerlerine sahiptir. Bu nedenle %30 içerikli evsel atıksu seçilerek ko-substratı değiştirilmiştir. Seçilen ko-substrat laktozun arıtılabilirliğe etkisi incelemiştir. Laktoz ilave edildiği zamanda, glikoz ilavesine benzer bir KOİ giderme verimi gözlenerek tatmin edici bir sonuca varılamamıştır. Dispers boya kullanarak gerçekleştirilen polyester kumaş boyama fabrikası atıksuyu için seçilen ko-substratların (glikoz ve laktoz) sonucu değiştirmedikleri bulunmuştur.
- Değişik oranlarda evsel atıksu katılan tekstil atıksuyunun arıtımı çalışmaları boyunca

tamponlayıcı madde ilavesine gereksinim duyulmamıştır.

- Her iki tekstil atıksuyunun çözünmüş KOİ miktarları birbirine yakındır. Ancak pamuklu son işlemler altkategorisine ait atıksuyun KOİsinin % 25i, polyesterli kumaş boyayan fabrika atıksuyunun % 33'ü toplam inert KOİ'den oluşmaktadır. Evsel atıksuda ise toplam KOİnin % 69'u toplam inert KOİ'den meydana gelmektedir. Kullanılan evsel atıksu, sabah temizlik saatlerinde alındığından, içeriğinde bulunan inhibitör maddelerden dolayı toplam inert KOİ değerinin literatür verilerine göre yüksek bulunduğu düşünülmektedir.

Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya, evsel karakterli atıksu karışması halinde anaerobik arıtılabilirlikte çok önemli bir değişim oluşmadığı gözlenmiştir. Bu atıksuyun arıtımında HBS'nin 4.5 gün veya 9 gün olmasında KOİ giderimde fazla etkili olmadığı belirlenmiştir. Atıksuya ko-substrat eklenerek yapılan anaerobik arıtılabilirlik çalışma sonuçlarında, evsel karakterli atıksu oranının önemli olmadığı bulunmuştur. Ancak atıksuya eklenen ko-substrat (glukoz) ile elde edilen KOİ giderme verimi artmıştır. Ko-substrat oranı arttıkça arıtma veriminde artış olmuştur. Ko-substrat ilaveli atıksuların arıtımında HBS arttıkça KOİ giderme veriminin de arttığı gözlenmiştir.

Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuyunun arıtılabilirliğinde, hem karışması muhtemel evsel oranın hem de ko-substrat olarak seçilen glukoz veya laktozun etkili olmadığı gözlenmiştir. Bu fabrikaya ait atıksuyun ön işlemler yapılmadan anaerobik arıtmaya alınmasının uygun olmadığı bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Alkan U., Anderson G.K., Incé O., (1996), "Toxicity Of Trivalent Chromium In The Anaerobic Digestion Process", Wat Res. Vol 30, No 3, pp 731-741.
- Arıkan O.A., Öztürk İ., Demir İ., Altınbaş M., (2000), "Maya Endüstrisi Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Organik Evsel Katı Atıklarla Birlikte Kompostlaştırılabilirliği", İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'2000, 20-22 Eylül 2000.
- Ayol A., Filibelli A., (2000), "Anaerobik Çürütücülerinbiyokinetik Modellemesi", İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'2000, 20-22 Eylül 2000.
- Babuna F.G. Vd., (1998), "Tekstil Endüstrisinde Tesis İçi Kontrol- Genel Bakış", İTÜ, 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'98, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.
- Babuna F.G., (2000), "Tekstil Endüstrisinde Tesis İçi Kontrol-Genel Bakış", SKKD 2000, Cilt 10, Sayı 1, Sh. 53-58.
- Başbüyük M., Yüceer A., Yılmaz T., (1998), "Tekstil Atıksularında Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler", Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu 1998, Kayseri.
- Baughman G.L., Weber E.J., (1994), "Transformation Of Dyes And Related Compounds In Anoxic Sediment: Kinetics And Products", Env. Sci. Tech., Vol 28, No 2, pp 267-276.
- Bayoumy M. E., Bewtra J. K., Ali H.I., Biswas N., (1999), "Removal Of Heavy Methalls And Cod By Srb In Uaff Reactor", Joun. Of Env. Eng., June 1999, Vol. 125, No. 6.
- Benefield L.D., Randall C.W., "Biological Process Desing For Wastewater Treatment", Prentice Hall Series In Enviromental Sciences, Nj 07632, pp. 14-59.
- Brock T.D., Madigan M.T., Martingo J.M., Parker J., (1994), Biology of Microorganisms, 7th Ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Correia M.V., Stephenson T. And Judd.S.J., (1994), "Caracterisation Of Textile Wastewaters- A Review", Ev. Tech. 1994, Vol. 15, No. 10, pp. 917-929.
- Carliell Cm, Barclay S.J., Naidoo N., Buckley C.A., Mulholland D.A., Senior E., (1995), "Microbial Decolourisation Of A Reactive Azo Dye Under Anaerobic Conditions", Water Sa Vol.21, No.1, Pp 61-69.
- Carliell C.M., Barclay S.J. Ve Buckley C.A., (1998); <http://Www.Und.Ac.Za/Undprg/Papers/Umbcolor.Htm>.
- Celal G.S., Gökçay F., (1999), "Evsel Atıksuların İleri Karakterizasyonu Ve Biyokinetik Parametrelerin Belirlenmesi: Ankara Merkeziatıksu Arıtma Tesisi Örneği", 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 25-26 Kasım1999, İzmir.
- Chiang P.C., Chang E.E., (1992), "Assessment Of Rapid Method For Determining Heavy Methalls Concentration In Industrial Wastewater", Wat. Sci. Tech., Vol 25, No 11, pp 189-196.
- Chinwetkitvanich S., Tuntoolvest M. And Panswad T. (2000), "Anaerobic Decolorization Of Reaktive Dyebath Effluents By A Two-Stage Uasb System With Topioca As A Co-Substrate", Wat.Res. 2000, Vol. 34, No. 8, Pp. 2223-2332.
- Chinwetkitvanich S., Tuntoolvest M., Pasward T., (2001), "Anaerobic Decolrization Of

Reactive Dyebath Effluents By A Two-Stage Uasb System With Tapioca As A Co-Substrate", Water Reseach Vol. 35, Issue 2, pp 425-432.

Codia J.C. Vd., (1998), "Tecnical Note; The İnhibition Of Methanogenic Activity From Anaerobic Domestic Sludges As A Simple Toxicity Bioassay", Wat Res. 1998, Vol. 32, No. 4, pp. 1338-1342.

