

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARDIŞIK  
KESİKLİ BİYOREAKTÖR İLE ARITILMASI VE  
MODELLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Çevre Yük. Müh. Yasemin DAMAR**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Recep İLERİ**

**Ekim 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARDIŞIK  
KESİKLİ BİYOREAKTÖR İLE ARITILMASI VE  
MODELLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Çevre Yük. Müh. Yasemin DAMAR

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 15 / 9 / 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oyçokluğu/Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İsmail KOYUNCU  
.....  
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Recep İLERİ  
.....  
Üye

Doç. Dr. Ertan DURMUŞOĞLU  
.....  
Üye

.....  
Üye

DOÇ. DR. MAHMUT ÖZACAR

.....  
Üye

YAR. DOÇ. DR. FATİH KARADAĞLI

## TEŞEKKÜR

Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nde tarafımızca hazırlanan bu bilimsel çalışmada, "Tekstil Endüstrisi Atıksularının Ardışık Kesikli Biyoreaktör İle Arıtılması ve Modellenmesi" araştırılmıştır.

Doktora çalışmamı yöneten, beni tüm çalışmalarında yürekten destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Recep İLERİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımı titizlikle takip eden tez izleme jürimdeki değerli hocalarım Doç. Dr. Mahmut ÖZACAR'a, Yrd. Doç. Dr. Fatih KARADAĞLI'ya ve Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENİ'ye teşekkür ederim.

Beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi'nin tüm akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

Çalışmamızın yapılabilmesi için ihtiyacımız olan atıksuyunu kullandığımız Aydın Örme San. ve Tic. A.Ş.'de görev yapan Sayın İbrahim ÇOLAK ve Şaban Bey'e ve diğer çalışanlarına yardım ve ilgilerinden dolayı teşekkür ederim.

Beni büyük fedakârlıklarla yetiştiren ve her aşamada desteklerini esirgemeyen çok sevgili anneme ve babama, tüm çalışmalarım boyunca sürekli desteğini gördüğüm kardeşime, bu çalışmamda beni destekleyen ve yardımını esirgemeyen Utku ARİFOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığından tarafımıza sağlanan desteklere teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xxx
ÖZET.....	xiiiv
SUMMARY.....	xlvi

### BÖLÜM 1.

AMAÇ VE KAPSAM.....	1
---------------------	---

### BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Çevre Kirlenmesi.....	4
2.1.1. Atıksular.....	5
2.1.1.2. Atıksuların genel özellikleri ve sınıflandırılması.....	5
2.1.1.3. Atıksu arıtım yöntemleri.....	6
2.2. Tekstil Endüstrisi.....	8
2.3. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyarmaddeler.....	9
2.4. Endüstriyel Atıksular.....	15
2.5. Tekstil Endüstrisi Atıksuyu.....	16
2.6. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Bulunan Boyarmaddenin Uzaklaştırılmasında Adsorbent Kullanımı.....	23
2.7. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Bulunan Boyarmaddenin Uzaklaştırılmasında Arıtma Çamurunun Adsorbent Olarak Kullanılması.....	27
2.8. Ardışık Kesikli Reaktör (AKR, SBR) Uygulamaları.....	29

2.8.1. Genel.....	29
2.8.2. Ardışık kesikli reaktörde uygulanan alternatifler.....	37
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>44</b>
3.1. Gerçek Ölçekli Tesis ve Atıksuyu.....	44
3.2. Laboratuvar Ölçekli Tesis ve Tasarımı.....	46
3.3. Ölçülen Parametreler.....	51
3.3.1. Kimyasal oksijen ihtiyacı.....	51
3.3.2. Bulanıklık.....	55
3.3.3. İletkenlik.....	55
3.3.4. Sıcaklık.....	55
3.3.5. Çözünmüş oksijen.....	55
3.3.6. pH.....	56
3.3.7. Renk.....	56
3.4. Deneylede Kullanılan Diğer Araç Gereç ve Cihazlar.....	57
3.5. Mikrobiyolojik İnceleme.....	58
3.6. Adsorbentler.....	65
3.6.1. Aktif karbon.....	65
3.6.2. Bentonit.....	66
3.6.3. Aktif alümina.....	67
3.6.4. Zeolit.....	68
3.6.5. Dolomit.....	68
3.6.6. Solüsyon (ULK-DEC).....	69
3.7. Biyosorbentler.....	70
3.7.1. % 1'lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru.....	71
3.7.2. % 1'lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru.....	71
3.7.3. % 1'lik formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru.....	71
3.7.4. % 1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru.....	71
3.7.5. 450 <sup>0</sup> C de aktifleştirilen arıtma çamuru.....	72
3.7.6. 600 <sup>0</sup> C de aktifleştirilen arıtma çamuru.....	72

## BÖLÜM 4.

LABORATUAR ÖLÇEKLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	73
4.1. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökelme Süresi ( $t_S$ ) nin Tespit Edilmesi	73
4.1.1. Birinci deneme çalışmaları.....	73
4.1.2. İkinci deneme çalışmaları.....	78
4.2. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökelme Süresi ( $t_S$ )'ne Nütrient (Üre) İlavesinin Etkisi.....	83
4.2.1. Üçüncü deneme çalışmaları.....	87
4.3. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökelme Süresi ( $t_S$ )'ne Karıştırma Hızının Etkisi.....	93

## BÖLÜM 5.

MODELLEME.....	98
5.1. Aktif Çamur ve Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Modellemesi.....	98
5.1.1. Kinetik modellemesi.....	98
5.1.2. Verim modellemesi.....	100
5.2. Aktif Çamur ve Adsorbent/Biyosorbent İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Modellemesi.....	102
5.2.1. Kinetik modellemesi.....	102
5.2.2. Verim modellemesi.....	109
5.3. Simülasyon Çalışmaları.....	111
5.3.1. Ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q)'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	111
5.3.2. Reaksiyon sabiti (k)'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	113
5.3.3. Ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	114
5.3.4. Ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	116
5.3.5. Doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	118
5.3.6. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	120

5.3.7. Başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ )'nun arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	121
5.3.8. Reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_e$ )'nun arıtma verimi (E) ile ilişkisi.....	123
5.4. Deneysel Çalışmalar İle Modelin Karşılaştırılması.....	124
5.4.1. Laboratuvar deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması.....	125
5.4.1.1. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması.....	125
5.4.1.2. Aktif çamur ve adsorbent/biyosorbent ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması.....	150

## BÖLÜM 6.

AKTİF ÇAMUR ADSORBENT İLAVESİZ / İLAVELİ JARTEST / ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR ÇALIŞMALARINI VE RENK GİDERİMİNİ	173
6.1. Renk Gideriminde Kullanılan Adsorbent/Biyosorbent Maddelerin Belirlenmesi.....	173
6.1.1. Birinci grup maddeler (biyosorbent).....	173
6.1.1.1. Kullanılacak biyosorbent maddenin cinsinin belirlenmesi için jartest denemeleri.....	175
6.1.1.2. Kullanılacak biyosorbent maddenin miktarının belirlenmesi için jartest denemeleri.....	175
6.1.1.3. Biyosorbentlerin reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin başında ilave edilmesi durumu.....	175
6.1.1.4. Biyosorbentlerin çökme süresi ( $t_S$ )'nin başında ilave edilmesi durumu.....	175
6.1.2. İkinci grup maddeler (adsorbent) .....	196
6.1.2.1. Kullanılacak adsorbent maddenin cinsinin belirlenmesi için jartest denemeleri.....	196
6.1.2.2. Kullanılacak adsorbent maddenin miktarının belirlenmesi için jartest denemeleri.....	197

6.1.2.3. Adsorbentlerin reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin başında ilave edilmesi durumu.....	197
6.1.2.4. Adsorbentlerin çökme süresi ( $t_S$ )'nin başında ilave edilmesi durumu.....	197
6.2. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlaveli Jartest Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları ve Renk Giderimi.....	216
6.2.1. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti.....	217
6.2.1.1. Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli çalışma.....	217
6.2.1.2. Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma.....	221
6.2.2. Çökme süresi ( $t_S$ )'nin tesbiti.....	225
6.2.2.1. Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli çalışma.....	225
6.2.2.2. Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilmiş aktif çamur) ilaveli çalışma.....	230
6.3. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Jartest Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları ve Renk Giderimi .....	235
6.3.1. Reaksiyon süresinin tesbiti.....	236
6.3.2. Çökme süresinin tesbiti.....	240
6.4. Kullanılacak Adsorbent/Biyosorbent Maddelerin Etkisinin Belirlenmesi.....	244
6.4.1. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti.....	245
6.4.1.1. Adsorbent (bentonit) ilaveli çalışma.....	245
6.4.1.2. Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma.....	249
6.4.2. Çökme süresi ( $t_S$ )'nin tesbiti.....	254
6.4.2.1. Adsorbent (bentonit) ilaveli çalışma.....	254
6.4.2.2. Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma.....	258
6.5. Adsorbent/Biyosorbent Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	262
6.6. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları.....	263
6.6.1. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz çalışma.....	264
6.6.1.1. Birinci deneme.....	264
6.6.1.2. İkinci deneme.....	268



6.6.2. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilaveli çalışma.....	271
6.6.2.1. Birinci deneme.....	271
6.6.2.2. İkinci deneme.....	278
6.6.3. Aktif Çamur adsorbent/biyosorbent ilaveli / ilavesiz laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının verimlerinin karşılaştırılması.....	284
6.6.3.1. Birinci deneme sonuçlarının karşılaştırılması.....	284
6.6.3.2. İkinci deneme sonuçlarının karşılaştırılması.....	288
6.7. Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi.....	294
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	314
KAYNAKLAR.....	324
EKLER.....	333
ÖZGEÇMİŞ.....	339

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOİ <sub>5</sub>	: Beş Günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	: Diamonyumhidrojenfosfat
(S <sub>e</sub> ) <sub>T</sub>	: Toplam Çıkış Suyu Konsantrasyonu, mg/L
<sup>0</sup> C	: Sıcaklık Birimi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Gümüş Sülfat
AKM	: Askıda Katı Madde
AKR,SBR	: Ardışık Kesikli Reaktör
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Alüminyumdioksit
AlO <sub>4</sub>	: Alüminyum Oksit
BET	: Brunauer Emmett Teller
BNR	: Biyolojik Nutrient Uzaklaştırma Ünitesi
C	: İntegrasyon Sabiti
CaCl <sub>2</sub>	: Kalsiyum Klorür
CaO	: Kalsiyum Oksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
ÇHI, SVI	: Çamur Hacim İndeksi, mL/g
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DAS	: Demir Amonyum Sülfat
DO	: Çözünmüş Oksijen
GAC	: Granül Aktif Karbon
H <sub>2</sub> O	: Su
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen Peroksit
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sülfürik Asit
HgSO <sub>4</sub>	: Civa Sülfat
k	: Reaksiyon Sabiti

k	: Adsorpsiyon Hız Sabiti, saat <sup>-1</sup>
K <sub>2</sub> O	: Potasyum Oksit
k <sub>A.Ç.</sub> , k <sub>A.S.</sub>	450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru Biyosorbentine Ait Reaksiyon Sabiti, saat
k <sub>BENT.</sub>	: Bentonit Adsorbentine Ait Reaksiyon Sabiti
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L
m	: Biyosorbent Miktarı, g/L
m <sup>2</sup> /g	: Metrekare/gram
mg/L	: milligram/litre
MgO	: Magnezyum Oksit
MLSS	: Karışım Anında Reaktörden Alınan Aktif Çamur ve Atıksu Karışım Halinde İken Alınan Numunenin Askıda Katı Madde Değeri
mS/cm	: Milisimens/santimetre
N	: Normal
N <sub>2</sub>	: Azot Gazı
Na <sub>2</sub> O	: Sodyum Oksit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NH <sub>3</sub> -N	: Amonyum Azotu
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	: Amonyum İyonu
nm	: Nanometre
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrat İyonu
NTU	: Bulanıklık Birimi
O <sub>3</sub>	: Ozon
ORP	: Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli
PAC	: Toz Haline Getirilmiş Aktif Karbon
PAS	: Toz Halindeki Aktif Çamur
pH	: [H <sup>+</sup> ] iyonunun (-) logaritması
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	: Fosfat İyonu
PSO	: Pseudo Second Order
PVOH	: Polivinil Alkolleri
Q	: Debi, m <sup>3</sup> /sa
q	: Herhangi Bir t Zamanında Birim Miktar Adsorbent Tarafından

	Adsorbe Edilen Miktar, mg/g
$R^2$	: Korelasyon Katsayısı
RES	: Renklilik Sayısı, $m^{-1}$
rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı
$r_{sf}$	: Doldurma Periyodu Sırasında Substrate Uzaklaştırma Oranı. (mg/L.sa)
$S_0$	: Girişteki Substrate Konsantrasyonu, mg/L
$S_{450}$	: 450°C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru (Biyosorbent) Kullanılarak Elde Edilen Çıkış Konsantrasyonu, mg/L
$S_{A.Ç.}$	: Aktif Çamurda Elde Edilen Çıkış Konsantrasyonu, mg/L
$S_{ADS}$	: Bentonit Adsorbenti Kullanılarak Elde Edilen Çıkış Konsantrasyonu, mg/L
$S_{BENT.}$	: Bentonit Adsorbenti Kullanılarak Elde Edilen Çıkış Konsantrasyonu, mg/L
$S_{BIYOSORBENT}$	: 450°C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru Biyosorbenti Kullanılarak Elde Edilen Çıkış Konsantrasyonu, mg/L
Se	: Reaksiyon Süresi Sonundaki Substrate Konsantrasyonu, mg/L
$S_f$	: Doldurma Sürecinin Sonundaki Substrat Konsantrasyonu, mg/L
$SiO_2$	: Silisyumdioksit
$SiO_4$	: Silisyum Tetra Oksit
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SND	: Simultaneous Nitrifikasyon–Denitrifikasyon
SRT	: Çamur Bekleme Süresi, gün
T.P.A.O.	: Türkiye Petrol Anonim Ortaklığı
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
$t_R$	: Reaksiyon Süresi, saat
TS	: Türk Standartları
$t_S$	: Çökelme Süresi, dakika
ULK-DEC	: Özel Bir Solüsyon
V	: Hacim, $m^3$
$V_A$	: Ardışık Kesikli Reaktör İçindeki Aktif Çamurun Hacmi, $m^3$

- $V_{AB}$  : Ardışık Kesikli Reaktörün Doldurma Süreci Başlamadan Önceki Boş Hacmi, Her Seansta Artılan Hacim,  $m^3$
- $V_B$  : Ardışık Kesikli Reaktörün Toplam Aktif Hacmi,  $m^3$
- $X$  : İlave edilen adsorbent miktarı, g/L
- $\theta_C$  : Çamur Yaşı, gün

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Genel Ardışık Kesikli Biyoreaktör Prosesinin Birbirini Takip Eden İşletim Fazları.....	30
Şekil 3.1.	Tekstil Endüstrisine Ait Atıksu Arıtma Tesisinin Akım Şeması	45
Şekil 3.2.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Ve Kullanılan Teçhizatın Genel Görünümü .....	46
Şekil 3.3.	Laboratuvar Ölçekli Tesisin Akım Şeması.....	47
Şekil 3.4.	Deneylerde Kullanılan Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) Düzenegi Şematik Gösterimi.....	48
Şekil 3.5.	Laboratuvar Ölçekli Atıksu Arıtma Tesisinin 2007 Yılına Ait Giriş KOİ Değerleri.....	50
Şekil 3.6.	Laboratuvar Ölçekli Atıksu Arıtma Tesisinin 2007 Yılına Ait Giriş pH Değerleri.....	50
Şekil 3.7.	KOİ Deneyinde Kullanılan Isıtıcı.....	52
Şekil 3.8.	KOİ Deneyi Sırasında (Titrasyon Öncesi).....	53
Şekil 3.9.	KOİ Deneyinde Kullanılan Titrasyon Cihazı ve DAS Çözeltilisinin Görüldüğü Resim.....	53
Şekil 3.10.	KOİ Deneyinde Renk Değişimi Safhaları.....	54
Şekil 3.11.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (10X) Fotoğrafı.....	59
Şekil 3.12.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (40X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafı- Rotifer.....	59
Şekil 3.13.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık	

	Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (40X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafı- Saplı Siliat ( <i>Opercularia Sp.</i> ).....	60
Şekil 3.14.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Çamur Karışırken (40X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğraf- Saplı Siliat ( <i>Opercularia Sp.</i> ).....	60
Şekil 3.15.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (10X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğraf- Filamentli Bakteri.....	61
Şekil 3.16.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (40X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğraf- Rotifer.....	62
Şekil 3.17.	Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (40X) Mikroskopik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafı- Rotifer.....	62
Şekil 3.18.	Deneylerde Kullanılan Aktif Karbon.....	66
Şekil 3.19.	Deneylerde Kullanılan Bentonit.....	67
Şekil 3.20.	Deneylerde Kullanılan Aktif Alümina.....	68
Şekil 3.21.	Deneylerde Kullanılan Zeolit.....	68
Şekil 3.22.	Deneylerde Kullanılan Dolomit.....	69
Şekil 3.23.	Deneylerde Kullanılan Solüsyon (ULK-DEC).....	70

Şekil 3.24.	DeneYlerde Kullanılan Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru).....	72
Şekil 4.1.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	74
Şekil 4.2.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	75
Şekil 4.3.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Sonunda Farklı Çökme Süre ( $t_S$ )'lerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	77
Şekil 4.4.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	77
Şekil 4.5.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L) Değerleri.....	78
Şekil 4.6.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	79
Şekil 4.7.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	80
Şekil 4.8.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri.....	80
Şekil 4.9.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	81
Şekil 4.10.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	82



Şekil 4.11.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış AKM (Askıda Katı Madde)(mg/L) Değerleri.....	82
Şekil 4.12.	Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri.....	83
Şekil 4.13.	Farklı Nutrient Dozlarına Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	86
Şekil 4.14.	Farklı Nutrient Dozlarına Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	86
Şekil 4.15.	Farklı Nutrient Dozlarına Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (mg/L) Değerleri.....	87
Şekil 4.16.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	88
Şekil 4.17.	Nutrient (Üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	89
Şekil 4.18.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri.....	90
Şekil 4.19.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	91
Şekil 4.20.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	91

Şekil 4.21.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM), (mg/L) Değerleri.....	92
Şekil 4.22.	Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri.....	93
Şekil 4.23.	Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri.....	95
Şekil 4.24.	Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri.....	95
Şekil 4.25.	Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L) Değerleri.....	96
Şekil 4.26.	Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri.....	96
Şekil 5.1.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	104
Şekil 5.2.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Aktif Çamur İlavesinde Substrat Değişimi ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	105
Şekil 5.3.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamur İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	106
Şekil 5.4.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	107
Şekil 5.5.	Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre Giren Debi	

	(Q) ile Değişimi ( $Q \downarrow E \uparrow$ ).....	112
Şekil 5.6.	Aritma Veriminin (E), Reaksiyon Sabiti (k) ile Değişimi ( $k \uparrow E \uparrow$ ).....	114
Şekil 5.7.	Aritma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktör İçindeki Aktif Çamurun Hacmi ( $V_A$ ) ile Değişimi ( $V_A \downarrow E \uparrow$ ).....	115
Şekil 5.8.	Aritma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Toplam Aktif Hacmi ( $V_B$ ) ile Değişimi ( $V_B \uparrow E \uparrow$ ).....	117
Şekil 5.9.	Aritma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Doldurma Süreci Başlamadan Önceki Boş Hacmi, Her Seansta Arıtılan Hacim, ( $V_{AB}$ ) ile Değişimi ( $V_{AB} \downarrow E \uparrow$ ).....	119
Şekil 5.10.	Aritma Veriminin (E), Reaksiyon Süresi, ( $t_R$ ) ile Değişimi ( $t_R \uparrow E \uparrow$ ).....	121
Şekil 5.11.	Aritma Veriminin (E), Başlangıçtaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_0$ ) ile Değişimi ( $S_0 \uparrow E \uparrow$ ).....	122
Şekil 5.12.	Aritma Veriminin (E), Reaksiyon Süreci Sonundaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_e$ ) ile Değişimi ( $S_e \downarrow E \uparrow$ ).....	124
Şekil 5.13.	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Hacimlerinin Şematik Gösterimi.....	125
Şekil 5.14.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması.....	132
Şekil 5.15.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması.....	133
Şekil 5.16.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin $V_{AB}$ Sabit Model Çalışmasına Ait Aritma Verimi (E) Değerleri İle Deneysel Çalışmalara Ait Aritma Verimi (E) Değerlerinin Kıyaslanması.....	134
Şekil 5.17.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin $V_{AB}$ Dinamik Model Çalışmasına Ait Aritma Verimi (E) Değerleri İle Deneysel Çalışmalara Ait Aritma Verimi (E) Değerlerinin Kıyaslanması.....	134
Şekil 5.18.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar	

	Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ).....	140
Şekil 5.19.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ).....	140
Şekil 5.20.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=1950$ mg KOİ/L).....	142
Şekil 5.21.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) ( $S_0=1950$ mg KOİ/L).....	142
Şekil 5.22.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ).....	147
Şekil 5.23.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ).....	147
Şekil 5.24.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=958$ mg KOİ/L).....	149
Şekil 5.25.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara	

	Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik) ( $S_0=958$ mg KOİ/L).....	149
Şekil 5.26.	Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit).....	155
Şekil 5.27.	Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik).....	155
Şekil 5.28.	Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit).....	160
Şekil 5.29.	Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik).....	160
Şekil 5.30.	Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru ) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)	165
Şekil 5.31.	Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik).....	165
Şekil 5.32.	Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)	170
Şekil 5.33.	Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre	

	Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ).....	170
Şekil 6.1.	% 1'lik $H_2SO_4$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	178
Şekil 6.2.	% 1'lik $H_2O_2$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	178
Şekil 6.3.	% 1'lik Formaldehit İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	179
Şekil 6.4.	% 1'lik $NaOH$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	179
Şekil 6.5.	$450^{\circ}C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	180
Şekil 6.6.	$600^{\circ}C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	180
Şekil 6.7.	% 1'lik $H_2SO_4$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	182
Şekil 6.8.	% 1'lik $H_2O_2$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	182
Şekil 6.9.	% 1'lik Formaldehit İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	183
Şekil 6.10.	% 1'lik $NaOH$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	183
Şekil 6.11.	$450^{\circ}C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	184
Şekil 6.12.	$600^{\circ}C$ İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	184
Şekil 6.13.	Aktif Karbon Adsorbentinin İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	199
Şekil 6.14.	Bentonit Adsorbentinin İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.	200
Şekil 6.15.	Aktif Alumina Adsorbentinin İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi.....	200
Şekil 6.16.	Zeolit Adsorbentinin İlavesinde $KOİ$ Değerlerinin Değişimi...	201

Şekil 6.17.	Dolomit Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi.	201
Şekil 6.18.	Solüsyon (ULK-DEC) İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi..	202
Şekil 6.19.	Aktif Karbon Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	203
Şekil 6.20.	Bentonit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	204
Şekil 6.21.	Aktif Alumina Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	204
Şekil 6.22.	Zeolit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	205
Şekil 6.23.	Dolomit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi.....	205
Şekil 6.24.	Solüsyon (ULK-DEC) İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi..	206
Şekil 6.25.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	217
Şekil 6.26.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	218
Şekil 6.27.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	219
Şekil 6.28.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	220
Şekil 6.29.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	221
Şekil 6.30.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında	

	Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	222
Şekil 6.31.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit)....	223
Şekil 6.32.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	224
Şekil 6.33.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin ( $t_R=1.5$ saat sabit) Yapılan Deneylelerinin Akım Şeması.....	226
Şekil 6.34.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_R=1.5$ saat)...	227
Şekil 6.35.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değişimi ( $t_R=1.5$ saat).....	228
Şekil 6.36.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_R=1.5$ saat sabit).....	229
Şekil 6.37.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylelerinin Akım Şeması.....	231
Şekil 6.38.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat).....	232
Şekil 6.39.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında	



	Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$ saat).....	233
Şekil 6.40.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$ saat).....	234
Şekil 6.41.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Jartest Ardışık Kesikli Reaktörde Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin ( $t_S=1.5$ saat sabit) Yapılan Deneylerin Akım Şeması.....	236
Şekil 6.42.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	237
Şekil 6.43.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	238
Şekil 6.44.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	239
Şekil 6.45.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması.....	240
Şekil 6.46.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat).....	241
Şekil 6.47.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat sabit).....	242
Şekil 6.48.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan	

	Jartest Denemesinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat sabit).....	243
Şekil 6.49.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	245
Şekil 6.50.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	246
Şekil 6.51.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi.....	247
Şekil 6.52.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) KOİ Giderme Veriminin Değişimi.....	248
Şekil 6.53.	Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	250
Şekil 6.54.	Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit)	251
Şekil 6.55.	Biyosorbent ilaveli ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi.....	252
Şekil 6.56.	Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerlerinin Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	253
Şekil 6.57.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	254
Şekil 6.58.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$ saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi.....	255
Şekil 6.59.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde	

	Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$ saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri.....	256
Şekil 6.60.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$ saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri.....	257
Şekil 6.61.	Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çalışmada Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylein Akım Şeması.....	258
Şekil 6.62.	Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$ Saat Sabit) pH'nın Değişimi.....	259
Şekil 6.63.	Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$ saat sabit) Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri.....	260
Şekil 6.64.	Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$ saat sabit) KOİ Giderme Verimi Değerleri.....	261
Şekil 6.65.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri.....	266
Şekil 6.66.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri.....	267
Şekil 6.67	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	269
Şekil 6.68	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında	

	Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	270
Şekil 6.69	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri.....	273
Şekil 6.70	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri.....	274
Şekil 6.71	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri.....	276
Şekil 6.72	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri.....	277
Şekil 6.73	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri.....	279
Şekil 6.74	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri.....	280
Şekil 6.75	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerleri.....	282
Şekil 6.76	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktiveleştirilen arıtma	

	çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri.....	283
Şekil 6.77	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Giderme Verim Değerlerinin Kıyaslanması.....	285
Şekil 6.78	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış pH Değerlerinin Değişimi.....	286
Şekil 6.79	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (Birinci Deneme).....	288
Şekil 6.80	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (mg/L) Değerlerinin Kıyaslanması.....	289
Şekil 6.81	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış pH Değerlerinin Değişimi.....	290
Şekil 6.82	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (İkinci Deneme).....	291
Şekil 6.83	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Sadece Aktif Çamurda Yapılan Deneyler Sırasında Ölçülen Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişiminin Kıyaslanması (Birinci Deneme-İkinci Deneme).....	292
Şekil 6.84	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafikselsel Olarak İncelenmesi.....	296
Şekil 6.85	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafikselsel Olarak İncelenmesi.....	299
Şekil 6.86	Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli	

	Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi.....	302
Şekil 6.87	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi.....	305
Şekil 6.88	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi.....	308
Şekil 6.89	Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi.....	311

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Tekstil Endüstrisi Atıksu Arıtma Tesisi Giriş Konsantrasyonları.....	44
Tablo 3.2.	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY: Tablo 10.7)`nde Gerçek Tesise Ait Deşarj Kriterleri.....	46
Tablo 3.3.	Işık Absorpsiyonu ve Renk.....	56
Tablo 3.4.	Aktif Karbonun Yüzey Alanı ve Gözenek Sistemi İle İlgili Sayısal Değerler.....	66
Tablo 3.5.	Deneylerde Kullanılan Bentonite Ait Test Sonuçları.....	67
Tablo 3.6	Deneylerde Kullanılan ULK-DEC Ürününe Ait Test Sonuçları.	70
Tablo 4.1.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri.....	73
Tablo 4.2.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Çökelme Süresi (sabit) 1.5 saat).....	74
Tablo 4.3.	Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat).....	76
Tablo 4.4.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	79
Tablo 4.5.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri [Çökelme Süresi (sabit) 90 dakika].....	79
Tablo 4.6.	Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri [Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat].....	81
Tablo 4.7.	Nütrient (Üre) Etkisinin Tespit Edilmesi İçin Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden	

	Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	84
Tablo 4.8.	Nütrient Etkisinin Tespit Edilmesi İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'de Elde Edilen Sonuçlar (Sabit Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin 1.5 saat-Sabit Çökeltme Süresi ( $t_S$ )'nin 1.5 saat).....	84
Tablo 4.9.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	88
Tablo 4.10.	Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Parametre Değerleri (Nutrient-Üre İlaveli [25mg/L] ) (Çökeltme Süresi (sabit) 90 dakika).....	88
Tablo 4.11.	Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Nutrient (üre) İlaveli) [Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat].....	90
Tablo 4.12.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	94
Tablo 4.13.	Laboratuvar Ölçekli Pilot Tesiste Karıştırma Hızının Belirlenmesi İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları.....	94
Tablo 5.1.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	103
Tablo 5.2.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Substrat Değişimi Ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	104
Tablo 5.3.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması.....	105
Tablo 5.4.	Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450 <sup>0</sup> C'de Aktifleştirilen Aktif Çamur İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması....	106
Tablo 5.5.	Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre Giren Debi (Q) ile Değişim Değerleri.....	112
Tablo 5.6.	Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Sabiti (k) ile Değişim	



	Değerleri.....	113
Tablo 5.7.	Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktör İçindeki Aktif Çamurun Hacmi ( $V_A$ ) İle Değişimi Değerleri.....	115
Tablo 5.8.	Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Toplam Aktif Hacmi ( $V_B$ ) İle Değişimi Değerleri.....	117
Tablo 5.9.	Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Doldurma Süreci Başlamadan Önceki Boş Hacmi, Her Seansta Arıtılan Hacim ( $V_{AB}$ ) İle Değişimi Değerleri.....	119
Tablo 5.10.	Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) İle Değişimi Değerleri.....	120
Tablo 5.11.	Arıtma Veriminin (E), Başlangıçtaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_0$ ) İle Değişimi Değerleri.....	122
Tablo 5.12.	Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süreci Sonundaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_e$ ) İle Değişimi Değerleri.....	123
Tablo 5.13.	Birinci Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması.....	128
Tablo 5.14.	İkinci Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması.....	128
Tablo 5.15.	Üçüncü Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması.....	129
Tablo 5.16.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	129
Tablo 5.17.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin $V_{AB}$ sabit ve $V_{AB}$ dinamik Model Çalışmasına Ait Çıkış Konsantrasyonu ( $S_e$ ) ve Arıtma Verimi (E) Değerleri.....	131
Tablo 5.18.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin $V_{AB}$ sabit ve $V_{AB}$ dinamik Deneysel Çalışmalara Ait Çıkış Konsantrasyonu ( $S_e$ ) ve Arıtma Verimi (E) Değerleri.....	132
Tablo 5.19.	1950 mgKOİ/L Gerçek Atıksu Numunesine Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması.....	136
Tablo 5.20.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	137
Tablo 5.21.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için	

	Deneysel Çalışmanın Sonuçları Ve Arıtma Verimi Değerleri...	137
Tablo 5.22.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Birinci Deneme Çalışmasının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) $S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$ .....	139
Tablo 5.23.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde $V_{AB}$ Sabit ve Dinamik Durumda İken Arıtma Verimi Değerleri Değişimi $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) $S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$ .....	141
Tablo 5.24.	958 mgKOİ/L Gerçek Atıksu Numunesine Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti (k)'nin Bulunması.....	144
Tablo 5.25.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	144
Tablo 5.26.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları.....	144
Tablo 5.27.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre( $t_R$ )lerinde $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Birinci Deneme Çalışmasının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ ).....	146
Tablo 5.28.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde $V_{AB}$ Sabit ve Dinamik Durumda İken Arıtma Verimi Değerleri Değişimi $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ .....	148
Tablo 5.29.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	152
Tablo 5.30.	Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları.....	152

Tablo 5.31.	Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=1950\text{mgKOİ/L}$ ).....	154
Tablo 5.32.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	157
Tablo 5.33.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçlar.....	157
Tablo 5.34.	Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ ).....	159
Tablo 5.35.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	162
Tablo 5.36.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları.....	163
Tablo 5.37.	Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$ ).....	164
Tablo 5.38.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri.....	167
Tablo 5.39.	Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları.....	167
Tablo 5.40.	Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait $V_{AB}$ ve $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi, $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958$	

	mgKOl/L).....	169
Tablo 5.41.	Laboratuar Ölçekli Beş Farklı Giriş Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değeri İle Kinetik Çalışması Yapılmış Deneysel Çalışmalardan Elde edilen Reaksiyon Sabiti (k) Değeri Ve Ortalaması.....	172
Tablo 6.1.	Gerçek Ölçekli Tesisin Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Girişinden Alınan Ham Atıksuyun Ortalama Değeri.....	176
Tablo 6.2.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında KOİ Değeri.....	177
Tablo 6.3.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Bulanıklık Değeri.....	181
Tablo 6.4.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 436 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	186
Tablo 6.5.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 479 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	187
Tablo 6.6.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 515 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	188
Tablo 6.7.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 525 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	189
Tablo 6.8.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 544 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	190
Tablo 6.9.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 586 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	191
Tablo 6.10.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 612 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	192
Tablo 6.11.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 620 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değeri.....	193
Tablo 6.12.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) Değeri.....	195
Tablo 6.13.	Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında pH Değeri	196
Tablo 6.14.	Gerçek Ölçekli Tesisin Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Girişinden Alınan Ham Atıksuyun Ortalama	

	Değerleri.....	198
Tablo 6.15.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında KOİ Değerleri..	199
Tablo 6.16.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Bulanıklık Değerleri.....	203
Tablo 6.17.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 436 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	207
Tablo 6.18.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 479 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	208
Tablo 6.19.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 515 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	209
Tablo 6.20.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 525 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	210
Tablo 6.21.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 544 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	211
Tablo 6.22.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 586 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	212
Tablo 6.23.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 612 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	213
Tablo 6.24.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 620 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri.....	214
Tablo 6.25.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) Değerleri.....	215
Tablo 6.26.	Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında pH Değerleri..	216
Tablo 6.27.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	217
Tablo 6.28	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	218
Tablo 6.29.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	219

Tablo 6.30.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	220
Tablo 6.31.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Adsorbans-RES).....	221
Tablo 6.32.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	222
Tablo 6.33.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	223
Tablo 6.34.	Aktif Çamur Adsorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	224
Tablo 6.35.	Aktif Çamur biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES).....	225
Tablo 6.36.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat)...	226
Tablo 6.37.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi.....	228

Tablo 6.38.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_R=1.5$ saat sabit).....	229
Tablo 6.39.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans-RES).....	230
Tablo 6.40.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat).....	231
Tablo 6.41.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$ saat).....	232
Tablo 6.42.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$ saat).....	234
Tablo 6.43.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES).....	235
Tablo 6.44.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu.....	235
Tablo 6.45.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi.....	236
Tablo 6.46.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan	

	Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi..	237
Tablo 6.47.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi.....	238
Tablo 6.48.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Adsorbans- RES).....	239
Tablo 6.49.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$ saat).....	240
Tablo 6.50.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi..	242
Tablo 6.51	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi.....	243
Tablo 6.52.	Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES).....	244
Tablo 6.53.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri.....	244
Tablo 6.54.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH'nın Değişimi.....	246
Tablo 6.55.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$ saat sabit).....	247
Tablo 6.56.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) KOİ Değerleri ve Giderme Verimi.....	248
Tablo 6.57.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_S=1.5$ saat sabit) Renk Değerleri (Absorbans- RES).....	249
Tablo 6.58.	Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre	



	Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri.....	249
Tablo 6.59.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH nın Değişimi (t <sub>s</sub> =1.5 saat sabit).....	250
Tablo 6.60.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi (t <sub>s</sub> =1.5 saat sabit).....	251
Tablo 6.61.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerlerinin Değişimi (t <sub>s</sub> =1.5 saat sabit).....	252
Tablo 6.62.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde (t <sub>s</sub> =1.5 saat sabit) Renk (Absorbans RES) Değerlerinin Değişimi.....	253
Tablo 6.63.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi.....	255
Tablo 6.64.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri.....	256
Tablo 6.65.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri.....	257
Tablo 6.66.	Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 Saat Sabit) Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin Değişimi.....	258
Tablo 6.67.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi.....	259

Tablo 6.68.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jarrest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri.....	260
Tablo 6.69.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jarrest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri.....	261
Tablo 6.70.	Biyosorbent İlaveli (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jarrest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde (t <sub>R</sub> =1.5 saat sabit) Renk (absorbans-RES) Değerlerinin Değişimi.....	262
Tablo 6.71.	Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Laboratuardaki Çalışma Şartları.....	264
Tablo 6.72.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Kullanılan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri (Birinci Deneme) .....	264
Tablo 6.73.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi .....	265
Tablo 6.74.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi .....	266
Tablo 6.75.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Ölçüm Değerleri Değişimi.....	267
Tablo 6.76.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Kullanılan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri-İkinci Deneme.....	268
Tablo 6.77.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında	

	KOİ Değerleri Değişimi ( $t_s=1.5$ saat sabit).....	269
Tablo 6.78.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	270
Tablo 6.79.	Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	271
Tablo 6.80.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi ( $t_s=1.5$ saat sabit).....	272
Tablo 6.81.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	273
Tablo 6.82.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Ölçüm Değerleri Değişimi.....	274
Tablo 6.83.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi.....	275
Tablo 6.84.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de Aktiveleştirilen Aktif Çamur) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	276
Tablo 6.85.	Aktif Çamur Biyosorbent ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk (absorbans-RES) Değerleri Değişimi.....	277
Tablo 6.86.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi.....	278
Tablo 6.87.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında	

	Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	279
Tablo 6.88.	Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Değerleri (Absorbans) Değişimi.....	280
Tablo 6.89.	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi.....	281
Tablo 6.90.	Aktif Çamur Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi.....	282
Tablo 6.91.	Aktif Çamur ve Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk (absorbans-RES) Değerleri Değişimi.....	283
Tablo 6.92.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Birinci Deneme Sonuçlarının KOİ Giderme Verim Değerleri..	284
Tablo 6.93.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında pH Değerleri.....	285
Tablo 6.94.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (Birinci Deneme).....	287
Tablo 6.95.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Verim Değerleri.....	288
Tablo 6.96.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında pH Değerleri.....	289
Tablo 6.97.	Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) Değerleri Değişimi (İkinci Deneme).	291
Tablo 6.98.	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	296
Tablo 6.99.	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı	

	İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	297
Tablo 6.100.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	299
Tablo 6.101.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	300
Tablo 6.102.	Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	302
Tablo 6.103.	Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi....	303
Tablo 6.104.	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	305
Tablo 6.105	Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	306
Tablo 6.106.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	308
Tablo 6.107.	Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	309
Tablo 6.108.	Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi	311
Tablo 6.109.	Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES)(586 nm) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi....	312

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tekstil Endüstrisi, Atıksu, Arıtma, Ardışık Kesikli Biyoreaktör, Aktif Çamur, Adsorbent, Biyosorbent, Deneysel, Kinetik, Çökelme, Optimum Şartlar, Modelleme, Simülasyon, İstatistik.

Bu çalışmanın ana amacı; tekstil endüstrisi atıksularının Ardışık Kesikli Biyoreaktör ile arıtılması ve modellenmesidir.

Bu çalışmada; tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, Sequencing Batch Reactor: SBR) ile optimum şartlarda arıtılması için laboratuvar ölçekli tesis çalışmaları yapılmıştır. Tekstil atıksuyu laboratuvar ölçekli pilot Ardışık Kesikli Reaktör arıtma ünitesi için yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; 0.5 saat doldurma, 1.5 saat havalandırma (reaksiyon), 1.5 saat çökelme ve 0.5 saat boşaltma-devreye alma sürelerinde en uygun arıtma (optimum) verimi elde edilmiştir. Çalışılan laboratuvar ölçekli tekstil endüstrisine ait Ardışık Kesikli Biyoreaktörün Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ) ortalama giderme verimi %63 iken (çalışma koşullarına bağlı olarak; minimum=%37, maksimum=%94), bulanıklık ortalama giderme verimi %92.4 ve renk giderme verimi (RES olarak 586 nm'de) %77.3'dür. Tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması için, Ardışık Kesikli Biyoreaktörde (AKR, SBR) aktif çamur ve birlikte bentonit kullanıldığında Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ) ortalama giderme verimi %92.7 bulanıklık uzaklaştırma verimi ortalama %85.2 ve renk uzaklaştırma verimi (RES olarak 586 nm'de) %85.4'dür. Tekstil endüstrisi atıksuları Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) ile aktif çamur ve birlikte 450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) kullanıldığında, Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ) ortalama giderme verimi %93, bulanıklık giderme verimi % 91 ve renk giderme verimi (RES olarak 586 nm'de) %82.2 dir.

Bentonit adsorbentinin ve 450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbentinin Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağladıkları görülmüştür. Modelleme ve simülasyon çalışmaları sonucunda, farklı çalışmalarda modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların bazen yaklaştığı bazen uzaklaştığı görülmüştür.

Modelin simülasyonu çalışmaları irdelendiğinde, parametrelerin önem sıralamasına göre sıralandığında; ardışık kesikli reaktöre giren başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim-her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ), ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süresi ( $t_R$ ), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ), reaksiyon sabiti ( $k$ ), ardışık kesikli reaktöre giren debi ( $Q$ ) şeklinde olduğu görülmektedir.

Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) sisteminin, tekstil fabrikası atıksularının arıtılması için başarı ile kullanılabilceği görülmektedir. Gerek tekstil ve gerekse diğer atıksuların arıtılmasında da çıkış suyu kriterleri ihtiyacına göre; adsorbentsiz veya adsorbentsiz ve adsorbentli/biyosorbentli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) sistemi ve modellemesi kullanılabilir.

# TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRY WASTEWATERS BY SEQUENCING BATCH BIOREACTOR AND MODELLING

## SUMMARY

Key Words: Textile Industry, Wastewater, Treatment, Sequencing Batch Reactor, Activated Sludge, Adsorbent, Biosorbent, Experimental, Kinetic, Settling, Optimum Conditions, Modeling, Simulation, Statistics.

Experimental and modeling studies of treatment of textile industry wastewater by Sequencing Batch Bioreactor (SBR) have been examined.

In this study, laboratory experiences have been given about sequencing batch bioreactor for real wastewater treatment. Optimum treatment efficiency has been taken under 0.5 hours of fill time, 1.5 hours of aeration time, 1.5 hours of sedimentation time and 0.5 hours of draw-Idle time. COD removal average efficiencies in laboratory scale studies about Sequencing Batch Bioreactor for textile wastewater are average 63%, minimum 37% and maximum 94%. Removal average efficiencies are changing with experimental working conditions. Removal average turbidity 92.4%, removal average efficiencies color (such as RES 586 nm) 77.3%.

Removal efficiencies are COD 92.7%, turbidity 85.2% and color 85.4% (such as RES 586 nm) used activated sludge and adsorbent (bentonite). Removal average efficiencies are COD 94%, turbidity 91% and color 82.2% (such as RES 586 nm) used activated sludge and activated treatment sludge biosorbent (activated in 450 °C) in SBR for textile wastewater.

It is detected that bentonite adsorbent and activated treatment sludge biosorbent (activated in 450 °C) can better accommodate to Lagergren kinetic threshold. As a result of modelling and simulation practices, modelling and experiment results approach or diverge from each other in different workouts.

Simulation practices are analyzed and parameters are enumerated as written below; sequencing batch reactor reactor influent substrate concentration ( $S_0$ ), sequencing batch reactor reactor empty volume (before filling period started) which is increased in each cycle ( $V_{AB}$ ), sludge volume influent sequencing batch reactor reactor ( $V_A$ ), sequencing batch reactor reactor reaction time ( $t_R$ ), sequencing batch reactor reactor total active volume ( $V_B$ ), reaction constant ( $k$ ), sequencing batch reactor reactor influent flowrate ( $Q$ ).

It's seen that Sequencing Batch Reactor (SBR) which can be used for textile wastewater treatment. Also it can be used with and without adsorbent / biosorbent for textile and other wastewaters treatment in order to meet effluent standards.

## **BÖLÜM 1. AMAÇ VE KAPSAM**

Dünya’da ve Türkiye’de çevre kirlenmesi konusu gittikçe önem kazanmaktadır. Gelişen teknoloji ve bu teknoloji gelişiminin ekosisteme yansması kirlilik şeklinde olmaktadır. Gelişen teknolojinin getirdiği yenilikler sonucu üretim proseslerinden kaynaklanan her türlü atıksuyun alıcı ortamlara deşarjında belirli standartların aranması konusu gündeme gelmektedir.

Tekstil endüstrisi atıksuları ve diğere renkli atıksuların arıtılmasında kimyasal ve biyolojik yöntemler yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Konvansiyonel parametreler açısından başarılı olan bu sistemler, renk giderimi açısından yetersiz kalmaktadırlar. Gelişmiş ülkelerin bu tür atıksuları kanalizasyona ve alıcı ortama deşarjında renk parametresine getirdiği sınırlamalar ile konvansiyonel parametrelerin limit değerlerinin de azaltılması klasik arıtma sistemlerinin dışında yeni ve renk giderimi açısından etkili proseslerin araştırılması yolunu açmıştır.