Clesceri L.S., Greenberg A.E., Trussell R.R., (1991), Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 17th Edition, APHA-AWWA-WPCF.

Çiftçi T., Öztürk İ., (1993), "Anaerobic Treatment Of The High Strength Wastes From The Yeast Industry", Wat.Sci. Tech. Vol 28, No 2, pp 199-209.

Çokgör E. U., Orhon D., Sözen S., (1998), "Evsel Ve Endüstriyel Atıksularda KOİ Bileşenleri", İtÜ.6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'98, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

Delee W., O'neill C., Hawkes F.R., Pinheiro H. M., (1998), "Review: Anaerobic Tréatment Of Textile Effluents: A Review", J. Chem. Tech. Biotechnol., 1998, 73, 323-335.

Demirel B., Yenigün O., (2000), " Uçucu Yağ Asitleri (VFA) Kompozisyonun Yukarı Akışlı Metan Reaktörü (UFAF) Performansı Üzerindeki Etkileri", İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'2000, 20-22 Eylül 2000.

Demirsoy A. (1993), Yaşamın Temel Kuralları, Cilt 1., Kısım 1, Beşinci Baskı, Meteksan A.Ş.

Doğruel S., (2000), "Bir Pamuklu Son İşlemle Endüstrisinde Ozonlamanın KOİ Bileşenleri Üzerine Etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Dölgen D., (1999), "Arıtma Tesisi Maliyetlerinin Hizmet Ettiği Kurum Veya Yerleşim Yöntüyle İrdelenmesi", Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu-3, Cilt 1, 1999, Sh. 186-195, Gebze Yüksek Teknolojisi.

Esger W.A., (1998), "Review On The Application Of Anaerobic Fluidized Bed Reactors In Wastewater Treatment", Biotech Vol 2, pp 89-111.

Fang H.H.P., Li Y.Y. And Chui H.K., (1995a), "Performance And Sludge Characteristics Of Uasb Process Treating Propionate-Rich Wastewater", Wat. Res. , 1985, Vol. 3, No. 3, pp. 895-898

Fang H.H.P., Chui H. And Li Y., (1995b), "Effect Of Degradation Kinetics On The Microstructure Of Anaerobic Biogranules", Wat.Sci.Tech. 1995, Vol. 32, No. 8, pp. 165-172.

Fang H.H.P., Chen T., Li Y.Y., Chui H.K., (1996), " Degradation Of Fenol In Wastewater In An Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor", Wat.Res. 1996, Vol. 30, No. 6, pp. 1353-1356.

Fang H.H.P., And Chan O. (1997a), " Toxicity Of Fenol Towards Anaerobic Biogranules", Wat.Res. 1997, Vol.31, No. 9, pp. 2229-2242.

Fang H.H.P., Memeber, Asce, Liu Y., Chen T., (1997b), "Effect Sulfate On Anaerobic Degradation Of Benzoate In UASB Reactors", Joun. Of Env. Eng., April 1997, Vol. 123, No. 4.

Filibelli A., (2000), Anaerobik Arıtma, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:280.

Gava. N.H., Kopsinis H. Vd.adaşları, (1999), " Treatment Of Dairy Watewater Using An Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor"J. Agric.Eng Res., 1999, 73. pp. 59-63.

Germirli Babuna F., Orhon D., Ubay Çokgör E., Insel G., Yapraklı B.(1998), "Modelling Of

- Activated Sludge For Textile Wastewaters", *Wat. Sci. Tech.* 1998, Vol. 38, No. 4-5, pp. 9-17.
- Germirli Babuna F., Soyhan B., Eremektar G., Orhon D., (1999), "Evaluation Of Treatability For Two Textile Mill Effluents", *Wat. Sci. Tech.*, 1999, Vol. 40, No. 1, pp. 145-152.
- Guiot R.S., Gorur S.S., And Kennedy K.J., (1986), "Nutritional And Environmental Factors Contributing To Microbial Aggregation During Upflow Anaerobic Sludge Bed-Filter (UBF) Reactor Start-Up", *Awpc-C*, 1986.
- Harada H., Uemure S., Momonoi K., (1994), "Interaction Between Sulfate Reducing Bacteria And Methane Producing Bacteria In Uasb Reactors Fed With Low Strength Wastes Containing Different Levels Of Sulfate", *Wat. Res.*, Vol 28, No 2, Pp 355-367.
- Hickey R.F., (1996), "Methanotrophic Treatment Technology", *Biotechnology In Industrial Waste Treatment And Bioremediation*, Chapter 16.
- Hickey R.F., Smith G., (1997), "Biotechnology In Industrial Waste Treatment And Bioremediation", *Crc*, Chapter 13.
- Hickey R.F., Vanderwiwlwn J. And Switzenbaum M.S., (1998), "The Effect Of Heavy Metals On Methane Production And Hydrogen And Carbon Monoxide Levels During Batch Anaerobic Sludge Digestion", *Wat. Res.* 1989, Vol. 23, No. 4, pp. 207-218.
- Heinrichs D.M., Poggi-Varaldo H.M., Oleszkiewicz J. A., Memebre , Asce, (1990), "Effects Of Ammonia On Anaerobic Digestion Of Simple Organic Substrates", *Joun. Of Env. Eng.*, July/August 1990, Vol. 166, No. 4.
- Hockenhull D.J.D., (1959), "Process In Industrial Microbiology", Vol. 1, London Heywood & Company Ltd., pp. 73-284.
- Ito A., Umita T., Aizawa J., (2000), "Removal Of Heavy Metals From Anaerobically Digested Sewage Sludge By A New Chemical Method Using Ferric Sulfate", *Wat. Res.* , Vol 34, No 3, pp 751-758.
- İleri R., (2000), "Çevre Biyoteknolojisi", *Değişim Yayınları, Adapazarı*.
- İnce O., Kasapgil B., (1995a), "Havasız Arıtma Sistemlerinin İşletmeye Alma Döneminde Metan Bakterilerinin Aktivitesinin Warburg Respirometre İle Ölçülmesi Ve Sistem Stabilitésinin Kontrolü", *SKKD Cilt 5, Sayı 1, Sh 27-37*.
- İnce O., Anderson G.K., Kasapgil B., (1995b), "Control Of Organic Loading Rate Using The Specific Methanogenic Activity Test During Start-Up Of An Anaerobic Digestion System", *Wat.*, 1995, Res. Vol. 29, No. 1, Pp 349-355.
- İnce O., Kasapgil İnce B., Özkan S., (1996), "Fermantasyon Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Arıtımında Sistemin Potansiyel Yükleme Kapasitesinin Spesifik Metan Aktivite Testi Kullanılarak Belirlenmesi", *İTÜ 5. Enstiyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'96*.
- İnce O., Anderson G.K., Kasapgil B., (1997), "Composition Of The Microbial Population In A Membrane Anaerobic Reactor System During Start-Up", *Wat. Res.* Vol 31, No 1, pp 1-10.
- Jackson C.A., Duncan J.R., (1991), "Effect Of Aluminium On Anaerobic Digestion", *Biotech. Letters* Vol 13, No 2, pp 141-148.
- Kaderli A., (1994), "Doğal Boyacılık", *Tekstil Ve Teknik*, Kas- Ara. 1994, Sh. 66-71.
- Kalogo By Y., Mbouche J.H. And Verstraete W., (2001), "Physical And Biological