Ardışık Kesikli Biyoreaktörler (AKR, SBR), gerek endüstriyel ve gerekse evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan ve son zamanlarda yaygınlaşan, havalandırma ve çökelme işleminin tek tank içersinde yapıldığı biyolojik arıtma sistemlerindedir. Ardışık Kesikli Biyoreaktör sistemleri sürekli akımlı ve tam karışımli sistemlerin bazı karakteristik özelliklerini taşıyan hibrit sistemlerdir. Bu sistemin tez konusunda seçilmesindeki ana amaçlardan biri, iki önemli prosesin aynı tankta yapılarak ekonomiklik sağlaması ve gerçek hayatta uygulanabilir olmasıdır.

Bu çalışmanın ana amacı; tekstil endüstrisi atıksularının Ardışık Kesikli Biyoreaktör ile arıtılması, Ardışık Kesikli Reaktörün kullanılabilirliğinin geliştirilmesi, reaksiyon ve çökelme optimum şartlarının belirlenmesi, kinetiğinin belirlenmesi,



adsorbent/biyosorbent ilavesi ile renk gideriminin artırılması olaylarının; laboratuvar ölçekli pilot tesiste incelenmesi ve modellenmesidir.

Bu çalışmada; tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, Sequencing Batch Reactor: SBR) ile optimum şartlarda arıtılması için laboratuvar ölçekli tesis çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla Ardışık Kesikli Biyoreaktörlerin (AKR) optimum işletme şartları incelenerek, her iki durumun performansları karşılaştırılmıştır. Tesis performansları açısından bakıldığında hem tam ölçekli hem de laboratuvar ölçekli tesisin performanslarının birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Bentonit adsorbentinin ve 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbentinin Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağladıkları görülmüştür. Modelleme ve simülasyon çalışmaları sonucunda, farklı çalışmalarda modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların bazen yaklaştığı bazen uzaklaştığı görülmüştür.

Modelin simülasyonu çalışmaları irdelendiğinde, parametrelerin önem sıralamasına göre sıralandığında; ardışık kesikli reaktöre giren başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim-her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ), ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süresi ( $t_R$ ), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ), reaksiyon sabiti ( $k$ ), ardışık kesikli reaktöre giren debi ( $Q$ ) şeklinde olduğu görülmektedir.

Tekstil endüstrisi, endüstriyel atıksular içerisinde üzerinde dikkatle durulması gereken bir sektör olarak göze çarpmaktadır. Tekstil endüstrisi atıksularının ardışık kesikli biyoreaktör ile arıtılması ve modellenmesi çalışmasında elde edilen bilimsel sonuçlar, literatürdeki ilgili çalışmalar ile kıyaslanmış, bu teknolojinin tekstil endüstrisi atıksularının etkili ve Avrupa Birliği deşarj standartlarını sağlayabilecek şekilde verimli arıtılmasında alternatifleri araştırılmıştır. Optimum işletme şartları belirlenerek pratikte uygulanabilirliği tartışması yapılmıştır.

Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) sisteminin, tekstil fabrikası atıksularının arıtılması için başarı ile kullanılabileceği görülmektedir. Gerek tekstil ve gerekse diğer atıksuların arıtılmasında da çıkış suyu kriterleri ihtiyacına göre; adsorbentsiz veya adsorbentsiz ve adsorbentli/biyosorbentli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) sistemi ve modellemesi kullanılabilir.

## **BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ**

### **2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Çevre Kirlenmesi**

Çevresel kirlilik, endüstriyel gelişmelerin artmasıyla artmaktadır. Kirletici maddelerin çoğu ve/veya ürünlerin parçalanması sulu ve kara ortamı için toksik özellik göstermektedir. Bu sebepten dolayı çevresel konuların en önemlilerinden biri atıksuların arıtılmasıdır (Gülnaz ve diğ., 2006).

Doğal çevreyi dikkate almayan sanayileşme ve teknoloji kullanımı, insanların doğal çevre sistemlerinde bazı dengesizliklerin ortaya çıkmasına ve “Çevre Sorunları” adı altında toplanan çeşitli sorunların önem kazanmasına yol açmıştır. Günümüzde de çevrenin kirlenmesi konusunda en büyük payı endüstri kuruluşları ve meydana getirdikleri atıksular oluşturmaktadır (Tünay, 1996).

Dünya’da ve Türkiye’de hızla gelişen endüstriyel faaliyetler ve bunların oluşturduğu kirlilik, ekolojik dengenin ve çevrenin korunmasını, bu amaçla da atıksuların arıtımını gerekli kılmaktadır. Kullanılabilir su kaynakları gün geçtikçe artan bir seviyede bilinçsizce kirlenmektedir. Bu kirlenme ile yüzeysel ve yeraltı su kaynakları kullanılamaz hale gelmektedir. Bu sebeple atıksuların arıtımı konusu gündeme gelmekte ve bu konuda ciddi çalışmaların yapılması gerekmektedir (Kılıç, 2006).

Günümüzde çevre kirlenmesinde en önemli payı endüstriyel kirletici kaynaklar oluşturmaktadır. Bu pay sadece kirleticilerin miktarı değil, türü açısından büyük önem taşımaktadır. Endüstriyel kuruluşlardan kaynaklanan kirleticiler, diğer kirletici kaynaklara göre zehirli ve biyolojik olarak ayrıştırılması güç kirleticilerdir. Diğer

tarafından endüstriyel kaynaklar homojen yapıda olmayıp çok değişken bir yapıya sahiptir (Tünay, 1996).

### **2.1.1. Atıksular**

Atıksu; evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda oluşan sular olarak tanımlanabilir (Tezer, 2002).

#### **2.1.1.2. Atıksuların genel özellikleri ve sınıflandırılması**

Atıksu özellikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gruplandırılabilir (Metcalf ve Eddy 2003; Tezer, 2002).

Fiziksel özellikler;

**Sıcaklık:** Sularda biyolojik aktiviteyi (organizma gelişim hızını) etkiler. Gazların sudaki çözünürlüğünü değiştirir. Suyun tabakalaşması, yoğunluğu, viskozitesi, yüzey gerilimi vb. sıcaklıkla değişir.

**Koku ve tat:** Suyun estetik değerini etkiler. Diğer kirletici parametrelerin ve aerobik/anaerobik ortamların varlığının göstergelerinden biridir.

**Renk ve bulanıklık:** Suya ışığın sızmasını ve buna bağlı olarak organizma gelişimini etkiler. Su yaşamına zararlı etki gösterebilir. Diğer kirleticilerin varlığının göstergelerinden biridir.

**Toplam katılar:** Çözünmüş ve çözünmemiş maddelerin göstergesidir.

Kimyasal özellikler;

**Yağ ve gres:** Havalanmayı, dolayısıyla sudaki oksijen miktarını etkiler. Estetik değeri ve tadı bozar. Kuşları ve balıkları etkiler.

**Deterjan ve pestisitler:** Köpük oluşturur, havalanmayı etkiler, oksijen gereksinimi yaratır. Toksik etkilidir.

**pH:** Su yaşamını etkiler, karbonat dengesini değiştirir.

İletkenlik: Çözünmüş maddelerin göstergesidir.

Tuzluluk: Yoğunluğu, tadı ve ozmotik basıncı, iletkenliği değiştirir. Balık türlerini ve yumurtlamayı etkiler. Oksijeni etkiler.

Azot, fosfor, ağır metal, radyoaktif maddeler: Su yaşamını etkiler. Serbest amonyak ve nitrit toksik etki yaparken, nitrat insan sağlığını etkiler.

Biyolojik özellikler;

Atıksuların içerdiği patojenik bakteri protozoa ve virüsleri içerebilir. İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilirler. Suyun kullanılacağı yere ve amaca göre kalite kriterlerinin belirlenmesi gerekir. Kalite kriterleri kavramının standart kavramı ile karıştırılmaması gerekir. Kriterler herhangi bir amaç için kullanılacak suyun, o amaca uygun olup olmadığının, standartlar ise kullanıldıktan sonra çevreye bırakılacak suyun, o amaca uygun olup olmadığının, detaylı olarak tarifidir. Büyük nüfuslu yerleşim alanlarının ve endüstrinin yoğun olduğu bölgelerdeki fabrika sularının, arıtım tesislerinden geçirildikten sonra çevreye bırakılması gereklidir. Ayrıca atıksuyun karışacağı dere, nehir, göl veya denizdeki seyreltilme derecesi ve atıksuyun karıştığı su kaynağının ne amaçla kullanılacağı da standartlar getirilmesi gereken faktörlerdendir.

### **2.1.1.3. Atıksu arıtım yöntemleri**

Atıksu arıtımı, suların çeşitli kullanımlar sonucu atıksu haline dönüşerek yitirdikleri kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal, fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin biri veya birkaçı olarak tanımlanabilir. Genel olarak atıksu arıtımını fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür (Metcalf ve Eddy, 2003; Tezer, 2002).

Fiziksel arıtım yöntemleri;

Fiziksel arıtım prosesleri, atıksuyun içerdiği askıda koloidal partikülleri ve diğer iri katı maddeleri sudan ayırarak, ileriki proseslere arıtılmak üzere hazırlayan yöntemlerdir. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- i) Izgara ve kalbur yardımı ile büyük boyutlu asılı katı taneciklerin ayrılması
- ii) Kum tutucular yardımı ile büyük boyutlu asılı katı taneciklerin ayrılması
- iii) Yağ tutucular yardımı ile suda yüzen maddelerin ayrılması
- iv) Çöktürme havuzlarında kendi ağırlığı ile çökebilin ince maddelerin ayrılması ve yüzdürme yöntemi ile hafif maddelerin yüzeyden alınması
- v) Nötralleştirme (Tezer, 2002)

Kimyasal arıtım yöntemleri; Kimyasal arıtma prosesleri atıksudaki bileşiklerin kimyasal yapısını değiştirerek onları arıtmaya yarar. Kimyasal arıtma proseslerinde daha az zararlı veya zararsız atıklar oluşur.

Kimyasal arıtım yöntemleri şu şekilde sıralanabilir.

- 1) pH ve nötralizasyon
- 2) Pıhtılaştırma ve topraklaştırma
- 3) Yumaklaştırma
- 4) Kimyasal çöktürme
- 5) Dezenfeksiyon

Atıksuların daha ileri düzeyde arıtılması amacı ile kullanılan fizikokimyasal yöntemler arasında;

- 1) Adsorpsiyon
- 2) İyon değiştirme
- 3) Ekstraksiyon
- 4) Ters osmoz
- 5) Elektrodializ sayılabilir (Tezer, 2002).

Biyolojik arıtım yöntemleri; Bu işlemlerde yapay ve doğal biyolojik tesislerde, kendi ağırlığı ile çökemeyen asılı yâda kolloidal taneciklerle çözünmüş organik maddelerin giderilmesi organizmalar tarafından sağlanır. Bu maddeleri suda yaşayan canlılar besin ve enerji kaynağı olarak kullanırlar. Bu kullanım sırasında organik maddelerin bir kısmı hücre için gerekli yeni maddelerin biyosentezinde kullanılır. Atıksuların biyolojik arıtımında önem taşıyan başlıca mikroorganizmalar; bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar; rotiferler, kabuklular ve virüslerdir.

Biyolojik arıtım yöntemleri doğal ve yapay biyolojik yöntemler olmak üzere iki grupta incelenebilir. Doğal biyolojik yöntemler atıksuların sulama tarlaları, sızdırma alanları, zemin filtreleri, kullanılmış su bekletme havuzları yardımıyla doğal olarak arıtımın sağlandığı yöntemlerdir. Yapay biyolojik yöntemler ise, doğal yöntemlere kıyasla daha erken arıtma sistemleri olup; yüksek ve hızlı arıtma kapasitesi, az yer kaplaması, pis koku ve zararlı böceklenmenin kontrol edilebilmesi nedeniyle özellikle kentlerde ve yoğun endüstri bölgelerinde yaygın uygulama alanı bulmaktadır. Yapay biyolojik arıtma yöntemleri arasında; oksidasyon havuzları, oksidasyon hendekleri, çeşitli aktif çamur işlemleri ve damlatmalı filtreler sayılabilir (Tezer, 2002).

## **2.2. Tekstil Endüstrisi**

Tekstil endüstrisi, insanların gıda temininden sonra en önemli ihtiyaçlarından biri olan giyeceklerin üretildiği sektördür. Bu sektör daha çok gelişmekte olan ülkelerde yaygınlaşmaya başlamaktadır. Türkiye, dünya tekstil piyasasında önemli bir konuma sahip olmuştur.

Türkiye de toplam ihracatın % 35 ini tekstil endüstrisi oluşturmaktadır ve tekstil fabrikaları arıtma performansları ve verimliliğinde çeşitlilik olduğu bilinmektedir. Bu konu ile ilgili çalışmaların azlığı dikkati çekmektedir (Aktan ve Salih, 2006).

Tekstil, Türkiye’de en önemli sektörlerden biri olması nedeniyle, atık üretiminin de en fazla olduğu sektörlerden önde gelenidir. Üretim için, çok fazla su tüketilmekte, bu suretle büyük miktarda atıksu oluşmaktadır. Tekstilde kullanılan kimyasal ve boyar maddeler genelde çevre ve insan sağlığına zararlı maddeler içermektedir. Tekstil endüstrisinin çevre için olumsuzluğunu azaltmak için, hammadde kullanımını azaltmak ve mümkünse geri dönüşüm ve tekrar kullanımları artırmak gerekir (Gönüllü, 2004).

Tekstil endüstrisi, birçok ülkenin ekonomisine katkıda bulunmasının yanında çeşitli sıvı, katı ve gaz atıklarının da ana kaynağını oluşturmaktadır. Endüstriyel aktivitenin bu çeşidi su ve enerji tüketiminin yanı sıra kirletici deşarjları yoluyla çevre üzerine

negatif bir etkiye sahiptir. Kullanılan suyun miktarı ve oluşan atıksu fazlasıyla takip edilen işlemin belirli bir tipine tabi olmaktadır. Genel olarak boyama, yıkama ve apre(bitirme) işlemlerinde en fazla kullanım söz konusu olmaktadır (Fongsatitkul ve diğ., 2004).

### **2.3. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyarmaddeler**

Boyarmadde; bir materyale kendiliğinden veya uygun reaksiyon maddeleri sayesinde renk veren organik maddelerdir. Renk madde üzerine düşen ışınların absorpsiyon, yansıma değerleri ile ilgili olarak ortaya çıkar (Tezer, 2002).

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddeler çözünürlüklerine, kimyasal yapılarına, uygulandıkları elyaf türüne ve boyama özelliklerine göre dört ana sınıfa ayrılmaktadır (Başer ve İnanıcı, 1990; Tatlı, 2003).

Çözünürlük özelliklerine göre boyarmaddeler;

Suda çözünen boyarmaddeler

- 1) Suda çözünen anyonik boyarmaddeler
- 2) Suda çözünen katyonik boyarmaddeler
- 3) Zwitter iyon karakterli boyarmaddeler

Substratta çözünen boyarmaddeler

- 1) Organik çözücülerde çözünen boyarmaddeler
- 2) Geçici çözünürlüğü olan boyarmaddeler
- 3) Polikondensasyon boyarmaddeleri
- 4) Elyaf içinde oluşturulan boyarmaddeler
- 5) Pigmentler (Özgürses, 2003)

Kimyasal yapılarına göre boyarmaddeler

- 1) Azo-boyarmaddeleri
- 2) Nitro ve nitroza boyarmaddeleri
- 3) Polimetin boyarmaddeleri
- 4) Arilmetin boyarmaddeleri (Özgürses, 2003)

Uygulandıkları elyaf türüne göre boyarmaddeler

Selülozik esaslı elyaf (pamuklu, keten v.b.) boyamada kullanılan boyalar



- 1) Direkt (substantif) boyarmaddeler
- 2) Azoik (naftol) boyarmaddeler
- 3) Küp boyarmaddeler
- 4) Reaktif boyarmaddeler
- 5) Kükürt boyarmaddeler

Protein esaslı elyaf (deri v.b) boyamada kullanılan boyarmaddeler

- 1) Asit boyarmaddeler
- 2) Metal-kompleks boyarmaddeler
- 3) Krom boyarmaddeler
- 4) Reaktif boyarmaddeler

Sentetik esaslı elyaf boyamada kullanılan boyarmaddeler

Poliamid elyaflarda,

- 1) Dispers boyarmaddeler
- 2) Asit boyarmaddeler
- 3) Metal-kompleks boyarmaddeler

Polyester elyaflarda,

- 1) Dispers boyarmaddeler

Poliakrilonitril elyaflarda,

- 1) Katyonik bazik boyarmaddeler (Tatlı, 2003).

Boyama özelliklerine göre boyarmaddeler

- 1) Bazik Katyonik Boyarmaddeler
- 2) Direkt Boyarmaddeler (Substantif Boyarmaddeler)
- 3) Mordan Boyarmaddeler
- 4) Küp Boyarmaddeler
- 5) İnkisaf Boyarmaddeleri
- 6) Metal- Kompleks Boyarmaddeler
- 7) Dispersiyon Boyarmaddeleri
- 8) Pigment Boyarmaddeleri
- 9) Asit Boyarmaddeler (Tatlı, 2003)

Tekstil atıksularından dispers boyaların uzaklaştırılması için biyoçamur kullanımına gidilmektedir (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006). Başka bir sıralamada da özel ticari adları ile verilmiştir.

1) Reaktif Boyarmadde

Reaktive Orange 12

Reaktive Red 12

Reaktive Blue 4

Reactive Blue 19

Reactive Azo Dye

Acid Blue 225

Acid Violet 17

Basic Red 9

Reactive Black 5

Acid Blue 74

Reactive Blue 221

Cibacron Yellow C-2R

Cibacron Red C-2G

Cibacron Blue C-R

Remazol Black B

Remazol Red RB

Remazol Red RB (Teichgraber ve diğ., 2001)

2) Direkt Boyarmadde

Direct Blue 71

3) Dispers Boyarmadde

Foronlar

4) Naylon Boyalar

5) Pigment Boya

6) Metal Kompleks Boya

7) Asit Boyarmadde

Birkaç araştırmacı dispers boyarmadde içeren tekstil atıksularını arıtmak için düşük işletme maliyetlerine sahip olması, karmaşık olmamaları, az alana ihtiyaç göstermeleri yüzünden biyolojik arıtma prosesleri üzerine yoğunlaşmışlardır (Sirianuntapiboon ve diğ., 2006).

Boyarmaddeler, farklı endüstriyel alanlarda yaygın olarak tekstilde de son ürünlerin boyanması, deri, kağıt ve plastik endüstrilerinde kullanılmaktadır. Alıcı su ortamı içindeki boyarmaddelerin uzaklaştırılması çevreye hasara yol açmaktadır. Tekstil endüstrisinin proseslerinde sentetik organik boyarmaddelerin önemli bir bölümü neticede çevreye giriş yapan atık akımları yıllık olarak serbest bırakılmaktadır. Tekstil boyama proseslerindeki boyarmaddelerin giderimi geleneksel atıksu arıtma metodları ile oldukça zor olmaktadır. Bu boyarmaddeler ışık, pH ve mikrobiyal girişim gibi çevresel etkiler altında kararlılık göstermektedirler. Boyalı atıksular, genellikle koagülasyon, flokülasyon, biyosorpsiyon, ultrafiltrasyon, oksidasyon ve ozonlama gibi üniteleri içeren fiziksel veya kimyasal prosesler ile arıtılabilmektedir. Tekstil boyarmaddelerinin parçalanma ürünleri toksik olabilmektedir ve bu parçalanmış ürünler etrafta biyolojik parçalanmaya karşı direnç göstermektedirler (Gülnaz ve diğ., 2006).

Boylar üç ama kategoride sınıflandırılabilir: (Eren ve Acar, 2006). Anyonik (direkt, asit ve reaktif boyalar), katyonik (bazik boyalar) ve non-iyonik (dispers boyalar). Suda çözünen anyonik boyalar- reaktif boyalar mükemmel renkvermezlik ve parlak renkler uygulamalarını kolaylaştırmak için çok yaygın olarak kullanılan boyalardır (O'mahony ve diğ., 2002; Yang ve Al-Duri, 2001). Çok sayıda reaktif boyalar öncelikle aromatik ve heterosiklik (halkasında karbon atomundan başka atom bulunan nesnelere-pirol gibi) tabanlı reaktif gruplarının farklı türleri ile birleştirilmiş renk yapan maddeler sıklıkla azo tabanlıdır (Gülbahar ve diğ., 2007).

Boya –  $\text{SO}_3\text{Na} \rightleftharpoons \text{Boya-SO}_3^- + \text{Na}^+$  (Gülbahar ve diğ., 2007).

Sentetik boyalar tekstil, boya, kağıt ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde 100000'in üzerinde sentetik boya ticari olarak kullanılmakta ve yılda 700 000 ton boya üretimi yapılmaktadır. Gerek üretim gerekse kullanım sırasında arta kalan boya miktarı gözönünde bulundurulduğunda renkli atıksuların çevresel açıdan ne kadar önemli olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu renkli atıklar, akarsu, göl ve denizlere özellikle de yüzey sularında yer altı su sistemlerine karışarak içme sularını kirletebilir (Kertmen, 2006). Renkli atıksuların doğrudan alıcı ortama deşarj edilmesinin kontrolsüz anaerobik şartlarda toksik-karsinojenik aromatik aminlerin oluşması gibi birincil çevresel etkisinin yanında

estetik açıdan çevreye zarar vermesi gibi ikincil bir etkisi de vardır (Kapdan ve Kargı, 2000).

Sentetik boyalar tekstil boyama, deri boyama, kağıt matbaacılık, renkli fotoğrafçılık ve petrol ürünlerinin ilaveleri gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır (Radha ve diğ., 2005).

Reaktif azo-boyaları, tekstil endüstrisinde boyarmadde olarak genellikle kullanılırlar. Reaktif boyalar boyama proseslerinde alkali şartlar gerektirmektedir ve bu boyalar alkali bir ortamda hidrolize olurlar. Tekstil atıksularında hidrolize olmuş bu boyalar hidrolize olmayan boyalara göre hakim/üstün durumdadır (Gülnaz ve diğ., 2006).

Boyama ünitesinden sürekli olarak değişmeyen özelliklerde kaynaklanan atıksular toksik olduğu için çıkış akımlarından ekolojik olarak uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Bugünün moda endüstrisinde pamuklu tekstilin hâkimiyeti ile şekillenen renk açısından en büyük problemlerden biri reaktif boyadır. İnsan gözü sudaki 0.005 mg/L reaktif boya konsantrasyonunu fark etmektedir ve bu yüzden bu limiti aşan boya varlığına estetik açıdan izin verilmemelidir. Reaktif boya prosesleri tamamlandıktan sonra boya banyolarındaki hidrolize edilmiş boya kalıntıları 800 mg/L'ye kadar kalmaktadır. İki reaktif boya grubunu içeriğindeki boyalarda değerler daha yüksek olmaya eğilimli olduğu halde reaktif boyalar için sabitleme oranı % 60–70 oranında olmaya eğilimlidir. Bu yüzden reaktif boyalardan kaynaklanan yüksek konsantrasyonda boyalı çıkışların % 40'a kadarı çıkış suyu ile deşarj edilmektedir. İlave bir problemde, reaktif boyaların hem sıradan hemde hidrolize edilmiş formları biyolojik olarak kolaylıkla parçalanamaz ve bu yüzden pahalı arıtma tekniklerinden sonra bile hala çıkış suyunda kalabilmektedir. Renk giderimi için koagülasyon-flokülasyon ve biyolojik metotlar benimsenmiştir. Reaktif boya içerikli çıkış sularında yeterli renk giderimi elde etmek artık mümkündür (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Birçok araştırma grupları tarafından yıllardır azo tekstil boyalarını arıtmak için iki aşamalı bakteriyel proseslerin kullanımı çalışması yapılmıştır. Bu iki aşamalı proses, renksiz aromatik aminlerin üretimi ile tekstil boyalarının seyrek de olsa aerobik

olarak parçalanabilmesine rağmen azo-boyalar anaerobik olarak azaltılabilir. Anaerobik adım boyanın uzaklaştırılması için güvenilirdir fakat aromatik aminlerin anaerobik parçalanması durumu, hidroksil ve karboksil yedekli aminlerin (bunların bazıları toksik ve kanserojen olabilir) birkaçı hariç henüz sunulmadığı için bu adım tehlikeli/zehirli boyaları uzaklaştıramamaktadır (Ong ve diğ., 2005).

Etkisiz boyaların uzaklaştırılması koşulları bellidir ve uzaklaştırılması şikâyet/yakınmalara sebebiyet vermektedir. Çoğu boyalar düşük bir toksisiteye sahiptirler fakat bu boyaların bileşenleri ve bozuk ürünler daha fazla toksik olabilmektedir. Fiziksel ve kimyasal arıtma teknikleri boyaların uzaklaştırılması için etkilidir fakat biyolojik proseslerden daha fazla enerji ve kimyasal kullanılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal arıtma teknikleri, ilave arıtım ve uzaklaştırma teknikleri gerektiren katı içindeki kirliliklere veya sıvı haldeki konsantre olurlar. Biyolojik arıtma metotları ile kirleticiler tamamen mineralize olabilirler ve genellikle bu metotlar daha ucuzdurlar (Shaw ve diğ., 2002).

Daha önce yapılan çalışmalarda, klasik atıksu arıtma tesisinde atıksuların arıtılması sırasında boya/boyarmaddenin akibeti belirtilmiştir. Brown ve Hamburger, bir çalışmada boyaları standart aerobik arıtma prosesleri ile azaltamadıklarını ortaya koymuşlardır. Boyaların uzaklaştırılması, çamurların, siltlerin ve sedimentlerin üzerine adsorpsiyonu ile olmuştur. Boyaların bir grubu olan reaktif boyalar, çözünürlüğünü arttırmak için hidrolize edilmiş formları kullanılır fakat bu hem tekstil hemde katıların adsorpsiyonlarını azaltır (Shaw ve diğ., 2002).

Kumaş boyası, redoks için hassastır. Anaerobik arıtmalar, reaktif-azo boyaların çözünmesi için etkilidir. Azo-boyalar boya kataloglarının yaklaşık üçte ikisini oluşturmaktadırlar (Shaw ve diğ., 2002).

Boyarmaddeler; tekstil, boya ve cilalar, mürekkep, plastik, kağıt ve kağıt hamuru, kozmetik, tabakhane vb. gibi boya üreten endüstrilerin de atıksularının ana ögesini oluşturmaktadırlar. Renkli boya çıkışları etrafımızı çevreleyen ekosistemi tehdit eden ana etkidir. Azo-boyalar aerobik mikroorganizmalar tarafından yapılan mücadeleye

karşı dirençli oldukları ve aerobik arıtma prosesine sorumlu olmadıkları düşünülmektedir (Ong ve diğ., 2005).

Azo-boya lar aerobik parçalanmaya karşı son derece dirençlidirler. Öte yandan anaerobik proseslerde toksik ve kanserojen aminler oluşmaktadır. Bununla birlikte, bazı azo-boya lar uygun bir yardımcı maddenin varolması ile anaerobik bakteriler yardımıyla parçalanabilmektedir (Buitron ve diğ., 2004).

#### **2.4. Endüstriyel Atıksular**

Son zamanlarda su kirlenmesi artan nüfus yüzünden dünyada daha ciddi problemlere neden olmaktadır. Atıksulardaki ana kirleticiler veya yabancı maddeler pişirme ve yıkama, endüstri, tarım ve taşımacılık gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Birtakım biyolojik atıksu arıtma sistemleri atıksulardaki organik maddeleri uzaklaştırmak ve stabilize etmek için incelenmiştir. Bunlar aerobik ve anaerobik arıtma sistemleri içinde sınıflandırılmıştır. Aerobik prosesler, daha yüksek uzaklaştırma verimi ve işletim sırasında kötü koku olmaması yüzünden anaerobik proseslerden daha uygundur. Fakat havalandırma için enerji tüketimi yüzünden aerobik prosesler anaerobik proseslerden daha fazla işletme gideri oluşturmaktadırlar. Düşük enerji tüketimli aerobik prosesler veya sistemler araştırılmıştır. Havalandırma sistemlerinin iki tipi genellikle kullanılmaktadır. Bunlar; mekanik havalandırma sistemi (aeratör veya karıştırıcı) ve hava temin eden sistem veya hava enjeksiyon sistemidir. Bununla birlikte, hava temin eden sistem veya hava enjeksiyon sistemi suyu veya atıksuyu havalandırmak için iyi olabilir fakat hala daha fazla enerji tüketmekte ve verimi çok yüksek olmamaktadır (Jongsuphaphong ve Sirianuntapiboon, 2008).

Endüstriyel atıksular, bilhassa ilaç ve kimya endüstrilerinden kaynaklanan atıksular normal şartlarda toksik organik bileşikler içermektedir. Atıksuların çeşitliliği hem akım hemde ürün üretiminin değişimi, tesislerin geçici gelişimi, yıkama vb. doğal olarak arıtma proseslerini engellemektedir ve bu atıksuların klasik biyolojik proseslerin kullanılarak arıtımı zordur. Aktif çamur prosesi, gibi geleneksel sürekli

akımlı sistemlerin, şart koşulmuş standartları sağlaması oldukça zordur (Mohan ve diğ., 2005).

Atıksulardaki ana kirleticiler, genel olarak üç kategori halinde sınıflandırılabilir. Bu kategoriler; organik karbon, azot ve fosfordur. Organik karbon, birçok mikroorganizmanın besin maddesi tercihidir. Nehir sistemlerinde tüketimi oksijen yetersizliği problemine neden olmaktadır. Bu durumda birçok su yaşamının varlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Amonyum ve nitrit gibi azot bileşikler su yaşamına toksik etki yapmaktadır. Su ekosisteminde arzu edilmeyen değişiklikler, oksijen kaynaklarının azalması ve ötrofikasyona yol açmaktadır (Jang ve diğ., 2004).

Son yıllardaki araştırma girişimleri, atıksu arıtma tesislerinden atık aktif çamur ve atık biyokütle, ısı ile işlem görmüş çamur gibi kullanılan farklı adsorbentler yoluyla tekstil boyarmaddelerinin uzaklaştırılması üzerine yoğunlaştırılmıştır. Atıksu arıtma tesislerinden elde edilen atık aktif çamur, varolması ve ücretsiz kullanımı nedeniyle adsorpsiyon yoluyla tekstil boyarmaddelerinin uzaklaştırılması için mükemmel bir fırsat sağlamaktadır. Atıksu arıtma sistemlerinde yetiştirilen mikroorganizmaların bir kısmı ayrılmış olabilir, bol ve ucuz bir adsorbent madde olarak boyarmaddenin uzaklaştırılması için faydalanılabilir. Atıksu arıtma sistemlerinden elde edilen aktif çamur, hem bakteri hemde protozoa içermektedir. Bakterinin hücre duvarı özellikle çeşitli organik bileşiklerden meydana gelmektedir. Bu organik bileşikler; karboksil, asidik polisakkaritler, lipidler, aminoasitler ve tekstil boyarmaddelerindeki fonksiyonel gruplara kolaylıkla bağlanan diğer bileşiklerdir (Özmihçi ve Kargı, 2006).

## **2.5. Tekstil Endüstrisi Atıksuyu**

Endüstriyel atıksular içinde tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular, çevre kirliliği açısından alıcı ortamlara yüksek yükler vermektedir. Tekstil endüstrisi kategorisi tabii ve fabrikasyon elyafları kullanarak kumaş ve diğer tekstil ürünleri üreten tesisleri kapsar (Göknil ve diğ., 1984).

Tekstil endüstrisi atıksularında mevcut olan boyarmadde, bu boyarmaddenin bileşiklerinin biyolojik yollarla parçalanması zor olduğu için arıtma tesislerinde önemli problemlere sebep olmaktadır (Kapdan ve Öztürk, 2005).

Bu renkli atıklar, akarsu, göl ve denizlere özellikle de yüzey sularında yer altı su sistemlerine karışarak içme sularını kirletebilir. Temas edilmesi halinde ise deride tahriş, kanser, mutasyon ve bazı alerjik durumların meydana gelmesine neden olur. Bu nedenle endüstriyel atıklardan bu tür boyar madde kirliliklerinin uzaklaştırılması oldukça önemlidir. Bunun için aktif karbon adsorpsiyonu, kimyasal oksidasyon, ters osmoz, koagülasyon, flokülasyon, ve biyolojik işlemler gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Her bir tekniğin bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bu yöntemlerden aktif karbon adsorpsiyonu ise organik ve inorganik boyar madde kirliliklerinin giderilmesinde oldukça etkilidir. Ancak aktif karbon kullanımı yüksek ekonomik değere sahip olduğundan, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için pek uygun değildir. Bu nedenle uçucu kül, perlite, kil, odun tozu ve ağaç kabuğu gibi bazı lignoselülozik maddeler (lignin ve selüloz içeren maddeler), bazı biyosorbentler (mayalar, küf mantarları, algler ve bazı bakteriler) kullanılması daha uygundur (Kertmen, 2006).

Atıksulardan renk giderimi için flokülasyon/koagülasyon, adsorpsiyon ve kimyasal oksidasyon gibi çeşitli fiziksel/kimyasal metotlarla biyolojik arıtma sistemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerle elde edilen renk giderim veriminin atıksudaki boya türüne bağlı olarak değişiklik göstermesi, atıksulardan renk giderimi için en uygun metodun seçimini daha da zorlaştırmaktadır. Koagülasyonla renk gideriminde özellikle alum,  $FeCl_3$  ve  $CaCl_2$  kullanılmaktadır. Arıtma sonrasında, su içeriği yüksek bir çamurun yüksek miktarda oluşması bu yöntemin dezavantajıdır. Ozon ( $O_3$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), Fenton Reagent, klorlama, ultrafiltrasyon, elektrokimyasal gibi yöntemlerle çok yüksek renk giderim verimi elde edilmesine rağmen, bunlar oldukça pahalı yöntemlerdir. Adsorpsiyonla renk giderimi oldukça etkin bir yöntemdir. En yaygın olarak kullanılan adsorban madde aktif karbon olmakla birlikte, zeolit, bentonit ve odun külü gibi bazı üretimi kolay ve ucuz adsorban maddeler de adsorpsiyonla renk giderimine uygundur (Kapdan ve Kargı, 2000).



Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksudan boyarmaddenin uzaklaştırılması için hem biyosorpsiyon hemde biyolojik parçalanma uygulanabilmektedir. Hem hareketsiz hemde ölü çamur biyosorpsiyon proseslerinde adsorbent olarak kullanılmaktadır ve biyolojik çamur seyreltilmiş alkali solüsyonlarında birkaç kez yıkandıktan sonra tekrar kullanılabilir. Biyolojik parçalanma prosesleri için Ardışık Kesikli Reaktör sistemleri hem yüksek organik hemde boya uzaklaştırma verimliliği açısından daha uygundur (Sirianuntapiboon ve diğ., 2006).

Tekstil terbiyesi endüstrisi, atıksuların büyük bir miktarını oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisinde atıksu oluşumuna en büyük katkılardan biri boyama ve son durulama adımlarından oluşmaktadır (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmadde ve yardımcı kimyasallardan pek çoğu atıksu arıtım tesislerinde işlem boyunca değişmeden kalırlar, parçalansalar bile oluşan ürünler daha toksik olabilirler (Turabik, 2003).

Tekstil atıksularında tanımlanan başlıca ana kirletici tipleri, organik yüklenme, renk, nütrient (azot ve fosfor), pH ve tuz etkisi, sülfür, zehirli madde ve inatçı organikler olarak özetlenebilir (Fongsatitkul ve diğ., 2004).

Fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik proseslerin karşımı tekstil atıksularını arıtmak için kullanılmıştır. Her bir proses grubu için sınırlama ve olası tesirlilik aşağıda sunulmuştur. Koagülasyon/flokülasyon, adsorpsiyon, flotasyon, oksidasyon ve redüksiyon proseslerini kapsayan ve fenton reaksiyonlarını kapsayan fiziksel ve/veya arıtma prosesleri ve elektrokimyasal arıtma teşebbüsün en önemli kirleticisinin elimine edilmesinde etkili olmaktadır. Bununla birlikte bunlar nütrientlerden özellikle fosforun üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Klasik aerobik arıtma prosesleri, mevcut organik maddeyi başarılı bir şekilde parçalayabilirler. Yine de bu sistemlerin genellikle renk ve nütrient uzaklaştırma potansiyeli oldukça düşük olduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan anaerobik arıtma rengin azaltılmasında hala ümit verici olabilir. Fakat nütrient uzaklaştırılması konusuna etkili olarak hitap etmemektedir. Renge sebep olan maddelerin kimyasal yapısı yüzünden herhangi bir biyolojik arıtma prosesi renk uzaklaştırılmasında tek

bir arıtma prosesinde sınırlandırıldığı için kullanılmaz. Bundan başka, klasik biyolojik arıtma prosesleri nütrient uzaklaştırılması konusunda yeterli olarak ele alınamaz (Fongsatitkul ve diğ., 2004).

Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların arıtımı zordur. Bu atıksular yağ, kir ve/veya haşıl maddesi, artık boya ve boya banyosu katkı maddelerinden kaynaklanan nütrientler yüzünden çok yüksek organik yüke sahiptir. Boya banyolarından kaynaklanan atıksular klasik aktif çamur tesislerinde uzaklaştırılması zor olan kalıcı boyaları içerdiğinden en problemliler arasındadır. Ağartma, haşıl sökme, tarama ve kumaşı parlatma adımlarından alkali ve asitler yüksek tuz içeriğine ilaveten aşırı derecede pH kaynaklanmaktadır. Boyahane atıksuları klasik arıtma sistemlerinde arıtılması zor olan kalıntı boya içeriği yüzünden en problemliler arasındadır. Azo-boyaları endüstride kullanılan en bol miktardaki boyaların başındadır. Azo-boya terimi çift bağlı azot (-N=N-) olarak karakterize edilen sentetik organik boyarmadde ile ilgilidir (Buitron ve diğ., 2004).

En çok su kullanan endüstriler arasında yer alan tekstil endüstrisi atıksuları miktarları ve bileşimleri bakımından çok değişken olup kompleks bir yapıya sahiptirler. Tekstil endüstrisi atıksuları yüksek konsantrasyonda boyar madde, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) gibi maddeler içermektedirler. Tekstil endüstrisi atıksuları hem içerdikleri yüksek KOİ, hem de renk verici maddeler yönünden ekosistemde büyük bir kirlilik oluşturmaktadırlar. Bazı tekstil atıksularında işletme türüne bağlı olarak çok yüksek deşarj ve biyolojik olarak parçalanması zor organik kirlilikler bulunmaktadır. Tekstil atıksularında bulunan organik kirlilikler biyolojik olarak parçalanabildiği takdirde, kimyasal arıtmaya dayalı biyolojik arıtma uygulanarak deşarj kriterlerine ulaşmak mümkün olabilmektedir. Ancak renk sorunu klasik arıtma sistemleriyle giderilemediğinden ve mevcut SKKY'nde deşarj kriteri olmadığından devam etmektedir. Avrupa Birliği süreci içerisindeki Türkiye'nin renk sorununu ileri arıtma yöntemleriyle giderip, deşarj kriterlerine ulaşması gerekmektedir (Kestioğlu ve Yalılı, 2006).

Tekstil atık sularının arıtılması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin temeli biyolojik, kimyasal ve fiziksel esaslara dayanır. Adsorpsiyon yöntemine dayanan arıtma proseslerinde, aktif karbon, yaygın olarak kullanılan iyi bir adsorptayıdır. Ancak aktif karbon pahalı bir adsorbenttir (Turabik, 2003).

Tekstil endüstrisi çıkış suları yüksek oranda kirleticilere ve renge sahiptir. Bu çıkış sularının direkt olarak alıcı ortamlara deşarjı toksik bileşiklerin meydana gelmesine neden olur. Tekstil atıksuları genellikle gri renkte veya kullanılan boyanın rengindedir. Ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (SKKY), deşarj standartlarında renkle ilgili parametre olmadığından dolayı, bu atıksuların arıtımında daha çok KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L), BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L), ve AKM (Askıda Katı Madde, mg/L) giderimi amaçlanmaktadır. Buna karşın ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde renkle ilgili kesin deşarj sınırlamaları vardır (Metcalf ve Eddy., 2003).

Tekstil ve deri endüstrisi çıkış suları endüstriyel atıklar arasında en kirli olanlarından bazılarıdır. Bu atıksuların arıtılmaları ve uzaklaştırılmaları pratikte önemli zorluklar içermektedir. Atıksu arıtma sistemlerinin geleneksel birincil ve ikincil sistemleri tipik olarak parçalanamaz boyarmaddeler olduğu için bu çıkış sularını bu sistemlerle arıtmak uygun değildir. Rengin uzaklaştırılmasında fiziksel ve kimyasal prosesler araştırılmış ve bu proseslerin koagülasyon, flokülasyon, biyosorpsiyon, ışık-bozulma ve ultrafiltrasyon olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kağıt ve kağıt endüstrisi veya tekstil tabakhane endüstrileri düşük uzaklaştırma oranları ve yüksek işletme maliyetleri yüzünden atıksularının arıtımında nadiren de olsa yukarıda adı geçen prosesleri uygulamışlardır (Annadurai ve diğ., 2003).

Tekstil Endüstrisi su kullanımı fazla olan bir endüstridir. Bu endüstriden kaynaklanan atıksularda, kirliliğin belirlenmesi ve kontrolüne baz oluşturan başlıca kirleticiler; Organik Maddeler (KOİ, BOİ<sub>5</sub>), Toplam Askıda Madde (AKM), yağ ve gres, tuz, pH, sülfür, krom olarak sayılabilmektedir (Gezer, 2004).

Oksijen, aerobik biyolojik atıksu arıtma tesislerinde son elektron alıcısıdır. Çözünmüş Oksijen (DO., ÇO.), aktif çamur proseslerinde önemli bir parametredir.

Düşük çözünmüş oksijen, filamentous bakterisinin gelişimini teşvik etmektedir bu da zayıf çamur çökebilirliğine yol açtığı için nitrifikasyon aktivitesini azaltırken hücre dışı polimer üretimini de azaltmaktadır. Genellikle çözünmüş oksijen reaktörün içinde 2 mg/L'nin üzerinde tutulmalıdır (Hu ve diğ., 2005).

Atıksulardan nütrient uzaklaştırma mevcut kontrol parametrelerinin olmaması yüzünden zor olduğu düşünülmektedir. Nütrient konsantrasyonlarının ( $\text{BOİ}$ ,  $\text{KOİ}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) online kontrolünün oldukça zor ve pahalı olduğu bilinmektedir. Bu nütrient konsantrasyonlarının Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli (ORP), Çözünmüş Oksijen (DO., ÇO.) ve pH profilleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bunlar önemli kontrol noktalarını tanımlamak için kullanılabilirler. ORP ve pH gerçek zaman kontrolü için başarılı şekilde kullanılabilir. Bu yüzden, en çok kullanılan kontrol parametreleridir. Bu parametreler, biyolojik nütrient uzaklaştırma prosesleri için online izleme ve kontrol parametreleri olarak nispeten esnek ve etkili oldukları için de kullanılmaktadırlar (Akın ve Uğurlu, 2005).

Tekstil endüstrisi atıksularındaki kirleticiler; sıcaklık, organik, inorganik maddeler, ağır metal ve renk faktörlerini içerir. Tekstil endüstrisi atıksularındaki bu kirletici parametrelerin çok çeşitli olmasından dolayı bu endüstriye ait atıksuların arıtılmasında farklı arıtma yöntemleri uygulanabilir. Başlangıçta kullanılan büyük miktarlardaki suyun sadece az bir kısmının üründe yer alması ve sonuçta üründe kullanılmayan suyun büyük hacimlerde çıktı olarak oluşması, en uygun arıtma tipinin belirlenmesini bir zorunluluk haline getirmiştir (Metcalf ve Eddy., 2003).

Tekstil endüstrileri, boyama ve son işlem prosesleri için büyük miktarlarda su ve kimyasal madde kullanmaktadırlar. Boyarmaddeler inatçı bir organik madde tipidir ve bu yüzden mikroorganizmalar kullanmak için enerji ve karbon kaynağını çok zor bulmaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı birçok araştırmacı hala, kimyasal atık üretiminin olmaması ve düşük maliyet yüzünden tekstil atıksularının arıtımı için biyolojik arıtma prosesleri ile ilgilenmektedirler. Özellikle dispers boyarmadde gibi birkaç tip boyarmadde kimyasal özellikleri yüzünden tekstil endüstrilerinde kullanılırlar (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006).

Tekstil atıksuları önemli çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Tekstil atıksuları hem organik madde hemde boyaların yüksek konsantrasyonlarını içermektedir. Tekne boyaları başlıca tekstil endüstrisinde selülozik ve pamuklu materyallerin güneş ışığı ve deterjan ile olan direnci için kullanılmaktadırlar. Bunlar suda çözünmez boyalardır fakat alkalın durum altında indirgendikten sonra suda çözünürler. Oksidasyon, iyon değiştirme, kimyasal kullanarak çökelme, koagülasyon ve adsorpsiyon gibi kimyasal arıtma prosesleri tekstil atıksularından boyarmaddelerin uzaklaştırılmasında kullanılırlar. Bununla birlikte, kimyasal prosesler katı atık üretimi, kimyasal kullanımı ve yüksek işletme giderleri yüzünden uygun olmayabilirler. Aktif çamur, oksidasyon tankı ve havalandırma lagünleri gibi klasik biyolojik arıtma prosesleri de tekstil endüstrilerinde kullanılmaktadırlar (Sirianuntapiboon ve diğ., 2005).

Tekstil endüstrisi atıksularındaki, tekstil boyarmaddeleri içinde inatçı bileşikler yer almaktadır ve bu bileşiklerin biyolojik arıtma ile uzaklaştırılmaları zor olmaktadır. Atıksulardan tekstil boyarmaddelerinin uzaklaştırılması için adsorpsiyon, kimyasal ve fotooksidasyon gibi farklı fiziksel ve kimyasal metotlar geliştirilmiştir. Adsorpsiyon, genellikle kimyasal veya biyolojik arıtmadan önce boyarmaddenin katı bir yüzey üzerine yoğunlaşması için kullanılmaktadır (Özmihçi ve Kargı, 2006).

Toz aktif karbon, atıksulardan inatçı organik bileşikler içeren tekstil boyarmaddelerinin uzaklaştırılması için rejenerasyon gereksinimi ve pahalı fiyatlarına rağmen yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve 1000 m<sup>2</sup>/g gibi büyük spesifik yüzey alanları yüzünden yaygın olarak adsorbent olarak kullanılmaktadır. Çeşitli ucuz adsorbentler de atıksulardan boyarmaddelerin uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Bu adsorbentlerin adsorpsiyon kapasiteleri boyarmaddenin uzaklaştırılmasında verimsiz ya da düşük verimlidirler (Özmihçi ve Kargı, 2006).

Tekstil endüstrileri, boyama ve son yıkama ünitelerinde çok miktarda atıksu ve kimyasal madde kullanırlar. Boyar maddeler, zor bir organik yapıya sahip oldukları için mikroorganizmalar tarafından karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılmaları zordur. Bununla birlikte; pek çok araştırmacı hala tekstil atıksularının arıtılması için, kimyasal atık üretiminin olmaması ve ucuz maliyet yüzünden biyolojik arıtma

uygulamaları ile ilgilenmektedirler (Santhy ve Selvapathy, 2006; Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006).

## **2.6. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Bulunan Boyarmaddenin Uzaklaştırılmasında Adsorbent Kullanımı**

Tekstil çıkış sularında renk giderimi elde etmek için adsorpsiyon metodları istisnasız başarılı olmuştur. Fakat bu uygulama adsorbentin yüksek olan fiyatı yüzünden sınırlıdır. Tarımsal atıklardan karbon elde etmek atıksulardan kaynaklanan organik ve inorganik kirletici maddelerin uzaklaştırılması için son derece uygundur. Bu amaçla kullanılan malzemelerden bazıları; bıçkı tozu, pirinç tozu, pirinç kabuğu, yer fıstığı kabuğu, pamuk tohumu kabuğu, tekstilde boya işlerinde kullanılan özel bir ağaç meyvesi, kauçuk tohumu kabuğu, baladur ağacı cevizi, palmiye ağacı kabuğu, palmiye ağacı çiçeği, kızılıçık çekirdeği, kiraz çekirdeği, kayısı çekirdeği, badem kabuğu, meşe odunu atığı, mısır kabuğu, mısır sapı ve pamuk sapıdır (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Aktif karbon, atıksulardan kirleticilerin uzaklaştırılması için yaygın olarak kullanılan adsorpsiyon malzemesidir. Aktif karbonun kullanımı, uygulanmasındaki kayıplar ve rejenerasyon prosesleri yüzünden pahalı olabilmektedir. Bu uygulamalar birçok araştırmacının daha az fiyatlı malzemelerin kullanılabilirliği üzerine çalışmalar gerçekleştirdiği için aktif karbonun fiyatını arttırmaktadır. Daha az fiyatlı olan bu malzemeler ise deniz yosunları (alg), turba, kitin, testere tozu, kına kına kabuğu, kil, toz kil ve biyokütledir (Gülnaz ve diğ., 2006).

Bu tez çalışmasında, aktif karbon adsorbent olarak Ardışık Kesikli Reaktöre reaksiyon süresi ( $t_R$ ) veya çökme süresi ( $t_S$ ) başında ilave edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler (aktif karbon ilavesi arıtma birim maliyetini yükseltmektedir) ve arıtma verimi (KOİ, Renk) kıyaslandığında Ardışık Kesikli Reaktörde kullanımı pratikte uygun görülmemiştir.

Adsorpsiyonda ilk yatırım maliyeti de yüksektir ve absorbanın periyodik olarak yenilenmesi gerekmektedir. Bu da işletim maliyetini arttırmaktadır. Her ne kadar

ucuz absorbanlar için yenilenme gerekmesi de, absorplanan maddenin sıvı fazdan katı faza geçirilmesi arıtma açısından çözüm değildir. Adsorpsiyondan sonra tam arıtma için organik maddenin oksitlenmesi gerekmektedir. Boyar maddelerin biyolojik parçalanmaya karşı dayanıklı olması nedeniyle biyolojik yöntemler renk gideriminde yetersiz olarak bilinmektedir. Günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan biyolojik arıtma sistemi, aktif çamur ünitesidir. Aktif çamur ünitesine PAC (toz haline getirilmiş aktif karbon) ilavesi ile renk, fenol ve krezol gibi klasik aktif çamur sistemlerinde giderimi zor olan maddelerin arıtımında oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir. PAC (toz haline getirilmiş aktif karbon) - aktif çamur olarak isimlendirilen bu sistemde, toz aktif karbon ilavesi ile toksik olan ve biyolojik parçalanabilirliği az olan organik maddeler aktif karbon üzerine adsorplanarak biyolojik sistemi etkilemeden giderilmekte ve sistem performansında artış meydana gelmektedir. Ayrıca, adsorplanan maddenin sistem içerisindeki kalış süresi artarak bakteri tarafından biyodegradasyonu da sağlanmaktadır. Ancak, toz aktif karbonun maliyetinin yüksek olmasından dolayı PAC (toz haline getirilmiş aktif karbon)-aktif çamur sisteminin uygulanabilirliği tartışma konusudur. Toz aktif karbon yerine daha ucuz absorbanların bulunması bu sistemin gelişmesini sağlayacaktır (Kapdan ve Kargı, 2000).

Bu tez çalışmasında, tesisin kendi arıtma ünitesinden çıkan arıtma çamurunun biyosorbent olarak üretilmesi ve kullanımı araştırılmıştır. Bazı işlemlerden (Bölüm 6.1.1) geçirilerek Ardışık Kesikli Reaktörün reaksiyon süresi veya çökelme süresi başında ilave edilmesi neticesinde kullanılan diğer biyosorbentlere oranla arıtma verimi (KOİ, Renk) açısından kullanımı, üretiminin daha ucuz olması ve atık çamurun değerlendirilmesi açısından, pratikte daha uygun olabilir.

Doğal zeolit, büyük özel yüzey alanı ve yüksek poroziteye sahip olması ile metalik olmayan bir mineraldir. Buna ilaveten amonyum iyonu için yüksek bir eğilim/ilgiye sahip olması ile bir iyon değiştiricidir. Önceki yıllarda yapılan çalışmalar, klinoptilolit ve diğer belirli doğal zeolitler atıksudan amonyumun uzaklaştırılmasında etkili olabilmektedir (He ve diğ., 2006).

Bu çalışma, ardışık kesikli reaktöre direk olarak toz halindeki zeolit ilave edildiğinde, etkili bir şekilde işletilmesinde uyumsuzlukları karşılaştırmak için yapılmıştır. Toz halinde ilave edilen zeolitın etkileri ardışık kesikli reaktördeki nitrifikasyon üzerine organiklerin ve azotun şok yüklemesi altında test edilmiştir (He ve diğ., 2006).

Aktif karbon ile adsorpsiyon işlemi, kimyasal ve biyolojik proseslerden daha etkili olmasına rağmen maliyeti daha yüksektir. Bu nedenle, adsorban maliyetini düşürmek için birçok alternatif adsorbanlar üzerinde çalışılmaktadır. Bunlar; uçucu kül, tahta talaşı, turba, krom çamuru, mısır koçanı, zeolit, aktif çamur, kildir (Turabik, 2003).

Evsel kanalizasyonun artan miktarları ve endüstriyel kanalizasyon özellikle doğal hayata karşı ciddi tehditler ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Birkaç endüstri dalında teknik proseslerden atıksular kaynaklanmaktadır. Bu endüstri dalları, madencilik, metalurji, ürün boyama ve cilalama üniteleri, tekstil, kimya ve petrokimya endüstrileridir. Atıklardan boyarmaddenin uzaklaştırılması için ekstraksiyon, membran prosesler, oksidasyon ve büyük öneme sahip olan adsorptif prosesler gibi çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Endüstriyel adsorbentler; aktif karbon, aktif alümina, zeolit veya silisik asitin jelleridir (Andrzejewska ve diğ., 2006).

Bu tez çalışmasında, aktif alümina, zeolit adsorbent olarak Ardışık Kesikli Reaktöre reaksiyon süresi ( $t_R$ ) veya çökme süresi ( $t_S$ ) başında ilave edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler (aktif alümina, zeolit ilavesi arıtma birim maliyetini yükseltmektedir) ve arıtma verimi (KOİ, Renk) kıyaslandığında Ardışık Kesikli Reaktörde kullanımı uygun görülmemiştir.

Silika partikülleri silinol grupları yüzünden hidrofilik bir yüzeyi olduğu bellidir. Silinol grupları zayıf asidiktirler ve çok reaktiftirler bu yüzden silika yüzeyinin kimyasal modifikasyonuna izin verirler. Önerilen bu yaklaşım tekstil boya atıklarının arıtımına izin vermektedir (Andrzejewska ve diğ., 2006).

Smektit grubu kil minerallerinin birini veya daha fazlasını büyük oranda içeren killere genel olarak "bentonit" adı verilmektedir. Bentonitlerin inorganik ve organik



molekülleri adsorplama güçleri olduğundan ağartma ve renk gideriminde yaygın olarak kullanılan endüstriyel hammaddelerdir (Turabik, 2003).

Bu tez çalışmasında, bentonit adsorbent olarak Ardışık Kesikli Reaktöre reaksiyon süresi ( $t_R$ ) veya çökelme süresi ( $t_S$ ) başında ilave edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler (bentonit ilavesi arıtma birim maliyeti daha düşük) ve arıtma verimi (KOİ, Renk) kıyaslandığında Ardışık Kesikli Reaktörde kullanımı daha uygun görülmüştür.

Öz hindistan cevizi lifinden hazırlanan aktif karbonun tekstil endüstrinde kullanılan reaktif boyaların uzaklaştırılmasında etkisinin olmadığı fakat tekstil atıksularının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) seviyelerinin azaltılmasında önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Yüksek adsorpsiyon kapasiteleri yüzünden sıvı fazdaki (kesikli) batch uygulamalarında toz halindeki aktif karbon granül aktif karbonun üzerinde bir düzeyde tercih edilmektedir (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Granül aktif karbon (GAC), dispers boyarmaddeyi adsorplama yeteneğinin çok önemli derecede olmadığını göstermiştir. Bunun yanında evsel atıksu arıtma tesisinin biyolojik arıtma çamuru hem organik maddeleri hemde dispers boyarmaddeleri yüksek bir adsorplama kapasitesi olduğunu göstermektedir (Santhy ve Selvapathy, 2006).

Bir çalışmada, Ardışık Kesikli Reaktörün aktivitesini arttırmak için toz halinde zeolit ilavesi Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ),  $NH_3-N$ , TN ve TP uzaklaştırılmasında daha kısa devir sürelerinde önemli giderme verimi sağlanmıştır. Toz halinde zeolit ilavesi ile aynı zamanda aktif çamurun çökelme özelliği ve nitrifikasyon oranı geliştirilmiştir (He ve diğ., 2006).

Aerobik granüler çamur hala karşılaştırılabilir yeni bir teknolojidir. Bu yüzden çeşitli sentetik koşullar altında granül oluşumun mekanizması üzerine araştırma yoğunlaştırılmıştır. Araştırma bildirilerinin birçoğunda bu faktörlerin bazıları aerobik

granüler çamurun başlangıç oluşumu için önemli olduğu düşünülmektedir. Bunlardan bazıları şunlardır. Oksijenin önemli olması ile birlikte hidrodinamik kesme kuvvetlerinin yüksek seviyede olmasıdır. AKR gibi aralıklı sistemler için çok besleme ve kıtlık gibi farklı durumların sık sık tekrar edilmesidir. Hızlı çökelen granüller için ayırma yoluyla reaktör içindeki granüler çamurun birikimi tüm yavaş çökelen biyokütlenin aşağısında kalan kısmın yıkanarak biyokütle üzerindeki minimum çökeltme hızı ortaya çıkmasıdır (Schwarzenbeck ve diğ., 2005).

## **2.7. Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Bulunan Boyarmaddenin Uzaklaştırılmasında Arıtma Çamurunun Adsorbent Olarak Kullanılması**

Atık biyolojik çamur, klasik aktif çamur prosesleriyle atıksuların arıtılmasında çok fazla miktarda oluşmaktadır. Bu çamurun arıtılması ve uzaklaştırılması atıksu arıtma sistemlerinin işletme maliyetlerinin ve anaparanın %50 sini ifade etmektedir. Atık aktif çamurun yeniden kullanımı kaynağın yeniden kullanımı açısından ilgi çekmektedir. Bununla birlikte, orijinal çamurun kullanımı depolama esnasında koku ve kalitesindeki değişim gibi dezavantajları yüzünden sıkıntı çekilmektedir (Annadurai ve diğ., 2003).

Yeni kurulan endüstriler ve gelişen çevre standartları ile sayıları gün geçtikçe artan atıksu arıtma tesislerinde dikkate değer miktarlarda arıtma çamuru oluşmaktadır. Arıtma çamurlarının bertarafı için çoğunlukla düzenli depolama ve yakma teknikleri kullanılmaktadır. Arıtma çamurlarının yeniden değerlendirilmesi amacıyla ise, yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bu amaçla, çamurların gübre, yakıt, yapı ve yol kaplama malzemesi ve çimento sanayi için hammadde olarak kullanımı araştırılmaktadır. Bu araştırma çalışmalarında arıtma çamurlarının hammadde olarak değerlendirilmesinde, yapı malzemesi, çimento hammaddesi ve absorban olarak kullanımı ön plana çıkmaktadır (Aydın ve diğ., 2007).

Son yılların araştırılan bir diğer güncel konusu da çamurların pirolizidir. Arıtma çamurlarının çevresel etkilerini en aza indirmek, gelişen çevre koruma sistemleri çerçevesinde atık minimizasyonu sağlamak amacıyla, söz konusu çamurların pirolizine yönelik olarak yapılan çalışmalar, elde edilen katı ürünün adsorbent

özelliğini geliştirmede yoğunlaşmıştır. Arıtma çamuru uygun koşullar altında bazı kimyasallar ile ön aktivasyon sonrası pirolizi yapıldığında aktif karbona dönüşebilmektedir. Öncelikle ham arıtma çamurlarının spesifik yüzey gelişimini etkileyen faktörler belirlenmiş ve optimum koşullarda üretilen adsorbentlerin adsorpsiyon prosesi ve biyolojik aktif çamur sistemine ilavesiyle KOI ve renk giderim verimleri belirlenmiştir (Aydın ve diğ., 2007).

Organik madde üretimi, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) biyolojik arıtma prosesleri ile kolaylıkla uzaklaştırılmaktadır, fakat boyaların hemen hemen tamamı atıksuda kalmaktadır. Geçtiğimiz son 20 yılda araştırmacılar tekstil endüstrisi atıksularından boyarmaddelerin uzaklaştırılması için mikroorganizmaların kullanımı üzerine yoğunlaşmışlardır. Biyolojik olarak boyaları uzaklaştırma yeteneği hem aerobik hemde anaerobik mikroorganizmalarda bulunmuştur. Boyaları uzaklaştırma mekanizması ya adsorpsiyon yada degradasyon veya her ikisi tabanına dayanmaktadır. Azo, diazo ve reaktif boyalar hem yaşayan hemde ölü mikroorganizmalar yoluyla adsorbe edilmektedirler. Hem gram negatif hemde gram pozitif bakteriler de biyoçamurda renk uzaklaştırma kabiliyetine sahip olduklarını göstermişlerdir (Sirianuntapiboon ve diğ., 2005).

Tekstil endüstrisi atıksuları çevresel problemlere neden olmaktadır. Türkiye tekstil endüstrileri arasında dünya çapında önde gelen ülkelerden biridir. Bu nedenle, tekstil atıksuları Türkiye için önemli bir problem olmaktadır. Bu nedenle, kurutulmuş aktif çamurun yeniden kullanılması ve başlangıç pH'sı, boya konsantrasyonu, sıcaklık ve adsorpsiyonda boyanın hidrolizasyonu gibi fiziko-kimyasal ortamın etkileri kesikli sistemlerle belirlenmiştir (Gülnaz ve diğ., 2006).

Rengin uzaklaştırılmasında, koagülasyon- flokülasyon, ileri oksidasyon gibi fiziksel ve kimyasal metodlar ile elektrokimyasal metotlar rengin uzaklaştırılmasında çok etkilidir. Bu metodlar oldukça pahalıdır ve kimyasal metodlarda varolan yüksek çamur oluşumu gibi işletme problemlerine sahiptir. Rejenerasyon gereksinimi ve adsorpsiyon yapan adsorbentin fiyatı, renk giderme amaçları için çekici olmayan bir hale gelebilmektedir. Bununla birlikte son yapılan çalışmalarda kullanılan bazı doğal ve ucuz adsorbentlerin (odun külü ve toprak gibi) varlığına işaret etmektedir. Bundan

başka, toz çamur ve yaşayan aktif çamur kitlesinin de boyarmadde yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahiptir (Kapdan ve Öztürk, 2005).

Biyolojik atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamur, tekstil atıksularındaki hem boyarmaddeler hemde organik maddeler için adsorbent olarak kullanılmaktadır. Tekstil atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan ve test edilen biyolojik çamurun diğer türlerinden daha yüksek derecede bir boyarmadde adsorpsiyonuna sahip olduğu görülmektedir. Bu, tekstil boyarmaddelerinin varlığında büyüme yoluyla boya adsorpsiyon yeteneğinin gelişiminin teşvik edilmesiyle açıklanmaktadır. Boya adsorpsiyon kapasitesi boyarmaddenin yapısına ve boyarmaddenin tipine bağlıdır. Bununla birlikte, organik ve biyolojik çamurun boya adsorpsiyon yeteneği otoklav kullanımı ile azalmaktadır. Seyreltilmiş asit ve EDTA (Etilendiamin tetra asetik asit) solüsyonları ile muamele edilmesi boyanın ayrıştırılmasını azaltıcı etkilere sahiptir. Bu ise boyarmadde adsorbenti olarak biyolojik çamur kullanımının avantajlarını göstermektedir. Biyolojik çamurun boyarmadde adsorpsiyonu, seyreltilmiş alkali solüsyonlarında seyreltilse bile oldukça stabildir. Ham biyolojik çamurun boyarmadde adsorpsiyon kapasitesi 0.1 N NaOH solüsyonu ile yıkandıktan sonra adsorpsiyon yüzeyinden diğer kirliliklerin uzaklaştırılması yüzünden yaklaşık olarak %100 artmaktadır (Sirianuntapiboon ve diğ., 2006).

Martin ve arkadaşları, 1999, boya adsorbenti olarak mikrodalga da arıtılmış çamur kullanımından faydalandığını ispatına gerek duymadan kabul etmişlerdir. Bu otoriteler arıtılmış çamur örneklerini boyarmadde uzaklaştırma verimliliği açısından ticari aktif karbon adsorbenti ile rekabet ettirmişlerdir. Boyarmadde toz halindeki adsorbent genellikle daha çok adsorpsiyon sağlamaktadır ve depolanması sıvı ürünlerden daha stabil olduğu için daha kolaydır (Annadurai ve diğ., 2003).

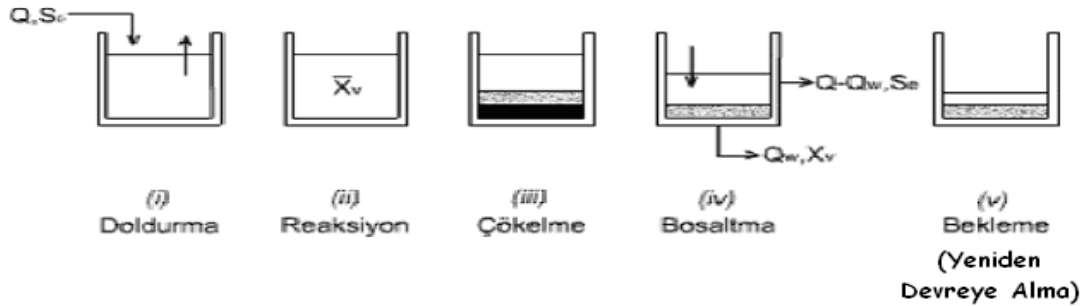
## **2.8.Ardışık Kesikli Reaktör (AKR, SBR)**

### **2.8.1. Genel**

Ardışık Kesikli Biyoreaktörler (AKR, SBR), gerek endüstriyel ve gerekse evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan ve son zamanlarda yaygınlaşan, havalandırma ve

çökeltme işleminin tek tank içerisinde yapıldığı biyolojik arıtma sistemlerindedir. Ardışık Kesikli Biyoreaktör sistemleri sürekli akımlı ve tam karışımli sistemlerin bazı karakteristik özelliklerini taşıyan hibrit sistemlerdir.

Ardışık Kesikli Biyoreaktör sistemleri beş farklı adımda tanımlanabilmektedirler. Bunlar sırasıyla doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve beklemedir. Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) sisteminin debideki büyük değişiklikleri tolere edebilmesi ve aynı zamanda bir dengeleme tankı gibi iş görmesinin dışında Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) sisteminin farklı fazlarının otomatik olarak kontrol edilebilmesi de sistemi endüstriyel atıksuların arıtılması için çekici kılmaktadır (Droste, 1997).



Şekil 2.1. Genel Ardışık Kesikli Biyoreaktör Prosesinin Birbirini Takip Eden İşletim Fazları (Droste, 1997)

Endüstriyel atıksuların arıtılması için kullanılabilen Ardışık Kesikli Biyoreaktör uygulamaları her geçen gün artmakta olup, Almanya'daki atıksu arıtma teknolojileri arasındaki ardışık kesikli reaktör uygulanması oranı % 1.3 civarındadır (Teichgraber ve diğ., 2001).

Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR), bir aktif çamur biyolojik arıtma prosesidir. Ardışık kesikli Biyoreaktör sistemleri, sürekli (plug flow) ve tam karışımli (complete mixed) sistem özellikleri gösteren melez (hybrid) sistemlerdir. Fakat bunlardan farklı özellikler gösterdikleri de literatürde ifade edilmektedir. Ardışık kesikli reaktör sistemi, klasik aktif çamur reaktöründen farklı olup, havalandırma ve çökeltme fonksiyonlarının tek tankta gerçekleştiği bir sistemdir (Droste, 1997; EPA 2000;

Kulac, 1997; Lee ve Lin, 2000; Lin, 2001; Mohan ve diğ., 2005; Tchobanoglous, 1991).

Ardışık Kesikli Reaktör Sistemleri hem endüstriyel hem de evsel atıksularının biyolojik olarak arıtılması için klasik sistemlere alternatif üretilmesi açısından önemli faydalar sunmaktadır (Sheng-Bing ve diğ., 2007).

Ardışık Kesikli Reaktör, son derece tercih edilebilir bir atıksu arıtma tesisidir. Çünkü işletilmesi son derece esnektir. Fiziksel açıdan son derece basit olmasına rağmen bir çok farklı arıtma amacı buluşturması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Sheng-Bing ve diğ., 2007).

Ardışık Kesikli Biyoreaktörlerin avantajları, işletme ve tasarım esnekliğinin yanında, atıksu karakterlerinin değişken olması durumunda da işletme şartlarında değişiklikler yapılarak sistemin kontrol edilmesidir. Doldurma esnasında bile dengeleme tankı gibi çalışarak pik debileri ve şok BOİ yüklerini çıkış suyu kalitesinde bozulma olmadan tolere edebilir. Atıksu periyodik olarak boşaltıldığından, atıksu istenilen deşarj standartları sağlanana kadar çevrim veya havalandırma süresi değiştirilerek reaktör içinde tutulabilir. Atıksuyun debisinin düşük olduğu durumlarda seviye sensörleri kullanılarak fazla enerji harcanması engellenmiş olur. Reaksiyon ve çökeltme fazları aynı reaktörde gerçekleştiğinden ayrı bir çökeltme hacmine gerek yoktur. Çökeltme ayrı bir tankta yapılmadığından işletme ve ilk yatırım maliyetinden tasarruf sağlamanın yanında çamur geri devri diye bir durumda söz konusu değildir. Nitrifikasyon, denitrifikasyon veya herhangi bir kimyasal madde ilavesi yapılmadan fosfor giderimi gerçekleştirilebilir (Gezer, 2004).

Ardışık Kesikli Biyoreaktörün dezavantajları ise dizayn ve inşa edilebilmesi yüksek bir beceri gerektirmektedir, işletilmesinden sorumlu olan kişilerin başarısı ve becerisi önemlidir, elektrik enerjisi düzgün kontrol edilmezse daha yüksek bir işletme maliyeti gerektirebilir, kesikli deşarj söz konusu olduğundan daha büyük dezenfeksiyon sistemi gerektirebilir, daha mekanik ekipman gerektirebilir (Gezer, 2004).

Ardışık Kesikli Reaktör sistemi sürekli akımlı klasik aktif çamur prosesine bir alternatif olmaktadır. Ardışık Kesikli Reaktör sistemi, bir devirde beş temel işletme periyoduna sahiptir. Yani doldurma, reaksiyon, çökelme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme periyotlarını içermektedir (Chiua ve diğ., 2007).

Her bir periyodun süresi, deneyimli operatörler tarafından ayrıntılı pilot tesis çalışmaları ve tecrübeleri temelinde belirlenmektedir. Çökelme ve boşaltma periyotlarının sürelerinin sabitlenmesine karşılık yeterli olarak kontrol edilen reaksiyon süresi verimi geliştirilebilir. Farklı atıksuların kendilerine ait karakteristikleri yüzünden uygun işletme parametrelerini seçmek önemli ve gereklidir (Tsang ve diğ., 2007).

Bu sistem öncelikli çökelme, biyodegradasyon ikincil olarak da azot ve fosforun uzaklaştırılmasının yanı sıra çökelme işlemlerinin tek tank içinde gerçekleştiği sistemlerdir. Bu yüzden Ardışık Kesikli Reaktör sistemleri son yıllarda artan bir ilgi ile karşılanmaktadır (Hu ve diğ., 2005).

Ardışık kesikli reaktör teknolojisi atıksuların biyolojik olarak arıtılmasında kullanılan klasik teknolojilerden çeşitli yollarla ayrılmaktadırlar. En bariz fark reaktör hacminin değişmesidir. Oysaki geleneksel sürekli akımlı sistemlerde hacim sabit kalmaktadır (Mohan ve diğ., 2005).

Ardışık kesikli reaktör, evsel atıksuların arıtılmasında, orta ve düşük ölçekli deponi sızıntı sularının arıtılmasında, temsili boyarmadde içeren atıksuların arıtılmasında ve kirlenmiş toprakların arıtılmasında başarıyla uygulanmaktadır. Bununla birlikte, bir literatür araştırması ardışık kesikli reaktör teknolojisinin ilaç endüstrisi, ilaç ve kimyasal üretim üniteleri gibi kompleks kimyasal atıksular ile araştırma yapılmadığını göstermiştir. Proseslerinde çeşitli organik maddelerin kullanıldığı bu gibi endüstrilerden kaynaklanan atıksular; inorganik tuzlar, organik çözücüler ve biyolojik prosesleri engelleyen atıksulardaki toksik ve engelleyici maddeler, yüksek tuz içeriği, düşük BOİ ve yüksek KOİ içermektedir (Mohan ve diğ., 2005).

Ardışık kesikli reaktörler dalgalanan atıksu akımlarını dağıtılmasında sürekli akımlı reaktörlere bir alternatif olarak uygulanabilirliği ispatlanmıştır. Bundan başka, ardışık kesikli reaktörün işletilmesi bakımından esnekliği sürekli akımlı reaktör proseslerinin benzer veya daha iyi performans verimleri birkaç çeşidi taklit edilerek yapılmıştır. Ardışık kesikli reaktörler için sürekli akımlı reaktörlerinden granül halindeki aktif çamurun oluşumu mümkün olması ve artan arıtma kapasiteleri ve çamur çökebilirliğinin geliştirilebilmesi gibi üstün avantajları tanımlanmıştır. Granülasyonun mekanizması, sert ortam koşulları ve engelleyici bileşiklerin adaptasyonu ile ilgili olabilmesine rağmen çoğunlukla bilinmemektedir (Hu ve diğ., 2005).

Ardışık kesikli reaktör sisteminin başarısı ardışık kesikli reaktördeki mikrobiyal sistemin etkisinin yeteneği yoluyla büyük bir potansiyele sahip olmasına bağlıdır. Ardışık kesikli reaktörlerin işletilmesi oldukça kolaydır ve etkilidir. Ardışık kesikli reaktör prosesleri, işletme masrafları bakımından klasik aktif çamur prosesleri için yapılan masrafların %60'dan daha fazla olarak bilinir. Ardışık kesikli reaktörlerdeki bu tasarruf hem bilimsel araştırmalar hemde ardışık kesikli reaktör teknolojisinin pratik uygulamalarına olan ilginin dünya çapında artmasına sebep olmuştur. Nutrientlerin uzaklaştırılmasında çeşitli reaktör konfigürasyonları ile kapsamlı şekilde çalışılmıştır (Mohan ve diğ., 2005).

Ardışık kesikli reaktör ile sentetik tekstil atıksularının arıtılmasında hem organik madde hemde boyarmaddelerin hızla yüksek çıkış suyu verimliliğine sahip olduğu görülmüştür. Ardışık kesikli reaktör sistemlerinin uzaklaştırma verimleri MLSS değerlerinin 2000 mg/L ye kadar artması ile artmıştır (Sirianuntapiboon ve diğ., 2006).

Ardışık kesikli reaktör prosesleri, aktif çamur reaktörlerinin diğer çeşitlerinin üzerinde birkaç avantaj sağlamaktadır. Özellikle, ardışık kesikli reaktörün dizaynının ayırıcı özelliği devir fazlarının esnekliğidir. Devir formatları proses koşullarında giriş karakteristikleri veya çıkış amaçlı olarak denge meydana getirmek için her defasında kolaylıkla modifiye edilebilir. Bununla birlikte, ardışık kesikli reaktör, zayıf durultma ve bulanık bir çıkış gibi risk potansiyeline de sahiptir (Kang ve diğ., 2003).



Ardışık kesikli reaktör teknolojisi cazip bir alternatif çözüm olarak hizmet vermektedir. İşletilmesinin basitliği ve esnekliği kadar alan mevcudiyeti de önem arz etmektedir. Ardışık kesikli reaktör teknolojisi, endüstriyel ve belediye atıksularındaki organik bileşiklerin biyolojik olarak parçalanmasında kullanılmaktadır. Ardışık kesikli reaktör teknolojisi, son yıllarda ya azotun yada fosforun biyolojik dönüşümünde uygulanmasına rağmen atıksulardan azot ve fosforun eşzamanlı ardışık kesikli reaktörde uzaklaştırılmasında sınırlı veriler vardır (Fongsatitkul ve diğ., 2004).

Ardışık kesikli reaktör organik atıksuların arıtılması için uygulanan bir doldur-boşalt aktif çamur arıtma sistemidir. Bu prosesleri ardışık kesikli reaktör içermektedir ve klasik aktif çamur sistemleri ile aynıdır. Havalandırma/reaksiyon ve çökeltmenin her ikisi aynı sistem içindedir. Bununla birlikte bu özellik en önemli özelliğidir. Klasik aktif çamur tesislerinde bu prosesler çökeltme tankı içinde eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Oysaki ardışık kesikli reaktörün işletilmesi aynı tank içinde arka arkaya birbirini takip edecek şekilde gerçekleşmektedir. Ardışık kesikli reaktör sisteminde yüksek azot içerikli atıksuları arıtmak için de kullanılmaktadırlar çünkü bu gibi sistemler nitrifikasyon denitrifikasyon yoluyla azotun uzaklaştırıldığı sistemlerdir. Fakat bu sistem çamur kalitesini geliştirmek ve aşırı biyolojik çamur üretimini önlemek için MLSS (karışım anında sistemden çekilen numunedeki hücre konsantrasyonu)'nin yüksek olması şartıyla işletilmek zorundadır. Bununla birlikte aerobik şartlardaki ardışık kesikli reaktörün işletilmesi biyoçamurun hala birkaç probleme sebep olmaktadır. Çamurun düşük çökebilirliği ve yüksek hızda aşırı çamur üretimi, hidrolik yükleme veya yüksek organik yükleme altında biyolojik çamurun artmasının sınırlanması yüzünden uzaklaştırma verimi daha az artmıştır (Sirianuntapiboon ve Yommee, 2006).

Ardışık kesikli reaktör sistemleri, hem evsel hemde endüstriyel atıksuların arıtılması için geleneksel akımlı sistemlere alternatif olması için sağlam faydalar sağlaması ispatlanmıştır. Ardışık kesikli reaktör sistemi kuraldışı bir atıksu arıtma sistemidir. Fiziksel olarak oldukça basit olmasına rağmen birkaç farklı arıtma amacını sağlaması yeteneğinde işletilmesi bakımından son derece esnektir (He ve diğ., 2006).

Bir Ardışık Kesikli Reaktör kullanıldığında, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosforun uzaklaştırılmasını sağlamak mümkündür. Klasik aktif çamur sistemi ve Ardışık Kesikli Reaktör sistemi karşılaştırıldığında birçok avantaj göze çarpmaktadır. Bu avantajlar; işletme maliyetlerinin düşük olması, azot ve fosfor uzaklaştırılmasının geliştirilmesi ve daha az çamur kabarması-yükselmesi şeklinde sıralanmaktadır. Bunlara ilaveten çeşitli yollarla arıtma devir sayılarının ve sürelerinin ayarlanması da önemli bir avantaj olarak sayılmaktadır (Akın ve Uğurlu, 2004).

Ardışık Kesikli Reaktör, klasik sürekli akımlı aktif çamur prosesine bir alternatif olarak düşünülmektedir. Ardışık Kesikli Reaktör, bir devir boyunca doldurma, reaksiyon, çökme, boşalma ve tekrar devreye almak için bekleme olarak adlandırılan beş temel işletme periyoduna sahiptir. Bu proses, tek bir reaktör içinde azot ve fosforun uzaklaştırılmasının yanı sıra birincil çökme biyodegradasyon ve ikincil çökme kısımlarını içermektedir. Ardışık Kesikli Reaktör, yer/alan amaçlı olmasının yerine zaman amaçlı bir teknolojidir. Arzu edilen sonuçları elde etmek ve içinde bulunduğu koşullarda varyasyonlara yüksek uyum sağlama esnekliği ile işletilebilmektedir. Bu yüzden, Ardışık Kesikli Reaktör son yıllarda artan bir ilgi ile karşılanmaktadır (Hu ve diğ., 2004).

Ardışık kesikli reaktörler, çeşitli endüstriyel prosesler kullanılarak toksik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarına rağmen atıksuların biyolojik olarak arıtılması için etkili ve esnek sistemler olarak bilinmektedirler. Ardışık kesikli reaktör prosesleri doldurma, reaksiyon, çökme, boşaltma ve tekrar devreye alma bir seri proses fazlarını içerirler. Her bir faz için bekleme süresi normal olarak tecrübeli operatörler ayrıntılı pilot tesis çalışmaları ve tecrübelerini kullanarak belirlemektedirler. Çökme ve boşaltma fazlarını sabitlenmesine karşılık yeterli şekilde kontrol edilerek reaksiyon süresinin kontrol edilmesi ile sistem geliştirilebilmektedir. Atıksuların farklı çeşitlerinin kendi karakteristiklerinden dolayı uygun işletme parametrelerini seçmek önemli ve gereklidir (Tsang ve diğ., 2007).

Aerobik aktif çamur proseslerinin performansı reaktöre oluşan çamurun çökme karakteristiklerine bağlıdır. Çamurdaki floklar çöktürücü içindeki arıtılmış

atıksulardan kolaylıkla ayrılabilir ve reaktöre yeniden geri devrettirilebilir. Bununla birlikte çıkış kalitesinde bir azalmanın olduğu durumlarda zayıf çökeltme özelliğine sahip floklar ile sistem içinde kısmi çamur yıkama yaparak geliştirilebilir (Arrojo ve diğ., 2004).

Tekstil endüstrisi atıksuları ardışık kesikli biyoreaktör ile biyolojik olarak arıtılabilir, fakat atıksuyun pH'ı ve sıcaklığı dikkatli bir şekilde gözlenmelidir. Ardışık kesikli biyoreaktörlerin tekstil endüstrisi atıksularının arıtımındaki verimi ve arıtımdaki etkisi giriş besin konsantrasyonunun, giriş çamur konsantrasyonunun, reaksiyon süresinin ve çökeltme süresinin kontrolü ile sağlanır (Jamrah ve diğ., 2001).

Ardışık kesikli reaktörler, çeşitli endüstriyel prosesler kullanılarak toksik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarına rağmen atıksuların biyolojik olarak arıtılması için etkili ve esnek sistemler olarak bilinmektedirler. Ardışık kesikli reaktör prosesleri doldurma, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye alma bir seri proses fazlarını içerirler. Her bir faz için bekleme süresi normal olarak tecrübeli operatörler ayrıntılı pilot tesis çalışmaları ve tecrübelerini kullanarak belirlemektedirler. Çökeltme ve boşaltma fazlarını sabitlemesine karşılık yeterli şekilde kontrol edilerek reaksiyon süresinin kontrol edilmesi ile sistem geliştirilebilmektedir. Atıksuların farklı çeşitlerinin kendi karakteristiklerinden dolayı uygun işletme parametrelerini seçmek önemli ve gereklidir (Tsang ve diğ., 2007).

Ardışık Kesikli Reaktörler (SBR) geçmişte atıksulardan KOİ ve fosfatın uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son besi maddesi deşarj düzenlemeleri yüzünden Ardışık Kesikli Reaktörler (SBR) KOİ ve fosfatın uzaklaştırılmasına ilaveten azotun uzaklaştırılmasını sağlamak için modifiye edilmişlerdir. Ardışık Kesikli Reaktör arıtım sistemleri doldurma, reaksiyon, çökeltme boşaltma ve tekrar devreye alma adımlarından oluşmaktadır. Biyolojik olarak besi maddesi uzaklaştırılması istendiğinde bunu sağlamak için reaksiyon adımı anaerobik, anoksik ve aerobik fazları sırası ve sayısı ayarlanmaktadır (Uygur ve Kargı, 2004).

### 2.8.1. Ardışık kesikli reaktörlerde uygulanan alternatifler

Aerobik granülasyon, atıksu arıtımı için yeni yeni gelişen bir teknolojidir. Geçtiğimiz birkaç yıl içinde birçok araştırma Ardışık Kesikli Reaktör içindeki aerobik granüllerin performansı ve oluşumunun anlaşılması üzerine yapılmıştır. Aerobik granüllerin morfolojileri incelenmiştir (Wang ve diğ., 2007).

Aerobik granüler çamur, Ardışık Kesikli Biyoreaktörlerde umut verici bir teknoloji olarak görülmektedir (Liu ve diğ., 2005). Yeni bir çevre biyoteknolojisi olarak aerobik granülasyon Ardışık Kesikli Reaktörlerde kapsamlı olarak incelenmiştir ve çok çeşitli atıksuların arıtılması için uyarlanmıştır (Liu ve Liu, 2005).

Orijinal bir çevresel biyoteknoloji olarak aerobik granülasyon Ardışık Kesikli Reaktör için geniş ölçüde anlatılmıştır ve çeşitli atıksuların arıtılması için adapte edilmiştir. Aerobik granüller klasik aktif çamur flokları ile karşılaştırıldığında daha düzenli, yoğun ve kuvvetli mikrobiyal yapıya sahip olmaları, iyi çökebilme yeteneği, yüksek biyokütle bekleme süresi ve şok veya yüksek yüklemeye karşı koyma yeteneği gibi birkaç avantaja sahiptirler (Wang ve diğ., 2007).

Klasik biyolojik arıtma tesisleri tekstil endüstrisi çıkış suyunda Polivinil Alkoller (PVOH) ve boyaları kolaylıkla düşürememektedir. Sıralı redoks reaktörlerinde aerobik/anaerobik metabolizmaların mümkün olan avantajları üzerine sonuçlar rapor edilmiştir. Sentetik tekstil atıksuyu arıtımını gerçekleştirmek için laboratuvar ölçekli altı fazlı anaerobik/aerobik ardışık kesikli reaktör geliştirilmiştir (Shaw ve diğ., 2002).

Sürekli mikrobiyal kültür karşılaştırıldığında ardışık kesikli reaktörün eşsiz özellikleri bir devir işletilmesinde kullanılabilir olmasıdır. Bir devir doldurma, reaksiyon, çökeltme, bekleme ve çamur deşarjını içerebilir (Liu ve Liu, 2005).

Ardışık Kesikli Reaktör sistemi, yüksek miktarda azot içeren atıksuları arıtmak içinde kullanılmaktadır. Çünkü bazı sistemler nitrifikasyon/denitrifikasyon yoluyla azotun uzaklaştırılmasını kolaylaştırırlar. Bununla birlikte; Aerobik Ardışık Kesikli

Reaktörün işletilmesi sırasında, biyolojik çamurun çökebilirliğinin düşük olması, yüksek organik yükler veya hidrolik yükleme altında aşırı çamur üretimi ve biyolojik çamurun artmasının sınırlanması yüzünden uzaklaştırma veriminin daha az artması gibi bazı problemler yaşanmaktadır (Lee ve Lin, 2000).

Bir Ardışık Kesikli Reaktör, karmaşık atıksuların arıtılması için klasik aktif çamur proseslerinin üzerinde belirli avantajlara sahiptir. Ardışık Kesikli Reaktör klasik askıda gelişen sistemlere oranla daha etkili bir performans göstermiştir (Mohan ve diğ., 2005).

Granüler çamur geçtiğimiz on yıllık süre boyunca atıksuların anaerobik olarak arıtılmasında uygulanmış ve araştırılmış olmasına rağmen aerobik granüler çamur kıyaslanabilir şekilde hala daha genç bir teknoloji olarak düşünülmektedir (Schwarzenbeck ve diğ., 2005).

Aerobik granüller, kendi kendini etkisiz hale getirebilen bakterilerin birleşmesi ile oluşmaktadırlar. Birleşmenin başlangıç oluşumu, birleşmeyi sağlayan birçok kuvvetin birbirini tetiklemesiyle oluşmaktadır. Bu oluşumu sağlayan faktörlerin aerobik granüler çamurun başlangıç oluşumu için önemli olduğu düşünülmektedir. Bu faktörler, yüzeysel hava hızının yüksek olması, nispeten daha kısa çökme süresi, reaktörün çapının yüksekliğine oranının yüksek olması, varlık ve yokluk ayrımlarının yaygın olarak tekrarıdır. Granüler çamurun karakteristikleri çökme hızının, şeklinin, büyüklüğünün, biyokütle yoğunluğunun, hidrofobikliğinin, fiziksel dayanıklılığının, mikrobiyal aktivite ve ekstra hücreli polimerik maddeler (EPS) gibi özellikleri değerlendirilmiştir. Ardışık Kesikli Reaktör içindeki aerobik granülasyon yaygın olarak araştırılmış olmasına rağmen aerobik granülasyonun kültüvasyonu için yapılan önceki çalışmaların çoğu şeker pekmezi, asetat, sakaroz ve etanol gibi sentetik atıksulara uygulanmıştır. Gerçek atıksularda çok sınırlı bilgi bulunmaktadır (Wang ve diğ., 2007).

Aerobik granüllerin besi maddesi uzaklaştırma kinetiği boyuta bağlıdır. Daha küçük aerobik granüller Ardışık Kesikli Reaktörde besi maddesi uzaklaştırma oranına bağlı olarak daha yüksek hızlı metabolik aktiviteyi ortaya koymuştur (Li ve Liu, 2005).

Reaktörde filamentousun çoğalması baskın hale geldiğinde aerobik granüllerin çökebilirliği zayıf hale gelir ve sonraki biyokütle yıkanır ve aerobik granüllerin yok oluşu ile sonuçlanır. Sonuç olarak, filamentousun büyümesi aerobik granüllerin istikrarsızlığına sebep olmaktadır. Aerobik granüllerin istikrarsızlığı atıksuların arıtılması için kullanılan bu teknolojilerin uygulamasında önemli bir engel teşkil etmektedir. Ne yazık ki, bu faktörler filamentousun büyümesi ve kontrolü teşviki tamamen açık değildir. Bu inceleme aşağıdaki notları çıkarmıştır. İşletme koşulları filamentousun büyümesiyle sonuçlanabilir, Ardışık kesikli reaktördeki aerobik granül çamurlar filamentous büyümesinin ana nedenidir (Li ve Liu, 2005).