Performance Of Self-Inoculated Uasb Reactor Treating Raw Domestic Sewage", J. Of Env. Engin. Feb. 2001, pp 179-183.

Kalyuzhnyi S. And Skiyar V., (2000), "Biominalisation Of Azo Dyes And Their Breakdown Products In Anaerobic-Aerobic Hybrid And Uasb Reactors", Water Sci. And Tech., 2000, Vol 41, No. 12, pp. 23-30.

Kanat G., (1996), "Termofilik Anaerobik Reaktörde Şok Sıcaklık Ve Organik Yükleminin Meydana Getirdiği Etkilerin İncelenmesi", Doktora Tezi, YTÜ, F.B.E. Çevre Mühendisliği.

Kargı F., (1998), "Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler", 3. Baskı, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.

Kavaklı M., Ayberk S., (1999), "Boya Sanayii Arıtma Çamurlarının Nihai Bertaraflarına Yönelik Öncelikli Çözüm Önerileri", Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu-3, Cilt 1, 1999, Sh. 21-32, Gebze Yüksek Teknolojisi.

Kettunen R.H. Ve Rintala J.A., (1997a), "The Effect Of Low Temperature (5-29⁰c) On The Methanogenic Activity Of Biomass", Treatment Of Landfill Leachates By Low-Temperature Anaerobic And Sequential Anaerobic-Aerobic Process, Phd Thesis, Tampere University Of Technology, Pp. 131-142, P.O.B. 527, Publications 206, Tampere, Finland.

Kettunen R.H. (1997b), "Effect Of Low Temperature On Anaerobic Processes", Treatment Of Landfill Leachates By Low-Temperature Anaerobic And Sequential Anaerobic-Aerobic Process, Phd Thesis, Tampere University Of Technology, Pp. 6, P.O.B. 527, Publications 206, Tampere, Finland.

Kettunen R.H., (1997c), "Effects Of Low Temperature On Anaerobic Processes-A Literature Review", Treatment Of Landfill Leachates By Low-Temperature Anaerobic And Sequential Anaerobic-Aerobic Process, Phd Thesis, Tampere University Of Technology, P.O.B. 527, Publications 206, Tampere, Finland.

Kettunen R.H., Rintala J.A., (1997d), "Performance Of An On-Site Uasb Reactor Treating Leachate At Low Temperature", Treatment Of Landfill Leachates By Low-Temperature Anaerobic And Sequential Anaerobic-Aerobic Process, Phd Thesis, Tampere University Of Technology, P.O.B. 527, Publications 206, Tampere, Finland.

Kızılgün A.F., (1996), "Zinc And Copper Inhibition On Acidogenesis In Anaerobic Treatment", Master Of Science In Environmental Technology, Bogaziçi University.

Kirsop B.H., Hilton M.G., Powell G.E., Archer D.B., (1984), "Methanogenesis In The Anaerobic Treatment Of Food-Processing Wastes", Microbiological Methods For Environmental Biotechnology, 1984, Isbn 0-12-295040-2.

Knapp J.S. And Newby P.S., (1995), "The Microbiological Decolorization Of An Industrial Effluent Containing A Diazo-Linked Chromophore", Wat. Res. 1995, Vol 29, No. 7, pp. 1807-1809.

Knudsen H.H. And Wensel H., (1996), "Environmentally Friendly Method In Reactive Dyeing Of Cotton", Wat. Sci. Tech. 1996, Vol. 33, No. 6, pp. 17-27

Kosaric N., (1992), " Treatment Of Industrial Wastewater By Anaerobic Process-New Developments", Recent Advances In Biotechnology, pp 283-313.

Koyuncu İ., Kural E. Ve Topacık D., (2000), "Tekstil Endüstrisi Atıksularının

Nanofiltrasyon Membranları İle Geri Kazanılması"İ.T.Ü.7.Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'2000,20-22 Eylül 2000, İstanbul.

Lens P., Beer D., Cronenberg C., Ottengraf S., Verstraete W., (1995), "The Use Of Microsensors To Determine Population Distributions In Uasb Aggregates", Wat.Sci.Tech., Vol 31, No 1, pp 273-280.

Lettinga G. And Hushoff Pol L. W., (1991), "Uasb-Process Design For Various Types Of Wastewaters", Wat.Sci.Tech. 1991, Vol.24, No. 8, pp. 87-107.

Li A., Kothari D., Corrado J.J.(1984), "Application of Mebrane Anaerobic Reactor System For The Treatment Of Industrial Wastewaters", pp. 627-636.

Li Byy.Y., Fang H.H.P., Member, Asce, Chen T., Chui H.K., (1995), "Uasb Teatment Wastewater Containing Concentrated Benzoate", Journ. Of Env. Eng., October 1995, Vol. 121, No. 10.

Lin S.H. And Peng C.F., (1996), "Continuous Treatment Of Textile Wastewater By Combined Coagulation, Electrochemical Oxidation And Activated Sludge", Wat.Res. 1996, Vol. 30, No. 3, pp. 587-592.

Madsen T. Ve Rasmussen H.B., (1996a), "A Method For Screening The Potential Toxicity Of Organic Chemicals To Methanogenic Gas Production", Wat. Sci. Tech., 1996, Vol.33, No.6, pp. 213-220.

Manag. And Health 7/3, 1996, 22-27.

Mc.Carty P.L., (1964), Anaerobik Waste Treatment Fundamentals Part One Public Works

Mc Cartney R.F., (1995), "General Pollution Prevention Approaches Applicable Throughout The Textile Industry", Chapter 3. www.P2pays.Org/Ref/02/01099/0109904.Pdf.

Mckinney E. R., (1962), "Microbiology For Sanitary Engineers", Mcgraw-Hill Book Company, Inc., 1962, pp 27.