Biyolojik atıksu arıtma ünitelerinin performansı sistemdeki mikrobiyal topluluğun metabolik kapasitelerine ve katı-sıvı ayrımının verimliliği gibi iki belirgin faktöre bağlıdır. Biyokütle bekleme süresi tüm biyokütle içeriğinin artması ve özel bir amaç için geliştirilmiş yavaş büyüyen organizmaların birikimine yardım etme yoluyla sistemin uzaklaştırma kapasitesini arttırmak için kullanılabilir. Ardışık kesikli reaktörlerde en sık uygulanan çökeltme işlemi biyokütlenin beklemesinin verimliliği mikrobiyal kütlenin çökeltme karakteristiklerinin bir fonksiyonudur. Granüler çamurun çökeltmesi aktif çamur floklarından daha hızlı olduğu için ve daha yüksek bir biyokütle bekleme süresi olduğu için yoğunlaştırılmış çökeltme prosesleri kapsamında üstesinden gelinebilmektedir (Schwarzenbeck ve diğ., 2005).

Ardışık Kesikli Reaktörün işletilmesi minimum zaman içinde toplam kirletici unsurlarının uzaklaştırılması için aerobik ve anoksik olmak üzere iki ana faza bölünmüştür. Azotun uzaklaştırma verimi sabit KOİ yükü altında amonyum yükünün artması ile giderek azalmaktadır. Bu nedenle, karbon kaynağı konsantrasyonunun uygun değerlerde kontrolü SND (simultaneous nitrification–denitrification) biyolojik olarak nütrient giderimini optimize etmek için klasik Ardışık Kesikli Reaktör sistemlerinde harekete geçirilebilir (Chiu ve diğ., 2007).

Ardışık Kesikli Reaktör sistemi yüksek verimliliği ile tekne boyası içeren atıksuların arıtımı için uygulanmaktadır. Biyolojik çamurun boya adsorplama özelliği sentetik tekstil atıksularının içeriğinde direct boyalar olsa da olmasa da yaklaşık olarak

aynıdır. Bu, direkt boyaların biyoloji çamurun boya adsorplama yeteneğine sebep olmadığı için mümkün olabilir. Birbirini izleyen boya adsorpsiyonu ve biyolojik çamurun boya adsorplama yeteneği daha sonra gelen ile giderek azalmaktadır fakat SDS, Tween 80, Triton X-100 gibi yüzey aktif madde solüsyonları ile yıkandığında kullanılabilirliği azalan biyolojik çamur yeniden iyileşmektedir. Bu biyolojik çamur üzerine ağır metal adsorpsiyonu ile ilgili önceki çalışmadan çıkan sonuçlara benzemektedir. Biyolojik çamurun adsorplama yeteneği çamur yaşı ( $\theta_c$ ) (SRT)'nin artması ile artmaktadır. Evsel atıksuların artıldığı arıtma tesislerinden elde edilen biyolojik çamur, biyolojik çamurun yüksek adsorpsiyon yeteneği yüzünden organik maddenin uzaklaştırılması ile birlikte direct boyaların adsorbenti olarak kullanılabilir (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006).

Ardışık Kesikli Reaktör kullanıldığında, tek bir reaktör içinde nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfor uzaklaştırma başarmak mümkündür. Klasik aktif çamur sistemleri ile karşılaştırıldığında daha az çamur kabarması, gelişmiş azot ve fosfor uzaklaştırma ve azalmış işletme giderleri gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlara ilaveten, devirlerin adımlarını ayarlamak mümkündür. Mesela; biyolojik nütrient uzaklaştırmada (BNR), doldurma, anaerobik, anoksik, aerobik periyotları, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye alma periyotları tanımlanan zaman içinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Akın ve Ugurlu, 2004).

Klasik Ardışık Kesikli Reaktör sistemlerinde sistemden çıkan çamur miktarı klasik Ardışık Kesikli Reaktör sisteminin modifiye edilmesi ile oluşan Ardışık Kesikli Reaktör Biofilm sistemlerinden çıkan çamur miktarının 1/3 kadardır. Ardışık Kesikli Reaktör Biofilm sistemlerinin çamur hacim indeksi  $1340 \text{ gBOI}_5/\text{m}^3 \cdot \text{gün}$ 'e kadar olan bir organik yük altında (SVI)  $100 \text{ mL/g}$ 'dan daha düşüktür (Sirianuntapiboon ve diğ., 2005).

Ardışık Kesikli Reaktörler (AKR, SBR), aslında atıksudan  $\text{KOI}$  ve fosfat ın uzaklaştırılması için kullanılmışlardır. Nütrient deşarjları üzerine son yapılan düzenlemeler yüzünden Ardışık Kesikli Reaktör sistemleri fosfat ve  $\text{KOI}$  nin uzaklaştırılmasına ilaveten nitrojenin uzaklaştırılmasının üstesinden gelmek için modifiye edilmiştir. Ardışık Kesikli Reaktör arıtma sistemleri bir devirin

işletilmesinde doldurma, reaksiyon, çökelme, boşaltma ve tekrar devreye alma için bekleme adımlarından oluşmaktadır (Kargı ve Uğur, 2004).

Nütrientin uzaklaştırılması üzerine literatürde birçok çalışma rapor edilmiştir. Colunga ve Martinez in çalışmasında; KOİ, fosfat ve Amonyak Azotunun uzaklaştırılması üzerine bir biyofilm Ardışık Kesikli Reaktörün farklı fazlarının etkilerini çalışmıştır. KOİ ve PO<sub>4</sub>-P için en yüksek uzaklaştırma verimleri 12 saatlik devir ile anaerobik/aerobik fazlar için % 37/63 bir faz oranında elde edilmiştir (Kargı ve Uğur, 2004).

Umble ve Ketchum'un çalışmasında; evsel atıksuların biyolojik arıtımı için bir Ardışık Kesikli Reaktör sistemi çalışılmış ve toplam 12 saatlik devir süresinde BOİ<sub>5</sub>, Toplam Askıda Katı ve NH<sub>4</sub>-N uzaklaştırma verimleri sırasıyla %98, %90 ve %89 ile sonuçlanmıştır (Kargı ve Uğur, 2004).

Chang ve Ha'nun çalışmasında; nutrientin uzaklaştırılması için kullanılan Ardışık Kesikli Reaktörün önemli proses değişkenlerinin performansı üzerine çalışılmıştır. Ardışık Kesikli Reaktör sistemi KOİ, Toplam N ve fosfat uzaklaştırma verimleri, 6 saatlik toplam devir süresi ve çamur yaşı 10 gün olarak sırasıyla %91, %98 ve %98 olarak elde edilmiştir (Kargı ve Uğur, 2004).

Chang ve Diğ. çalışmasında; nütrient uzaklaştırma performansı gibi önemli bir parametrenin etkisini tanımlamak için küçük ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör sisteminde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Maksimum nitrojen ve fosforlu bileşiklerin uzaklaştırılması anaerobik-aerobik-anoksik fazların 1-3-2-saat ile elde edilmiştir. Final N ve P konsantrasyonlarının 2 mg/L den daha az olduğu saptanmıştır (Kargı ve Uğur, 2004).

Biyolojik olarak nutrientin uzaklaştırılması üzerine literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Colunge ve Martinez daha önce adı geçen safhaların etkisi üzerine araştırma yapmıştır. Bir biyofilm Ardışık Kesikli Reaktör içinde amonyum azotu, fosfat fosforu ve KOİ üzerine etkisi incelenmiştir. KOİ ve PO<sub>4</sub>-P nin uzaklaştırma verimleri 12 saatlik devir süresinde elde edilmiştir ve anaerobik/aerobik faz oranı



%37 / %63 olduğu bulunmuştur. Belediye atıksularından biyolojik olarak besi maddesi uzaklaştırma çalışması ardışık kesikli reaktör kullanımı ile Umble ve Ketchum tarafından yapılmıştır. 12 saatlik toplam devir süresinde  $BO_5$ , Toplam Askıda Katı ve  $NH_4-N$  in uzaklaştırma verimleri sırasıyla %98, %90 ve %89 olmuştur (Uygur ve Kargı, 2004).

Chang ve Hao gerçek zamanlı kontrol maksadıyla ve izlemek için tanımlanan proses parametreleri Ardışık Kesikli Reaktörde biyolojik olarak besi maddelerinin giderimi çalışması yapmışlardır.  $KO_2$ , toplam azot ve fosfat uzaklaştırma verimleri sırasıyla %91, %98 ve %98 olarak 6 saatlik devir süreleriyle hücre bekleme süresi 10 gün için elde edilmiştir (Uygur ve Kargı, 2004).

Kombine yapılmış bir biyofilm ardışık kesikli reaktörde Zugina ve Martinez tarafından fosfor ve azotun uzaklaştırılmasıyla ilgili araştırma yapılmıştır. Anaerobik/aerobik/anoksik/aerobik dört fazın kullanımında  $KO_2$ , fosfat fosforu ve amonyum azotu uzaklaştırma verimleri sırasıyla  $89 \pm 1$ ,  $75 \pm 15$  ve  $87 \pm 10$  olarak elde edilmiştir (Uygur ve Kargı, 2004).

Kargı ve Uygur sentetik atıksulardan besi maddelerinin uzaklaştırılması için 5 adımlı bir ardışık kesikli reaktör kullanılmıştır. Çamur yaşının, hidrolik bekleme süresinin, atıksuyun karışımının beslenmesi karbon kaynaklarının etkisi gözönünde bulundurularak besi maddesi uzaklaştırılması üzerine araştırma yapılmıştır. 10 gün olan çamur yaşında atıksu karışımında  $KO_2/N/P$  oranı 100/3.33/0.69, ( $KO_2/N/P$  oranı 200/5/1 Morgan-Sagastume ve Allen 2004) maksimum yüzdelik besi maddesi uzaklaştırılmasında en uygun değerler olarak belirlenmiştir (Uygur ve Kargı, 2004).

Ardışık kesikli reaktör ile kombinlenmiş bir membran proses her iki proses için prosedürle ilgili avantajlar sağlanmaktadır. Membran kullanımı çökelme gerektirmediği için işletme periyodunu azaltabilir ve durultulan su karıştırma/reaksiyon fazı esnasında bile ayrılabilir. Buna ilaveten bir membran vasıtasıyla biyolojik çamurun ayrılması yüksek MLSS konsantrasyonlarında biyokütlenin beklemesinin tamamlanması ile sonuçlanmaktadır. Bu durum bir

birleşik membran-ardışık kesikli reaktör için çok yüksek arıtma kapasitesine izin vermektedir (Kang ve diğ., 2003).

Ardışık kesikli reaktörün işletilmesi sırasında bir devirin aerobik ve anaerobik periyotların kombinasyonu reaktif içerikli benzer tekstil çıkışlarından kaynaklanan biyolojik olarak rengin uzaklaştırılması çalışılmıştır. Çamur bekleme süresi (SRT)nin 15 gün ve havalandırılmalı reaksiyon fazı ise 10 saat olduğunda violet boyalar için %90 renk giderme verimi elde edilmiştir. (Lourenço ve diğ., 2001).

Bir anaerobik aerobik ardışık kesikli reaktörde 8 günlük çamur yaşı ile anaerobik-aerobik-çökeltme periyotlarının sırasıyla 18+5+1 saat olması azo-reaktif boyalı atıksulardan renk gideriminde kullanılmıştır (Panswad ve diğ., 2001).

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde bu çalışmada; tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, Sequencing Batch Reactor: SBR) ile optimum şartlarda arıtılması için laboratuvar ölçekli tesis çalışmaları yapılmıştır. Daha sonra renk probleminin giderilmesi üzerine yoğunlaşmıştır ve adsorbent (bentonit)/biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) kullanımının verime olan etkileri araştırılmıştır.

## BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

### 3.1. Gerçek Ölçekli Tesis ve Atıksuyu

Gerçek ölçekli tesis ve atıksu ile ilgili bilgi verilmesinin ana amacı; laboratuvar ölçekli pilot tesis deney çalışmalarında gerçek tesise ait Ardışık Kesikli Reaktör giriş atıksuyu ve aktif arıtma çamuru kullanılmasıdır.

Çalışılan tekstil endüstrisi atıksu arıtma tesisi Sakarya İli, Akyazı ilçesinde yer alan Aydın Örme San. ve Tic. A.Ş.'dir. Tekstil endüstrisi atıksu arıtma tesisi giriş konsantrasyonları Tablo 3.1'de verilmiştir. Tekstil endüstrisine ait biyolojik atıksu arıtma tesisinin akım şeması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

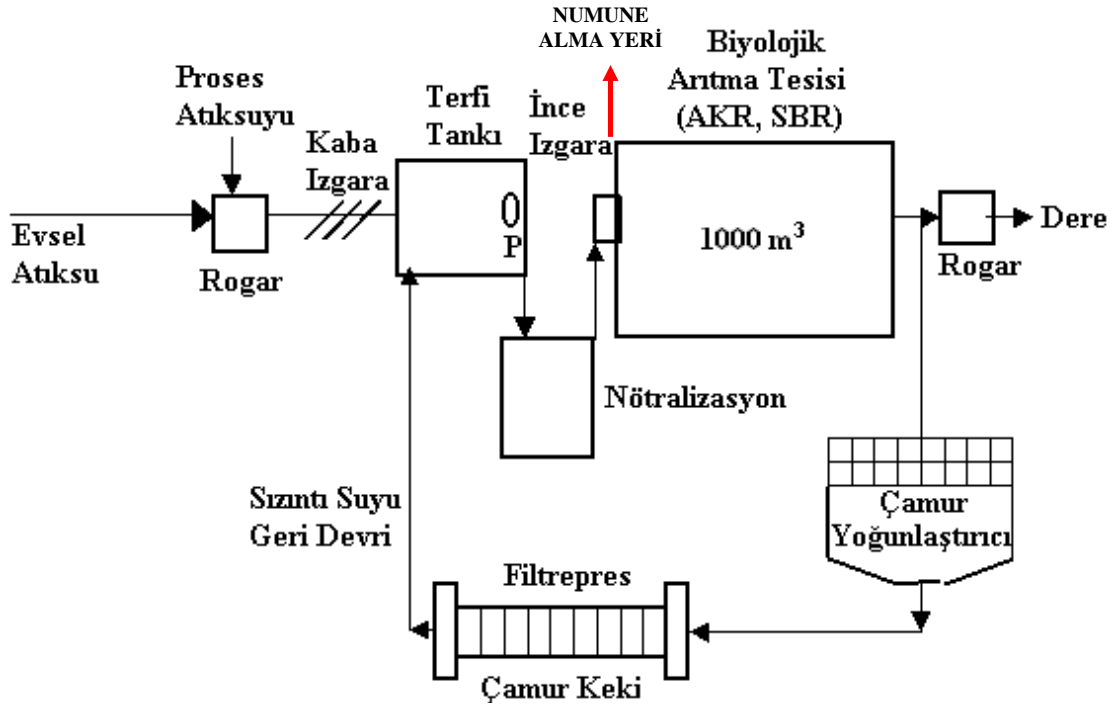
Tablo 3.1. Tekstil Endüstrisi Atıksu Arıtma Tesisi Giriş Konsantrasyonları

Parametre	Değeri
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ), mg/L	200-3000
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), mg/L	350-5000
Askıda Katı Madde (AKM), mg/L	10-50
Sülfür, mg/L	2
pH	4-12
Sıcaklık, °C	40

Arıtma tesisinin optimum şartlarda işletilmesi; 0.5 saat doldurma/havalandırma, 1.5 saat havalandırma, 1.5 saat çökeltme ve 0.5 saat boşaltma süresi şeklindedir. Dolayısıyla bir devir (seans) için toplam 4 saat gerekmektedir. Günde 6 seans yapılmaktadır. Arıtma tesisine, endüstriyel (900-1900 m<sup>3</sup>/gün) ve evsel (40-100 m<sup>3</sup>/gün) atıksular gelmektedir. Fabrikada, üç adet ardışık kesikli biyoreaktör mevcut olup, siparişe göre üretim yapan bir firma olduğundan arıtma tesisi ihtiyaca göre çalıştırılmaktadır. Bir adet ardışık kesikli biyoreaktörde, her seansta 160 m<sup>3</sup> olmak

üzere, toplam günde 960 m<sup>3</sup> atıksu arıtılmaktadır (Kulaç, S., 1997). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde gerçek tesisin deşarj kriterleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tekstil endüstrisine ait atıksu arıtma tesisi tecrübeli elemanlar tarafından kontrol edilmektedir. Acil bir durumda otomatik kontrol panelinden ilk müdahalenin ardından gerçek ölçekli tesiste gerekenler yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Tekstil Endüstrisine Ait Atıksu Arıtma Tesisinin Akım Şeması

Gerçek tesise ait arıtma tesisinden çıkan atıksuyun karakteristikleri; KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)=110-180 mg/L, BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı)=50-60 mg/L, Fenol=0.4-0.5 mg/L dir.

Son olarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'nde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi olmadığından çalışmanın her etabında Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresi ölçülmüş ve modellemede besi maddesi konsantrasyonu olarak Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri kullanılmıştır.

Geliştirilmek üzere incelenen tekstil endüstrisi sentetik tekstil üretimi yapan ve sipariş ile bu ve benzer ürünlerin boyanması üzerine çalışmaktadır.

Tablo 3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY: Tablo 10.7)'nde Gerçek Tesise Ait Deşarj Kriterleri

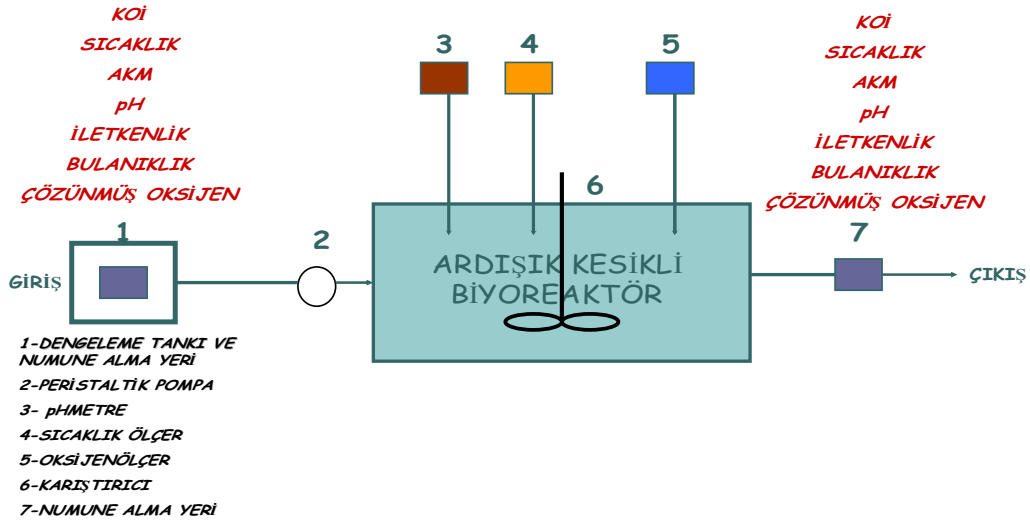
Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	400	300
Sülfür ( $S^{-2}$ )	mg/L	0.1	-
Fenol	mg/L	1	0.5
Çinko	mg/L	12	10
Balık Biyodeneyi (ZSF)	-	3	2
pH	-	6-9	6-9

### 3.2. Laboratuvar Ölçekli Tesis ve Tasarımı

Tekstil endüstrisi atıksularının arıtıldığı arıtma tesisinin bir bölümü olan Ardışık Kesikli Reaktör ünitesi küçültülerek benzer boyut özelliklerine sahip laboratuvar ölçekli tesis oluşturulmuştur. Laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün ve kullanılan teçhizatın genel görünümü Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Laboratuvar ölçekli tesisin akım şeması Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün ve Kullanılan Teçhizatın Genel Görünümü



Şekil 3.3. Laboratuvar Ölçekli Tesisin Akım Şeması

Laboratuvar ölçekli deney reaktörünün boyutları, laboratuvar ortamında çalışılacak şekilde;

$$V_{\text{LABORATUAR}} = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 22500 \text{ cm}^3 = 22.5 \text{ L olarak}$$

Reaktörde 25 cm'lik yüksekliğin 14.4 cm'lik kısmı hava payı olarak bırakılmıştır. Yüksekliğin çalışılan kısmı ise 10.6 cm olarak seçilmiştir.

Reaktörde toplam çalışılan aktif hacim =  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10.6 \text{ cm} = 9540 \text{ cm}^3$  olmaktadır.

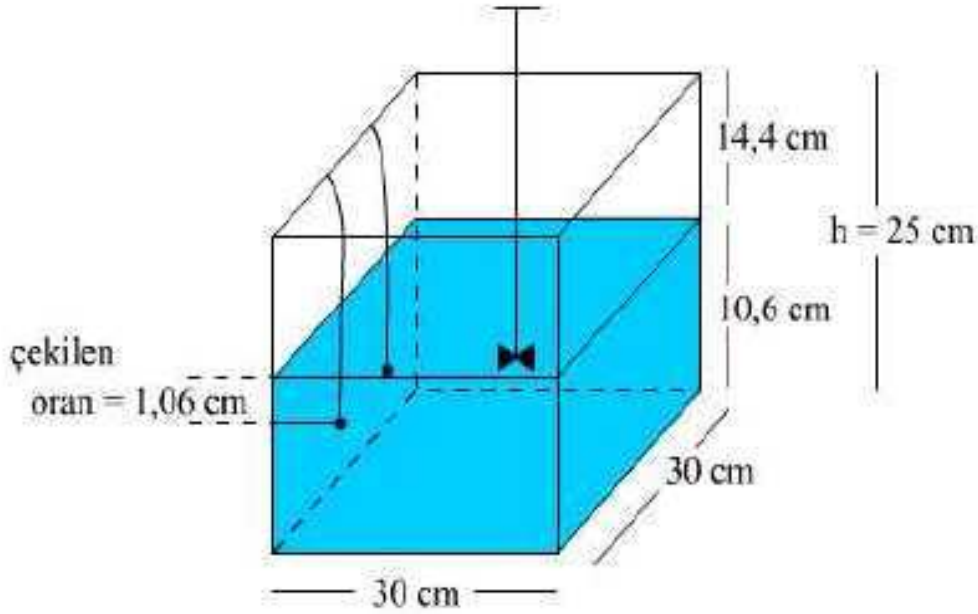
Deney düzeneğinde her seansta arıtılacak ham su miktarı, çalışılan toplam hacmin 0.10 (%10) oranı doğrultusunda tecrübelerle göre seçildiğinde;

$$\text{Her seansta arıtılacak atık su miktarı} = 9540 \text{ cm}^3 \times 0.10 = 954 \text{ cm}^3 = 0.954 \text{ L}$$

Karışım halindeki aktif çamur miktarı ise;

$$9540 \text{ cm}^3 - 954 \text{ cm}^3 = 8586 \text{ cm}^3 = 8.586 \text{ L olmaktadır.}$$

Deneylerde kullanılan laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) düzeneği şematik gösterimi Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR) düzeneği şematik gösterimi

Deneysel çalışmalarda KOİ parametresinin baz alınmasının nedeni gerçek tesisin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Tablo 10.7'ye dahil olmasıdır. Son olarak; yürürlüğe giren (Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih 31 Aralık Cuma 2004 Sayı:25687) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde BOİ<sub>5</sub> (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)(mg/L) parametresinin bulunmamasıdır.

Uygulanan laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) sistemindeki deneysel çalışmalar için gerekli olan ve arıtılması planlanan gerçek karakteristikli atıksu numunesi belirli aralıklarla tekstil endüstrisine ait atıksu arıtma tesisi Ardışık Kesikli Biyoreaktör ünitesi (Şekil 3.1) girişinden alınmıştır.

Deneysel çalışmaları laboratuvar ortamında yapmak kendi içerisinde bazı zorluklar (aynı tank içerisinde biyoreaksiyon ve biyoçökmenin arka arkaya yapılması) içermektedir. Deneysel çalışmada; içerisinde aktif çamur bulunan Ardışık Kesikli Reaktöre arıtılması istenen yaklaşık 1L (0.954 L.) hacmindeki atıksu  $t_F=0.5$  sa. doldurma süresi içerisinde debi olarak reaktöre verilmektedir. Debinin reaktöre ilk dökülmesinden itibaren reaktör 400 devir/dak. karıştırma hızıyla mikser tarafından karıştırılmaktadır. Doldurma süresinden sonra  $t_R=0.5$  sa. süresi sonunda reaktör durdurulmuş ve  $t_S=1.5$

sa.'lik çökelmeye bırakılmıştır. Bunun amacı, arıtılmış su ile arıtmayı yapan biyokütlenin ayrıştırılmasıdır. Reaktörün altında çökelmiş aktif çamur, onun üstünde su-çamur karışımı ve en üstte de arıtılmış su hacmi mevcuttur. Arıtılmış su (yaklaşık 1 L)'daki KOİ konsantrasyonunu ölçmek için pipetle (20 mL) numune alınmaktadır. Geriye kalan kısım 0.5 sa. boşaltma süresi içerisinde sistemden peristaltik pompa vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır.

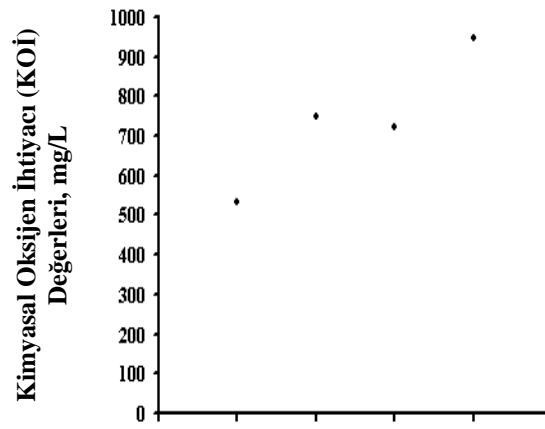
Biyolojik reaksiyon kinetik deneyine devam etmek için, aynı aktif çamuru içeren aynı reaktöre  $S_0$  giriş konsantrasyonuna sahip aynı atıksu tekrar  $t_F=0.5$  saat içerisinde aynı hacimde (yaklaşık 1 L.) debi olarak boşaltılmaktadır. Bu sefer doldurma süresine ilaveten  $t_R=1$  saat olacak şekilde reaksiyon yapılmıştır.  $t_R=1$  saat reaksiyon süresi sonunda yine aynı çökeltme süresi  $t_S=1.5$  saat bekletilerek arıtılmış su ile arıtmayı yapan biyokütle ayrıştırılmıştır. Yine üstteki arıtılmış yaklaşık 1 L.'lik kısmından pipetle 20 mL numune çekilmiş ve daha sonra peristaltik pompa ile yaklaşık 1 L. civarındaki atıksu tamamen boşaltılmıştır ve bu deneyler aynı mantık içerisinde  $t_R=6$  saat  $t_S=1.5$  saat olacak şekilde deneyler sonlandırılmaktadır. Bu deneylerin yapılaş ve tekrarlanış zorluklarından dolayı çıkış KOİ değerlerinde bazı salınımlar olması muhtemeldir. Hibrit sistem (tam karışımli ve piston akımlı) olarak çalışan Ardışık Kesikli Biyoreaktör mekanizması ve işletilmesi, kesikli veya sürekli çalıştırılan klasik aktif çamur sisteminden farklıdır. Ardışık Kesikli Reaktörün kendine özel bir davranış sistemi mevcuttur. Bu sistem ekonomik olmakla birlikte, işletilmesi daha uzmanlık ve hassasiyet istemektedir.

Sistemdeki proseslerle ilgili kinetik çalışmalar ana amaç, kendine özel işletilme şartları bulunan Ardışık Kesikli Reaktörün davranışının anlaşılması ve diğer reaktör tiplerinden nasıl farklı ve benzer davranışlar gösterdiğinin araştırılmasıdır. Onun için Ardışık Kesikli Reaktör kinetik davranışının, diğer klasik aktif çamur sistemlerinin davranışı ile direkt olarak kıyaslanması uygun değildir. Çünkü çökeltme süresi boyunca da KOİ gideriminin olduğu gözlemlenmektedir. Bu da reaksiyon süresi boyunca devam eden biyolojik reaksiyonun, az da olsa çökeltme süresi boyunca da devam etmesi söz konusu olmaktadır. Ardışık Kesikli Reaktör kinetiği değerlendirilirken, sürekli lineer olmayan bir azalış gözlemlenmesi beklenmesi yerine biyokütlenin tekrar tekrar kullanılması, çamur yaşının uzun olması, arka



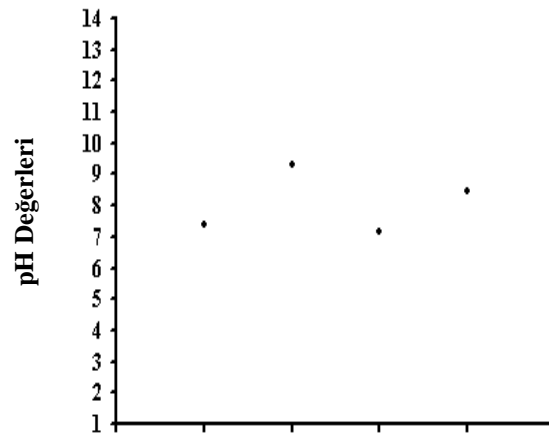
arkaya reaksiyon ve çökelmenin işleminin kinetik açıdan değerlendirilmesinden dolayı, reaksiyon işleminin kinetik açıdan değerlendirilmesinde salınımlar oluşabildiğinden dolayı reaksiyonun ortalama davranışının tespit edilmesi ve buna bağlı olarak da reaksiyon sabitinin aritmetik ortalamasının alınması, Ardışık Kesikli Reaktörün davranışını daha fazla temsil edebileceği düşünülmektedir.

Laboratuvar ölçekli atıksu arıtma tesisinin 2007 yılına ait giriş KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerleri Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Laboratuvar Ölçekli Atıksu Arıtma Tesisinin 2007 Yılına Ait Giriş KOİ Değerleri

Laboratuvar ölçekli atıksu arıtma tesisinin 2007 yılına ait giriş pH değerleri Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Laboratuvar Ölçekli Atıksu Arıtma Tesisinin 2007 Yılına Ait Giriş pH Değerleri

### 3.3. Ölçülen Parametreler

Laboratuar ölçekli pilot tesisin kurulması esnasında gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi ile çalışılmıştır.

KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L), Bulanıklık (NTU), İletkenlik (mS/cm), Sıcaklık ( $^{\circ}$ C), Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.), pH ve 8 farklı dalga boyunda renk parametreleri ölçülmüştür.

#### 3.3.1. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. KOİ, organik maddelerin türleri arasında ayırım yapmadığı için kolektif bir parametredir (<http://www.ins.itu.edu.tr/cevre/labor/dokuman.htm>; Eaton ve diğ.,1995; Sawyer ve diğ.,1994).

KOİ, su ve atıksuların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Bir suya ait KOİ değeri, BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ'ye eşit veya büyüktür. KOİ, organik maddelerin oksidasyon basamağının bir göstergesi olduğu için, biyokimyasal reaksiyonlardaki bileşenler arasında elektron eşdeğeri açısından bir denge kurulmasını sağlamaktadır (<http://www.ins.itu.edu.tr/cevre/labor/dokuman.htm>; Eaton ve diğ.,1995; Sawyer ve diğ.,1994).

KOİ, bir su örneğindeki organik maddenin, yüksek sıcaklıkta ( $150^{\circ}$ C) konsantre sülfürik asit içinde potasyum dikromat ile gümüş katalizör yardımıyla CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya oksitlenmesi yoluyla ölçülmektedir. KOİ deneyi için kullanılan ısıtıcının resmi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. KOİ Deneyinde Kullanılan Isıtıcı

#### Kullanılan Ayraçlar

a) Sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) (4 mol/L)

220 mL  $H_2SO_4$  500 mL distile suya eklenir ve soğuduktan sonra litreye tamamlanır.

b) Gümüşlü sülfürik asit reaktifi

10 g gümüş sülfat ( $Ag_2SO_4$ ) 35 mL distile suya eklenir ve üzerine 965 mL sülfürik asit ilave edilerek gümüş sülfatın çözünmesi için 1-2 gün beklenir.

c) Demir amonyum sülfat çözeltisi (DAS) (0.12 mol/L = 0.12 N)

47 g  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  suda çözülür ve üzerine 20 mL sülfürik asit ilave edilir. Soğuduktan sonra distile suyla litreye tamamlanır.

Demir amonyum sülfat çözeltisi, kullanıldığı gün mutlaka standart dikromat çözeltisine karşı ayarlanmalı ve normalitesi bulunmalıdır. Bu standardizasyon işlemi aşağıdaki şekilde yapılır;

10 mL potasyum dikromat çözeltisi, 4 mol/L sülfürik asit çözeltisi (ayraç A) ile 100 ml ye seyreltilir ve demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisi ile titre edilir. Bu titrasyon sonucunda standart DAS'in normalitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır. Bu titrasyon sonucunda standart DAS'in normalitesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Standart DAS}'\text{in normalitesi} = \frac{V_1 \cdot N_1}{V_2} = \frac{10 \times 0.24}{V_2}$$

$V_1$  : Dikromat hacmi (mL)

$V_2$  : DAS sarfiyatı (mL)

$N_1$  : Standart potasyum dikromat çözeltisinin normalitesi (0.24 N)

d) Standart potasyum dikromat çözeltisi ( $0.040 \text{ mol/L} = 0.24 \text{ N}$ )

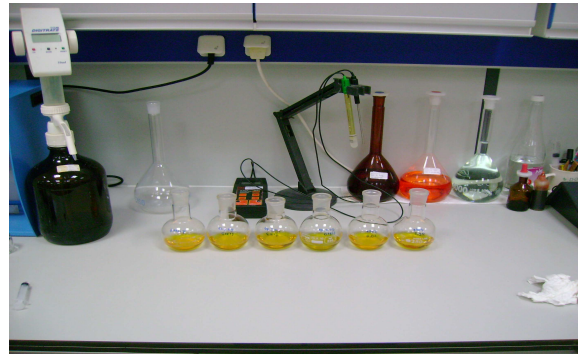
80 g civa sülfat ( $\text{HgSO}_4$ ) 800 mL distile suda çözülerek üzerine 100 mL derişik sülfürik asit ilave edilir. Soğuduktan sonra, önceden 2 saat süreyle  $103 \text{ }^\circ\text{C}$  'de kurutulmuş olan 11.768 g potasyum dikromat bu çözeltiliye eklenir ve distile suyla litreye tamamlanır.

e) Ferroin indikatör çözeltisi

0.7 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  suda çözülür ve 1.5 g 1,10 fenantrolin monohidrat ilave edilerek çözüne dek çalkalanır, 100 mL ye distile suyla tamamlanır.

Bu yöntem  $30 \text{ mg/L}$ 'den yüksek KOİ değeriine sahip çeşitli su örneklerine uygulanabilir. Bu yöntemle seyreltme işlemi yapılmaksızın belirlenebilen maksimum KOİ değeri  $700 \text{ mg/L}$  dir.

KOİ deneyi sırasında titrasyon öncesi Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. KOİ Deneyi Sırasında (Titrasyon Öncesi)

KOİ deneyinde kullanılan titrasyon cihazı ve demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisinin görüldüğü resim Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



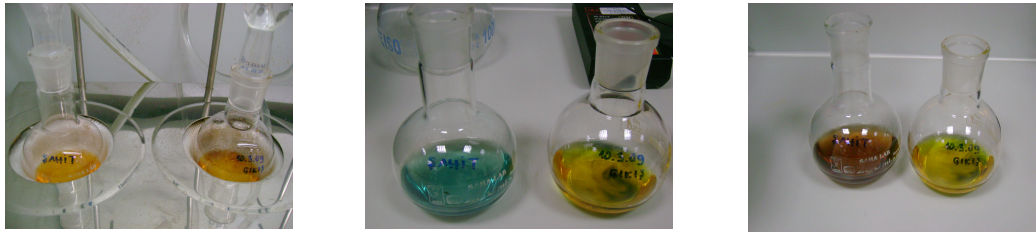
Şekil 3.9. KOİ Deneyinde Kullanılan Titrasyon Cihazı ve DAS Çözeltisinin Görüldüğü Resim

Numune kabı iyice karıştırılarak 10 mL numune bir pipetle 250 mL lik şilifli erlene aktarılır. Numunede KOİ nin yüksek olduğu tahmin ediliyorsa, 350-700 mg/L KOİ içerecek hacimde numune alınır ve distile suyla 10 mL ye tamamlanır. Çok yüksek seyreltmelerde balonjoje kullanılmalıdır.

Erlene birkaç tane temiz kaynama taşı (cam parçası) konularak, numunenin üzerine 5 ml standart dikromat çözeltisi konur ve karıştırılır. Erlen musluk altında soğutulur ve çalkalanarak azar azar 15 mL gümüşlü sülfürik asit reaktifi ilave edilir. Erlen soğutucuya takılır ve soğutma suyu ve ısıtıcı açılır.

Erlen içeriği geri soğutma altında 2 saat süreyle kaynatılır. Reaksiyon sırasında soğutma suyu çıkışının fazla ısınmamasına dikkat edilmelidir. 2 saat sonunda ısıtıcı kapatılarak kaynamanın tamamen durması beklenir. Daha sonra 30 mL distile su ile soğutucunun içi şilifli erlenin içine yıkanır ve oda sıcaklığına kadar soğuması beklenir.

2-3 damla ferroin indikatörü ilave edilerek, standart demir amonyum çözeltisi ile renk mavi-yeşilden kiremit kırmızısı rengine dönene kadar titre edilir. Bu titrasyon sırasında renk değişiminin safhaları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. KOİ Deneyinde Renk Değişimi Safhaları

#### Sonucun Hesaplanması

$$KOİ = \frac{(a - b) \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V_{\text{örnek}}}$$

a : Şahidin DAS sarfiyatı (mL)

b : Numunenin DAS sarfiyatı (mL)

N : DAS çözeltisinin normalitesi

(<http://www.ins.itu.edu.tr/cevre/labor/dokuman.htm>; Eaton ve diğ.,1995; Sawyer ve diğ.,1994).

### 3.3.2. Bulanıklık

Bulanıklık askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Bulanıklığın nedeni; suyun içindeki askıda maddelerden, gözle görünecek büyük tortulara kadar her şey olabilir. Kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür vb. gibi maddeler bulanıklığa neden olurlar. Ölçüm birimi NTU (Nephelometric Turbidity Units) olarak ölçülmüştür. Ölçüm cihazı (0-1000NTU) arasında ölçüm yapmaktadır. Markası *Scientific Micro 100*'dür. 100 mL'lik küvete ölçüm yapılacak olan numune konulur ve kuvet cihazın bölmesine yerleştirilerek numunenin bulanıklığı ölçülmektedir.

### 3.3.3. İletkenlik

Suyun elektrik iletme yeteneğidir. Su içinde çözülmüş mineral miktarı arttıkça, suyun iletkenliği artar. Ölçü birimi mikroSiemens/cm'dir. Suda iletkenlik, iletkenlik ölçerle ölçülür. Ölçümü cihazın probunun numune içine daldırılması ile ölçülmektedir. Ölçüm cihazı (0-2000 $\mu$ S) arasında ölçüm yapmaktadır. Markası *HI 8633*'dür.

### 3.3.4. Sıcaklık

Sıcaklık, bir cismin sıcaklığının ya da soğukluğunun bir ölçüsüdür. Sıcaklık doğrudan ölçülebilir. Ölçümünde termometre denilen cihaz kullanılabilir. Sıcaklık: noktasal bir özelliktir. Laboratuvar şartlarında atıksuyun sıcaklığını ölçmek için termometre kullanılmıştır. Birimi  $^{\circ}$ C dir. Ölçümü cihazın probunun numune içine daldırılması ile ölçülmektedir. Cihazın markası *HI 8633*'dür.

### 3.3.5. Çözülmüş oksijen

Sudaki çözülmüş oksijen (ÇO., DO.) suda yaşayan bitkilerin fotosentez olayı sonucu verdikleri oksijen ve havadaki oksijenden gelir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü, havadaki oksijenin kısmi basıncı, suyun sıcaklığı ve suyun kapsamındaki minerallerin konsantrasyonuna bağlıdır. Çözülmüş oksijen, suda yaşayan

organizmalar ve balıklar için gereklidir. Oksijenin sudaki çözünürlüğü mg / L olarak ölçülmüştür. Ölçüm aralığı (0-19.9 mg/L) arasındadır. Markası *HACH HQ 30 d'* dir.

### 3.3.6. pH

pH bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir. 0'dan 14'e kadar olan bir skalada ölçülür. pH teriminde p; eksi logaritmanın matematiksel sembolünden, ve H ise hidrojenin kimyasal formülünden türetilmişlerdir. pH tanımı, hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması olarak verilebilir:  $pH = -\log[H^+]$  pH hidrojen iyonunun aktivitesi cinsinden bir asit veya bazın derecesini ifade etme yoluyla ihtiyaç duyulan niceliksel bilgiyi sağlar. Cihazın markası *HI 8314'* dür.

### 3.3.7. Renk

Renk, organik bileşiğin yapısında yeralan ve kromofor grup adı verilen grupların özelliklerine bağlı olarak görünür ışığın belli dalga boyundaki kısımlarını yutması ve geri kalan dalga boylarını yansıtması sonucunda göz tarafından görülen karakteristik şekilde tanımlanabilir. Kromofor grupların görünür ışığı oluşturan dalga boylarında yuttuğu kısımlara absorplanan renk, yansıttığı kısımlara ise komplementer renk adları verilir. Tablo 3.3'de absorplanan dalga boylarına göre yansıtılan (komplementer) renkler verilmiştir (Köseoğlu, 2004).

Tablo 3.3. Işık Absorpsiyonu ve Renk

Absorplanan Işık		Bileşiğin Rengi (Komplementer Renk)
400-440 nm	Menekşe	Sarı-Yeşil
440-480 nm	Mavi	Sarı
480-490 nm	Yeşil-Mavi	Turuncu
490-500 nm	Mavi-Yeşil	Kırmızı
500-560 nm	Yeşil	Eflatun
560-580 nm	Sarı-Yeşil	Menekşe
580-595 nm	Sarı	Mavi
595-605 nm	Turuncu	Yeşil-Mavi
605-750 nm	Kırmızı	Mavi-Yeşil

Renk, tekstil atıksularının en karakteristik parametresi ve en azından estetik ölçüler açısından en önemli kirleticilerinden birisidir. Koyu renkli sular, güneş ışınlarının geçişini engelleyerek fotosentez olayını yavaşlatıp, sudaki çözülmüş oksijen miktarını düşürdüğünden atıksuların renkli olarak deşarjı ekolojik dengenin bozulmasına ve canlıların ölümüne neden olurlar (Köseoğlu, 2004).

Spektrometrik metot da bir maddenin görüldüğü renginin komplementer rengindeki dalga boyu absorplanır ve spektrofotometre yardımıyla absorplanma miktarı tespit edilip renklilik miktarı hassas bir şekilde belirlenir. Spektrofotometrik metot, içme sularına, yüzeysel sulara, evsel ve endüstriyel atıksulara uygulanabilir (Köseoğlu, 2004).

Renk ölçümleri için, Avrupa Normu EN ISO 7887'ye göre belirlenen standartlar esas alınarak, RES (Renklilik Sayısı) parametresi uygulanmıştır. RES parametresinin birimi  $m^{-1}$  olarak verilmiştir. Absorbans değerinin RES sayısına dönüştürülmesi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Kıratlı, 2004).

$$\alpha = \left( \frac{A}{d} \right) \cdot f$$

$\alpha$  : Katı boyarmaddeden yansıyan veya bir çözültiden geçen ışığın şiddeti

A :  $\alpha$  dalga boyunda su ekstinksiyonu

d : Numunenin kalınlığı (küvet genişliği, nm)

f : Spektral absorpsiyon değerinin  $m^{-1}$  biriminden elde etmek için faktör (f=1000)

$$RES = 100 \cdot \left( \frac{El}{d} \right)$$

El: Ekstinksiyon (belirli dalga boyunda)

d: Su numunesi kalınlığı (cm)

### 3.4. Deneyleerde Kullanılan Diğer Araç Gereçler ve Cihazlar

Laboratuarda deneyler sırasında kullanılan belli başlı önemli cihazların dışında da bir çok cihaz, alet ve teçhizatta kullanılmıştır. Kullanılan araç-gereç ve cihazlar, karıştırıcı-mikser (0-1000 rpm) HEIDOLPH RZR 2021, Jartest karıştırıcı, imhoff



hunisi (1000 mL, hassas terazi SARTORIOUS, peristaltik pompalar, (0-1000 mL/dak.) MASTERFLEX, kül fırını, otomatik pipettir.

### 3.5. Mikrobiyolojik İnceleme

Bakteriyel popülasyon metabolik aktiviteyi etkilemektedir (Dabert ve diğ. 2002). Yapılan mikrobiyolojik incelemelerde kullanılan cihazın adı OLYMPUS BX51 DP 20 dir.

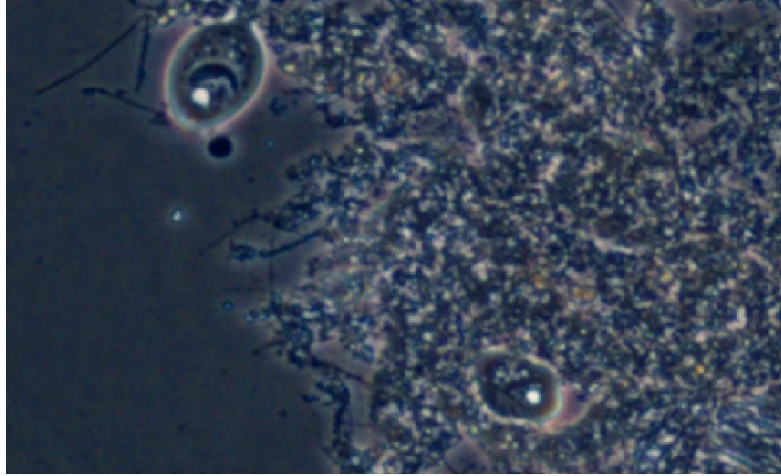
Mikrobiyolojik ve fizikokimyasal sonuçlar biyoreaktörün performansında etkin rol oynamaktadır. Ayrıca farklı işletme şartları reaktör performansında etkili rol oynamaktadır (Khelifi ve diğ., 2009)

Bakteriler ve enzimler atıksuda boya gideriminde etkin rol oynarlar (Mojca ve diğ., 2007; Pricelius ve diğ., 2007).

Aktif çamur sistemiyle tekstil atıksuyu arıtımının mekanizmasının iyi anlaşılabilmesi için mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve moleküler bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Khelifi ve diğ., 2009).

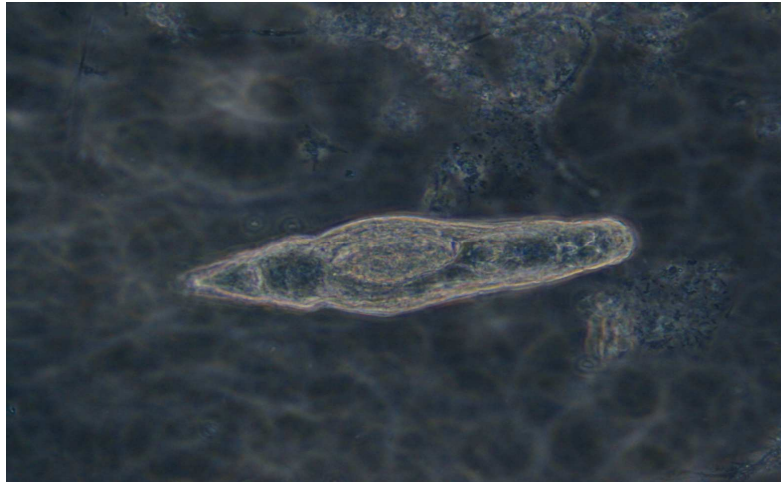
Yapılan mikrobiyolojik incelemelerde kullanılan mikroskop çeşitli özelliklere sahiptir. Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot ünitesinde kullanılan ham aktif çamur (10X) fotoğrafı Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Aktif çamurun flok yapısı çok sıkı olmadığı ve floklarda filamentli bakterilerdeki artış görülmektedir. Bu durum yüksek çamur hacim indeksi (1 g çamurun mL cinsinden kapladığı hacimdir) (ÇHİ, SVI, mL/g) ve yüksek yüklü aktif çamurda rastlanan bir durumdur (Eikelboom, 2000).



Şekil 3.11. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (10X) Fotoğrafi

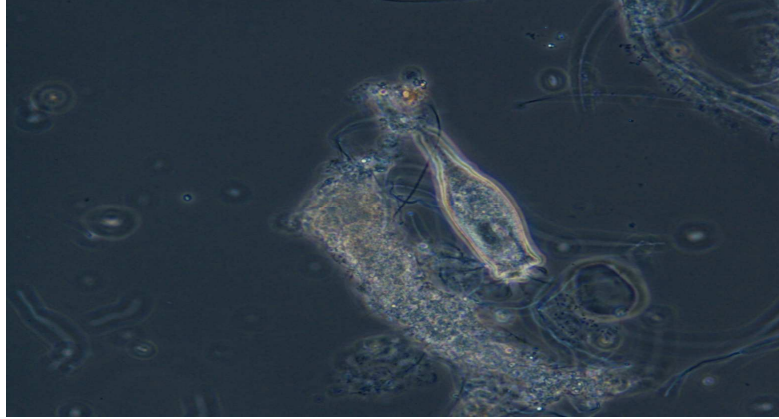
Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ham aktif çamur (40X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir fotoğrafı- Rotifer Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Aktif çamurda sık rastlanan bir mikroorganizma türü olan rotifer’dir.



Şekil 3.12. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (40X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafi- Rotifer

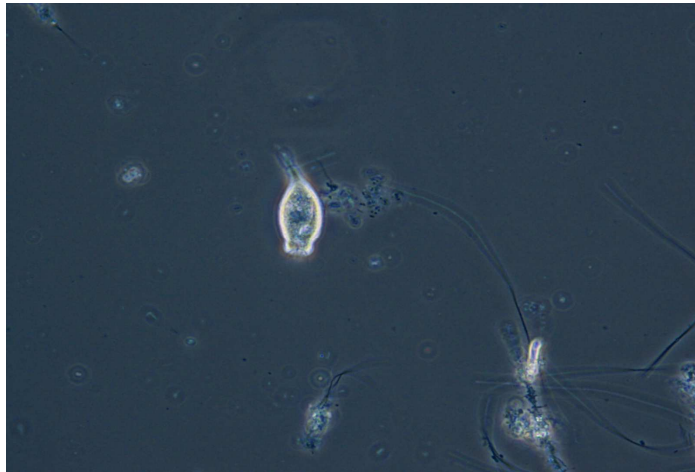
Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot ünitesinde kullanılan ham aktif çamur (40X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir fotoğrafı- Saplı Siliat Şekil 3.13’de gösterilmiştir. Aktif çamurda sık rastlanan bir tür olan Saplı Siliat (*Opercularia sp.*)’dir. *Opercularia sp.* çoğunlukla yüklü aktif çamur

sistemlerinde sıkça rastlanan protozoa'dır (Eikelboom, 2000). Ham çamurda yoğun olarak bu protozoa görülmüştür.



Şekil 3.13. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Ham Aktif Çamur (40X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafi- Saplı Siliat (*Opercularia Sp.*)

Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot ünitesinde kullanılan çamur karışırken (40X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir Fotoğraf- Saplı Siliat (*Opercularia sp.*) Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Aktif çamur laboratuar ortamında karışırken de yoğun olarak rastlanan bir tür Saplı Siliat (*Opercularia sp.*)'dir.

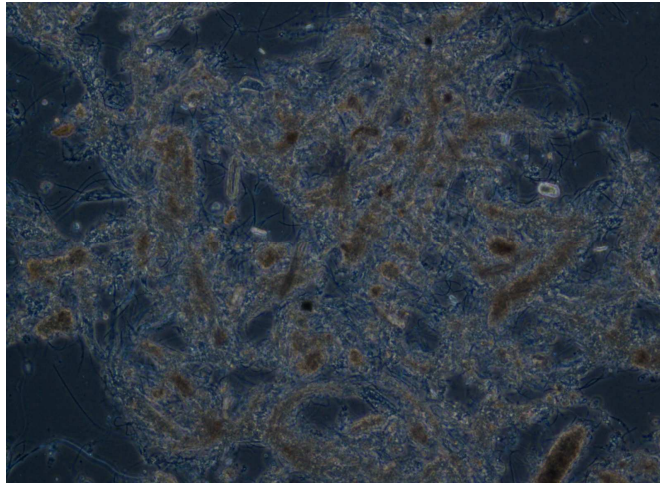


Şekil 3.14. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Çamur Karışırken (40X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafi- Saplı Siliat (*Opercularia Sp.*)

Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot

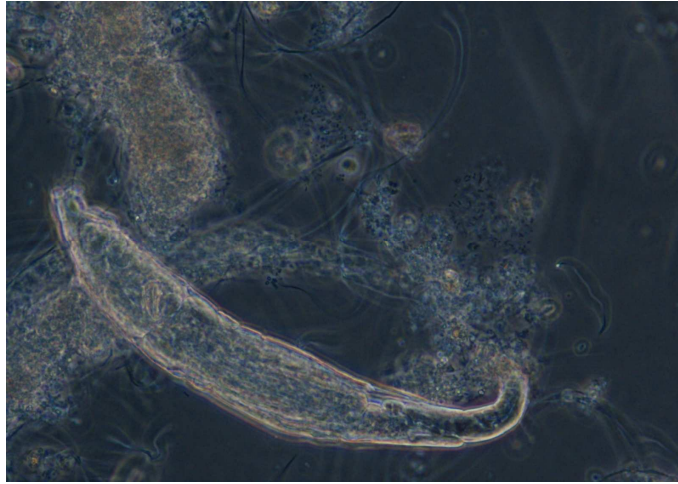
ünitesinde kullanılan aktif çamura 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilave edildiğinde (10X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir fotoğraf- Filamentli Bakteri Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

Flok yapısı çok sıkı değil ve filamentli bakteriler floklar arasından belirgin olarak gözleniyor. Aktif çamur içerisinde filamentli bakterilerin bulunuyor olması çamur hacim indeksi (ÇHİ, SVI, mL/g) değerinin yüksek olmasının önemli bir sebebidir (Eikelboom, 2000).



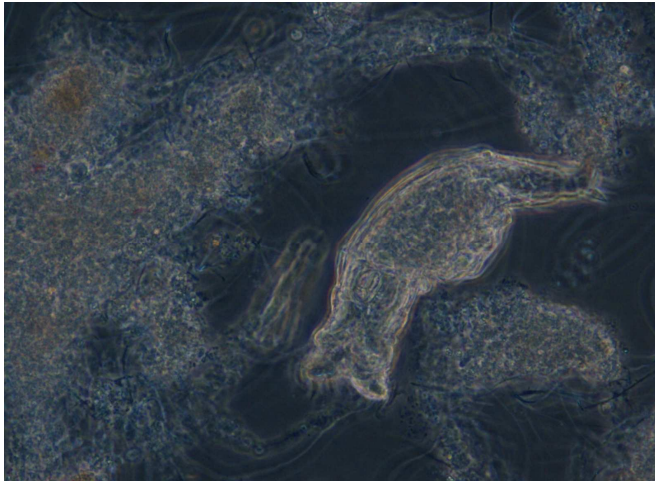
Şekil 3.15. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (10X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğraf- Filamentli Bakteri

Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot ünitesinde kullanılan aktif çamura 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilave edildiğinde (40X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir fotoğraf- Rotifer Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Aktif çamurda sık rastlanan bir mikroorganizma türü olan rotifer'dir.



Şekil 3.16. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (40X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğraf- Rotifer

Gerçek ölçekli tekstil fabrikasının arıtma tesisinin ardışık kesikli biyoreaktör ünitesinden karışım halinde alınan ve laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör pilot ünitesinde kullanılan aktif çamura 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilave edildiğinde (40X) mikroskobik ortamda çekilmiş bir fotoğrafı- Rotifer Şekil 3.17'de gösterilmiştir. Aktif çamurda sık rastlanan bir mikroorganizma türü olan rotifer'dir. 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti ve bentonit adsorbenti kullanılarak yapılan deneylerin her ikisinde de Opercularia sp. ve rotifer türleri yoğun olarak gözlenmiştir.



Şekil 3.17. Gerçek Ölçekli Tekstil Fabrikasının Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Ünitesinden Karışım Halinde Alınan Ve Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Pilot Ünitesinde Kullanılan Aktif Çamura 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlave Edildiğinde (40X) Mikroskobik Ortamda Çekilmiş Bir Fotoğrafı- Rotifer

Biyoreaktör performansı atıksu yükleme oranlarıyla ilişkili olup, atıksu yükleme oranı 0.37 g/L-gün'den 1.12 g/L-gün'e arttığında Kimyasal Oksijen İhtiyacı giderim verimi %85'den %30'a düşmüştür. Bu durum aynı zamanda bakterilerin aktivitesini azaltmıştır (Khelifi ve diğ. 2009).

Biyoreaktör performansı atıksu yükleme oranlarıyla ilişkili olup, atıksu yükleme oranı 0.37 g/L-gün'den 1.12 g/L-gün'e arttığında renk giderim verimi %90'dan %55'e düşmüştür. Bu durum tür çeşitliliğinin değişmesine sebep olmuştur ve aktiviteyi azaltmıştır. Tür çeşitliliğinin değişmesi ve aktivitenin azalması özellikle Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve renk giderimi üzerine etkili olmuştur. (Khelifi ve diğ. 2009).

İndigo boyası ihtiva eden tekstil atıksularının artırılması çok değişik bakteriyel popülasyonların olmasına ihtiyaç duymaktadır. Bakteriler üzerlerine aldıkları boyalardan dolayı inhibe olmamışlardır ve renk Gideriminde önemli rol oynamışlardır (Buitron ve diğ. 2004).

Daha uzun hidrolik bekleme (HRT) sürelerinde biyokütlenin miktar olarak daha fazla toksik madde ve renk giderebildiği görülmüştür (Khehra ve diğ. 2005).

Genel olarak hücre kompozisyonuna (ağırlıklı olarak protozoa-metazoa) bakıldığında ilave edilen 450<sup>0</sup>C'de aktiveleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ve bentonit (adsorbent)in etkisi olmadığı görülmüştür. Ham çamurla hücre kompozisyonu bakımından benzerlikleri olmaktadır. ÇHİ, SVI değerlerinin yüksek olması yüklü (F/M >0.5 kg BOİ<sub>5</sub>/kg UAKM-Gün) bir sistemin varlığını göstermektedir. Hem ham aktif çamurda hemde 450<sup>0</sup>C'de aktiveleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ve bentonit (adsorbent) ilavelide Opercularia sp. ve Filamentlerin olması da yüklü bir sistemin olduğunu göstermektedir (Eikelboom, 2000).

Deneyisel çalışmalar sırasında, çamur hacim indeksi (ÇHİ) değerleri ölçülmüştür. ÇHİ<sub>1950 mg KOİ/L</sub>=124 mL/g olarak bulunmuştur. Bu değer; Imhoff konisinde 45 dakikalık bekleme süresi sonunda aktif çamurun kapladığı hacim ÇH<sub>1950 mgKOİ/L</sub>=475 mL/L iken, aktif çamur biyokütle konsantrasyonu ölçümü sonucunda elde edilen

MLSS<sub>1950mgKOl/L</sub>=3830 mg/L oranından ve birim ayarlaması yapılması ile, çamur hacim indeksi ÇHI 124 mL/g değeri bulunmuştur. Aynı sistemden alınan farklı zamandaki diğer bir aktif çamur numunesi için ÇHI<sub>958mgKOl/L</sub>=125 mL/g olarak bulunmuştur. Bu değer; ÇH<sub>958mgKOl/L</sub>=450 mL/L iken MLSS<sub>958mgKOl/L</sub>=3598 mg/L oranından 125 mL/g değerine ulaşılmıştır. Çamur hacim indeksinin bulmak için yapılan iki farklı zamandaki çamur hacim indeksleri 124–125 mL/g ve ortalaması yaklaşık olarak 125 mL/g olarak tespit edilmiştir. Bu çamur çökelme özelliği kalitesi açısından 100–150 mL/g arasına düştüğünden dolayı orta karakteristikli çökelme özelliğine sahip bir çamur olarak değerlendirilebilir.

Mikrobiyolojik analizler (Bölüm 3.5) açısından da benzer karakteristikler gözlemlenmekte ve yorumlanmaktadır. Orta karakteristikli çökelmeye sahip bir aktif çamurunda, arıtma tesisindeki atıksu giderim parametrelerine etkisi olabileceği düşünülmelidir.

Fakat tez çalışması kapsamındaki laboratuvar ölçekli aktif çamurun kullanımında, yeni aktif çamur üretme ve adapte etme yerine, gerçek bir tekstil endüstrisi atıksuyundaki aktif çamurun alınarak kullanılması, bu nitelikli bir atıksuya alışık bir aktif çamur olması niteliği sebebiyle, tercih edilmiştir. Aktif çamur üzerinde bir ayarlanma yapılmamış ve orijinali kullanılmıştır.

Sürekli aktif çamur metoduna göre laboratuvar ölçekli sistemde kullanılan çamurun çamur yaşı ( $\theta_c$ ) yaklaşık 18 gün civarında hesaplanmıştır. Çamur yaşının hesabında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \cdot \frac{k \cdot S}{K_s + S} - b \quad (3.1)$$

Daha uzun hidrolik bekleme (HRT) sürelerinde biyokütlenin miktar olarak daha fazla toksik madde ve renk giderebildiği görülmüştür (Khehra ve diğ. 2005).

Reaktör performanslarının azalmasında yüksek konsantrasyonlu KOİ ve rengin bakteriler ve biyokütle üzerinde inhibisyon etkisi oluşabilmektedir. Bu nedenle

atıksudaki yüksek KOİ ve renk konsantrasyonlarının biyoreaktör performansında azaltıcı etkisi olmuştur (Khehra ve diğ. 2005).

Kesikli aktif çamur metoduna göre geri devirsiz sistemde  $\theta_C = \theta_H$  olduğundan  $\theta_H = 4$  saat = 0.167 gündür. Gerçek tesise ayda bir (1/30) çamur çekildiğinden  $0.167 \times 30 = 5.01$  gün olarak elde edilmektedir.

### 3.6. Adsorbentler

#### 3.6.1. Aktif karbon

Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar arasında çevre kirliliğini kontrol amacıyla, şu anda kullanılan adsorbanların en önemlisi, yüksek gözenekliliğe sahip aktif karbonlardır. Ticari olarak aktif karbonlar, odun, turba, linyit, kömür, mangal kömürü, kemik, hindistan cevizi kabuğu, pirinç kabuğu, fındikkabuğu ve yağ ürünlerinden elde edilen karbonların çeşitli işlemlerden geçirilerek aktive edilmesiyle elde edilirler (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>).

Aktif karbon, büyük kristal formu ve oldukça geniş iç gözenek yapısı ile karbonlu adsorbanlar ailesini tanımlamada kullanılan genel bir terimdir. Aktif karbonlar, insan sağlığına zararsız, kullanışlı ürünler olup, oldukça yüksek bir gözenekliliğe ve iç yüzey alanına sahiptirler. Aktif karbonlar, çözeltilerdeki molekül ve iyonları gözenekleri vasıtasıyla iç yüzeylerine doğru çekebilirler ve bu yüzden adsorban olarak adlandırılırlar (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>).

Aktif karbonun iç yüzeyi (aktifleştirilmiş yüzey) çoğunlukla BET yüzeyi olarak ( $m^2/g$ ) ifade edilir. Yüzey alanı azot ( $N_2$ ) gazı kullanılarak ölçülür. Su arıtımında kullanılan aktif karbon taneciklerinin iç yüzey alanının yaklaşık  $1000 m^2/g$  olması istenmektedir. Kirlilik oluşturan maddeler, aktif karbonun yüzeyinde tutulacağından, yüzey alanının büyüklüğü kirliliklerin giderilmesinde oldukça etkili bir faktördür. Prensip olarak, yüzey alanı ne kadar büyükse, adsorpsiyon merkezlerinin sayısının da o kadar büyük olduğu düşünülür. Literatürde bulunan aktif karbonun yüzey alanı ve gözenek sistemi ile ilgili sayısal değerler Tablo 3.4'de verilmiştir



(<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>). Deneylerde kullanılan aktif karbon Şekil 3.18'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Aktif Karbonun Yüzey Alanı Ve Gözenek Sistemi İle İlgili Sayısal Değerler

Yüzey alanı:	400-1600 m <sup>2</sup> /g (BET N <sub>2</sub> )
Gözenek hacmi:	>30 m <sup>3</sup> /100g
Gözenek genişliği:	0,3 nm-1000 nm



Şekil 3.18. Deneylerde Kullanılan Aktif Karbon

### 3.6.2. Bentonit

Başlangıçta Wyoming'de (USA) Ford - Benton yakınlarında bulunmuştur. Kolloidal özellik gösteren, plastisitesi yüksek olan bir kil çeşididir. Amerika'da Bentonit adı altında tanınmıştır. Daha sonra Fransa'nın Montmorillon bölgesinde de aynı kil bulunduğundan bu kil mineraline Montmorillonit adı verilmiştir. Bentonitle birlikte kuvars, mika, feldspat, pirit ve diğer bazı mineraller bulunur. Kil mineralinin bir çeşidi olan bentonitin genel kimyasal formülü; (Na,Ca) (Al,Mg) 6(Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>) 3(OH) 6 .n H<sub>2</sub>O'dur.

Kimyasal özelliklerine göre başlıca iki gruba ayrılır: Sodyum Bentoniti: Genelde ağırlıklı olarak sondaj bentoniti ve döküm bentoniti şeklinde işlenir ve kullanılır.

Kalsiyum Bentoniti: Özellikle ağartma toprağı olarak işlenir ve kullanılır ([www.kimyaevi.org](http://www.kimyaevi.org)). Deneylerde kullanılan bentonitin genel özellikleri Ek'de verilmiştir. Menşei Reşadiye/Tokat olan bentonitin T.P.A.O.'nun katkısız bentonit TS 977 TİP 2 Teknik Şartnamesine uygun olduğu görülmektedir. Ürünler üretici

firmanın stoklarından alınıp, uluslararası standartlara göre hazırlanmış ve test edilmiştir. Tablo 3.5’de yapılan test sonuçlarına ait değerler elde edilmiştir.

Bentonit ağırlıklı olarak montmorillonit, 2:1 kil minerallerinin bir çeşit mineral grubu içindeki en genel minerallerden biridir. Aynı şekilde olan yerdeğiştirme yüzünden bentonit negatif yüklüdür. Sulu solüsyonlarında sülfonik fonksiyonel gruplarındaki boyalar gibi anyonik boyalarda negatif anyonlara ayrışmaktadırlar (Qiao ve diğ., 2009).

Tablo 3.5. Deneylerde Kullanılan Bentonite Ait Test Sonuçları (Karakaya Bentonit, 2008)

<b>Kimyasal Analiz</b>	<b>%</b>	<b>Fiziksel Özellikler</b>	
SiO <sub>2</sub>	61.28	Nem (%)	8.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.79	Elek Analizi (200 mesh) %	1.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.01	Viskozite 600 rpm’ de	46
CaO	4.54	Plastik Viskozite (PV)	15.6
Na <sub>2</sub> O	2.70	YP(Yield Point/plastic viscosity)	0.4
MgO	2.10	Filtrasyon Hacmi	11.2
K <sub>2</sub> O	1.24		

Deneylerde kullanılan bentonit Şekil 3.19’da gösterilmiştir. Bu bentonit Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş. tarafından temin edilmiştir.



Şekil 3.19. Deneylerde Kullanılan Bentonit

### 3.6.3. Aktif alümina

Endüstriyel tesislerde, özellikle dinamik adsorbsiyon koşullarında kurutucu olarak kullanılan üstün yüzey özelliklerine sahip absorbandır. Kompresörlerde, likit sıvılar içerisinde rutubet almada ve kuru hava sistemlerinde uzun süre güvenle kullanılmaktadır.

Çok düşük dew-point noktalarında verimli kurutma sağlamaktadır. Her türlü sıvı ve gazın kurutulmasında kullanılabilen ürünün aynı zamanda karbondioksit, ağır metal,

sülfürler ve hidrokarbonlar gibi safsızlıkların tutulmasında yüksek performans gösterir (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>). Deneyleerde kullanılan aktif alümina Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Deneyleerde Kullanılan Aktif Alümina

### 3.6.4. Zeolit

Zeolit kelime olarak kaynayan taş anlamında olup, 1756 yılında İsveçli minerolog Fredrich Cronstedt tarafından bulunmuştur. Temel yapısını  $\text{SiO}_4$  ve/veya  $\text{AlO}_4$  oluşturur. Bu yapının en önemli özelliği, büyük oranda boşluk ve kanal içermesi; bu boşluk ve kanallarda yer alan suyu yüksek sıcaklıklarda yapı bozulmadan kaybedebilmesi ve yapı içerisinde gevşek bağlı olarak değiştirilebilir özellikte bulunan katyonlara sahip olmasıdır. Bu nedenlerle adsorpsiyon, iyon değişimi ve dehidrasyon uygulamalarında başarıyla kullanılır. Deneyleerde kullanılan zeolit Şekil 3.21’de gösterilmiştir (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>).



Şekil 3.21. Deneyleerde Kullanılan Zeolit

### 3.6.5. Dolomit

Dolomit, kalsiyum ve magnezyumlu karbonat birleşiminde bir mineraldir. Kırılgan bir mineral olup özgül ağırlığı  $2.8 \text{ g/cm}^3$ . Isıtıldığında köpürerek çözüldüğü için kalsitten ayrılır. Kimyasal bileşimi:  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  dir.

Dolomit hem bir minerali  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  hem de bu minerali ana bileşen olarak içeren kayacı tanımlarda kullanılan bir sözcüktür. Dolomit minerallerinin oluşturduğu

kayaçlara Dolotaşı adı da verilmektedir. Bu kayaçların oluşumu dolomitlerin doğrudan kimyasal bir çökelme ile değil kireçtaşlarının magnezyum bakımından zengin suların etkisi altında oluştuğu bilinmektedir. Aşırı buharlaşmanın olduğu denizden bir yükselti ile ayrılmış yarı kapalı ortamlarda suyun Magnezyum bakımından giderek zenginleşmesi, tabana çökmüş kalsitten ibaret çamurun bu yoğun çözeltilerle etkileşmeye girerek dolomitleşmesi mümkün olabilir. Petrolün hazne kayacı özelliği göstermesinden dolayı dolomitler jeoloji' de büyük önem taşımaktadır (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>). Deneyleerde kullanılan dolomit Şekil 3.22'de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Deneyleerde Kullanılan Dolomit

### 3.6.6. Solüsyon(ULK-DEC)

ULK-DEC endüstriyel tekstildeki atık suları renksizleştirmek için hazırlanmış organik poliamidik bir üründür. Deneyleerde kullanılan ULK-DEC ürününe ait test sonuçları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Hızlandırılmış bir etki alabilmek için, pıhtı arıtımının akış yönüne doğru veya daha önceden de var olan pullanmış emici etkisinin tesirini sömürerek doğrudan biyolojik veya sedimantasyon tankının içine ürünü enjekte edilmektedir.

Tekstil ve benzeri sanayii kuruluşlarının atık su arıtma tesislerinin dere, nehir ve diğer alıcı ortamlarına deşarj ettikleri atık suların arıtılmış olmasına rağmen alıcı ortamları renkleri itibari ile kirlettiği ve bu suların tarımda sulama gibi birçok alanda kullanılmasını engellediği bilinmektedir.

Tablo 3.6. Deneylerde Kullanılan ULK-DEC Ürününe Ait Test Sonuçları

<b>Kimyasal Analiz ve Fiziksel Özellikler</b>	
Dış Görünüş	Şeffaf Sıvı
Yük Durumu	Katyonik
% 1 lik Solüsyonda Dış Görünüş	Berrak
% 1 lik Solüsyonda pH	4-5
Kimyasal Yapısı	Polyamidik Polimer
Depolama	İyi (+1 – +60°C)

Atık su içindeki boyar maddeler askıdaki katılar ve fenol suyun oksijen almasını engellemekte canlıların yaşamasını engellemektedir. Bu olumsuzlukları gidermenin çeşitli yöntemleri vardır. Bunlar sırasıyla; biyolojik arıtma tesislerine fiziksel ve kimyasal arıtma tesisleri ilave edilerek, absorpsiyon filtreleri (aktif karbon filtreleri) ve kimyasal arıtma ilavesi ile, ters ozmos tesisi kurarak, membran diyaliz sistemleri kurarak veya renk giderme için kimyasal renk giderici kullanarak şeklindedir. Deneylerde kullanılan solüsyon (ULK-DEC) Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Deneylerde Kullanılan Solüsyon (ULK-DEC)

(Ülkem Kimya ve Tekstil Dış Tic. Ltd. Şti. tarafından sağlanan kimyasal solüsyon. [http://www.ulkemkimya.com.tr/tr/www/default.asp?sayfa=hizmetler&hz\\_id=15](http://www.ulkemkimya.com.tr/tr/www/default.asp?sayfa=hizmetler&hz_id=15), Kasım 2008.)

### 3.7. Biyosorbentler

Gerçek ölçekli tesisin arıtma tesisinin filtre pres çıkışından alınan atık çamur numunesi 105 °C de etüvde 24 saat kurutulmuş ve 250 – 355 – 500 mikron (µm)luk eleklerden geçirilmiştir. Çalışmada 250 – 355 mikron (µm)luk eleklerinin arasında kalan dane boyutu tercih edilmiştir (Teichgraber, B., Screff, D., Ekkerlein, C., Wilderer, P.A., 2001).

### **3.7.1. %1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru**

250 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 15 g'lık atık çamur 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 24 saat muamele edilmiştir. Daha sonra bu atık çamur numunesi 0.45  $\mu\text{m}$  lik membran filtreden geçirilmiş ve distile su ile yıkanarak (1 saat) tekrar süzölmüştür. Kimyasal işlemde geçirilen bu toz atık çamurlar tekrar etüvde 105 °C de 24 saat etüvde kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiştir.

### **3.7.2. %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru**

250 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 15 g'lık atık çamur 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 24 saat muamele edilmiştir. Daha sonra bu atık çamur numunesi 0.45  $\mu\text{m}$ 'lik membran filtreden geçirilmiş ve distile su ile yıkanarak (1 saat) tekrar süzölmüştür. Kimyasal işlemde geçirilen bu toz atık çamurlar tekrar etüvde 105 °C de 24 saat etüvde kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiştir.

### **3.7.3. %1'lik formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru**

250 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 15 g'lık atık çamur 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 24 saat muamele edilmiştir. Daha sonra bu atık çamur numunesi 0.45  $\mu\text{m}$ 'lik membran filtreden geçirilmiş ve distile su ile yıkanarak (1 saat) tekrar süzölmüştür. Kimyasal işlemde geçirilen bu toz atık çamurlar tekrar etüvde 105 °C de 24 saat etüvde kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiştir.

### **3.7.4. %1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru**

250 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 15 g'lık atık çamur 100 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 24 saat muamele edilmiştir. Daha sonra bu atık çamur numunesi 0.45  $\mu\text{m}$ 'lik membran filtreden geçirilmiş ve distile su ile yıkanarak (1 saat) tekrar süzölmüştür. Kimyasal işlemde geçirilen bu toz atık çamurlar tekrar etüvde 105 °C de 24 saat etüvde

kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiştir.

### **3.7.5. 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru**

500 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 50 g lık toz atık çamurlar etüvde 450 <sup>0</sup>C de 5 saat kül fırınında kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmesi gibi benzer işlemler yapılmıştır (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006). Deneylerde kullanılan 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Deneylerde Kullanılan 450<sup>0</sup>C de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru (Biyosorbent)

### **3.7.6. 600<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru**

500 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 50 g lık toz atık çamurlar etüvde 600 <sup>0</sup>C de 5 saat kül fırınında kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmesi gibi benzer işlemler yapılmıştır (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006).

## BÖLÜM 4. LABORATUAR ÖLÇEKLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

### 4.1. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökelme Süresi ( $t_S$ )'nin Tespit Edilmesi

Laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) de öncelikli olarak yapılması gereken işlem reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökelme süresi ( $t_S$ )'nin tespit edilmesi olmuştur. Bu amaçla belirli aralıklarla seçilen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerine karşılık sabit 90 dakika çökelme süresi ( $t_S$ )'nin sonunda çalışma koşulları da gözönünde tutularak KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri tespit edilmiştir.

#### 4.1.1. Birinci deneme çalışmaları

Birinci deneme çalışması için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi ve laboratuardaki çalışma şartları Tablo 4.1' de özetlenmiştir. Laboratuar ölçekli pilot tesiste reaksiyon süresinin belirlenmesi için yapılan birinci denemenin sonuçları (çökelme süresi (sabit) 90 dakika) Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri

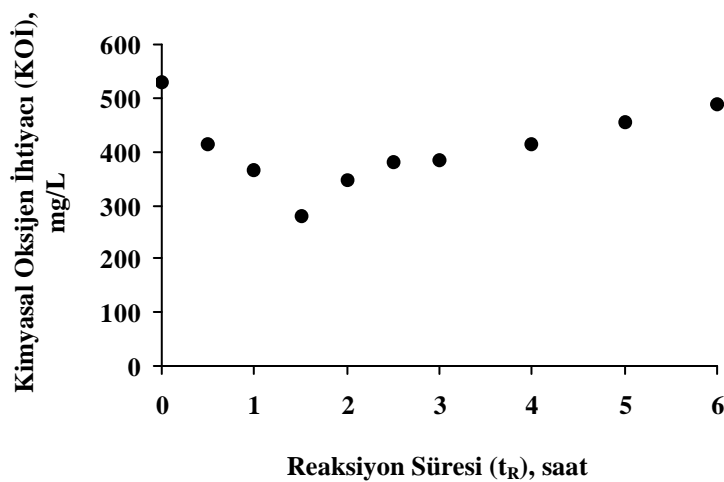
Atıksu Numunesinin Karakteristikleri	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	16.4
Ortalama Ham Atıksu İletkenliği, mS/cm	4.3
Ham Atıksuyun KOİ si, mg/L	531
Ham Atıksuyun pH sı	7.39



Tablo 4.2. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Çökeltme Süresi (sabit) 1.5 saat)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi, %	pH
0.5	412	22.4	7.7
1	365	31.3	7.59
1.5	280	47.3	7.67
2	346	34.8	7.89
2.5	380	28.4	7.68
3	385	27.5	8.26
4	412	22.4	8.36
5	456	14.1	8.11
6	490	7.7	8.5

Farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. KOİ değerleri, 6 saat boyunca belirli aralıklarda alınan numunede 1.5 saatlik reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve 1.5 saatlik çökeltme süresi ( $t_S$ ) sonunda alınan numunede en düşük değere ulaştığı görülmüştür. En düşük değerde verimin ancak %47 civarında olduğu Tablo 4.2’de verilmiştir.



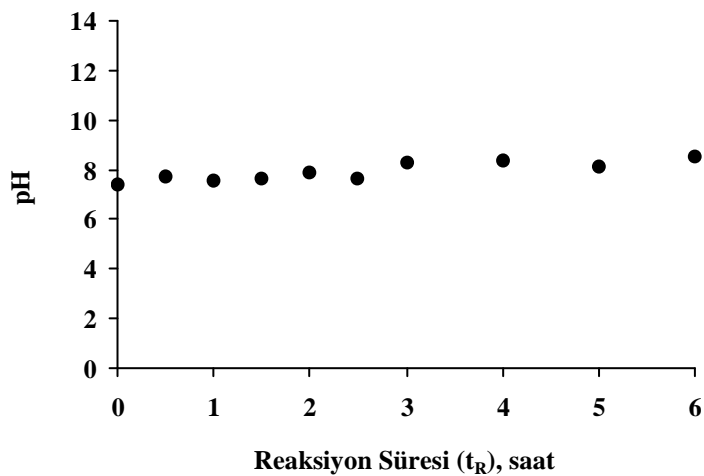
Şekil 4.1. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)’den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

Biyoreaktör performansı atıksu yükleme oranlarıyla ilişkili olup, atıksu yükleme oranı 0.37 g/L-gün’den 1.12 g/L-gün’e arttığında Kimyasal Oksijen İhtiyacı giderim verimi %85’den %30’a düşmüştür. Bu durum aynı zamanda tür çeşitliliğinin değişmesi ve aktivitenin azalması durumu meydana gelmiştir (Khelifi ve diğ. 2009).

Bir diğler çalışmada  $6-15 \text{ kgKOİ/m}^3\text{-gün}$  organik yükleme aralığında granüli bozucu bir etki oluşturmadan başarılı bir arıtım gerçekteşmemiştir (Moy ve diğ., 2002).

Ardışık Kesikli Reaktörde gerçekteşen biyolojik reaksiyonlar birinci derece kinetik denklemlerle ifade edilebilse de, farklı ve kendine özgün bir mekanizması vardır. Birinci derece denklem kinetiğinden kesikli reaktör (doldurma-arıtma-boşaltma) şeklinde çalışmakta iken AKR kinetiğini (doldurma-arıtma-çökeltme-boşaltma) şeklinde çalışmaktadır. Bu nedenle Ardışık Kesikli Reaktörde gerçekteşen prosesler arasında girişimler görülebilmektedir. Örneğın biyolojik giderme işlemi çökeltme işlemi sırasında da devam etmektedir. Bu nedenle bu prosesler standart kinetik denklemlerle çok iyi bir şekilde temsil edilememektedirler. Ardışık Kesikli Reaktörlerin çalışmasındaki süreklilik nedeniyle aynı başlangıç koşullarının elde edilmesi zorluğuna, çamur şişmesi ve kabarması gibi problemler bu reaktörlerde gerçekteşen reaksiyonların standart yaklaşımlarla değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Yapılan deneyler açasından bakıldığında yukarıda belirtilen operasyonel zorluklar deneysel çalışmalarda da görüldüğü için deneyler süresinde çıkış KOİ'si salınımlar göstermiştir.

Farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri şekil 4.2'de gösterilmiştir. pH değerlerinde 6 saat boyunca belirli aralıklarda alınan tüm numunelerde belirgin bir değerim gözlemlenmemiştir. pH değerlerinin 7.5 ile 8.5 arasında bir değerimi söz konusu olmuştur.



şekil 4.2. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

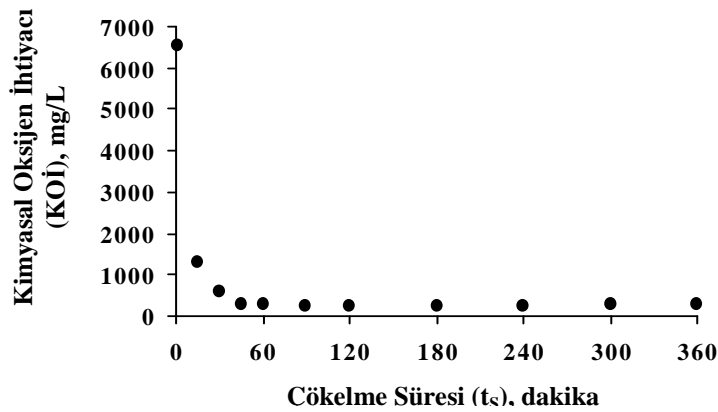
Farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış parametre değerleri (Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) (sabit) 1.5 saat) Tablo 4.3'de verilmiştir. Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) içindeki aktif çamurdan alınan 1000 mL'lik numune Imhoff Hunisine konularak 45 dakika bekletildiğinde 450 mL/L değeri okunmuştur. Alınan aynı numunede Askıda Katı Madde (AKM, MLSS) 2988 mg/L değeri bulunmuştur. Bu değerlerden faydalanılarak Çamur Hacim İndeksi (SVI,  $\text{CHİ}$ ) 151 mL/g olarak bulunmuştur. Bu değerlerin bize işaret ettiği nokta çamur miktarının istenen aralık olan 100-125 mL/g den fazla olması sebebiyle çamur çekilmesine karar verilmiştir.

Çökeltme süresi, mikrobiyal topluluk üzerindeki basıncı etkilemektedir. Süre uzadıkça basınç artmaktadır. Bunun için kısa sürede hızlı çökebilen mikrobiyal topluluk tercih sebebi olmaktadır (Qin ve diğ., 2004).

Tablo 4.3. Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat)

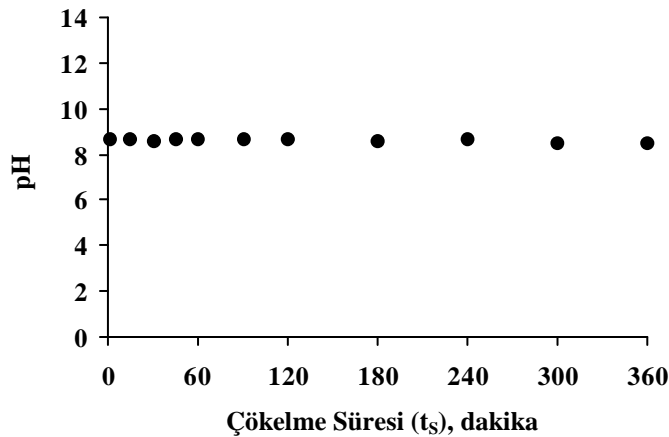
Çökeltme Süresi (dakika)	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	6502	1310	636	328	300	246	255	283	283	289	292
Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderme Verimi, (%)	-	-	-	38.2	43.5	53.6	51.9	46.7	46.7	45.5	45
pH	8.70	8.69	8.60	8.65	8.64	8.65	8.64	8.59	8.68	8.50	8.52
Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L)	4020	870	130	105	80	45	30	40	45	30	50

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin sonunda ancak 45 dakikalık çökeltme süresi ( $t_S$ )'nde giriş atıksuyunun KOİ değerinden daha düşük bir KOİ değeri olan 328 mg/L değerine ulaşılmıştır.



Şekil 4.3. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Sonunda Farklı Çökeltme Süre ( $t_S$ )'lerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

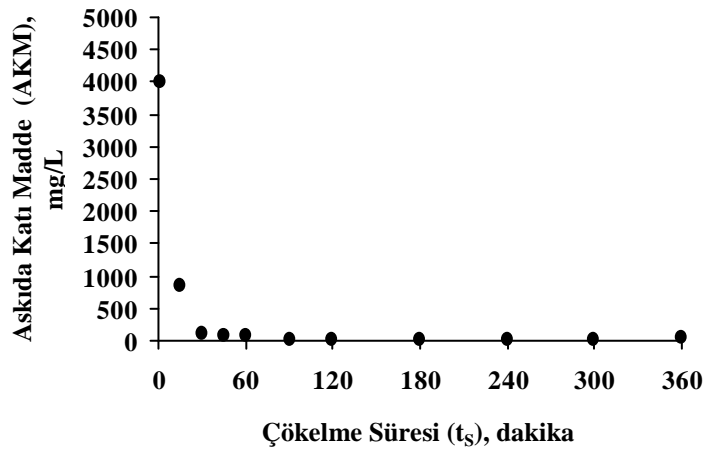
Ayrıca reaktörün pH'sının ve sıcaklığında etkili olduğu gözlemlenmiştir (Liu ve Tay, 2004).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu aerobik atıksu arıtma sistemlerinin işletilmesinde önemli bir parametredir. Aerobik granüller ardışık kesikli reaktör içerisinde en az 0.7-1 mg/L'de tutulmalıdır (Peng ve diğ., 1999).

Diğer bir çalışmada, aerobik granüllerin çözülmüş oksijen konsantrasyonu 2 mg/L'den daha fazla olan ortamlarda daha başarılı olduğu görülmüştür (Tay ve diğ., 2002; Yang ve diğ., Baskıda).

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökelme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L) değerleri Şekil 4.5 'de gösterilmiştir.

Askıda katı madde değerleri de aynı KOİ değerleri gibi sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin ardından 45-60 dakika çökelme süresi ( $t_S$ )'nin sonunda makul değerler seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 4.5. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L) Değerleri

#### 4.1.2. İkinci deneme çalışmaları

İkinci deneme çalışmaları için gerçek tesise ait arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktöre girişinden alınan atıksu numunesinin karakterizasyonu Tablo 4.4'de verilmiştir. Laboratuvar ölçekli pilot tesiste reaksiyon süresinin belirlenmesi için yapılan ikinci deneme çalışmalarının sonuçları (çökelme süresi (sabit) 90 dakika) Tablo 4.5'de verilmiştir

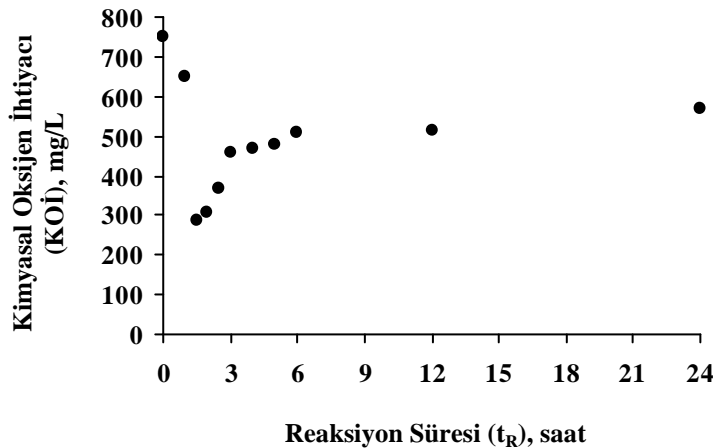
Tablo 4.4. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

Atıksu Numunesinin Karakterizasyonları	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	14.6
Ortalama Ham Atıksu İletkenliği, mS/cm	5.1
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	748
Ham Atıksuyun pH Değeri	9.33
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	4.78
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	142

Tablo 4.5. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri [Çökeltme Süresi (sabit) 90 dakika]

Reaksiyon Süresi (t <sub>R</sub> ) (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi(%)	pH	Bulanıklık (NTU)
1	648	13.4	8.08	368
1.5	288	61.5	8.05	264
2	306	59.1	8.04	249
2.5	369	50.7	8.1	193
3	459	38.6	8.02	157
4	468	37.4	8.21	149
5	477	36.2	8.28	128
6	506	32.4	8.44	114
12	513	31.4	8.26	264
24	568	24.1	8.34	245

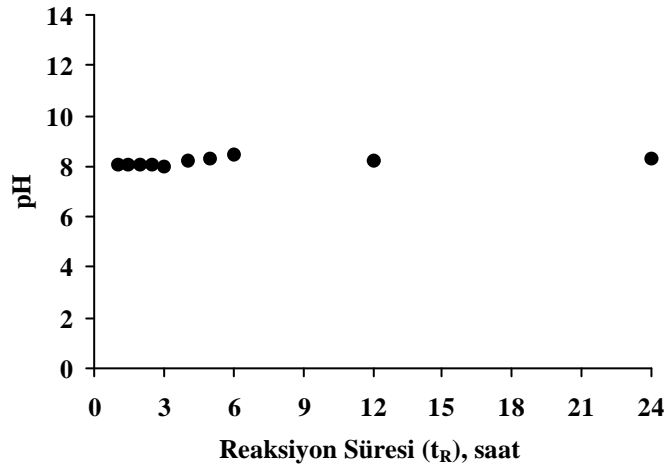
Farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

24 saate varan farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerine karşılık sabit 1.5 saatlik çökeltme süresi ( $t_S$ ) sonunda en düşük KOİ değeri 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) için elde edilmiştir.