Mercz T.I. And Cord-Ruwisch R., (1997), "Treatment Of Wool Scouring Effluent Using Anaerobic Biological And Chemical Flocculation", Wat. Res. 1997, Vol. 31, No. 1, pp. 170-178.

Metcalf & Eddy, (1991), Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, McGraw Hill International Editors Civil Engineering Series.

Minke R., Rott U., (1999), " Anaerobic Treatment Of Split Flow Wastewater And Concentrates From The Textile Processing Industry", Wat Sci. Tech., Vol 40, No 1, pp 169- 176.

Morgan J.W., Evison L.M. And Forster C.F., (1991a), "Upflow Sludge Blanket Reactors : The Effect Of Bio-Supplements On Performance And Granulation", J. Chem. Tech. Biotechnol. 1991, 52, pp. 243-255.

Morgan J.W., Evison L.M., Forster C.F., (1991b), "Changes To The Microbial Ecology İn Anaerobic Digesters Treating Ice Cream Wastewater During Start-Up", Wat. Res., Vol 25, No 6, pp 639-653.

Nakai A., Osada T., Hamada H., Tekada N., (2000), " Role Of Surface Treatment İn Testile Composites", Enzyme And Microbial Tech. Vol 27, Issue 6, 1 September 2000.

Nasr F.A., El-Kamah H., (1996), "Chemico-Biological Treatment Of Dairy Wastewater", Env.

O'neill C., Hawkes F.R. And Diğ., (1999), "Review Colour İn Textile Effluents- Sources,

Measurement, Discharge Consents And Simulation : A Review", J. Chem Tech. Biotechnol. 1999, 74: 1009-1018.

Omil F., Lens P., Visser A., Hulshof L.W., Lettinga G., (1998), "Long-Term Competition Between Sulfate Reducing And Methanogenic Bacteria In Uasbreactors Treating Volatile Fatty Acids", Bitech. And Bioeng., Vol 57, No 6.

Orhon,D., Artan, N. And Ateş, E.1994. A Description Of Three Methods For The Determination Of The İnital İnert Particulate Chemical Oxygen Demand Of Wastewater, J. Chem. Tech. Biotech., 61, 73-80

Orhon D., Germirli Babuna F., Kabdaşlı İ., Insel G., Karahan Ö., Dulkadiroğlu H., Doğruel S., Sevimli F., Yediler A., (2001), "A Scientific Approach to wastewater Recovery And Reuse In The Textile Industry", vol 43, no 11, pp 223-231.

Öztürk M., Baştürk A., Aral N., Göknıl H., Toröz İ., Aksoğan S., (1986), Lisanüstü Tekstil Atıksularının Tasfiyesi Yaz Okulu, 16-20 Haziran 1986.

Öztürk İ., Çiftçi T., Tolay M., (1995a), "Application Of Anaerobic Waste Treatment Technology To Food Industry Effluents", In The Proceeding Of The 5th International Congress On Food Industry, 23-28 April, Kuşadası, pp: 93- 102.

Öztürk İ., (1995b), "Türkiye'de Anaerobik Biyoteknoloji Yoluyla Endüstriyel Atıklardan Biyogaz Üretimi", Chemist Mayıs/Haziran'95.

Öztürk İ., (2000a), Anaerobik Biyoteknoloji Ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İlim Araştırma Serisi.

Öztürk İ.,(2000b),"The Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor", İTÜ Anaerobic Treatment Systems Ders Notları 2000.

Pala A., (1998), " Tekstil Atıksularının İstatistiksel Karakterizasyonu Ve Kaynakta Renk Giderim Çalışmaları", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'1998, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

Panswad T., Luangdilok W., (2000), Decolorization Of Reactive Dyes With Different Molecular Structures Under Different Enviromental Conditions", Wat. Sci. And Tech. Vol 42, No 3-4, pp 377-382.

Pınarlı V., Akal S.K., Yonar T., (1999), "Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Arıtılabilirlik Çalışmaları Ve Kalıcı KOL'nin Belirlenmesi", SKKD 1999, Cilt 9, Sayı 3, Sh. 17-24.

Pohland F.G., Gould J.P., "Stabilization At Municipal Landfills Containing İnstrial Wastes"

Punal B.A., Melloni P., Roca E., Rozzi A., Lema J.M., (2001), "Automatic Start-Up Of Uasb Reactors", Joun. Of Env. Engineering, Vol. 127, No. 5, pp. 397-402.

Ramasamy E.V., Abbasi S.A., (2001), "Enhancement In The Treatment Efficiency And Conversion To Energy Of Dairy Wastewaters By Augmenting Cst Reactors With Simple Biofilm Support Systems", Env. Tech., Vol 22, pp 561-565.

Roy D. And Jones L.M., "Methane Generation By Two-Stage Anaerobic Process", Enviromental Tech. For Developing Countries, Preprints Iv, B.Ü. Institute Of Env. Scien. And Tech. And Syst. Research Institute, İstanbul, Turkey.

Sacks J.And Buckley C.A., (1999), "Anaerobic Treatment Of Textile Size Effluent",

Wat.Sci.Tech. 1999, Vol. 40, No. 1, pp177-182.

Sarioğlu M., Dean C. (1998), "Tekstil Atıksularından Renk Giderimi İçin Uasb (Yukarı Akışlı Çamur Yatağı Kullanılması Örneği ", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'98, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

Sarikaya H.S., Sevimli M.F., Avşar F., Cevahir M. (1999), "İstanbul'da Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, Ön Arıtma Ve Kanalizasyon Sistemine Deşarj Standartları", Kent Yönetimi İnsan Ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 1999, Cilt 3, İstanbul.

Sayed S.K.I. And Fergala M.A.A., (1995), "Two-Stage Uasb Concept For Treatment Of Domestic Sewage Including Sludge Stabilization Process", Wat. Sci.Tech. 1995, Vol. 32, No.11, Pp 55-63.

Schubert D., (2000), " Ic-23 Textile Finishing Industry Assessment Of Enviromental Release To Chemicals From The Textile Finishing Industry", [Www.Oekopro.De/Esd/Esd-Textile.Pdf](http://www.Oekopro.De/Esd/Esd-Textile.Pdf)

Scragg A.H., (1991), "Bioreactors In Biotechnologyg A Practical Aproach", Ellis Horwood Series In Biochemistry And Biotechnology.

Speece, R. E., (1996), "Anaerobic Biotechnology For Industrial Wastewaters", Archae Press. USA.