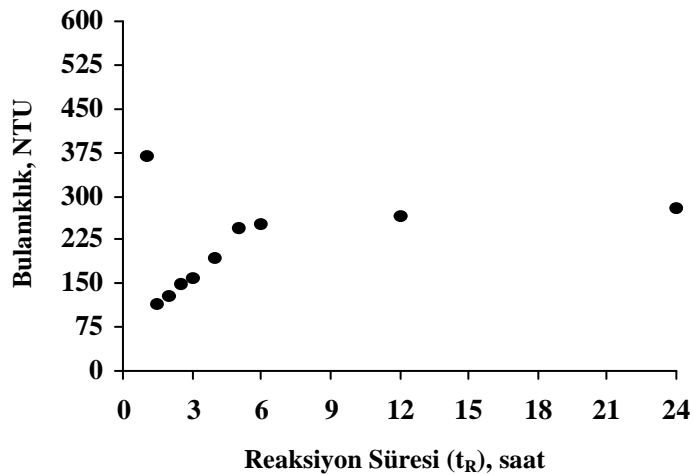
Farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

pH değerleri 8 ile 8.45 arasındadır. Belirgin bir salınım 24 saat boyunca olmamıştır.

Farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış bulanıklık (NTU) değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri

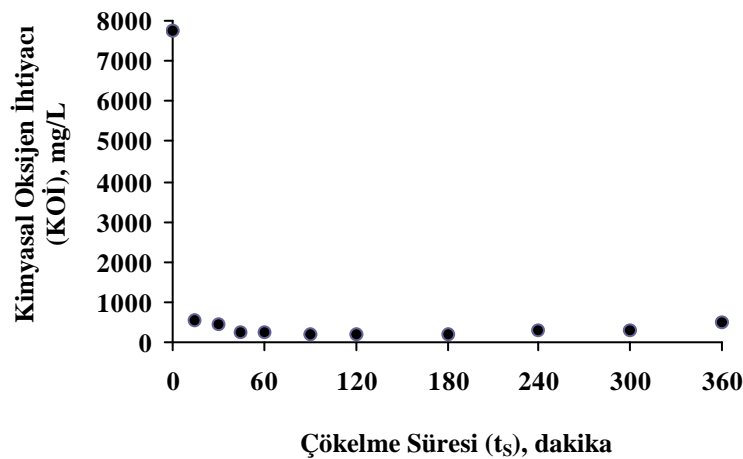
24 saate varan farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerine karşılık sabit 1.5 saatlik çökeltme süresi ( $t_S$ ) sonunda bulanık değerleri de ilk alınan numunelerde aynı AKM değerleri gibi yüksek sayılabilecek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir.

Farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış parametre değerleri (Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat) Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri [Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat]

Çökeltme Süresi (dakika)	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	7746	549	459	270	234	198	207	216	279	306	514
Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderme Verimi, (%)	0	26.6	38.6	63.9	68.7	73.5	72.3	71.1	62.7	59.1	31.3
pH	8.43	8.39	8.32	8.32	8.25	8.34	8.36	8.27	8.32	8.37	8.30
Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L)	4790	240	170	160	130	130	90	80	80	80	60

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

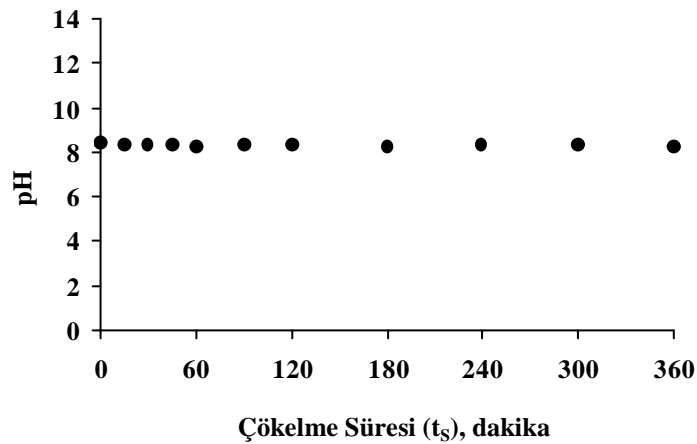


Şekil 4.9. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri



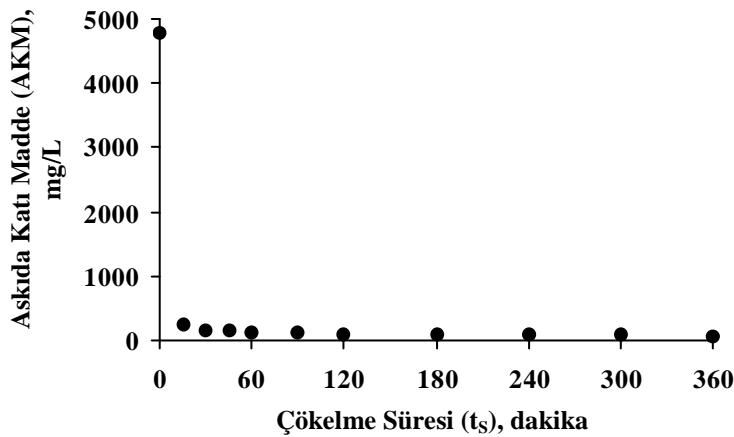
Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi( $t_R$ )nin sonunda ancak 15 dakikalık çökeltme süresi ( $t_S$ )'nde giriş atıksuyunun KOİ değerinden daha düşük bir KOİ değeri olan 549 mg/L değerine ulaşılmıştır.

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. pH değerleri 8.25 ile 8.45 arasında değişmiş olup önemli bir salınım yapmamıştır.



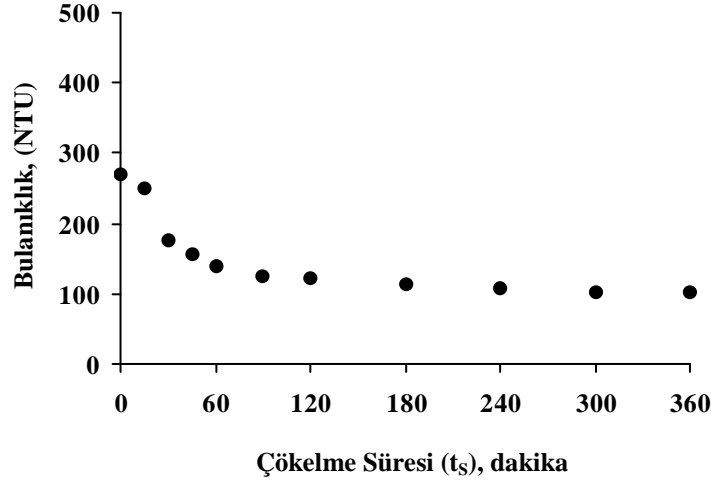
Şekil 4.10. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış AKM (Askıda Katı Madde)(mg/L) değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış AKM (Askıda Katı Madde)(mg/L) Değerleri

Sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış bulanıklık (NTU) değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri

İkinci deneme çalışmasında, sabit 1.5 saat reaksiyon süresinin ardından farklı çökeltme sürelerinde bulanıklık değerleri birinci deneme sonucu ile kıyaslandığında biraz daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Tam karışimli sürekli akımlı bir reaktörde hidrolik bekleme süresinin (HRT) düşük olması biyolojik parçalanmayı düşürmüştü ve renk gideriminde biyolojik aktivitede sınırlandırıcı rol oynamıştır (Khelifi ve diğ., 2008)

#### 4.2. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökeltme Süresi ( $t_S$ )'ne Nütrientin Etkisi

Gerçek tesiste uygulanan nütrient (üre) (% 46 N) ilavesi yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla nütrient (üre) (% 46 N)'in dozunun saptanması gerekmektedir. Bu amaçla bir seri deney yapılmıştır. Bu deneyler sırasında iki farklı ham atıksu ile yapılan deneyler sırasında öngörülen reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin 1,5 saat ve yine öngörülen çökeltme süresi ( $t_S$ )'nin 1.5 saat olarak uygulanması gerektiğine daha önce yapılan birinci deneme ve ikinci deneme çalışmalarından elde edilen sonuçlardan karar verilmiştir.

Nütrient etkisinin tespit edilmesi için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktör girişinden alınan atıksu numunesi ve laboratuardaki çalışma şartları Tablo 4.7’de özetlenmiştir.

Nütrient etkisinin tespit edilmesi için laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)’de elde edilen sonuçlar (Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )’nin 1.5 saat - sabit çökelme süresi ( $t_S$ )’nin 1.5 saat) Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Nütrient (Üre) Etkisinin Tespit Edilmesi İçin Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

<b>Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu</b>	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuvar Ortamında), °C	21.9
Ortalama Ham Atıksu İletkenliği, mS/cm	5.8
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	772
Ham Atıksuyun pH Değeri	7.16
Ham Atıksuyun AKM Değeri, mg/L	40

Tablo 4.8. Nütrient Etkisinin Tespit Edilmesi İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)’de Elde Edilen Sonuçlar (Sabit Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )’nin 1.5 saat- Sabit Çökelme Süresi ( $t_S$ )’nin 1.5 saat)

Nütrient Dozu (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi, %	pH	Askıda Katı Madde (AKM), (mg/L)
0	232	69.9	8.10	60
5	143	81.5	8.33	30
10	133	82.8	8.26	20
15	122	84.2	8.27	10
20	52	93.3	7.95	30
25	26	96.6	8.20	20
30	30	96.1	8.28	10
35	134	82.6	8.16	3
40	110	85.8	8.37	5
45	90	88.3	8.09	2
50	97	87.4	8.10	7

Çalışılan gerçek ölçekli tekstil endüstrisine ait iki farklı zamanda alınan atıksuda yapılan analizler neticesinde TOC/TN/TP değerleri tespit edilmiştir. Normal şartlar altında aerobik arıtmanın gerçekleşmesi için gerekli olan C/N/P oranı yaklaşık olarak 100/5/1 civarında olması gerektiği bilinmektedir. İki farklı zamanda alınan atıksuda

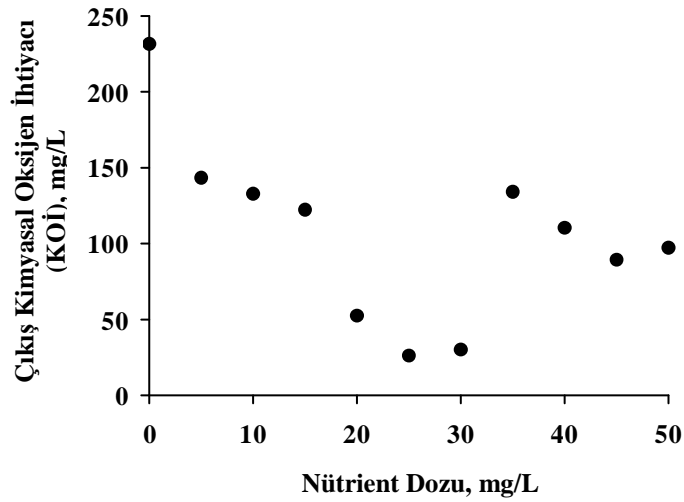
değerlerin sırasıyla; 289/12/2.5 ve 320/12/3.5 ya da sadeleştirildiğinde 116/4.8/1 ve 91/3.4/1 şeklinde olmaktadır.

Bu oranlara bakıldığında, literatüre göre aktif çamurun bir atıksuyu iyi arıtılabilmesi için verilen oran 100/5/1 oranında olması tavsiye edilmektedir. Fakat bu genel bir bilgidir. yetersiz olan maddenin TN miktarı olduğu ve bu amaçla da gerek gerçek ölçekli tesiste olsun gerekse laboratuvar ölçekli pilot tesisin de daha önceki çalışmalarda kullanılan üre (nütrient) ilavesinin yerinde bir uygulama olduğu da görülmüştür. Aslında üstteki sonuçlara genel olarak bakıldığında, sistemin nütrient ilavesini gerektirmediği düşünülebilir fakat çalışma sırasında, nütrient ilavesinin arıtımı arttırıcı bir etkisinin olup/olmayacağı konusunun araştırılması sebebiyle; nütrient dozunun belirlenmesi ve KOİ giderimine etkisinin araştırılması amacıyla yapılan dozaj deneylerinde durumun farklı ve arıtımı arttırıcı yönde olumlu olduğu görülmüştür.

Nütrient (üre) ilavesiz iki takım yapılan KOİ değerleri ile nütrient (üre) ilaveli bir takım yapılan KOİ değerleri kıyaslandığında nütrient (üre) ilaveli yapılan çalışmaların arıtma verimlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. İki takım deneysel çalışmadan birincisine ait (nütrient ilavesiz) ortalama KOİ arıtma verimi %50, ikincisine ait (nütrient ilavesiz) ortalama KOİ arıtma verimi %68 olduğu görülmüştür. Nütrient (üre) ilaveli deneysel çalışma sonucunda elde edilen ortalama KOİ arıtma veriminin ise %97'ye yükseldiği görülmüştür.

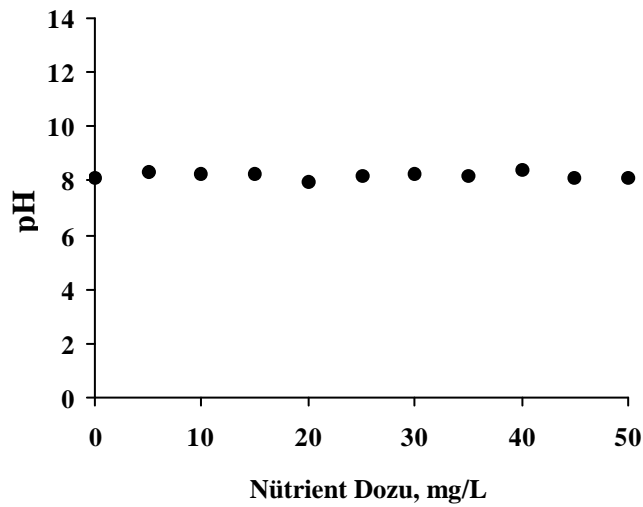
Diamonyumhidrojenfosfat  $[(NH_4)_2HPO_4]$  ve üre gibi nütrientler BOİ/N/P oranını 100/5/1 sabit tutmak için kullanılmaktadır (Tsang ve diğ., 2007).

Farklı nütrient dozlarına karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



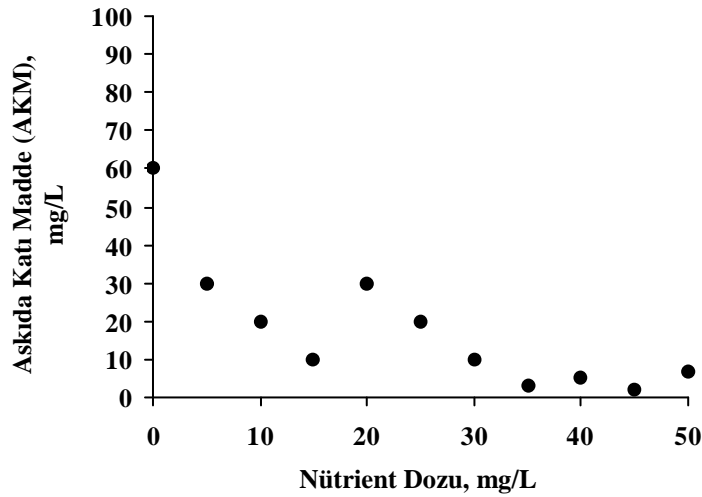
Şekil 4.13. Farklı Nütrient Dozlarına Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

Farklı nütrient dozlarına karşılık laboratuar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH Değerleri Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Farklı Nütrient Dozlarına Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

Farklı nütrient dozlarına karşılık laboratuar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktör (AKR)'den çıkış Askıda Katı Madde (mg/L) değerleri Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Farklı Nütrient Dozlarına Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (mg/L) Değerleri

Nütrient ilavesi 0-15 mg/L aralığındayken tesisin KOİ giderim verimi düşük olduğu görülmektedir. 20 ile 30 mg/L aralığında KOİ giderim verimi artmıştır ve 35-50 mg/L dozunda tekrar KOİ giderim verimi düşmüştür.

#### 4.2.1. Üçüncü Deneme Çalışmaları

Nütrient (üre) dozu 25 mg/L olarak tespit edildikten sonra tekrarlanan reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökelme süresi ( $t_S$ )'nin tespit edilmesi amaçlı yapılan denemeler bir kez daha yapılmıştır. Her seansın başında laboratuvar ölçekli ardışık kesikli biyoreaktöre ilave edilerek deneyler bir kez daha tekrarlanmıştır.

Gerçek tesise ait arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktöre girişinden alınan atıksu numunesinin karakterizasyonu Tablo 4.9'da verilmiştir. Laboratuvar ölçekli pilot tesiste farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den çıkış parametre değerleri (Nutrient (üre) İlaveli) (Çökelme Süresi (sabit) 90 dakika) Tablo 4.10'da verilmiştir.

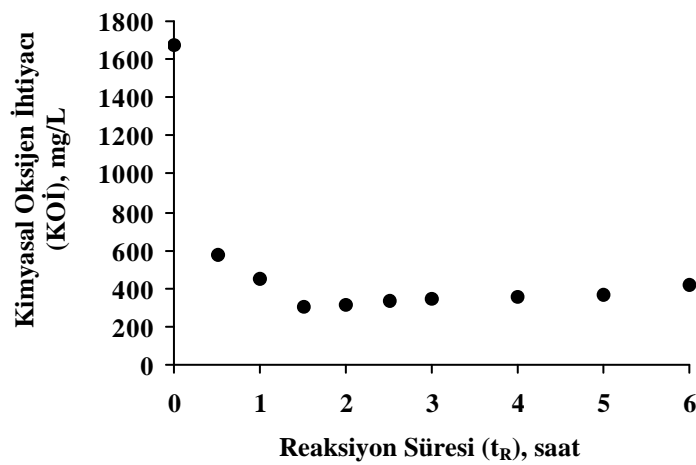
Tablo 4.9. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	16.8
Ortalama Ham Atıksu İletkenliği, mS/cm	5
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	1673
Ham Atıksuyun pH Değeri	7.18
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	4.24
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	125

Tablo 4.10. Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Parametre Değerleri (Nutrient-Üre İlaveli [25mg/L] ) (Çökeltme Süresi (sabit) 90 dakika)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) (saat)	Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi (%)	pH	Bulanıklık (NTU)
0.5	573	65.8	8.17	282
1	454	72.9	8.1	246
1.5	301	82.0	7.96	181
2	310	81.5	8.05	154
2.5	336	79.9	8.18	139
3	344	79.4	8.27	139
4	356	78.7	8.1	130
5	370	77.9	8.12	126
6	421	74.8	8.22	124

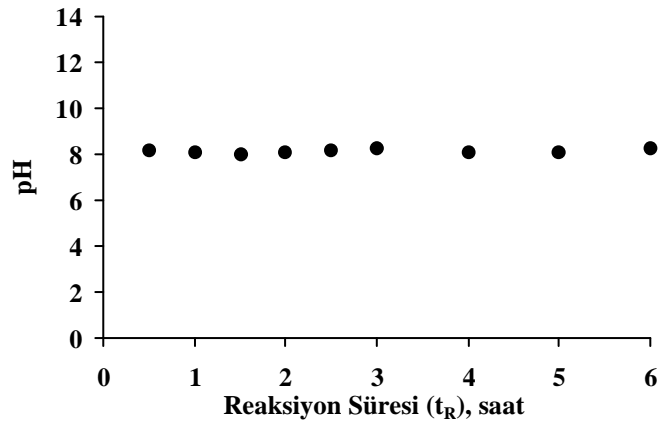
Nütrient (üre) ilavesi yapılarak farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

25 mg/L nütrient (üre) ilavesi yapılarak 6 saate kadar değişen farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinin ardından 1.5 saat sabit çökeltme süresi ( $t_S$ )'nin sonunda KOİ değeri 1.5 saat sonunda en küçük değerine ulaşarak verim %82 olmuştur.

Nütrient (üre) ilavesi yapılarak farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

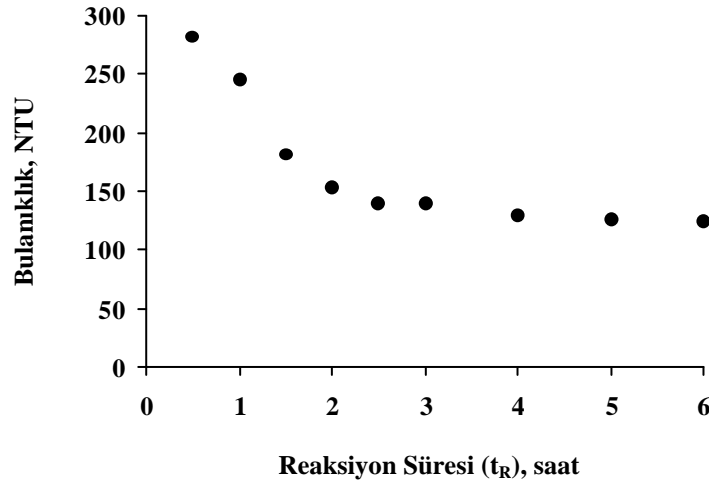


Şekil 4.17. Nütrient (Üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

25 mg/L nütrient(üre) ilavesi yapılarak 6 saate kadar değişen farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinin ardından pH değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir.

Nutrient (üre) ilavesi yapılarak farklı reaksiyon sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış bulanıklık (NTU) değerleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.





Şekil 4.18. Nütrient (üre) İlavesi Yapılarak Farklı Reaksiyon Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri

25 mg/L nütrient(üre) ilavesi yapılarak 6 saate kadar değişen farklı reaksiyon süre (t<sub>R</sub>)'lerinin ardından bulanıklık değerlerine bakıldığında azalan değerler olduğu görülmüştür.

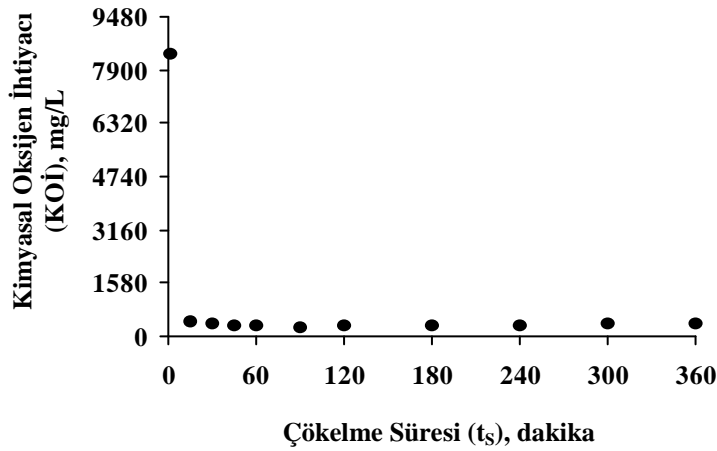
Farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den çıkış parametre değerleri (nütrient (üre) ilaveli) (Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat) Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) den Çıkış Parametre Değerleri (Nutrient (üre) İlaveli) [Reaksiyon Süresi (sabit) 1.5 saat]

Çökeltme Süresi (dakika)	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	8350	387	336	308	306	224	274	284	321	331	341
Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderme Verimi, (%)	0	76.8	79.9	81.6	81.7	86.6	83.6	83	80.8	80.2	79.6
pH	8.26	8.14	8.11	8.09	8.1	8.04	8.11	8.18	8.15	8.16	8.15
Askıda Katı Madde (AKM)(mg/L)	3840	170	160	130	110	100	100	80	60	60	50
Bulanıklık, NTU	284	170	135	127	116	111	96.6	95.5	85.2	84.8	77.4

Nutrient (üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör

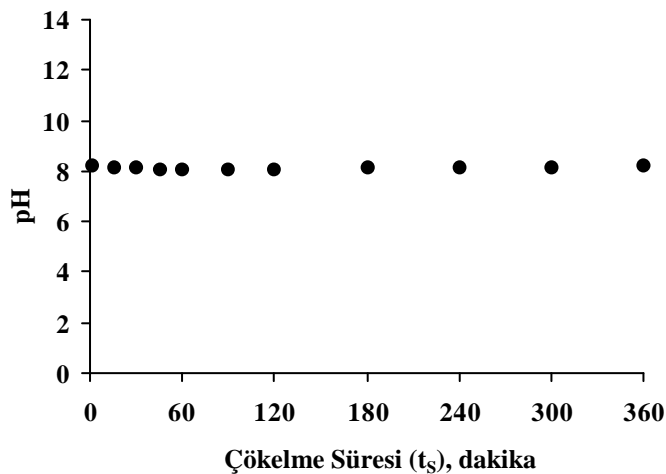
(AKR)'den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

25 mg/L nütrient (üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin ardından değişen çökeltme süre ( $t_s$ )'lerinde KOİ değeri ilk 15 dakika sonunda giriş atıksuyunun KOİ değerinden daha düşük bir değere ulaşmıştır.

Nutrient (üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökeltme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

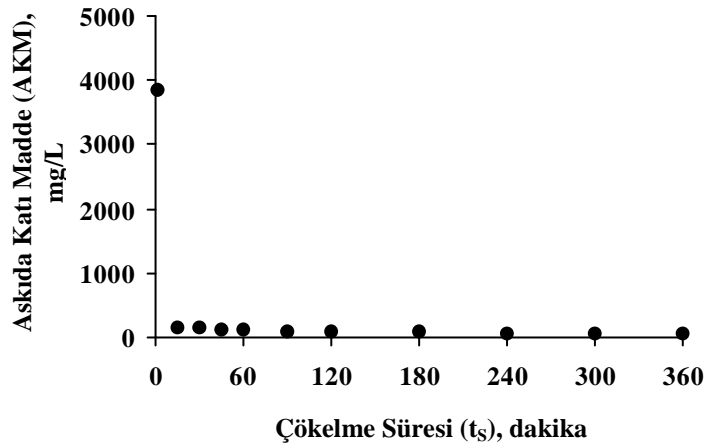


Şekil 4.20. Nütrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökeltme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

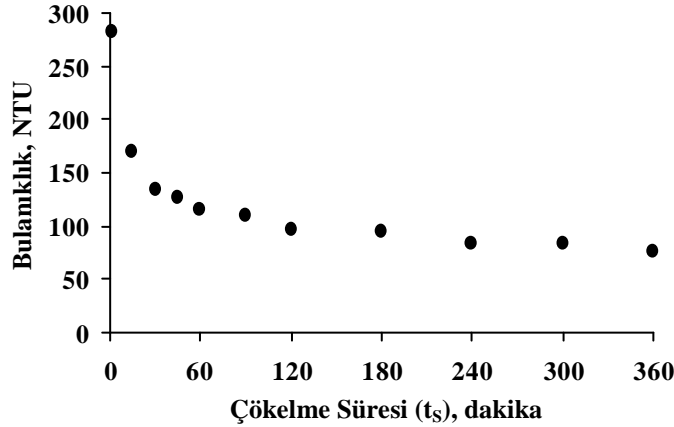
25 mg/L nütrient(üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin ardından değişen çökelme süre ( $t_S$ )'lerinde pH değerlerinde belirgin bir değişim olmamıştır.

Nutrient (üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökelme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış Askıda Katı Madde (AKM), (mg/L) değerleri Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Nutrient (üre) ilavesi yapılarak sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresinin sonunda farklı çökelme sürelerine karşılık laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış bulanıklık (NTU) değerleri Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökelme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM), (mg/L) Değerleri



Şekil 4.22. Nutrient (üre) İlavesi Yapılarak Sabit 1.5 Saatlik Reaksiyon Süresinin Sonunda Farklı Çökme Sürelerine Karşılık Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri

Reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökme süresi ( $t_S$ )'nin tespit edilmesi amacıyla tekrarlamalı yapılan nutrient/üre ilavesiz iki farklı deneme sonucu ve gerçek tesiste uygulanan nutrient/üre ilaveli deney sonuçları incelendiğinde KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) bazlı saptamalar neticesinde reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin 1.5 saat ve çökme süresi ( $t_S$ )'nin 1.5 saat olmasına karar verilmiştir.

#### 4.3. Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) ve Çökme Süresi ( $t_S$ )'ne Karıştırma Hızının Etkisi

Daha önceki üç denemede uygulanan 400 rpm (rotation per minute) – 400 devir/dakika değerinin de dahil olduğu 11 adet karıştırma hızı tespit edilmiş ve karıştırma hızının önemi incelenmiştir. Bu deneyler için 0.5 saat doldurma, 1.5 saat reaksiyon ve 1.5 saat çökme işlemleri yapılmıştır. Gerçek tesise ait arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi ve laboratuvardaki çalışma şartları Tablo 4.12 de verilmiştir.

Tablo 4.12. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	17.6
Ortalama Ham Atıksu İletkenliği, mS/cm	4
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	946
Ham Atıksuyun pH Değeri	8.48
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	4.08
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	175
Ham Atıksuyun Askıda Katı Madde Değeri, mg/L	80

Laboratuar ölçekli pilot tesiste karıştırma hızının belirlenmesi için yapılan deneylerin sonuçları Tablo 4.13’de verilmiştir.

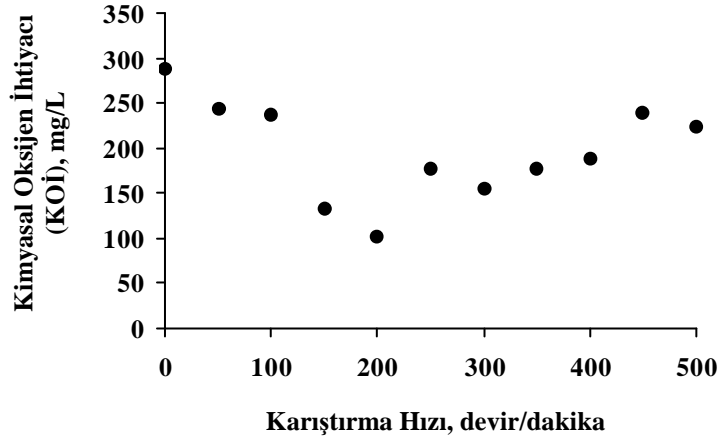
Nütrient(üre) ilavesinin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökelme süresi ( $t_S$ )’ne etkisinin belirlenmesinden sonra karıştırma hızının etkisinin de olduğu düşünülmüştür. Karıştırıcı cinsinin de önemli olduğu bu çalışma, laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktörün karıştırıcı cinsi için uygun olan karıştırma hızı (devir/dakika) değerinin tespit edilmesi için yapılmıştır.

Tablo 4.13. Laboratuar Ölçekli Pilot Tesiste Karıştırma Hızının Belirlenmesi İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

Karıştırma Hızı (dev/dak)	Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/L)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi, (%)	pH	Bulanıklık (NTU)	Askıda Katı Madde (AKM.) (mg/L)
0	289	69.5	8.05	145	35
50	243	74.3	7.82	16	30
100	236	75.1	7.75	32	50
150	133	85.9	7.89	27.4	40
200	101	89.3	7.93	38.3	20
250	178	81.2	8.05	38.8	20
300	156	83.5	8.26	32	20
350	178	81.2	8.29	37.9	10
400	188	80.1	8.36	41.9	20
450	240	74.6	8.20	56.6	30
500	223	76.4	8.53	68	10

Karıştırma hızının etkisini tespit etmek için laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)’den çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 4.23’de gösterilmiştir.

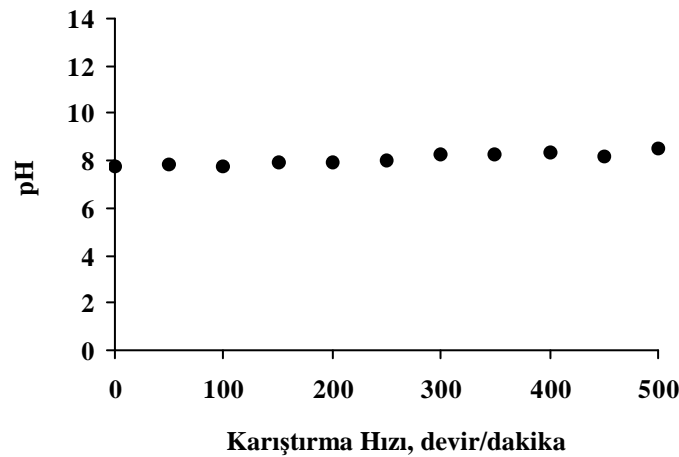
Karıştırma hızının etkisini tespit etmek için laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış pH değerleri Şekil 4.24'de gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

Karıştırma hızı 200 devir/dakika olduğunda KOİ değerinin en düşük değerine ulaştığı ve verimin %89 civarında olduğu görülmüştür.

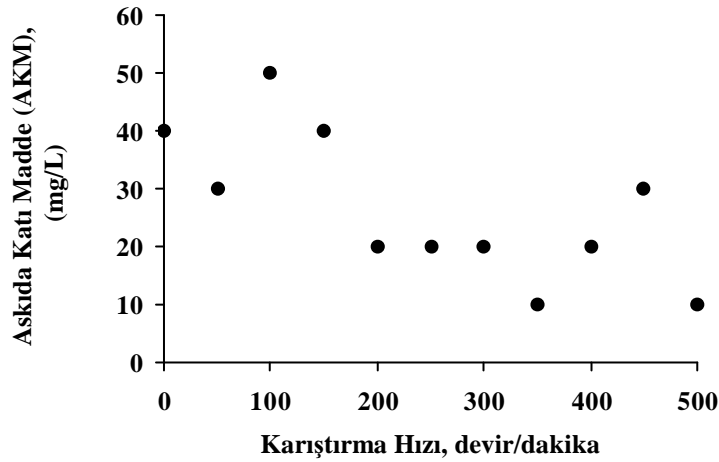
Karıştırma hızının etkisini tespit etmek için laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L) değerleri Şekil 4.25'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış pH Değerleri

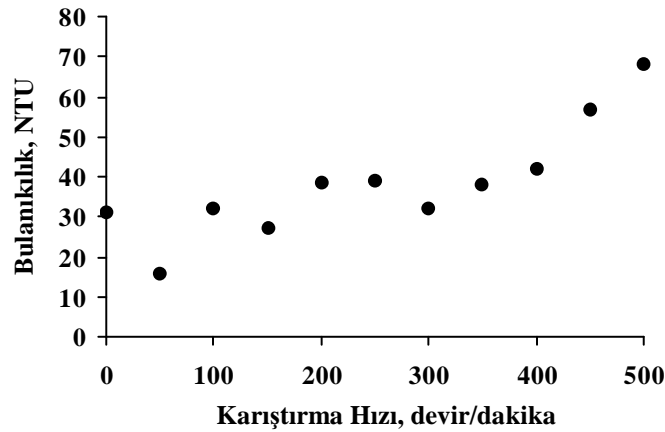
Karıştırma hızının değişmesinin pH değişimine belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.

Karıştırma hızının etkisini tespit etmek için laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den çıkış bulanıklık (NTU) değerleri Şekil 4.26'de gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L) Değerleri

Karıştırma hızı 200–300 devir/dakika olduğunda askıda katı madde değeri aynı değerler civarında olduğu görülmüştür. En düşük değerine ise 350 devir/dakika karıştırma hızı değerinde ulaşıldığı görülmüştür.



Şekil 4.26. Karıştırma Hızının Etkisini Tespit Etmek İçin Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR)'den Çıkış Bulanıklık (NTU) Değerleri

Boyalı tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun arıtılması için laboratuvar ölçekli yapılmış olan Ardışık Kesikli Biyoreaktöre ait reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökeltme süresi ( $t_S$ ), nütrient (üre) ilavesinin etkisi, karıştırma hızının etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda, optimum reaksiyon süresinin ( $t_R$ ) 1.5 saat, çökeltme süresinin ( $t_S$ ) 1.5 saat, nütrient (üre) ilavesinin 25 mg/L ve karıştırma hızının 200 devir/dakika olduğu tespit edilmiştir.

Boyalı tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun arıtılması için gerçek ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktöre ait reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökelme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ise; optimum reaksiyon süresinin ( $t_R$ ) 1.5 saat, çökelme süresinin ( $t_S$ ) 1.5 saat ile aynı olduğu fakat karıştırma hızının 65 devir/dakika olduğu tespit edilmiştir. Bu durum için karıştırıcının cinsinin etkili olabileceği düşünülmektedir.



## **BÖLÜM 5. MODELLEME**

### **5.1. Aktif Çamur ve Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Modellemesi**

#### **5.1.1. Kinetik modellemesi**

Ardışık Kesikli Reaktörde gerçekleşen biyolojik reaksiyonlar birinci derece kinetik denklemlerle ifade edilebilse de, farklı ve kendine özgün bir mekanizması vardır. Birinci derece denklem kinetiğinden kesikli reaktör (doldurma-arıtma-boşaltma) şeklinde çalışmakta iken AKR kinetiğini (doldurma-arıtma-çökeltme-boşaltma) şeklinde çalışmaktadır. AKR kinetiğini (doldurma-arıtma-çökeltme-boşaltma) şeklinde ifade ettiğimizden dolayı yani reaksiyon ve çökeltme işlemlerinin tek tank içinde gerçekleşmesinden dolayı, bu reaktör kendine ait bir yapıya sahiptir ve diğer reaktör tiplerine benzetilmemelidir. Kendi özel bir kinetiği olabileceği Droste (1997) tarafından da ifade edilmektedir.

Droste (1997) aşağıdaki denklemleri kesikli reaktör denkleminde yola çıkıp daha sonra Ardışık Kesikli Reaktörün kendine has parametrelerinin de ilavesi ile reaktördeki substrat (besi maddesi) giderimini hedeflemiştir. Yani bu denklemlerle ne çözülmüş oksijen tüketimi, ne de mikroorganizma oluşumu üzerinde durulmamıştır ve denklem takımında da bunlarla ilişkili çalışmalar bu nedenlerle mevcut değildir. Bu tez çalışmasında da tıpkı Droste (1997)'nin yaptığı gibi substrat (besi maddesi) giderimi başka bir deyişle de KO<sub>2</sub> giderimi ve kinetiği esas alınmıştır.

Sistem için kütle denge denklemi yazılırsa (5.1), (5.2) aşağıdaki denklemler elde edilir (Droste, 1997).

$$\text{Giren} - \text{Çıkan} + \text{Üretilen} = \text{Biriken} \quad (5.1)$$

$$Q S_0 - 0 + r_{sf} V = \frac{d}{dt} (V S)$$

Denklem (5.1)'de Çıkan (0, sıfır) olarak alınmasının sebebi sistemden (Ardışık Kesikli Reaktörden) bir seans içinde herhangi bir çıkış söz konusu olmadığından dolaydır.

$$r_{sf} = -k S \quad (5.2)$$

$r_{sf}$ : Doldurma periyodu sırasında substrate uzaklaştırma oranı, (mg/L.sa)

$$Q S_0 - k S V = S \frac{dV}{dt} + V \frac{dS}{dt} \quad (5.3)$$

$$\frac{dS}{dt} + \frac{Q}{V} S + k S = \frac{Q}{V} S_0 \quad (5.4)$$

$Q/V = 1/t$  dir. Doldurma periyodunun başlangıcında reaktör hacmi  $V_A$  ve  $t = V_A / Q$ ; doldurma periyodunun sonunda  $t = V_B / Q$ . Diferansiyel denklem çözüldüğünde;

$$\frac{dS}{dt} + \frac{S}{t} + k S = \frac{S_0}{t} \quad (5.5)$$

$$S = e^{-\int \left(\frac{1}{t} + k\right) dt} \int \frac{S_0}{t} e^{-\int \left(\frac{1}{t} + k\right) dt} dt + C e^{-\int \left(\frac{1}{t} + k\right) dt}$$

C integrasyon sabitidir.

$$S = \frac{S_0}{t} e^{-kt} \int e^{kt} dt + \frac{C}{t} e^{-kt}$$

İntegrasyon yapıldığında,

$$S = \frac{S_0}{k t} + \frac{C}{t} e^{-k t} \quad (5.6)$$

Başlangıç koşulları kullanıldığında  $t = V_A / Q$  ve  $S = S_e$ .

$$S_e = \frac{S_0 Q}{k V_A} + \frac{C Q}{V_A} e^{-k \left( \frac{V_A}{Q} \right)}$$

$$C = \left( \frac{V_A}{Q} S_e - \frac{S_0}{k} \right) e^{-k \left( \frac{V_A}{Q} \right)}$$

$$S = \frac{S_0}{k t} + \left( \frac{V_A}{Q} S_e - \frac{S_0}{k} \right) \frac{1}{t} e^{-k \left( \frac{V_A}{Q} - t \right)} \quad (5.7)$$

Doldurma periyodunun sonunda substrat konsantrasyonu aşağıdaki eşitliğin kullanımı ile bulunabilir.

$$t_f = \frac{V_B}{Q} \quad S = S_f$$

(5.7) no.lu diferansiyel denklem çözüldüğü zaman, doldurma sürecinin sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_f$ );

$$S_f = \frac{S_0 Q}{k V_B} + \left( \frac{V_A}{V_B} S_e - \frac{Q S_0}{V_B k} \right) e^{-k \left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \quad (5.8)$$

elde edilmiştir. Reaksiyon sürecinin sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_e$ ) aşağıdaki denklem ile ifade edilmiştir.

$$S_e = S_f e^{-k t_R} \quad (5.9)$$

### 5.1.2. Verim modellemesi

Verim denklemi bu çalışmaya özel olarak çıkartılmıştır.

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \quad (5.10)$$

(5.10) numaralı denklem basit bir matematik işlemi kullanılarak aşağıdaki şekilde de elde edilmektedir.

$$E = 1 - \left( \frac{S_e}{S_0} \right)$$

(5.8) ve (5.9) no.lu denklemler, (5.10) no.lu denklemde yerine konursa arıtma verimi (E) için bu çalışmaya mahsus aşağıdaki yeni model denklemi (İleri ve Damar, 2009) elde edilmektedir.

$$E_{MODEL} = 1 - \left[ \frac{Q}{k.V_B} \left( 1 - e^{-k \cdot \left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right) e^{-k.t_R} + \frac{V_A}{V_B \cdot S_0} \cdot S_e \cdot \left( e^{-k \cdot \left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right) \cdot \left( e^{-k.t_R} \right) \right] \quad (5.11)$$

Ayrıca karşılaştırma yapabilmek amacıyla, deneysel çalışmalardan elde edilen verilerden aşağıdaki denklem kullanılarak  $E_{DENEYSEL}$  değerleri de elde edilmiştir.

$$E_{DENEYSEL} = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \quad (5.12)$$

$$E_{DENEYSEL} = 1 - \left( \frac{S_e}{S_0} \right)$$

Bu çalışmaya özgü elde edilen (5.11) numaralı denklem Excel programı kullanılarak modelleme yapılmıştır.  $E_{MODEL}$  denklemine etki eden parametreler tek tek simülasyon yapılarak incelenmiş ve grafiklerle gösterilmiştir.

(5.11) no.lu denklemde görüldüğü üzere  $E_{MODEL}$  değerine etki eden parametreler;  $E=f(Q, k, V_A, V_B, V_{AB}, t_r, S_0, S_e)$  şeklindedir.

Gerçek işlemekte olan tesiste yapılan deneyler neticesinde elde edilen veriler ve bazı teorik literatür değerleri model ve simülasyon çalışmasında kullanılmıştır. (5.11) no.lu denklemde bu değerler yerine konulduğunda arıtma verimleri (% E) teorik olarak elde edilmektedir (İleri ve Damar, 2005).

## 5.2. Aktif Çamur ve Adsorbent/Biyosorbent İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Modellemesi

### 5.2.1. Kinetik modellemesi

Adsorpsiyon kinetik verilerinin analizi için pseudo-first-order (Allen ve diğ., 2005), pseudo-second-order (PSO) modelinin basit lineer denklemi Ho ve McKay tarafından ortaya çıkarılmıştır (Wu ve diğ., 2009).

Aktif Çamur ve adsorbent/biyosorbent ilaveli ardışık kesikli reaktör modellemesinde iki kinetik eşitliğinden bahsetmek mümkündür. Weber Morris ve Lagergren (Ho, 2004, Şengül ve Müezzinoğlu, 1997) kinetik eşitliklerinden faydalanarak adsorpsiyon hız sabitleri hesaplanmıştır.

Lagergren kinetik eşitliği:

$$\frac{(q_e - q)}{q_e} = e^{-(k.t)} \quad \text{Non-lineer} \quad (5.13)$$

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k.t \quad \text{Lineer} \quad (5.14)$$

Lineer denklem  $q = \frac{(S_0 - S)}{X}$  şeklinde ifade edilmektedir.

$X$  : İlave edilen adsorbent miktarı (g/L)

$q_e$  : Denge anında birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar (mg/g),

$q$  : Herhangi bir  $t$  zamanında birim miktar adsorbent tarafından adsorbe edilen miktar (mg/g),

$k$  : Adsorpsiyon hız sabiti (saat<sup>-1</sup>),

$t$  : Zaman (saat) (Doğan ve diğ., 2007).

Weber-Morris kinetik eşitliği:

$$\left( \frac{S}{S_0} \right) = k' . t^{\left( \frac{1}{m} \right)} \quad \text{Non-lineer} \quad (5.15)$$

$$\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = \ln k' + \left(\frac{1}{m}\right) \ln t \quad \text{Lineer} \quad (5.16)$$

$S$  : t zamanındaki substrat konsantrasyonu, mg/L

$S_0$  : Başlangıçtaki substrat konsantrasyonu, mg/L

$k$  : Hız sabiti, saat<sup>-1</sup>

$t$  : Zaman, saat

$m$  : Biyosorbent miktarı, g/L (Doğan ve diğ., 2007).

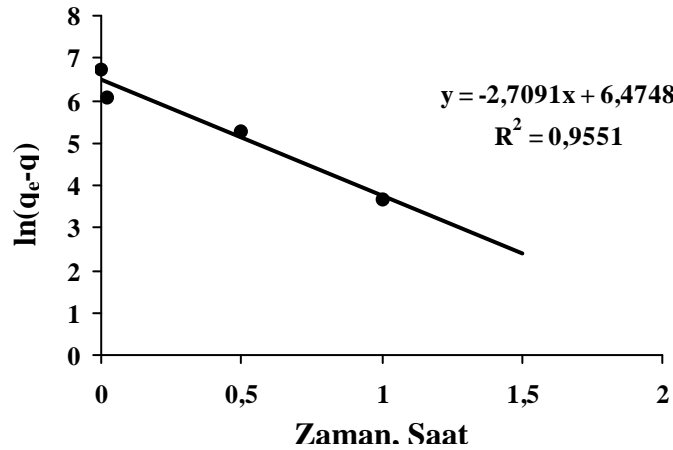
Adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan deney sonuçlarından faydalanılarak hız sabitleri (k) ve korelasyon katsayıları (R<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

Lagergren kinetik eşitliği (Bentonit):

Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanarak hız sabitini belirlemek gerekmektedir. Tablo 5.1'de adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla bentonit ilavesinde substrat değişimi ve Lagergren kinetik eşitliğine uygulanması verilmiştir. Bu amaçla elde edilen değerler koordinat eksenine geçirilmektedir. Adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla bentonit ilavesinde Lagergren kinetik eşitliğine uygulanması Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması

(x) t (saat)	S (mg/L)	q (mg/g)	(q <sub>e</sub> -q)	(y) ln(q <sub>e</sub> -q)
0	936	0	846	6.740519
0.02	728	416	430	6.063785
0.5	612	648	198	5.288267
1	533	806	40	3.688879
1.5	513	846	0	-



Şekil 5.1. Adsorbent/Biyosorbentın Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması

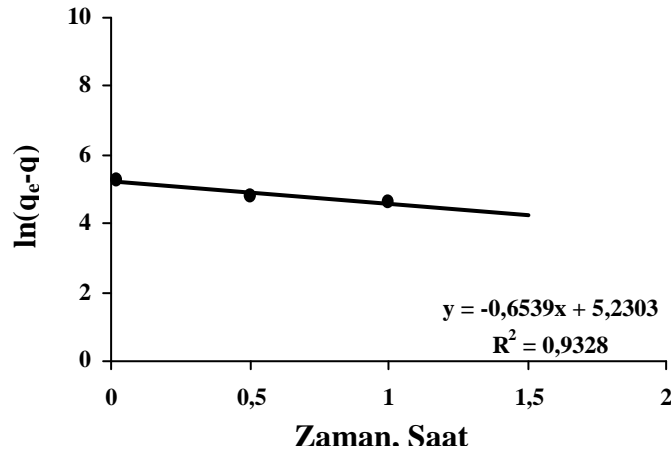
Elde edilen eğrinin denklemi  $y = -2.7091x + 6.4748$  göz önüne alındığında;  $k = 2.7091$  saat<sup>-1</sup>, korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.96$  olarak tespit edilmiştir.

Lagergren kinetik eşitliği (450<sup>0</sup>C’de aktiveleştirilen arıtma çamuru):

Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanarak hız sabitini belirlemek gerekmektedir. Tablo 5.2’de Adsorbent/Biyosorbentın etkisinin belirlenmesi amacıyla 450<sup>0</sup>C’de aktiveleştirilen arıtma çamuru ilavesinde substrat değişimi ve Lagergren kinetik eşitliğine uygulanması verilmiştir. Bu amaçla elde edilen değerler koordinat eksenine geçirilmektedir. Adsorbent/biyosorbentın etkisinin belirlenmesi amacıyla 450<sup>0</sup>C’de aktiveleştirilen arıtma çamur ilavesinde Lagergren kinetik eşitliğine uygulanması Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Adsorbent/Biyosorbentın Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450<sup>0</sup>C’de Aktiveleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Substrat Değişimi Ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması

(x) t (saat)	S (mg/L)	q (mg/g)	(qe-q)	(y) ln(qe-q)
0	936	0	714	-
0.02	676	520	194	5,267858
0.5	640	592	122	4,804021
1	630	612	102	4,624973
1.5	579	714	0	-



Şekil 5.2. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450°C'de Aktifleştirilen Aktif Çamur İlavesinde Substrat Değişimi Ve Lagergren Kinetik Eşitliğine Uygulanması

Elde edilen eğrinin denklemi  $y = -0.6539x + 5.2303$  göz önüne alındığında;  $k = 0.6539$  saat<sup>-1</sup>, korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.93$  olarak tespit edilmiştir.

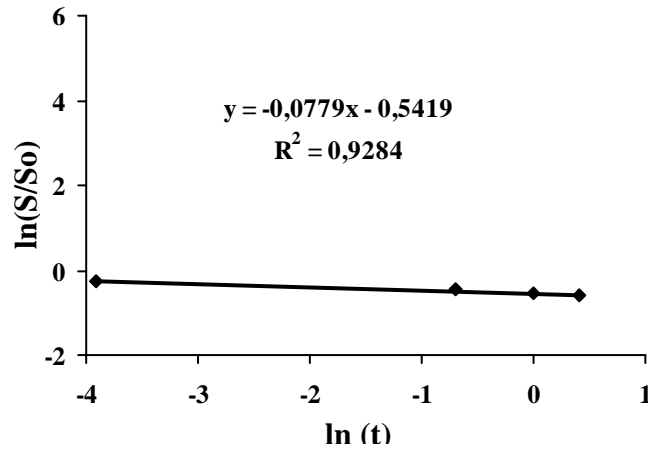
Weber-Morris kinetik eşitliği (Bentonit):

Weber-Morris kinetik eşitliğinden faydalanarak hız sabitini belirlemek gerekmektedir. Tablo 5.3'de adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla bentonit ilavesinde substrat değişimi ve Weber-Morris kinetik eşitliğine uygulanması verilmiştir. Bu amaçla elde edilen değerler koordinat eksenine geçirilmektedir. Adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla bentonit ilavesinde Weber-Morris kinetik eşitliğine uygulanması Şekil 5.3'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla Bentonit İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması

t (saat)	S	$\ln(t)$	$\left(\frac{S}{S_0}\right)$	$\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)$
0	936		1	0
0.02	728	-3.91202	0.777778	-0.25131
0.5	612	-0.69315	0.653846	-0.42488
1	533	0	0.569444	-0.56309
1.5	513	0.405465	0.548077	-0.60134





Şekil 5.3. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450<sup>0</sup>C’de Aktifleştirilen Arıtma Çamur İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması

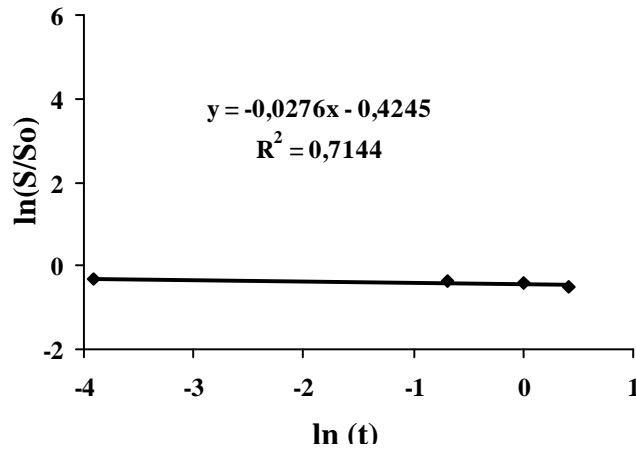
Elde edilen eğrinin denklemleri  $y = -0.6539x + 5.2303$  gözönüne alındığında;  $\ln k' = -0.5419$  ise buradan  $k' = 0.5816$  saat<sup>-1</sup>, korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.9284$  olarak tespit edilmiştir.

Weber-Morris kinetik eşitliği (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru ):

Weber-Morris kinetik eşitliğinden faydalanarak hız sabitini belirlemek gerekmektedir. Tablo 5.4’de adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla 450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde substrat değişimi ve Weber-Morris kinetik eşitliğine uygulanması verilmiştir. Bu amaçla elde edilen değerler koordinat eksenine geçirilmektedir. Adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla 450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde Weber-Morris kinetik eşitliğine uygulanması Şekil 5.4’de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450<sup>0</sup>C’de Aktifleştirilen Aktif Çamur İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması

t (saat)	S	ln(t)	$\left(\frac{S}{S_0}\right)$	$\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)$
0	936		1	0
0.02	676	-3.91202	0.722222	-0.32542
0.5	640	-0.69315	0.683761	-0.38015
1	630	0	0.673077	-0.3959
1.5	579	0.405465	0.61859	-0.48031



Şekil 5.4. Adsorbent/Biyosorbentin Etkisinin Belirlenmesi Amacıyla 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Substrat Değişimi ve Weber-Morris Kinetik Eşitliğine Uygulanması

Elde edilen eğrinin denklemi  $y = -0.0276x - 0.4245$  gözönüne alındığında;  $\ln k' = -0.4245$  ise buradan  $k' = 0.6540$  saat<sup>-1</sup>, korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.7144$  olarak tespit edilmiştir.

Adsorbent/biyosorbentin etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan deney sonuçlarından faydalanılarak tespit edilen hız sabitleri (k) ve korelasyon katsayıları ( $R^2$ ) dikkate alındığında;

Bentonit adsorbentinin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.96$  olduğunda Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağladığı görülmüştür. Hız sabiti (k) 2.7091 saat<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbentinin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.93$  olduğundan Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağlandığı görülmüştür. Hız sabiti (k) 0.6539 saat<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Bu durumda, hem bentonit adsorbenti hem de 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti için Lagergren kinetik eşitliğinden faydanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Lagergren kinetik eşitliği:

Daha öncede bu eşitliğe ait denklemlerden bahsedilmiştir. Şimdi daha da ayrıntılı olarak incelersek;

$$\frac{(q_e - q)}{q_e} = e^{-(k.t)} \quad \text{Non-linear} \quad (5.17)$$

$$\ln(q_e - q) = \ln q_e - k.t \quad \text{Linear} \quad (5.18)$$

Linear denklem  $q = \frac{(S_0 - S)}{X}$  şeklinde ifade edilmektedir.

Aktif çamur ve adsorbent ilaveli ardışık kesikli reaktör modellemesinde daha önce elde edilen aktif çamur ve adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör modellemesinde elde edilen denkleme ilave olarak Lagergren kinetik denkleminde faydalanılmıştır. Bu denklem çalışma ile bütünleştirildiğinde;

$$S = \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e)(1 - e^{-(k.t_R)})} \right] \quad (5.19)$$

Bentonit adsorbenti için;

$$S = \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e)(1 - e^{-(k.t_R)})} \right] \quad (5.20)$$

Elde edilen bu denklem, aktif çamur için daha önce de kullanılan denkleme ilave edildiğinde aşağıda görülen denklem elde edilmiştir. Bu denklem de substrat konsantrasyonu baz alındığından (-) işareti kullanılmıştır. Aktif çamur ve bentonit ilaveli sistemi temsil eden bu denklem de  $(S_e)_T$  olarak ifade edilmiştir.

$$(S_e)_T = S_{A.C.} - S_{ADS} \quad (5.21)$$

$$(S_e)_T = S_{A.C.} - S_{BENT} . \quad (5.22)$$

$$(S_e)_T = \left[ \frac{\left( \frac{Q \cdot S_0}{k \cdot V_B} \right) \cdot \left( e^{-(k_{A.S.} \cdot t_R)} \right) \cdot \left( 1 - e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right)}{\left( 1 - \left( \frac{V_A}{V_B} \cdot e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \cdot e^{-(k_{A.S.} \cdot t_R)} \right) \right)} \right] - \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e) \cdot (1 - e^{-k_{BENT} \cdot t_R})} \right] \quad (5.23)$$

450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti için;

$$S = \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e) \cdot (1 - e^{-(k \cdot t_R)})} \right] \quad (5.24)$$

Elde edilen bu denklem, aktif çamur için daha önce de kullanılan denkleme ilave edildiğinde aşağıda görülen denklem elde edilmiştir. Bu denklem de substrat konsantrasyonu baz alındığından (-) işareti kullanılmıştır. Aktif çamur ve 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilaveli sistemi temsil eden bu denklem de (S<sub>e</sub>)<sub>T</sub> olarak ifade edilmiştir.

$$(S_e)_T = S_{A.Ç.} - S_{BIYOSORBENT} \quad (5.25)$$

$$(S_e)_T = S_{A.Ç.} - S_{450^0 C} \quad (5.26)$$

$$(S_e)_T = \left[ \frac{\left( \frac{Q \cdot S_0}{k \cdot V_B} \right) \cdot \left( e^{-(k_{A.S.} \cdot t_R)} \right) \cdot \left( 1 - e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right)}{\left( 1 - \left( \frac{V_A}{V_B} \cdot e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \cdot e^{-(k_{A.S.} \cdot t_R)} \right) \right)} \right] - \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e) \cdot (1 - e^{-k_{BENT} \cdot t_R})} \right] \quad (5.27)$$

### 5.2.2. Verim modellemesi

Droste (1997)'ye ait kinetik denklemi, canlı biyokütleinin substrat besi maddesinin gidermesi üzerine kurulmuştur. Bu nedenle, adsorpsiyon ilaveli (bentonit ve 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) sistemin kinetiğinin matematiksel modellemesinde, adsorbentin canlı olmaması sebebiyle direkt denklemin içerisine

ilave edilmesi uygun görülmemiş olup, verim arttırıcı fonksiyonu olduğu düşünülerek verim denklemine ilave edilmesi daha uygun görülmüştür.

Verim modellemesi için faydalanılan daha önce bulunan denklemler  $E_{TOP}$  şeklinde ifade edilmiştir. Hem bentonit adsorbenti için hemde 450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti için aynı denklem kullanılmıştır.

Bentonit adsorbenti için;

$$E_{TOP} = E_{A.Ç.} + E_{ADS} \quad (5.28)$$

$$E_{TOP} = E_{A.Ç.} + E_{BENT.} \quad (5.29)$$

$$E_{TOP} = 1 - \frac{\left[ \frac{\left( \frac{Q \cdot S_0}{K \cdot V_B} \right) \cdot \left( e^{-k_{A.Ç.} \cdot t_R} \right) \left( 1 - e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right)}{\left( 1 - \left( \frac{V_A}{V_B} \right) \cdot e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \cdot e^{-k_{A.Ç.} \cdot t_R} \right)} \right] - \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e) \left( 1 - e^{-k_{BENT.} \cdot t_R} \right)} \right]}{S_0} \quad (5.30)$$

450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti için;

$$E_{TOP} = E_{A.Ç.} + E_{BIYOSORBENT} \quad (5.31)$$

$$E_{TOP} = E_{A.Ç.} + E_{450^0 C} \quad (5.32)$$

$$E_{TOP} = 1 - \frac{\left[ \frac{\left( \frac{Q \cdot S_0}{K \cdot V_B} \right) \cdot \left( e^{-k_{A,C} \cdot t_R} \right) \left( 1 - e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \right)}{\left( 1 - \left( \frac{V_A}{V_B} \right) \cdot e^{-\left( \frac{V_{AB}}{Q} \right)} \cdot e^{-k_{A,C} \cdot t_R} \right)} \right] - \left[ \frac{S_0}{(S_0 - S_e) \cdot \left( 1 - e^{-k_{450^0} \cdot t_R} \right)} \right]}{S_0} \quad (5.33)$$

### 5.3. Simülasyon Çalışmaları

Simülasyon çalışmasında (İleri ve Damar, 2005); debi (Q), reaksiyon sabiti (k), reaksiyon süresi ( $t_R$ ), başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ), reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_e$ ), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ), doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta artılan hacim ( $V_{AB}$ ) parametreleri esas alınmıştır.

Parametre etkisini ve hangi parametrelerin daha önemli olduğunu anlayabilmek amacıyla yapılan simülasyon çalışmaları esnasında; etkisinin araştırıldığı parametreye farklı teorik yüze yakın değer verilmek suretiyle diğer model parametre değerleri sabit tutularak arıtma verim değerleri (E) teorik olarak elde edilmiştir. Bu simülasyon çalışmaları, Excel bilgisayar programı (Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi) kullanılarak yapılmıştır.

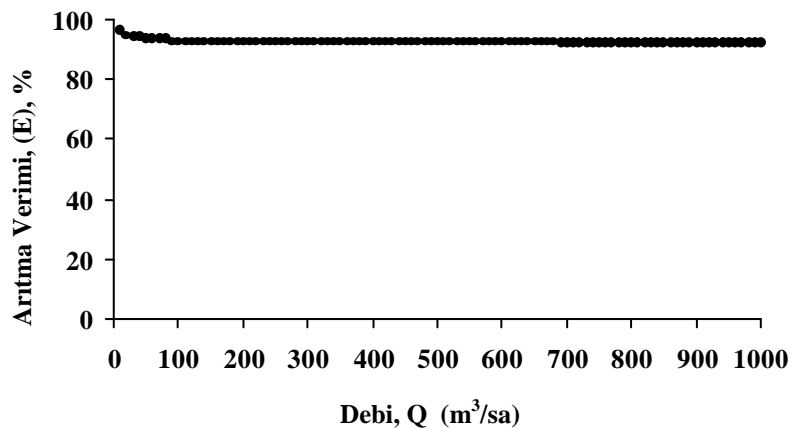
#### 5.3.1. Ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q)'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi

Simülasyon çalışmalarından bazı örnekler aşağıda sunulmaktadır. Arıtma veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre giren debi (Q) ile değişim değerleri Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre Giren Debi (Q) ile Değişim Değerleri

DEBİ (Q) m <sup>3</sup> /sa	ARITMA VERİMİ (E), %	DEBİ (Q) m <sup>3</sup> /sa (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	DEBİ (Q) m <sup>3</sup> /sa (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	DEBİ (Q) m <sup>3</sup> /sa (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
10	96.84629	270	92.96602	530	92.83818	790	92.79377
20	95.38811	280	92.95682	540	92.83569	800	92.79264
30	94.67449	290	92.94823	550	92.83329	810	92.79153
40	94.25786	300	92.94021	560	92.83098	820	92.79045
50	93.98581	310	92.93269	570	92.82874	830	92.78939
60	93.79447	320	92.92563	580	92.82658	840	92.78836
70	93.65264	330	92.919	590	92.8245	850	92.78735
80	93.54335	340	92.91274	600	92.82248	860	92.78637
90	93.45657	350	92.90684	610	92.82053	870	92.78541
100	93.386	360	92.90125	620	92.81864	880	92.78447
110	93.32749	370	92.89597	630	92.81681	890	92.78355
120	93.2782	380	92.89096	640	92.81503	900	92.78265
130	93.2361	390	92.8862	650	92.81332	910	92.78177
140	93.19974	400	92.88167	660	92.81165	920	92.78092
150	93.16801	410	92.87736	670	92.81003	930	92.78007
160	93.14008	420	92.87325	680	92.80846	940	92.77925
170	93.11531	430	92.86934	690	92.80693	950	92.77844
180	93.09319	440	92.86559	700	92.80545	960	92.77765
190	93.07331	450	92.86201	710	92.80401	970	92.77688
200	93.05536	460	92.85859	720	92.8026	980	92.77612
210	93.03907	470	92.8553	730	92.80124	990	92.77538
220	93.02421	480	92.85216	740	92.79991	1000	92.77465
230	93.0106	490	92.84914	750	92.79862		
240	92.9981	500	92.84623	760	92.79736		
250	92.98658	510	92.84345	770	92.79613		
260	92.97591	520	92.84076	780	92.79494		

Arıtma veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre giren debi (Q) ile değişimi ise Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Ardışık Kesikli Reaktöre giren debi (Q) azaldıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır. Teorik olarak,  $Q=10$  m<sup>3</sup>/sa olduğunda verim %98 mertebesinde iken; debi  $Q=1000$  m<sup>3</sup>/sa olduğunda verim %88 civarına düşmektedir.



Şekil 5.5. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktöre Giren Debi (Q) ile Değişimi (Q ↓ E↑)

Ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q)'ye ait çalışma aralığında (10–1000 m<sup>3</sup>/sa) arıtma verimi (E, % olarak) %4'lük bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında son sırada yani yedinci sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

### 5.3.2. Reaksiyon sabiti (k)'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi

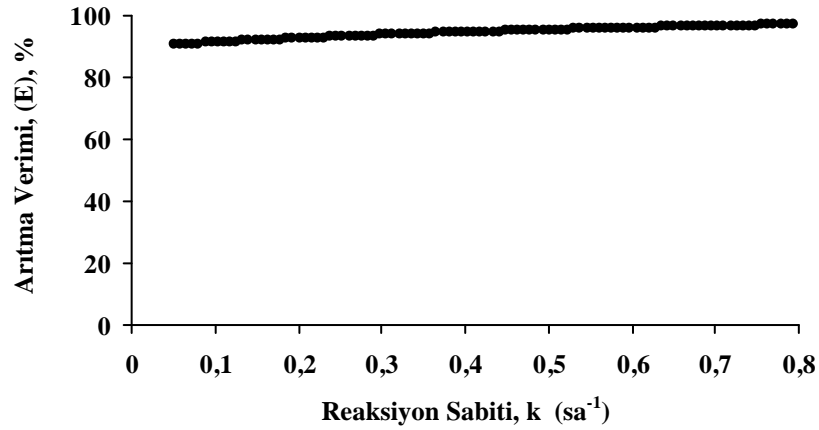
Arıtma veriminin (E), reaksiyon sabiti (k) ile değişim değerleri Tablo 5.6'da verilmiştir. Arıtma veriminin (E), reaksiyon sabiti (k) ile değişimi Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Reaksiyon sabiti(k) arttıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.

Reaksiyon sabiti (k)'ya ait çalışma aralığında (0.05-0.8 saat<sup>-1</sup>) arıtma verimi (E, % olarak) %7'lik bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında altıncı sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

Tablo 5.6. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Sabiti (k) ile Değişim Değerleri

REAKSİYON SABİTİ (k) sa <sup>-1</sup>	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSİYON SABİTİ (k) sa <sup>-1</sup> (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSİYON SABİTİ (k) sa <sup>-1</sup> (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSİYON SABİTİ (k) sa <sup>-1</sup> (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
0.05	90.79129	0.245	93.32196	0.44	95.1558	0.635	96.485071
0.0575	90.90445	0.2525	93.40394	0.4475	95.21522	0.6425	96.528149
0.065	91.0162	0.26	93.48492	0.455	95.27391	0.65	96.570697
0.0725	91.12659	0.2675	93.5649	0.4625	95.33188	0.6575	96.612723
0.08	91.23561	0.275	93.6439	0.47	95.38914	0.665	96.654232
0.0875	91.34329	0.2825	93.72192	0.4775	95.44569	0.6725	96.695232
0.095	91.44964	0.29	93.79898	0.485	95.50154	0.68	96.735727
0.1025	91.55469	0.2975	93.8751	0.4925	95.55671	0.6875	96.775725
0.11	91.65844	0.305	93.95028	0.5	95.6112	0.695	96.815231
0.1175	91.76091	0.3125	94.02453	0.5075	95.66502	0.7025	96.854252
0.125	91.86212	0.32	94.09787	0.515	95.71818	0.71	96.892794
0.1325	91.96208	0.3275	94.17031	0.5225	95.77068	0.7175	96.930862
0.14	92.06081	0.335	94.24185	0.53	95.82254	0.725	96.968463
0.1475	92.1583	0.3425	94.31251	0.5375	95.87376	0.7325	97.005602
0.155	92.25464	0.35	94.38231	0.545	95.92436	0.74	97.042284
0.1625	92.34977	0.3575	94.45125	0.5525	95.97433	0.7475	97.078516
0.17	92.44372	0.365	94.51933	0.56	96.02368	0.755	97.114303
0.1775	92.53652	0.3725	94.58658	0.5675	96.07243	0.7625	97.14965
0.185	92.62818	0.38	94.65301	0.575	96.12058	0.77	97.184563
0.1925	92.71871	0.3875	94.71861	0.5825	96.16814	0.7775	97.219048
0.2	92.80812	0.395	94.78341	0.59	96.21511	0.785	97.253108
0.2075	92.89643	0.4025	94.84741	0.5975	96.26151	0.7925	97.286751
0.215	92.98366	0.41	94.91063	0.605	96.30733	0.8	97.31998
0.2225	93.06981	0.4175	94.97306	0.6125	96.35259		
0.23	93.15490	0.425	95.03473	0.62	96.3973		
0.2375	93.23894	0.4325	95.09564	0.6275	96.44146		





Şekil 5.6. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Sabiti (k) ile Değişimi (k ↑ E↑)

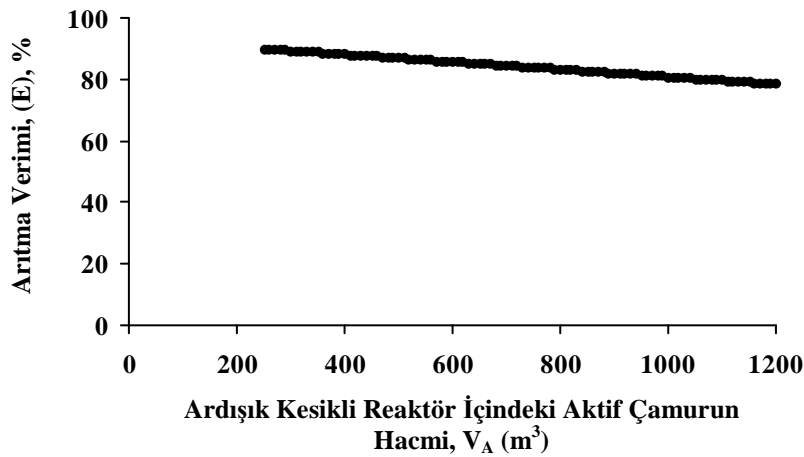
### 5.3.3. Ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi

Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.7'de verilmiştir. Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ) ile değişimi Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ) azaldıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.

Tablo 5.7. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktör İçindeki Aktif Çamurun Hacmi ( $V_A$ ) İle Değişimi Değerleri

AKTİF ÇAMURUN HACMİ ( $V_A$ ) $m^3$	ARITMA VERİMİ (E), %	AKTİF ÇAMURUN HACMİ ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	AKTİF ÇAMURUN HACMİ ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	AKTİF ÇAMURUN HACMİ ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
250	89.892	510	86.738	770	83.583	1030	80.429
260	89.771	520	86.616	780	83.462	1040	80.307
270	89.65	530	86.495	790	83.34	1050	80.186
280	89.528	540	86.374	800	83.219	1060	80.065
290	89.407	550	86.252	810	83.098	1070	79.943
300	89.286	560	86.131	820	82.977	1080	79.822
310	89.164	570	86.01	830	82.855	1090	79.701
320	89.043	580	85.888	840	82.734	1100	79.579
330	88.922	590	85.767	850	82.613	1110	79.458
340	88.8	600	85.646	860	82.491	1120	79.337
350	88.679	610	85.524	870	82.37	1130	79.215
360	88.558	620	85.403	880	82.249	1140	79.094
370	88.436	630	85.282	890	82.127	1150	78.973
380	88.315	640	85.16	900	82.006	1160	78.851
390	88.194	650	85.039	910	81.885	1170	78.73
400	88.072	660	84.918	920	81.763	1180	78.609
410	87.951	670	84.796	930	81.642	1190	78.487
420	87.83	680	84.675	940	81.521	1200	78.366
430	87.708	690	84.554	950	81.399		
440	87.587	700	84.432	960	81.278		
450	87.466	710	84.311	970	81.157		
460	87.344	720	84.19	980	81.035		
470	87.223	730	84.068	990	80.914		
480	87.102	740	83.947	1000	80.793		
490	86.98	750	83.826	1010	80.671		
500	86.859	760	83.704	1020	80.55		

Ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ )'ya ait çalışma aralığında ( $250-1200 m^3$ ) arıtma verimi (E, % olarak) %11'lik bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında üçüncü sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

Şekil 5.7. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktör İçindeki Aktif Çamurun Hacmi ( $V_A$ ) ile Değişimi ( $V_A \downarrow E \uparrow$ )

Aerobik granüllerin besi maddesi uzaklaştırma kinetiği boyutlarına bağlıdır. Daha küçük aerobik granüller ardışık kesikli reaktördeki besi maddesi uzaklaştırma oranları vasıtasıyla daha büyük çaplı granüllerden daha iyi verim sergilemektedir (Li ve Liu., 2005).

0.4 mm'den daha küçük çaptaki aerobik granüller besi maddesinin sınırlı olması koşulları altında çözünmüş oksijen dağılımı olmamaktadır. Bununla birlikte aerobik granüller 0.5 mm'den daha büyük olduklarında çözünmüş oksijen aşırı besi maddesinin metabolik aktivitesinin büyük bir sınırlayıcısı olmaktadır. Bu durum, aerobik granüllerin optimum boyutlarının kütle transferine duyarlı olması açısından 0.5 mm'den daha az olması gerekmektedir. Besi maddesi uzaklaştırma oranının aerobik granüllerin çapı ile ters orantılı olduğu görülmüştür. Aerobik granüllerin 0.5 mm boyutlu olanları 1 mm boyutlu olanlarından 3 kat daha fazla besi maddesi uzaklaştırma oranına sahiptir (Li ve Liu., 2005).

Ardışık kesikli bir reaktörde 60 günlük bir inkübasyon süresinde elde edilen granül aktif çamur büyüklüğü maksimum 2.6 cm olarak gözlemlenmiştir. Burada kullanılan atıksu 1000 mg/L asetat ve 500 mg/L diğer mineral konsantrasyonlar ihtiva eden sentetik bir atıksudur. Havalandırma akım hızı 2 cm/sn, giriş doldurma süresi 4 dakika, havalandırma süresi 202 dakika, çökme süresi 30 dakika, boşaltma süresi 4 dakika ve sıcaklık 20-25<sup>0</sup>C olarak çalışılmıştır. Aşı çamuru besleme kompozisyonu ve ardışık kesikli reaktör çalışma şartlarında (pH, sıcaklık ve seans zamanı) aktif çamur granül kompozisyonunu desteklemektedir (Liu ve Tay, 2004).

Çamur içerisindeki hidrofobik bakteri sayısının çokluğu granül çökmesini arttırıcı rol oynamaktadır (Wilén ve diğ., 2007).

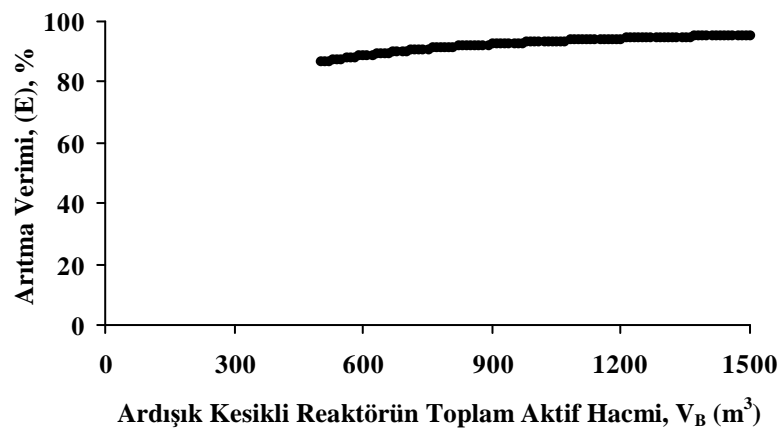
#### **5.3.4. Ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi**

Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.8'de verilmiştir. Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ) ile değişimi Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Toplam Aktif Hacmi ( $V_B$ ) İle Değişimi Değerleri

TOPLAM AKTİF HACİM ( $V_A$ ) $m^3$	ARITMA VERİMİ (E), %	TOPLAM AKTİF HACİM ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	TOPLAM AKTİF HACİM ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	TOPLAM AKTİF HACİM ( $V_A$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
500	86.5163	760	91.1291	1020	93.3903	1280	94.7329
510	86.7806	770	91.2443	1030	93.4545	1290	94.7737
520	87.0349	780	91.3566	1040	93.5174	1300	94.8139
530	87.2795	790	91.466	1050	93.5792	1310	94.8535
540	87.5151	800	91.5727	1060	93.6397	1320	94.8925
550	87.7421	810	91.6767	1070	93.6992	1330	94.9309
560	87.9609	820	91.7782	1080	93.7575	1340	94.9688
570	88.1722	830	91.8773	1090	93.8148	1350	95.006
580	88.3761	840	91.974	1100	93.871	1360	95.0427
590	88.5731	850	92.0684	1110	93.9262	1370	95.0789
600	88.7635	860	92.1606	1120	93.9805	1380	95.1146
610	88.9478	870	92.2507	1130	94.0337	1390	95.1497
620	89.126	880	92.3388	1140	94.0861	1400	95.1844
630	89.2986	890	92.4249	1150	94.1375	1410	95.2185
640	89.4658	900	92.509	1160	94.188	1420	95.2522
650	89.6279	910	92.5914	1170	94.2377	1430	95.2854
660	89.785	920	92.6719	1180	94.2866	1440	95.3181
670	89.9375	930	92.7507	1190	94.3346	1450	95.3504
680	90.0855	940	92.8278	1200	94.3818	1460	95.3823
690	90.2292	950	92.9033	1210	94.4282	1470	95.4137
700	90.3688	960	92.9772	1220	94.4739	1480	95.4447
710	90.5044	970	93.0496	1230	94.5188	1490	95.4753
720	90.6363	980	93.1205	1240	94.563	1500	95.5054
730	90.7646	990	93.19	1250	94.6065		
740	90.8894	1000	93.2581	1260	94.6493		
750	91.0108	1010	93.3249	1270	94.6914		

Ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ) arttıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.

Şekil 5.8. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Toplam Aktif Hacmi ( $V_B$ ) ile Değişimi ( $V_B \uparrow E \uparrow$ )

Ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ )'ye ait çalışma aralığında (500-1500  $m^3$ ) arıtma verimi (E, % olarak) %9'luk bir değişim olduğu görülmüştür.

Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında beşinci sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

### **5.3.5. Ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi**

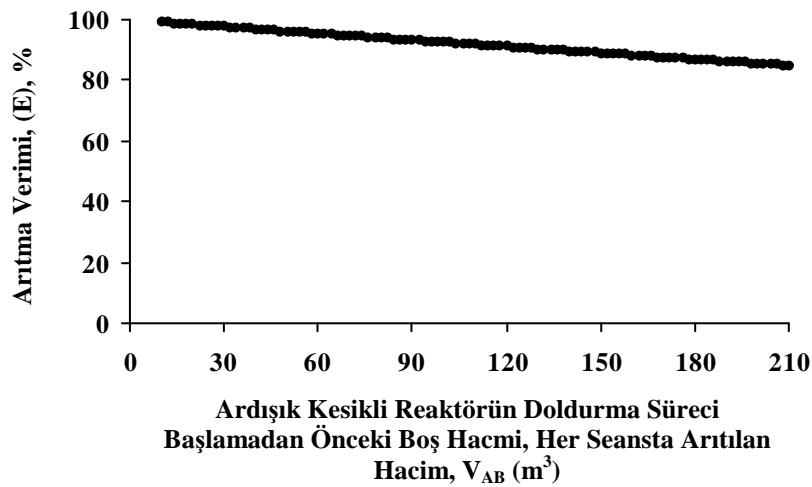
Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacmi, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.9'da verilmiştir. Arıtma veriminin (E), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacmi, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ) ile değişimi Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

Ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacmi, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ )'ye ait çalışma aralığında (10-210 m<sup>3</sup>) arıtma verimi (E, % olarak) %14'lük bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında ikinci sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

Tablo 5.9. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Doldurma Süreci Başlamadan Önceki Boş Hacmi, Her Seansta Arıtılan Hacim ( $V_{AB}$ ) İle Değişimi Değerleri

HER SEANSTA ARITILAN HACİM ( $V_{AB}$ ) $m^3$	ARITMA VERİMİ (E), %	HER SEANSTA ARITILAN HACİM ( $V_{AB}$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	HER SEANSTA ARITILAN HACİM ( $V_{AB}$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	HER SEANSTA ARITILAN HACİM ( $V_{AB}$ ) $m^3$ (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
10	99.236	62	95.347	114	91.589	166	87.956
12	99.085	64	95.2	116	91.447	168	87.819
14	98.933	66	95.054	118	91.305	170	87.682
16	98.781	68	94.907	120	91.163	172	87.545
18	98.63	70	94.761	122	91.022	174	87.408
20	98.478	72	94.615	124	90.88	176	87.271
22	98.327	74	94.469	126	90.739	178	87.135
24	98.177	76	94.323	128	90.598	180	86.999
26	98.026	78	94.177	130	90.458	182	86.863
28	97.875	80	94.032	132	90.317	184	86.727
30	97.725	82	93.887	134	90.177	186	86.591
32	97.575	84	93.742	136	90.037	188	86.456
34	97.425	86	93.597	138	89.897	190	86.321
36	97.275	88	93.452	140	89.757	192	86.186
38	97.126	90	93.308	142	89.617	194	86.051
40	96.977	92	93.163	144	89.478	196	85.916
42	96.828	94	93.019	146	89.339	198	85.781
44	96.679	96	92.875	148	89.199	200	85.647
46	96.53	98	92.732	150	89.061	202	85.513
48	96.382	100	92.588	152	88.922	204	85.379
50	96.233	102	92.445	154	88.783	206	85.245
52	96.085	104	92.302	156	88.645	208	85.111
54	95.937	106	92.159	158	88.507	210	84.978
56	95.789	108	92.016	160	88.369		
58	95.642	110	91.873	162	88.231		
60	95.495	112	91.731	164	88.093		

Ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacmi, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ) azaldıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.



Şekil 5.9. Arıtma Veriminin (E), Ardışık Kesikli Reaktörün Doldurma Süreci Başlamadan Önceki Boş Hacmi, Her Seansta Arıtılan Hacim, ( $V_{AB}$ ) ile Değişimi ( $V_{AB} \downarrow E \uparrow$ )

### 5.3.6. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin arıtma verimi (E) ile ilişkisi

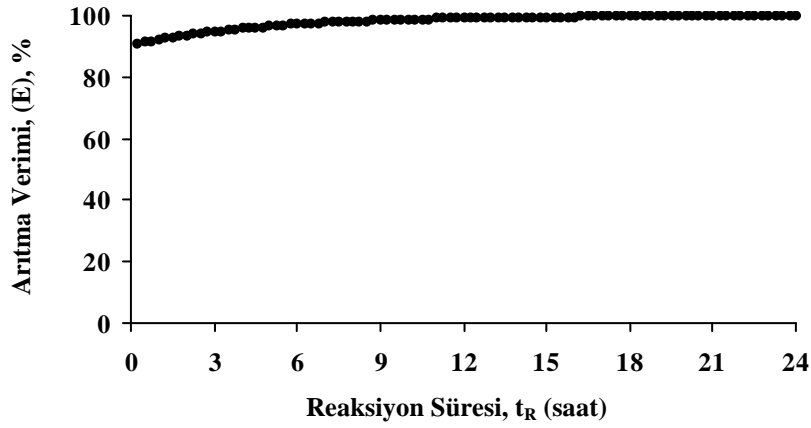
Arıtma veriminin (E), reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.10'da verilmiştir. Arıtma veriminin (E), reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ile değişimi Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) İle Değişimi Değerleri

REAKSIYON SÜRESİ ( $t_R$ ) saat	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSIYON SÜRESİ ( $t_R$ ) saat (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSIYON SÜRESİ ( $t_R$ ) saat (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAKSIYON SÜRESİ ( $t_R$ ) saat (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
0.25	90.802	6.75	97.651	13.25	99.4	19.75	99.847
0.5	91.273	7	97.771	13.5	99.431	20	99.855
0.75	91.719	7.25	97.885	13.75	99.46	20.25	99.862
1	92.142	7.5	97.993	14	99.488	20.5	99.869
1.25	92.544	7.75	98.096	14.25	99.514	20.75	99.876
1.5	92.926	8	98.193	14.5	99.539	21	99.882
1.75	93.287	8.25	98.286	14.75	99.562	21.25	99.888
2	93.631	8.5	98.373	15	99.585	21.5	99.894
2.25	93.957	8.75	98.457	15.25	99.606	21.75	99.899
2.5	94.266	9	98.536	15.5	99.626	22	99.904
2.75	94.559	9.25	98.61	15.75	99.645	22.25	99.909
3	94.837	9.5	98.682	16	99.663	22.5	99.914
3.25	95.101	9.75	98.749	16.25	99.681	22.75	99.918
3.5	95.352	10	98.813	16.5	99.697	23	99.923
3.75	95.59	10.25	98.874	16.75	99.712	23.25	99.927
4	95.815	10.5	98.931	17	99.727	23.5	99.93
4.25	96.029	10.75	98.986	17.25	99.741	23.75	99.934
4.5	96.232	11	99.038	17.5	99.754	24	99.937
4.75	96.425	11.25	99.087	17.75	99.767		
5	96.608	11.5	99.134	18	99.779		
5.25	96.781	11.75	99.178	18.25	99.79		
5.5	96.946	12	99.22	18.5	99.801		
5.75	97.102	12.25	99.26	18.75	99.811		
6	97.25	12.5	99.298	19	99.821		
6.25	97.391	12.75	99.334	19.25	99.83		
6.5	97.524	13	99.368	19.5	99.839		

Ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süresi ( $t_R$ )'ye ait çalışma aralığında (0.25-24 saat) arıtma verimi (E, % olarak) %9'luk bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında dördüncü sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.

Reaksiyon süresi ( $t_R$ ) arttıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.



Şekil 5.10. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süresi, ( $t_R$ ) ile Değişimi ( $t_R \uparrow E \uparrow$ )

### 5.3.7. Başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ )'nun arıtma verimi (E) ile ilişkisi

Arıtma veriminin (E), başlangıçtaki substrat konsantrasyonu, ( $S_0$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.11'de verilmiştir. Arıtma veriminin (E), başlangıçtaki substrat konsantrasyonu, ( $S_0$ ) ile değişimi Şekil 5.11'de gösterilmiştir.

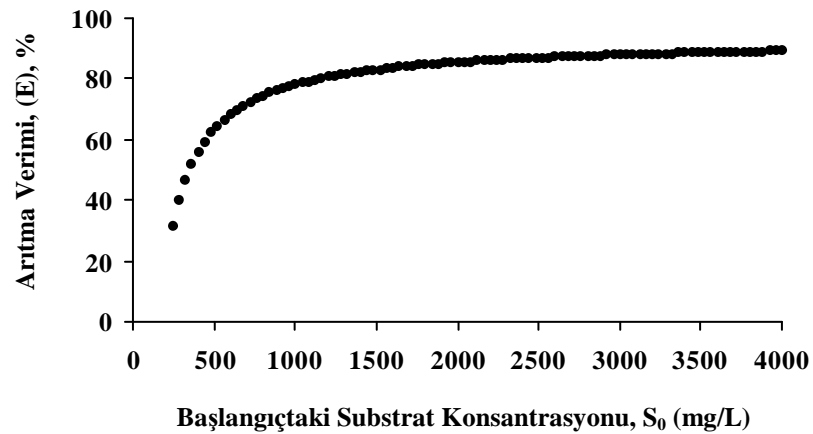
Ardışık kesikli reaktörün başlangıç substrate konsantrasyonu ( $S_0$ )'a ait çalışma aralığında (240-4000 mg/L) arıtma verimi (E, % olarak) %60'lık bir değişim olduğu görülmüştür. Simülasyon çalışmasında kullanılan parametreler arasında birinci sırada öneme sahip bir parametre olduğu görülmektedir.