Sponza D.T., (1998), "Kloroform, Metilen Klorür Ve Trikloroetilen Gibi Klorlu Alifatik Organiklerin Granül Çamur Ve Anaerobik Çamur İçeren Uasb Reaktörlerde Arıtılabilirliği", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'1998, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

Sponza D., Işık M., (1999), "Endüstriyel Atıksularda Bulunan Bazı Rekalsitrant Maddelerin Anaerobik-Aerobik Ardaşık Sistemlerde Arıtılabilirlikleri", 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 25-26 Kasım 1999, İzmir.

Sponza D., Işık M., Atalay H., (2000), İTÜ 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'2000, 20-22 Eylül 2000, İstanbul.

SKKY, (1988), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Yönetmelik R.G., Resmi Gazate No. 19919, Tarih. 4,9,1988.

Soto M., Mendez R. Ve Lema J.M, (1993), "Methanogenic And Non-Methanogenic Activity Tests Theoretical Basis And Experimental Set Up", Wat. Res. Vol. 27, No.8, pp 1361-1376.

Sumathi S., Manju B.S., (2000), "Uptake Of Reactive Textile Dyes By *Aspegillus Foetidus*", Enzyme And Microbial Tech. Vol 27, Issue 6, 1 September 2000.

Talarposhti A.M., Donelly T., Anderson G.K., (2000), "Color Removal From A Simulated Dye Wastewater Using A Two-Phase Anaerobic Packed Bed Reactor", Water Research, Vol 34, Issue 17, pp 4177-4184.

Tang H.N.,Blum D. J.W. Ve Speece E. R., (1999), "Comparison Of Serum Bottle Toxicity Test With OECD Method", Joun. Of Envr. Eng. 1999, Vol. 116, No.6, pp 1076-1085.

Tijero J., Guardiola E., Mirada F., Cortijo M., (1991), "Effect Of Cu⁺², Ni⁺² And Zn⁺² On An Anaerobic Digestion System", J. Env. Sci. Healt, A26(6), pp 799-811.

Timur H., Oztürk İ., Altınbaş M., Arıkan O.,Tuyluoglu, (2000), "Anaerobic Treability Of Leachate: A Comparative Evaluation For Three Different Reactor Systems", Wat. Scie. And Tech.Vol 42, No 1-2, pp 287-292.

Toröz İ., Altay A., Turan M., Kınacı C., Demir A., (1998), "İstanbul'da Tekstil Endüstrisinin

Atıksu Miktar Ve Özellik Yönünden Değerlendirilmesi", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu'98, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

Tsezos M., Bell J.P., (1989), "Comparison Of The Biosorption And Desorption Of Hazardous Organic Pollutants By Live And Dead Biomass", Wat. Res., Vol 23, No 5, pp 561-568.

Tünay O., İtalinli İ., Övez S. Ve Artan N., (1991), "Bir Tekstil Boyama Tesisinin Atıksularının Karakterizasyonu Ve Arıtılabilirliği", Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtılması Teknoloji İletimi Semineri İso-Smatmk , 1991, No. 1, Sy. 264-286.

Tünay, 1996, Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İTÜ İnş Fak. Matbaası.

Tünay O, Germinli Babuna F., Öztürk İ., (2001), Endüstriyel Atıksuların Biyolojik Yollarla Arıtılması, İTÜ Ders Notları.

Türkdoğan Aydınol F.İ., (1995), "Yukarı Akışlı Anaerobik Reaktörlerde Arıtma Ve Ölü Bölge Oluşumunun İzlenmesi", Doktora Tezi, YTÜ, F.B.E. Çevre Mühendisliği.

Tüzün C., (1991), Biyokimya, Palme Yayınları, Ankara.

Ubay E., Öztürk İ., (1991), "Seyreltik Atıksuların Havasız Arıtımı", SKKD, 1991 Cilt 1 Sayı 3 Sh 169-173.

Ubay G., Öztürk İ., Ubay E., (1992), "Atıksu Tipi Ve Konsantrasyonun Anaerobik Çamur Özellikleri Üzerindeki Etkileri", SKKD 1992, Cilt 3, Sayı 1, Sh. 141-146.

Ubay G., Öztürk İ., Eroğlu V., (1997), "Kağıt Sanayi Atıksularında Çamur Özellikleri Ve Çözünmüş Kalıcı KOİ'nin Belirlenmesi", SKKD, Cilt 7, Sayı 2, Sh. 17-24, 1997.

Ubay Çokgör E., Orhon D., Sözen S., (1999), "Evsel Ve Endüstriyel Atıksularda KOİ Bileşenleri", SKKD 1999, Cilt 9, Sayı 2, Sh. 31-39.

Uçar S., (1995), "Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Ve Örgü Kumaş Terbiyesi Atıksuyu Arıtma Alternatifleri", İTÜ Yüksek Lisans Tezi, Ekim 1995.

Wentzel M.C., Moosbrugger R.E., Sam-Soon P.A.L.N.S., (1992), " Tentative Guidelines For Waste Selection Process Design Operation And Control Of Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactors".

Wiley J., (1979), "Water Treatment Handbook", Degremont, Fifth Edition, pp 828-831.

Wong P.K. Ve Yuen P.Y., (1996), "Decolorization And Biodegradation Of Methyl Red By Klebsiella Pneumoniae RS-13", Wat.Res1996,. Vol.30, No.7, pp 1736-1744.

Yang S.T. And Okos M.R., (1987), "Kinetic Study And Mathematical Modelling Of Methanogenesis Of Acetate Using Pure Cultures Of Methanogens", Biotechnology And Bioengineering 1987, Vol. 30, Pp. 661-667.

Yang B.G And Anderson G.K., (1993), "Effects Of Wastewater Composition On Stability Of UASB", Jour. Of Env. Eng., September/ Octomber 1993, Vol 119. No. 5.

Yapraklı B., (1997), "Tekstil Endüstrisi Boyama Atıksularının Karakterizasyonu Ve Biyolojik Arıtılabilirliği", İtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mastır Tezi.

Yılmaz G., Öztürk İ., (1995), "The Effect Of Anaerobic Pre-Treatment On The Inert Soluble COD Of Fermentation Industry Effluents", Wat. Sci. Tech. 1995, Vol. 32, No. 12, pp. 35-42.

EKLER

Ek 1 Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarıyla artılabilirlik sonuçları (HBS: 4.5 gün)

GÜN	KOI _{giriş} (mg/L)	KOI _{çıkış} (mg/L)	% KOI gidirme verimi	pH _{çıkış}	BİYOGAZ (ml/l)	SICAKLIK (°C)	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1062	634	40	7.94	34	37.5	1420		
2	1097	600	45	7.61	67	37.5			
3	891	634	28	7.7	100	37.5			
4	754	565	6	7.62	56	37.5	1425		
5	754	576	2	7.2	100	37.5			
6	788	565	28	7.61	50	37.5			650
7	788	586	0	7.57	61	37.5			
8	789	580	4	7.63	56	37.5			
9	891	612	13	7.87	56	37.5		144	
10	890	608	25	7.65	28	37.5	1620		
11	891	591	33	7.77	28	37.5			500
12	754	488	35	7.92	67	37.5		160	
13	720	454	30	7.85	50	37.5	1600		
14	720	462	33	7.7	50	37.5	1450		
15	754	489	29	7.88	72	37.5			
16	752	480	36	7.8		37.5			
17	754	377	50	8.4	56	37.5	1400		
18	754	394	47	7.98	61	37.5	1450		
19	788	368	53	7.98	78	37.5		158	
20	685	346	35	7.94	67	37.5			
21	685	318	45	7.94	83	37.5	1480		480

22	685	325	52	8	94	37.5	1520		
23	686	317	54	7.88	84	37.5			
24	668	314	53	7.74	95	37.5			

Çizelge 1.1 Evsel oranı %40 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOİ giriş (mg/L)	KOİ çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BIYOGAZ (ml/l)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1097	677	38	7.78	50	37.5	1420		
2	1131	591	47	7.8	72	37.5			
3	840	608	27	7.73	94	37.5			
4	788	590	9	7.7	72	37.5	1450		
5	789	583	11	7.73	95	37.5			
6	822	582	29	7.72	67	37.5			630
7	823	617	25	7.51	56	37.5			
8	822	629	18	7.65	67	37.5			
9	823	578	17	7.72	50	37.5		195	
10	822	557	32	7.69	61	37.5	1650		
11	820	590	28	7.6	67	37.5			500
12	720	471	34	7.65	61	37.5		183	
13	685	480	30	7.94	78	37.5	1650		
14	686	468	27	7.72	83	37.5	1480		
15	805	514	36	7.64	56	37.5			
16	720	411	42			37.5			
17	720	410	42	8.06	56	37.5	1450		
18	788	471	40	7.89	84	37.5	1420		

19	789	394	50	7.74	78	37.5		195	
20	720	401	38	7.89	89	37.5			
21	702	388	41	7.93	83	37.5	1450		490
22	703	377	46	7.88	89	37.5	1500		
23	700	371	46	7.89	95	37.5			
24	685	375	45	7.84	95	37.5			

Çizelge 1.2 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BIYOGAZ (ml/l)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1268	754	40	7.57	61	37.5	1550		
2	1165	598	50	7.69	56	37.5			
3	1234	716	56	7.6	78	37.5			
4	1185	720	38	7.61	72	37.5	1450		
5	1165	660	43	7.6	78	37.5			
6	1166	624	34	7.72	67	37.5			630
7	1577	765	56	7.52	45	37.5			
8	1577	754	52	7.66	61	37.5			
9	1097	532	38	7.62	17	37.5		231	
10	1097	542	56	7.59	50	37.5	1600		
11	1097	617	43	7.59	45	37.5			550
12	891	497	44	7.84	56	37.5		225	
13	857	531	38	7.76	56	37.5	1600		
14	657	424	36	7.72	83	37.5	1480		
15	925	600	35	7.7	56	37.5			

16	926	591	36			37.5			
17	926	582	52	7.84	45	37.5	1500		
18	925	534	56	7.84	89	37.5	1480		
19	788	411	47	7.84	84	37.5		216	
20	754	452	36	7.78	83	37.5			
21	737	437	40	7.86	61	37.5	1500		520
22	737	437	40	7.88	89	37.5	1530		
23	730	426	41	7.8	50	37.5			
24	720	419	39	7.78	84	37.5			

Çizelge 1.3 Evsel oranı %15 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

Ek 2 Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan faklı evsel atıksu oranlarıyla arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 9 gün)

GÜN	KOI giriş (mg/L)	KOI çıkış (mg/L)	% KOI giderme verimi	pHçıkış	biyogaz	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	857	394	54	7.93	56	37.5			600
2	822	360	56	7.99	39	37.5	1400		"
3	788	308	60	7.96	50	37.5		170	
4	789	360	54	7.9	61	37.5	1350		550
5	770	351	54	7.52	56	37.5	1450		
6	771	394	48	7.82	56	37.5			
7	754	377	50	7.93	56	37.5			
8	754	360	52	7.75	61	37.5	1400		530
9	788	360	54	7.71	67	37.5		170	

Çizelge 2.1 Evsel oranı %40 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOI giriş (mg/L)	KOI çıkış (mg/L)	% KOI giderme verimi	pHçıkış	BiYOGAZ (ml/l)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	925	445	51	7.83	83	37.5			570
2	908	394	56	7.84	61	37.5	1400		
3	771	342	55	7.86	45	37.5		185	
4	772	394	48	7.85	67	37.5	1400		600
5	754	377	50	7.6	56	37.5	1450		
6	754	402	46		72	37.5			
7	788	428	45	7.83	72	37.5			
8	789	394	50	7.72	78	37.5	1450		580

9	771	385	50	7.73	83	37.5		185	
---	-----	-----	----	------	----	------	--	-----	--

Çizelge 2.2 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOİ giriş (mg/L)	KOİ çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BİYOGAZ (ml/l)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	994	437	56	7.77	105	37.5			530
2	960	368	61	7.85	50	37.5	1450		
3	651	394	39	7.89	62	37.5		210	
4	651	445	31	7.81	45	37.5	1400		600
5	685	428	37	7.58	50	37.5	1500		
6	685	402	41		78	37.5			
7	925	437	52	7.77	105	37.5			
8	857	402	53	7.75	95	37.5	1450		610
9	651	325	50	7.81	89	37.5		180	

Çizelge 2.3 Evsel oranı %15 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

Ek 3 Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarına eklenen ko-substrat ile arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 9gün)

GÜN	KOI giriş (mg/L)	KOI çıkış (mg/L)	% KOI giderme verimi	pH çıkış	BİYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	3516	1330	62	7.04	56	37.5			
2	3041	1473	51	7.04	56	37.5	1640		
3	3066	1425	53	7.07	17	37.5	1500		
4	2804	1520	45	7.01	72	37.5			
5	2708	1378	49	7.03	105	37.5	1730		
6	2661	1235	53	7.12	89	37.5			
7	3279	1420	56	7.11	61	37.5		77	600
8	2693	1273	52	7.11	50	37.5			
9	2302	1377	40	7.11	61	37.5	1600		
10	2088	1200	42	7.11	61	37.5			
11	2044	1200	41	7.11	78	37.5			
12	3259	1066	67	7.07	40	37.5	1855	84	
13	3333	1111	67	7	19	37.5			
14	1555	933	40	7		37.5	1800	89	
15	3111	894	71	6.99	94	37.5			
16	3262	1142	64	7.19	45	37.5	1850	105	
17	3122	1090	65	7.11	67	37.5			
18	2836	829	70	6.23	123	37.5		186	
19	3185	1222	61	6.87	84	37.5	1720		
20	3403	1047	69	6.99	67	37.5	1400		
21	3229	1178	63	6.93	61	37.5			
22	3447	1221	64	7.04	100	37.5	1600		600

23	2487	1090	56	7.06	122	37.5		161	
24	2225	829	62	6.96	72	37.5			610
25	2749	692	74	7.18	78	37.5	1650		
26	2723	784	71	7.15	83	37.5			600
27	3138	785	74	7.04	83	37.5		150	
28	2749	692	74	7.19	78	37.5	1620		
29	2353	646	72	7	61	37.5		170	
30	2400	570	76	7.01	50	37.5		105	
31	2613	712	73	6.93	61	37.5	1650		

Çizelge 3.1 Evsel oranı %40 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM (mg/L)	UYA (mg/L)
1	3231	1568	51	7.08	111	37.5			
2	2946	1473	50	7.1	61	37.5	1600		
3	2889	1568	45	7.1	39	37.5	1600		
4	3184	1615	49	7.06	67	37.5			
5	2614	1425	45	7.11	56	37.5	1750		
6	2518	1425	43	7.24	50	37.5			
7	3469	1714	50	7.1	61	37.5		109	720
8	2497	1371	45	7.13	67	37.5			
9	2448	1200	51	7.13	28	37.5	1650		
10	2267	1111	50	7.02	24	37.5			
11	2222	1066	52	7.11	45	37.5			
12	2200	1066	51	7.08	67	37.5	1650	102	

13	2888	1022	64	7.07	89	37.5	1800		
14	2088	1022	51	7.07		37.5	1750	105	
15	4044	941	76	7.05	73	37.5			
16	3168	1005	68	7.11	35	37.5	1750	184	
17	3075	1134	63	6.98	100	37.5			
18	2661	1003	62	6.2	17	37.5		274	
19	2650	1309	50	6.94	100	37.5	1690		
20	3447	960	72	6.97	45	37.5	1400		
21	3272	1265	61	6.95	12	37.5			
22	3229	1309	59	7.06	61	37.5	1520		550
23	2661	1090	59	7.01		37.5		221	
24	2138	829	61	6.98	34	37.5			630
25	3272	784	76	7.16	28	37.5	1600		
26	2907	876	69	7.19	56	37.5			
27	3046	960	68	7.12	78	37.5		180	500
28	2749	923	66	7.01	50	37.5	1550		
29	2723	646	76	7.05	67	37.5		180	
30	2123	665	68	7	56	37.5		165	
31	2851	712	75	6.92	56	37.5	1600		

Çizelge 3.2 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pHçıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	3041	1520	50	7.1	45	37.5			
2	2899	1520	47	7.06	23	37.5	1650		

3	2844	1330	53	7.1	50	37.5	1620		
4	2899	1473	49	7.06	45	37.5			
5	2518	1378	45	7	56	37.5	1780		
6	2423	1473	39	7.11	115	37.5			
7	2400	1224	49	7.09	50	37.5		107	
8	2742	1224	55	7.08	100	37.5			650
9	2057	977	52	7.15	40	37.5	1670		
10	1780	1155	35	7.19	40	37.5			
11	1733	1155	33	7.19	50	37.5			
12	3555	1022	71	7.15	45	37.5	1700	120	
13	3688	889	75	7.09	45	37.5			
14	1822	933	48	7.09		37.5	1700	115	
15	3377	941	72	7.1	6	37.5			
16	3029	1005	66	7.2	6	37.5	1720	220	
17	3029	916	69	6.97	13	37.5			
18		872		6.48	60	37.5		337	
19	3447	1178	65	6.85	50	37.5	1700		
20	3752	1178	68	7.3	34	37.5	1520		
21	3578	1265	64	7.05	73	37.5			
22	3098	1265	59	7.04	61	37.5	1520		620
23	2792	1090	60	7.07		37		300	
24	2400	741	69	7.8	84	37.5			620
25	2487	1061	57	7.11	40	37.5	1600		
26	2953	692	76	7.27	61	37.5			
27	2950	1090	63	6.99	106	37.5		250	
28	2880	923	67	7.11	73	37.5			

29	2215	600	72	7.06	78	37.5	1550	260	
30	2261	618	73	7.14	61	37.5		180	
31	3374	1045	69	6.95	62	37.5	1675		

Çizelge 3.3 Evsel oranı %15 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları



Ek 4 Pamuklu son işlemler altkategorisindeki fabrikaya ait atıksuya karıştırılan faklı evsel atıksu oranlarına eklenen ko-substrat (glukoz) ile arıtılabilirlik sonuçları (HBS: 4.5 gün)

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pH çıkış	BİYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1554	1051	32	7.43	28	37			
2	1462	1097	25	7.32	28	37			450
3	1600	1234	22	6.97		36	1400	68	
4	2514	1645	34	7.13	61	36			
5	2149	1326	38	7.02	61	37			
6	2468	1234	50	6.99	67	37.5	1500	87	
7	2377	1568	34	6.99	89	37.5			
8	2471	1663	32	6.98	45	37			
9	2186	1568	28	7.03	39	37	1550		600
10	2233	1330	40	7.07	111	37			
11	2200	1425	36	7.2		37.5	1620	130	
12	2043	1425	30	7.14	28	37.5	1750		550

Çizelge 4.1 Evsel oranı %60 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pH çıkış	BİYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1828	1325	27	7.51	28	37			
2	1645	1325	19	7.4	17	37			450
3	1737	1417	18	7.07		36	1700	82	
4	2422	1828	24	7.1	67	36			
5	2194	1188	45	7.06	64	37			

6	2560	1417	44	6.97	61	37.5	1630	90	
7	2605	1900	27	6.91	83	37.5			
8	2566	2043	20	6.95	28	37			
9	2518	2043	18	6.96	39	37	1700		550
10	2328	1663	28	6.91	56	37			
11	2326	1758	24	7.08		37.5	1650	120	
12	1948	1473	24	7	56	37.5	1700		500

Çizelge 4.2 Evsel oranı %45 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOİ giriş (mg/L)	KOİ çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pH çıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1874	1325	29	7.63	56	37			
2	1554	1325	14	7.44	67	37			500
3	1691	1554	8	7.17		36	1700	69	
4	2651	1874	29	7.29	17	36			
5	2194	1188	45	7.08	12	37			
6	2697	1508	44	7.11	23	37.5	1680	75	
7	2697	1758	34	7	34	37.5			
8	2708	2043	24	7	34	37			
9	2566	1996	22	6.85	17	37	1700		520
10	2471	2281	7	6.95	34	37			
11	2450	1650	36	7.13		37.5	1600	94	
12	2376	1615	32	7.14	83	37.5	1700		515

Çizelge 4.3 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

Ek 5 Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuyuna karıştırılan farklı evsel atıksu oranlarının ko-substrat (glikoz) ilavesiyle artırılabilirlik sonuçları (HBS 4.5 gün)

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pH çıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1800	436	75	7	75	37.5	1100		
2	1527	400	74	7.29	80	37.5			
3	1636	409	75	7.31	220	37.5		39	
4	1590	442	72	7.15	25	37.5		50	
5	1504	393	73	7.38		37.5			
6	1557	370	76	7.28	%4 CO2	37.5	1060	13	138
7	1313	370	71	7.29	70	37.5			
8	1429	482	66	7.3	75	37.5	1400		
9	1557	562	64	7.34	95	37			
10	1456	500	65	7.3	4%	37	1150	26	
11	1381	540	60	7.29	90	22			
12	2130	513	75	7.4	155	37.5	1355	27	365
13	2182	578	73	7.39	195	37.5			340
14	1239	643	48	7.37		37.5		29	
15	1759	741	57	7.4	110	37	1420		
16	1468	759	48	7.35	95	37.5			

Çizelge 5.1 Evsel oranı %45 olan atıksuyun artırılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pH çıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA (mg/L)
1	1800	281	84	6.94	110	37.5	1050		

2	1709	400	76	7.21	110	37.5			
3	1818	545	70	7.2	80	37.5		12	
4	1773	470	73	7.1	15	37.5		29	
5	1770	438	75	7.2		37.5			
6	1651	583	64	7.21	%2 CO2	37	1000		262
7	1869	552	70	7.24	65	37.5		36	
8	1857	678	63	7.32	50	37.5	1100		
9	1869	625	66	7.39	85	37			
10	1796	709	60	7.23	2%	37	1100	23	
11	1762	805	54	7.23	90	22			
12	1713	867	49	7.35	55	37.5	1120	50	365
13	1591	903	43	7.42	65	37.5			344
14	1788	875	51	7.35		37.5		55	
15	1527	946	38	7.38	55	37	1310		
16	1055	714	32	7.38	115	37			

Çizelge 5.2 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOl giderme verimi	pHçıkış	BIYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA
1	1800	390	78	6.95		37.5	1250		
2		500		7.15	50	37.5			
3	2409	536	77	7.25	45	37.5		48	
4	2364	513	78	7.22	155	37.5		59	280
5	2566	643	74	7.25		37.5			
6	2642	593	77	7.32	%4.5	37.5	1300		

7	2677	630	76	7.33	100	37.5			
8	2810	750	73	7.34	90	37.5	1350		320
9	2402	795	66	7.25	120	37			
10	2427	845	65	7.4	3%	37	1450	63	
11	2143	920	57	7.52	110	22			
12	1574	911	42	7.41	110	37.5	1152	98	
13	1500	930	38	7.36	75	37.5			
14	1560	937	39	7.41		32			340
15	1759	1205	31	7.38	155	37	1310		
16	1926	1161	39	7.28		37			

Çizelge 5.3. Evsel oranı %15 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları

Ek 6 Polyesterli kumaşa dispers boyama yapan fabrikanın atıksuyuna karıştırılan %30 evsel atıksu oranında ko-substrat (glukoz - laktoz) ilavesiyle arıtılabilirlik sonuçları (HBS 5 gün)

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BİYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA
1	2836	500	82	6.75	60	37.5	1100		
2	3818	818	78	6.56	40	37.5			550
3	3272	500	84	7.06	38	37.5		36	
4	3181	636	80	7.14	32	37.5	1100		700
5	4136	545	86	7.23	31	37.5			
6	3227	818	74	7.36	35	37.5	1050		
7	3090	836	79	7.33	15	37.5		37	
8	3375	1333	60	7.27	25	37.5	1100		750
9	2833	1250	55	7.05	19	37.5		32	
10	2750	1250	54	6.64	35	37.5			
11	3083	1500	51	7.15	22	37.5	1100	36	700
12	2791	1250	55	7.07	38	37.5			
13	2750	1333	51		19	37.5			
14	2750	1750	36		35	37.5	1150	42	700
15	2667	1791	32		25	37.5			

Çizelge 6.1 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları- glukoz

GÜN	KOl giriş (mg/L)	KOl çıkış (mg/L)	% KOİ giderme verimi	pHçıkış	BİYOGAZ (ml)	SICAKLIK	ALKALİNİTE (mg/L)	AKM	UYA
1	2618	727	72	6.86	95	37.5	1200	29	

2	3090	636	79	6.9	90	37.5			
3	2863	681	76	6.99	38	37.5			850
4	2681	818	69	6.94	19	37.5	1150		
5	3045	727	76	7.01	15	37.5			
6	2954	772	76	6.99	32	37.5		31	900
7	2863	772	73	7.01	45	37.5	1150		
8	2818	909	67	7.01	35	37.5			
9	3181	863	72	6.88	35	37.5	1100		850
10	2863	1181	58	6.91	19	37.5		30	
11	2409	1045	56	6.99	36	37.5			800
12	2272	1409	38	7.03	45	37.5	1200		
13	2227	1181	46	7.03	33	37.5		35	
14	2136	1318	38	7.02	22	37.5	1150		850
15	2090	1318	37	7.02	32	37.5		28	

Çizelge 6.2 Evsel oranı %30 olan atıksuyun arıtılabilirlik sonuçları- laktoz

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 16.10.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1989-1993 Şehremini Lisesi

Lisans 1994-1999 Trakya Üniversitesi Fen Edebiyat Fak.
Biyoloji Bölümü

Yüksek Lisans 1999-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

1999-1999

999-Devam ediyor

İ.Ü. Çapa Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji Bölümü

YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