Tablo 5.11. Arıtma Veriminin (E), Başlangıçtaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_0$ ) İle Değişimi Değerleri

BAŞLAN. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_0$ ) mg/L	ARITMA VERİMİ (E), %	BAŞLAN. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_0$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	BAŞLAN. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_0$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	BAŞLAN. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_0$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
240	31.462	1280	81.401	2320	86.567	3360	88.535
280	40.243	1320	81.75	2360	86.675	3400	88.587
320	46.828	1360	82.079	2400	86.779	3440	88.637
360	51.95	1400	82.389	2440	86.88	3480	88.687
400	56.048	1440	82.682	2480	86.978	3520	88.735
440	59.4	1480	82.959	2520	87.072	3560	88.782
480	62.194	1520	83.221	2560	87.163	3600	88.828
520	64.558	1560	83.47	2600	87.252	3640	88.873
560	66.584	1600	83.706	2640	87.338	3680	88.917
600	68.34	1640	83.931	2680	87.421	3720	88.96
640	69.877	1680	84.145	2720	87.502	3760	89.002
680	71.233	1720	84.349	2760	87.581	3800	89.044
720	72.438	1760	84.544	2800	87.657	3840	89.084
760	73.516	1800	84.731	2840	87.732	3880	89.124
800	74.487	1840	84.909	2880	87.804	3920	89.163
840	75.365	1880	85.079	2920	87.874	3960	89.201
880	76.163	1920	85.243	2960	87.942	4000	89.238
920	76.892	1960	85.399	3000	88.009		
960	77.56	2000	85.55	3040	88.073		
1000	78.174	2040	85.695	3080	88.136		
1040	78.742	2080	85.834	3120	88.198		
1080	79.267	2120	85.968	3160	88.258		
1120	79.755	2160	86.096	3200	88.316		
1160	80.209	2200	86.221	3240	88.373		
1200	80.633	2240	86.34	3280	88.428		
1240	81.029	2280	86.456	3320	88.482		

Başlangıçtaki substrat konsantrasyonu, ( $S_0$ ) arttıkça arıtma verimi (E) artmaktadır.

Şekil 5.11. Arıtma Veriminin (E), Başlangıçtaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_0$ ) ile Değişimi ( $S_0 \uparrow E \uparrow$ )

### 5.3.8. Reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_e$ )'nun arıtma verimi (E) ile ilişkisi

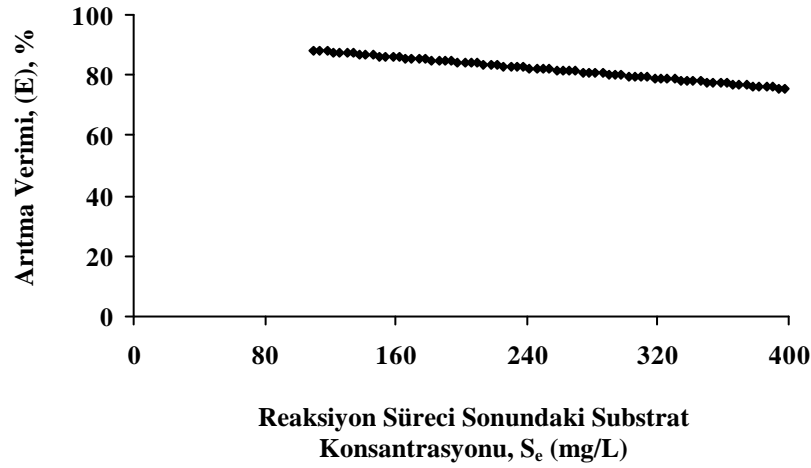
Arıtma veriminin (E), reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu, ( $S_e$ ) ile değişimi değerleri Tablo 5.12'de verilmiştir. Arıtma veriminin (E), reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu, ( $S_e$ ) ile değişimi Şekil 5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.12. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süreci Sonundaki Substrat Konsantrasyonu, ( $S_e$ ) İle Değişimi Değerleri

REAK. SÜRECİ SONUNDA. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_e$ ) mg/L	ARITMA VERİMİ (E), %	REAK. SÜRECİ SONUNDA. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_e$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAK. SÜRECİ SONUNDA. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_e$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %	REAK. SÜRECİ SONUNDA. SUBSTRAT KONSAN. ( $S_e$ ) mg/L (DEVAMI)	ARITMA VERİMİ (E), %
110	88.134	214	83.604	318	79.074	422	74.544
114	87.96	218	83.43	322	78.9	426	74.37
118	87.786	222	83.256	326	78.726	430	74.196
122	87.612	226	83.082	330	78.552	434	74.022
126	87.437	230	82.907	334	78.378	438	73.848
130	87.263	234	82.733	338	78.203	442	73.673
134	87.089	238	82.559	342	78.029	446	73.499
138	86.915	242	82.385	346	77.855	450	73.325
142	86.741	246	82.211	350	77.681	454	73.151
146	86.566	250	82.036	354	77.506	458	72.976
150	86.392	254	81.862	358	77.332	462	72.802
154	86.218	258	81.688	362	77.158	466	72.628
158	86.044	262	81.514	366	76.984	470	72.454
162	85.869	266	81.339	370	76.809	474	72.279
166	85.695	270	81.165	374	76.635	478	72.105
170	85.521	274	80.991	378	76.461	482	71.931
174	85.347	278	80.817	382	76.287	486	71.757
178	85.172	282	80.642	386	76.113	490	71.583
182	84.998	286	80.468	390	75.938	494	71.408
186	84.824	290	80.294	394	75.764	498	71.234
190	84.65	294	80.12	398	75.59	502	71.06
194	84.476	298	79.946	402	75.416	506	70.886
198	84.301	302	79.771	406	75.241	510	70.711
202	84.127	306	79.597	410	75.067		
206	83.953	310	79.423	414	74.893		
210	83.779	314	79.249	418	74.719		

Reaksiyon süresi sonundaki substrat konsantrasyonu, ( $S_e$ ) azaldıkça, arıtma verimi (E) artmaktadır.

Ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu ( $S_e$ )'na ait çalışma aralığında (110-510 mg/L) arıtma verimi (E, % olarak) %18'lik bir değişim olduğu görülmüştür.

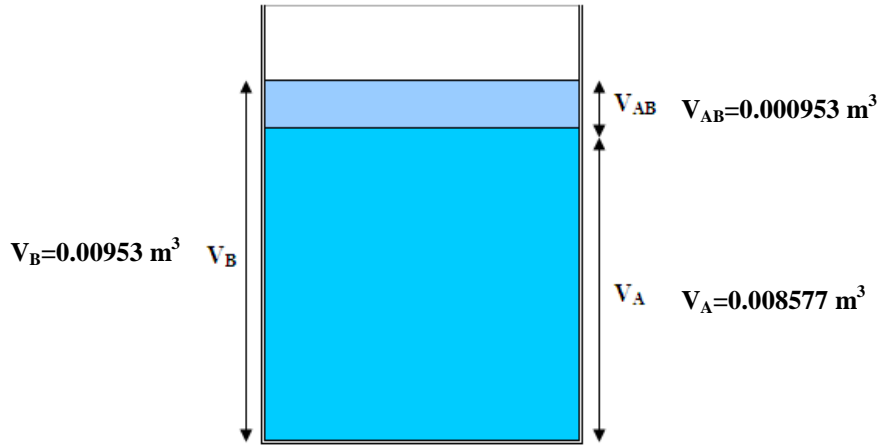


Şekil 5.12. Arıtma Veriminin (E), Reaksiyon Süreci Sonundaki Substrat Konsantrasyonu, (S<sub>e</sub>) ile Değişimi (S<sub>e</sub> ↓ E↑)

Daha önceki çalışmalarda kullanılan verim denklemi üzerinde çalışılmış ve simülasyon çalışması için verilerin hassasiyetini görmek açısından veri aralıkları azaltılarak (100 e yakın değerle) simülasyon çalışması tekrarlanmıştır. Simülasyon çalışmasında; ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q), reaksiyon sabiti (k), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi (V<sub>A</sub>), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi (V<sub>B</sub>), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim, her seansta arıtılan hacim (V<sub>AB</sub>), reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>), başlangıçtaki substrat konsantrasyonu (S<sub>0</sub>), reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu (S<sub>e</sub>) gibi parametreler incelenmiştir. İncelenen bu parametreler dikkatle irdelendiğinde en önemli parametrelerin sıralamasının birden yediye kadar şu şekilde olduğu görülmüştür. Ardışık kesikli reaktöre giren başlangıçtaki substrat konsantrasyonu (S<sub>0</sub>), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim, her seansta arıtılan hacim (V<sub>AB</sub>), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi (V<sub>A</sub>), ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi (V<sub>B</sub>), reaksiyon sabiti (k), ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q) şeklinde olduğu görülmektedir.

#### 5.4. Deneysel Çalışmalar İle Modelin Karşılaştırılması

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile model verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün hacimlerinin şematik gösterimi Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Hacimlerinin Şematik Gösterimi

#### 5.4.1. Laboratuvar deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde yapılan deneysel çalışmalar, aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz, aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ve aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) ilaveli şeklinde yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlarla modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırmıştır.

##### 5.4.1.1. Aktif Çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları iki adet ve farklı zamanlarda laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde gerçekleştirilen deneylerden oluşmaktadır.

Birinci deneme çalışmaları;

Birinci deneme çalışması ait veriler çalışmanın ilk zamanlarında laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün ortam şartlarında işletilmesi sırasında elde edilmiş olan sonuçların bulunduğu bir deneme çalışmasıdır.

Tablo 5.16'da laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;

$$S_0 = \left( \frac{723 + 748 + 531}{3} \right) = 667.3 \text{ mg / L}$$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;

$$S_e = \left( \frac{301 + 288 + 280}{3} \right) = 289.67 \text{ mg / L}$$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte  $0.000954 \text{ m}^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girerse;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

$k$  (reaksiyon sabiti) değeri;

Ardışık Kesikli Reaktör (AKR)'de gerçekleşen reaksiyonları kinetik açıdan değerlendirebilmek için üç adet farklı  $S_0$ 'larda (giriş KOİ konsantrasyonu) ( $S_{01} = 723 \text{ mgKOİ/L}$ ,  $S_{02} = 748 \text{ mgKOİ/L}$ ,  $S_{03} = 531 \text{ mgKOİ/L}$ ) tekrarlanan deney yapılmıştır. Bu deneyi laboratuvar ortamında yapmak kendi içerisinde zorluklar içermektedir. Deney özetle; içerisinde aktif çamur bulunan Ardışık Kesikli Reaktöre arıtılması istenen yaklaşık 1L hacmindeki atıksu  $t_F = 0.5 \text{ sa.}$  doldurma süresi içerisinde debi olarak reaktöre verilmektedir. Debinin reaktöre ilk dökülmesinden itibaren reaktör 400

devir/dak. karıştırma hızıyla mikser tarafından karıştırılmaktadır. Doldurma süresinden sonra  $t_R=0.5$  sa. süresi sonunda reaktör durdurulmuş ve  $t_S=1.5$  sa.'lik çökelmeye bırakılmıştır. Bunun amacı arıtılmış su ile arıtmayı yapan biyokütlenin ayrıştırılmasıdır. Reaktörün altında çökelmiş aktif çamur onun üstünde su ve çamur karışımı ve en üstte arıtılmış su hacmi mevcuttur. Arıtılmış su (yaklaşık 1 L)'daki KOİ konsantrasyonunu ölçmek için pipetle (20 mL) numune alınmaktadır. Geriye kalan kısım 0.5 sa. boşaltma süresi içerisinde sistemden peristaltik pompa vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır. Kinetik deneyine devam etmek için aynı aktif çamuru içeren aynı reaktöre  $S_0$  giriş konsantrasyonuna sahip aynı atıksu tekrar 0.5 saat içerisinde aynı hacimde (yaklaşık 1 L.) debi olarak boşaltılmaktadır. Bu sefer doldurma süresine ilaveten  $t_R=1$  saat olacak şekilde reaksiyon yapılmıştır.  $t_R=1$  saat reaksiyon süresi sonunda yine aynı çökeltme süresi  $t_S=1.5$  saat bekletilerek arıtılmış su ile arıtmayı yapan biyokütle ayrıştırılmıştır. Yine üstteki arıtılmış yaklaşık 1 L.'lik kısmından pipetle 20 mL numune çekilmiş ve daha sonra peristaltik pompa ile yaklaşık 1 L. civarındaki atıksu tamamen boşaltılmıştır ve bu deneyler aynı mantık içerisinde  $t_R=6$  saat  $t_S=1.5$  saat olacak şekilde 9 adet kinetik deneyi yapılmıştır. Bu bir takım deney 3 gün sürmektedir. Bu deneylerden 3 adet tekrarlanılmıştır. Bu deneylerin yapılış tekrarlanmış zorluklarından dolayı çıkış KOİ değerlerinde bazı salınımlar olması muhtemeldir. Bu salınımları içermesinden dolayı da  $k$  (reaksiyon sabiti) değerini tespiti oldukça zordur. Bu nedenle ardışık kesikli reaktörü yansıtabilecek  $k$  (reaksiyon sabiti) değerinin tespit edilmesinde (reaksiyon süresi boyunca ( $t_R=0-6$  saat)  $S_e$  ile  $S_0$  ilişkisi kurularak 9 adet reaksiyon sabiti ( $k$ ) değeri bulunmuş olup bunların istatistiksel olarak aritmetik ortalama değerinin alınması AKR kinetiğini ifade etmede birinci derece denklem kinetiğinden elde edilecek grafik metodundan ve ondan elde edilecek  $k$  değerinden ziyade daha uygun bir yöntem olacağı düşünülmüştür. Çünkü birinci derece denklem kinetiğinden kesikli reaktör (doldurma-boşaltma) elde edilecek noktalama, eğri uydurma ve sonucunda  $k$  değeri elde edilmesi düzenli olarak azalan/artan ve dengeye gelen reaksiyonlar için daha doğru sonuçlar vermektedir. Fakat AKR kinetiğini (doldurma-çökelme-boşaltma) yansıtabilecek deneylerde deney süresinin uzun olması, aynı başlangıç koşullarının elde edilmesi zorluğu, çamur şişmesi ve kabarması riski problemi gibi sorunlar sebebiyle deney süresince çıkış KOİ'si salınımları söz konusudur. Bu nedenlerle AKR kinetiğini yansıtabilecek reaksiyon sabiti ( $k$ )'nın bulunması oldukça güç

olup ancak  $k$ 'yı ortalama ifade edebilecek bir değerin aritmetik ortalama ile bulunması daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

$k$  değerinin tespit edilmesi için ilk yapılan üç denemeye ait değerlerden faydalanılmıştır. Bu üç deneme değerlerinden birinci derece denklem kinetiğinden faydalanılarak ayrı ayrı üç tane  $k$  değeri bulunmuştur ve bu üç değer ortalama alınmıştır.

Birinci denemeye ait deney sonuçlarından reaksiyon sabiti ( $k$ )'nin bulunması Tablo 5.13'de verilmiştir.

Tablo 5.13. Birinci Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması

$t_R$	$1/t_R$	$-1/t_R$	Se	Se/So	$\ln(\text{Se/So})$	$k_1 = -1/t \cdot \ln(\text{Se/So})$
0	-		723	1	0	-
0.5	2	-2	473	0.65422	-0.4243	0.8486
1	1	-1	464	0.64177	-0.4435	0.4435
1.5	0.67	-0.67	421	0.5823	-0.5408	0.3605
2	0.5	-0.5	344	0.4758	-0.7428	0.3714
2.5	0.4	-0.4	370	0.51176	-0.6699	0.268
3	0.33	-0.33	344	0.4758	-0.7428	0.2476
4	0.25	-0.25	336	0.46473	-0.7663	0.1916
5	0.2	-0.2	310	0.42877	-0.8468	0.1694
6	0.167	-0.167	301	0.41632	-0.8763	0.146
<b>Toplam <math>k_1</math></b>						<b>3.0466</b>
<b>Ortalama <math>k_1</math></b>						<b>0.3385</b>

İkinci denemeye ait deney sonuçlarından reaksiyon sabiti ( $k$ )'nin bulunması Tablo 5.14'de verilmiştir.

Tablo 5.14. İkinci Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti ( $k$ )'nin Bulunması

$t_R$	$1/t_R$	$-1/t_R$	Se	Se/So	$\ln(\text{Se/So})$	$k_1 = -1/t \cdot \ln(\text{Se/So})$
0	-		748	1	0	-
0.5	2	-2	-	-	-	-
1	1	-1	648	0.86631	-0.1435	0.1435
1.5	0.67	-0.67	288	0.38503	-0.9544	0.6363
2	0.5	-0.5	306	0.40909	-0.8938	0.4469
2.5	0.4	-0.4	369	0.49332	-0.7066	0.2826
3	0.33	-0.33	459	0.61364	-0.4884	0.1628
4	0.25	-0.25	468	0.62567	-0.4689	0.1172
5	0.2	-0.2	477	0.6377	-0.4499	0.09
6	0.167	-0.167	506	0.67647	-0.3909	0.0651
<b>Toplam <math>k_2</math></b>						<b>1.9445</b>
<b>Ortalama <math>k_2</math></b>						<b>0.2431</b>

Üçüncü denemeye ait deney sonuçlarından reaksiyon sabiti (k)'nin bulunması Tablo 5.15'de verilmiştir.

Tablo 5.15. Üçüncü Denemeye Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti (k)'nin Bulunması

$t_R$	$1/t_R$	$-1/t_R$	Se	Se/So	$\ln(\text{Se/So})$	$k_1 = -1/t \cdot \ln(\text{Se/So})$
0	-		531	1	0	-
0.5	2	-2	412	0.77589	-0.2537	0.5075
1	1	-1	365	0.68738	-0.3749	0.3749
1.5	0.67	-0.67	280	0.52731	-0.64	0.4266
2	0.5	-0.5	346	0.6516	-0.4283	0.2142
2.5	0.4	-0.4	380	0.71563	-0.3346	0.1338
3	0.33	-0.33	385	0.72505	-0.3215	0.1072
4	0.25	-0.25	412	0.77589	-0.2537	0.0634
5	0.2	-0.2	456	0.85876	-0.1523	0.0305
6	0.167	-0.167	490	0.92279	-0.0804	0.0134
<b>Toplam <math>k_3</math></b>						<b>1.8714</b>
<b>Ortalama <math>k_3</math></b>						<b>0.2079</b>

Bulunan  $k_1$ ,  $k_2$  ve  $k_3$  değerlerinin aritmetik ortalaması;

$$k_{ORTALAMA} = \left( \frac{0.3385 + 0.2431 + 0.2079}{3} \right) = 0.2631 \text{ saat}^{-1}$$

Üç deney çalışması sonucunda aktif çamur için elde edilen  $k_{ORTALAMA} = 0.2631 \text{ saat}^{-1}$  olmaktadır.

Laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	667
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	290
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim)	m <sup>3</sup>	0.000954
$k_{ORTALAMA}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.2631
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_f$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Sabit Model:

$t_R = 0$  saat;  $t_R = 0.5$  saat zaman aralığında her seansta artırılması planlanan  $V_A$  hacminin değişmediği yani sabit kaldığı (doldurma süresi sonundaki hacim kabulü yapılarak elde edilen model çalışmasıdır.



Dinamik Model:

$t_R=0$  saat;  $t_R=0.5$  saat zaman aralığında değişirken  $V_A=0-0.008586 \text{ m}^3$  aralığında 25 adımda teorik olarak değiştiği kabul edilerek yapılan model çalışmasıdır.

Dinamik modelleme çalışmasının gerçek deneysel çalışmayı daha temsil edebileceği düşünölerek iki ayrı model çalışması yapılarak deneysel çalışmalarla karşılaştırılması arzu edilmiştir.

Laboratuar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için  $V_{AB}$  sabit ve  $V_{AB}$  dinamik model çalışmasına ait çıkış konsantrasyonu ( $S_e$ ) ve arıtma verimi (E) değerleri Tablo 5.17’de verilmiştir.

Tablo 5.17. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin  $V_{AB}$  sabit ve  $V_{AB}$  dinamik Model Çalışmasına Ait Çıkış Konsantrasyonu ( $S_e$ ) ve Artıma Verimi (E) Değerleri

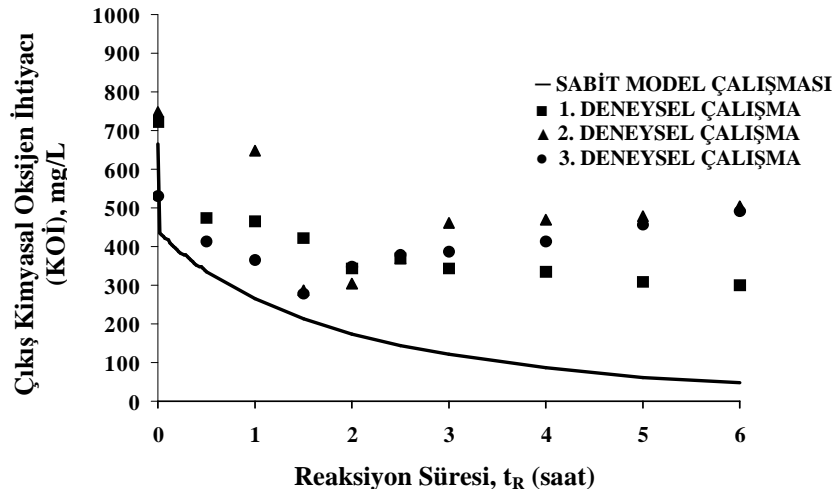
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$ sabit iken E (%)	$V_{AB}$ dinamik iken E (%)
0	0	0.00954	667	667	0	0	0
0.02	0.00003816	0.0095018	434.642	346.23	0.02	34.836	48.092
0.04	0.00007632	0.0094637	429.678	345.9	0.04	35.58	48.141
0.06	0.00011448	0.0094255	424.801	345.56	0.06	36.312	48.192
0.08	0.00015264	0.0093874	420.009	345.21	0.08	37.03	48.245
0.1	0.0001908	0.0093492	415.299	344.85	0.1	37.736	48.299
0.12	0.00022896	0.009311	410.67	344.48	0.12	38.43	48.355
0.14	0.00026712	0.0092729	406.119	344.09	0.14	39.113	48.412
0.16	0.00030528	0.0092347	401.644	343.7	0.16	39.783	48.471
0.18	0.00034344	0.0091966	397.245	343.3	0.18	40.443	48.531
0.2	0.0003816	0.0091584	392.918	342.88	0.2	41.092	48.593
0.22	0.00041976	0.0091202	388.662	342.46	0.22	41.73	48.657
0.24	0.00045792	0.0090821	384.476	342.03	0.24	42.357	48.722
0.26	0.00049608	0.0090439	380.358	341.58	0.26	42.975	48.788
0.28	0.00053424	0.0090058	376.305	341.13	0.28	43.582	48.857
0.3	0.0005724	0.0089676	372.318	340.66	0.3	44.18	48.926
0.32	0.00061056	0.0089294	368.394	340.19	0.32	44.769	48.998
0.34	0.00064872	0.0088913	364.531	339.7	0.34	45.348	49.07
0.36	0.00068688	0.0088531	360.729	339.2	0.36	45.918	49.145
0.38	0.00072504	0.008815	356.986	338.7	0.38	46.479	49.221
0.4	0.0007632	0.0087768	353.301	338.18	0.4	47.031	49.298
0.42	0.00080136	0.0087386	349.673	337.66	0.42	47.575	49.377
0.44	0.00083952	0.0087005	346.099	337.12	0.44	48.111	49.457
0.46	0.00087768	0.0086623	342.58	336.58	0.46	48.639	49.539
0.48	0.00091584	0.0086242	339.113	336.02	0.48	49.158	49.622
0.5	0.000954	0.008586	335.698	335.46	0.5	49.67	49.707
1	0.000954	0.008586	264.376	264.21	1	60.363	60.388
1.5	0.000954	0.008586	212.807	212.69	1.5	68.095	68.112
2	0.000954	0.008586	174.077	173.99	2	73.901	73.914
2.5	0.000954	0.008586	144.154	144.09	2.5	78.388	78.397
3	0.000954	0.008586	120.523	120.47	3	81.931	81.938
4	0.000954	0.008586	86.0737	86.042	4	87.095	87.1
5	0.000954	0.008586	62.7425	62.722	5	90.593	90.596
6	0.000954	0.008586	46.3852	46.371	6	93.046	93.048

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için  $V_{AB}$  sabit ve  $V_{AB}$  dinamik deneysel çalışmalara ait çıkış konsantrasyonu ( $S_e$ ) ve artıma verimi (E) değerleri Tablo 5.18’de verilmiştir.

Tablo 5.18. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin  $V_{AB}$  sabit ve  $V_{AB}$  dinamik Deneysel Çalışmalara Ait Çıkış Konsantrasyonu ( $S_c$ ) ve Arıtma Verimi (E) Değerleri

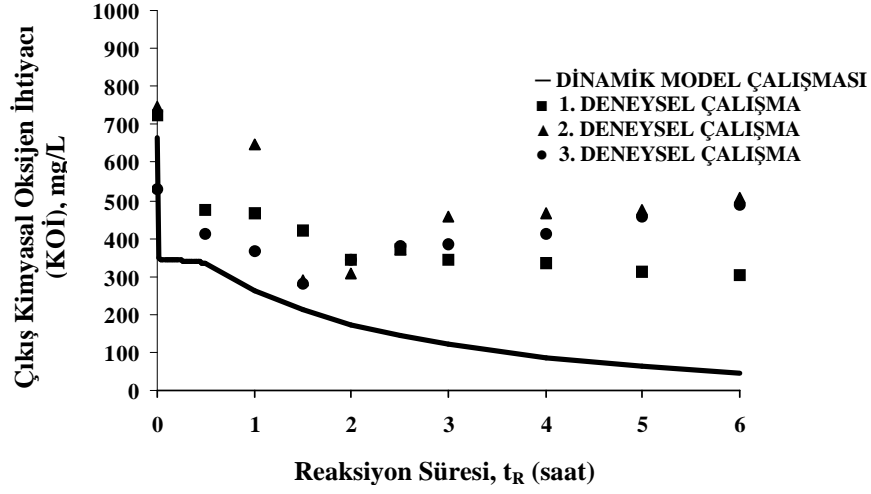
REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (S, mg/L)					
	1. DENEYSEL ÇALIŞMA		2. DENEYSEL ÇALIŞMA		3. DENEYSEL ÇALIŞMA	
	S (mg/L)	E (%)	S (mg/L)	E (%)	S (mg/L)	E (%)
0	723	0	748	0	531	0
0.5	473	35	-	-	412	22
1	464	36	648	13	365	31
1.5	421	42	288	61	280	47
2	344	52	306	59	346	35
2.5	370	49	369	51	380	28
3	344	52	459	39	385	27
4	336	54	468	37	412	22
5	310	57	477	36	456	14
6	301	58	506	32	490	8

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için ( $V_{AB}$  sabit) sabit model çalışmasına ait çıkış konsantrasyonu ( $S_c$ ) değerleri ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması Şekil 5.14’de gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için ( $V_{AB}$  dinamik) dinamik model çalışmasına ait çıkış konsantrasyonu ( $S_c$ ) değerleri ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması Şekil 5.15’de gösterilmiştir.

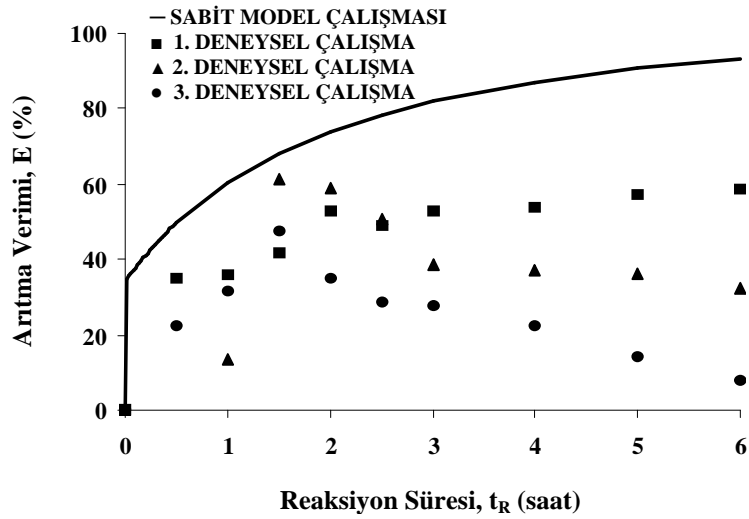


Şekil 5.15. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması

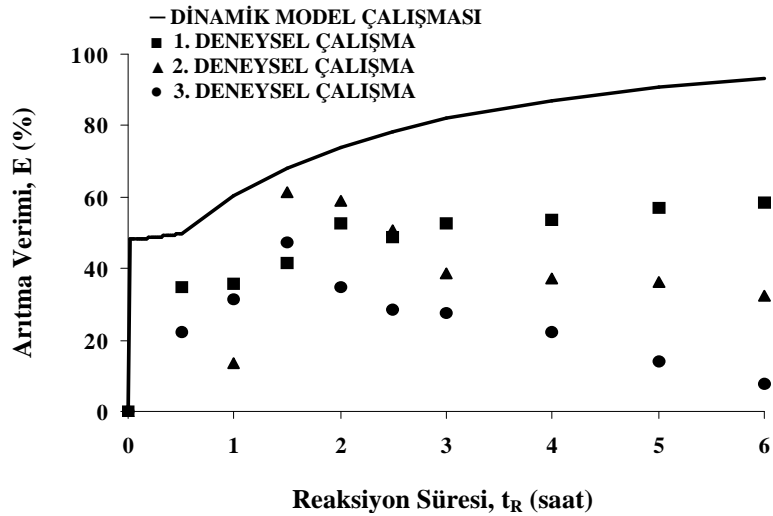
Laboratuvar ölçekli tesise ait 6 saate kadar değişen reaksiyon süre( $t_R$ )lerinde model çalışması ve deneysel çalışma verilerinin 1.5 saat reaksiyon süresinden sonra farklı/zıt eğilimlerde olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin deneysel çalışma verilerinin değerlerinin elde edilmesi sırasında laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün çalışma koşullarının tam olarak sağlanamaması ve yeni yeni ortama ve tesise adaptasyon probleminin olduğu düşünülmektedir. Bu ilk aşamadaki değerlerin ardından hem ardışık kesikli reaktörün çalışma koşulları düzeltilmiş hem de sisteme ve ortama adaptasyon sorunu ortadan kalktığı için daha sonraki kıyaslamalarda böyle bir durum olmamıştır.

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için  $V_{AB}$  sabit model çalışmasına ait arıtma verimi (E) değerleri ile deneysel çalışmalara ait arıtma verimi (E) değerlerinin kıyaslanması Şekil 5.16'de gösterilmiştir.

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için  $V_{AB}$  dinamik model çalışmasına ait arıtma verimi (E) değerleri ile deneysel çalışmalara ait arıtma verimi (E) değerlerinin kıyaslanması Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



Şekil 5.16. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin  $V_{AB}$  Sabit Model Çalışmasına Ait Arıtma Verimi (E) Değerleri İle Deneysel Çalışmalara Ait Arıtma Verimi (E) Değerlerinin Kıyaslanması



Şekil 5.17. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri İçin  $V_{AB}$  Dinamik Model Çalışmasına Ait Arıtma Verimi (E) Değerleri İle Deneysel Çalışmalara Ait Arıtma Verimi (E) Değerlerinin Kıyaslanması

Yapılan laboratuvar ölçekli deneylerle matematik modelleme çalışmasının karşılaştırılmasında k değeri ile oynanarak deney-model yakınlaştırılması yerine AKR mekanizmasının anlaşılmasına çalışılması bilimsel olarak tercih edilmiştir. Çünkü AKR henüz tüm mekanizmaları ile modellemeleriyle anlaşılabilmiş bir reaktör değildir.

Bu tez çalışmasının ana amaçlarından biri de, AKR mekanizmasını, kinetiğini modellemesini, daha iyi anlayabilmek amacına yöneliktir. Çünkü bu yeni reaktör tipi (AKR: reaksiyon ve çökeltme aynı tank içerisinde) klasik kesikli veya sürekli reaktör tipinden ayrı davranış göstermekte olup, kendine ait bir mekanizması söz konusudur. Çünkü aynı tank içerisinde yapılan çökeltme safhasında da KOİ giderimi halen devam etmekte olan bir mekanizmadır ve çökeltme safhasında iyi çökelemeyen biyokütlelerin bir kısmı arıtılmış su içerisinde askıda veya çözünmüş olarak kalması muhtemel olup çıkış KOİ'sini salınımlı hale getirebilme riski bulunmaktadır. Bunun için AKR'lerin gerçek hayattaki arıtma uygulamalarında büyük avantajlarının yanında işletme risklerini de beraberinde getirmektedir. Bunun için ardışık kesikli biyo reaktör tasarımının ve işletilmesinin atıksudan atıksuya değişebileceği göz önüne alınarak, çok dikkatlice yapılması gerekmektedir. Bu nedenle tez çalışmasındaki deney ve model çalışmalarının ana sebeplerinden biri de reaksiyon ve çökeltme sürelerinin optimum olarak belirlenmesi amacına yöneliktir.

İkinci deneme çalışmaları;

İkinci deneme çalışması çalışmanın son etaplarında laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör tesisinin tamamen ortama adapte edilmesi ve sistemin tanınıp ona göre işletilmesi anlaşıldıktan sonra gerçekleştirilmiş bir çalışma olmuştur. Bu çalışma için iki farklı zamanda gerçek tekstil endüstrisine ait atıksu arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktörün girişinden alınan iki farklı özellikteki gerçek atıksu numunesi üzerinde gerçekleştirilmiş bir çalışma olmuştur. Çalışmanın en önemli parametresi olan ve tüm çalışma boyunca baz alınan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri üzerinden isimlendirilmiştir.

1950 mg KOİ/L'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Tablo 5.20'de laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 1950 \text{ mg} / L$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 230 \text{ mg} / L$

Q (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte 0.000954 m<sup>3</sup> laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girse;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

V<sub>A</sub> (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

V<sub>B</sub> (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

V<sub>AB</sub> (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

k (reaksiyon sabiti) değeri;

k değerinin tespit edilmesi için yapılan denemeye ait değerlerden faydalanılmıştır. Bu deneme değerlerinden birinci derece denklem kinetiğinden faydalanılarak k değeri bulunmuştur ve k değerinin ortalaması alınmıştır. 1950 mgKOİ/L gerçek atıksu numunesine ait deney sonuçlarından reaksiyon sabiti (k)'nin bulunması Tablo 5.19'da verilmiştir.

Tablo 5.19. 1950 mgKOİ/L Gerçek Atıksu Numunesine Ait Deney Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti (k)'nin Bulunması

t <sub>R</sub>	1/t <sub>R</sub>	- 1/t <sub>R</sub>	Se	Se/So	ln(Se/So)	k= -1/t.ln(Se/So)
0	-	-	1950	1	0	-
0.52	1.923	-1.923	1810	0.9282	-0.0745	0.143274
0.75	1.333	-1.333	1618	0.8297	-0.1866	0.248851
1	1	-1	1156	0.5928	-0.5228	0.522864
1.25	0.8	-0.8	943	0.4835	-0.7265	0.581215
1.5	0.667	-0.667	848	0.4348	-0.8327	0.555136
1.75	0.571	-0.571	764	0.3917	-0.9370	0.535438
2	0.5	-0.5	398	0.2041	-1.5891	0.794566
<b>Toplam k</b>						<b>3.38134</b>
<b>Ortalama k</b>						<b>0.48305</b>

Laboratuar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20. Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	1950
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	398
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta artılan hacim)	m <sup>3</sup>	0.000954
$k_{A,C. 1950\text{mgKOİ/L}}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.48305
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_F$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları ve arıtma verimi değerleri Tablo 5.21’de verilmiştir.

Tablo 5.21. Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları Ve Arıtma Verimi Değerleri

REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L)	DENEYSEL ÇALIŞMAYA AİT ARITMA VERİMİ DEĞERLERİ, E (%)
	$S_0=1950$ mg KOİ/L	
0.52	1810	6
0.75	1618	10
1	1156	19
1.25	943	37
1.5	848	43
1.75	764	52
2	398	69

Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_F=0.5$  saat)  $V_A=0.008586$  m<sup>3</sup>,  $V_B=0.00954$  m<sup>3</sup>,  $V_{AB}=0.000954$  m<sup>3</sup> olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci



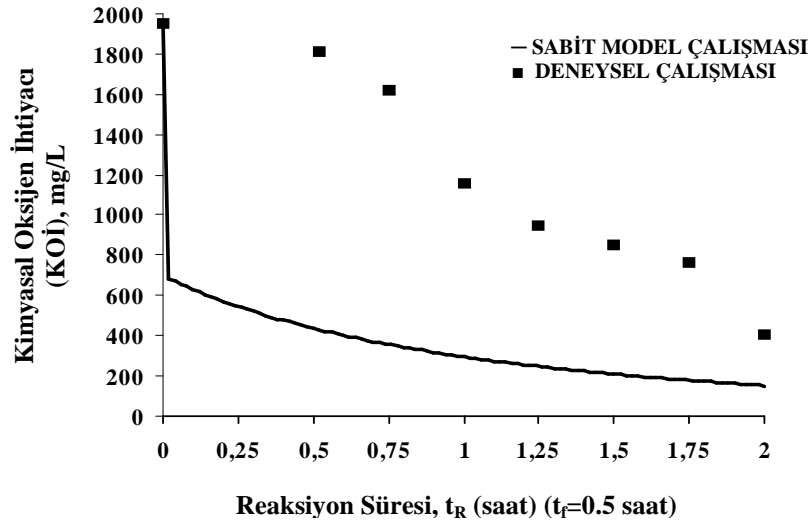
esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde birinci deneme çalışmasının kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) Tablo 5.22'de verilmiştir.

Tablo 5.22. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Birinci Deneme Çalışmasının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit)  $S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$

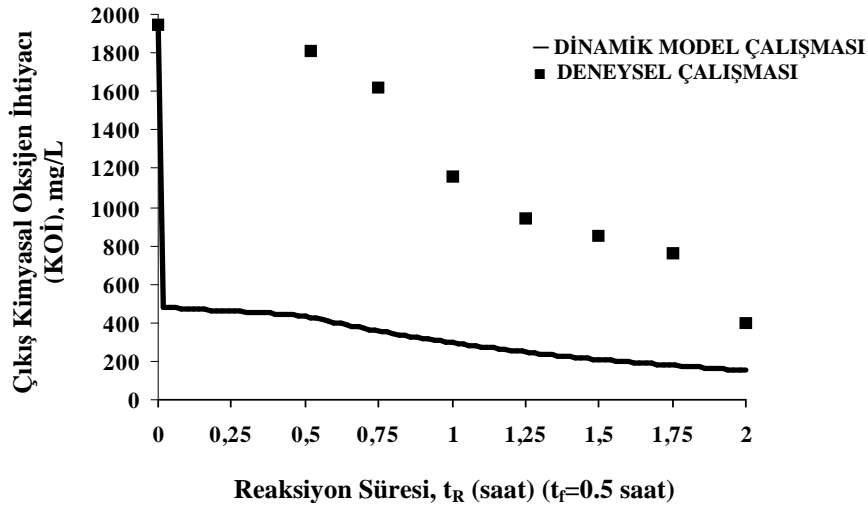
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
0	0	0.00954	1950	1950	<b>DEVAMI</b>				
0.02	0.00003816	0.009502	684.89	478.22	1.02	0.000954	0.008586	291.21	291.21
0.04	0.00007632	0.009464	670.72	476.72	1.04	0.000954	0.008586	287.03	287.03
0.06	0.00011448	0.009426	656.99	475.19	1.06	0.000954	0.008586	282.93	282.93
0.08	0.00015264	0.009387	643.68	473.65	1.08	0.000954	0.008586	278.90	278.91
0.1	0.0001908	0.009349	630.79	472.08	1.1	0.000954	0.008586	274.95	274.96
0.12	0.00022896	0.009311	618.28	470.5	1.12	0.000954	0.008586	271.08	271.08
0.14	0.00026712	0.009273	606.14	468.89	1.14	0.000954	0.008586	267.28	267.28
0.16	0.00030528	0.009235	594.36	467.26	1.16	0.000954	0.008586	263.54	263.55
0.18	0.00034344	0.009197	582.93	465.61	1.18	0.000954	0.008586	259.88	259.88
0.2	0.0003816	0.009158	571.81	463.95	1.2	0.000954	0.008586	256.28	256.28
0.22	0.00041976	0.00912	561.02	462.26	1.22	0.000954	0.008586	252.74	252.75
0.24	0.00045792	0.009082	550.52	460.55	1.24	0.000954	0.008586	249.27	249.28
0.26	0.00049608	0.009044	540.31	458.83	1.26	0.000954	0.008586	245.86	245.87
0.28	0.00053424	0.009006	530.38	457.09	1.28	0.000954	0.008586	242.51	242.52
0.3	0.0005724	0.008968	520.72	455.33	1.3	0.000954	0.008586	239.22	239.23
0.32	0.00061056	0.008929	511.31	453.55	1.32	0.000954	0.008586	235.99	236
0.34	0.00064872	0.008891	502.16	451.75	1.34	0.000954	0.008586	232.81	232.82
0.36	0.00068688	0.008853	493.24	449.94	1.36	0.000954	0.008586	229.69	229.7
0.38	0.00072504	0.008815	484.55	448.11	1.38	0.000954	0.008586	226.62	226.63
0.4	0.0007632	0.008777	476.08	446.26	1.4	0.000954	0.008586	223.61	223.61
0.42	0.00080136	0.008739	467.82	444.4	1.42	0.000954	0.008586	220.64	220.65
0.44	0.00083952	0.0087	459.77	442.51	1.44	0.000954	0.008586	217.73	217.73
0.46	0.00087768	0.008662	451.91	440.62	1.46	0.000954	0.008586	214.86	214.87
0.48	0.00091584	0.008624	444.25	438.71	1.48	0.000954	0.008586	212.04	212.05
0.5	0.000954	0.008586	436.78	436.78	1.5	0.000954	0.008586	209.27	209.28
0.52	0.000954	0.008586	429.48	429.48	1.52	0.000954	0.008586	206.54	206.55
0.54	0.000954	0.008586	422.35	422.36	1.54	0.000954	0.008586	203.86	203.87
0.56	0.000954	0.008586	415.39	415.4	1.56	0.000954	0.008586	201.23	201.23
0.58	0.000954	0.008586	408.59	408.6	1.58	0.000954	0.008586	198.63	198.63
0.6	0.000954	0.008586	401.95	401.96	1.6	0.000954	0.008586	196.08	196.08
0.62	0.000954	0.008586	395.46	395.47	1.62	0.000954	0.008586	193.56	193.57
0.64	0.000954	0.008586	389.12	389.12	1.64	0.000954	0.008586	191.09	191.1
0.66	0.000954	0.008586	382.91	382.92	1.66	0.000954	0.008586	188.66	188.66
0.68	0.000954	0.008586	376.85	376.85	1.68	0.000954	0.008586	186.27	186.27
0.7	0.000954	0.008586	370.92	370.92	1.7	0.000954	0.008586	183.91	183.91
0.72	0.000954	0.008586	365.11	365.12	1.72	0.000954	0.008586	181.59	181.59
0.74	0.000954	0.008586	359.43	359.44	1.74	0.000954	0.008586	179.30	179.31
0.76	0.000954	0.008586	353.88	353.88	1.76	0.000954	0.008586	177.06	177.06
0.78	0.000954	0.008586	348.44	348.44	1.78	0.000954	0.008586	174.84	174.85
0.8	0.000954	0.008586	343.11	343.12	1.8	0.000954	0.008586	172.66	172.67
0.82	0.000954	0.008586	337.90	337.9	1.82	0.000954	0.008586	170.52	170.52
0.84	0.000954	0.008586	332.79	332.79	1.84	0.000954	0.008586	168.40	168.41
0.86	0.000954	0.008586	327.79	327.79	1.86	0.000954	0.008586	166.32	166.32
0.88	0.000954	0.008586	322.89	322.89	1.88	0.000954	0.008586	164.27	164.27
0.9	0.000954	0.008586	318.09	318.09	1.9	0.000954	0.008586	162.25	162.25
0.92	0.000954	0.008586	313.38	313.39	1.92	0.000954	0.008586	160.26	160.26
0.94	0.000954	0.008586	308.77	308.77	1.94	0.000954	0.008586	158.30	158.3
0.96	0.000954	0.008586	304.25	304.25	1.96	0.000954	0.008586	156.37	156.37
0.98	0.000954	0.008586	299.82	299.82	1.98	0.000954	0.008586	154.47	154.47
1	0.000954	0.008586	295.47	295.48	2	0.000954	0.008586	152.59	152.6

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit) Şekil 5.18'de gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ )

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



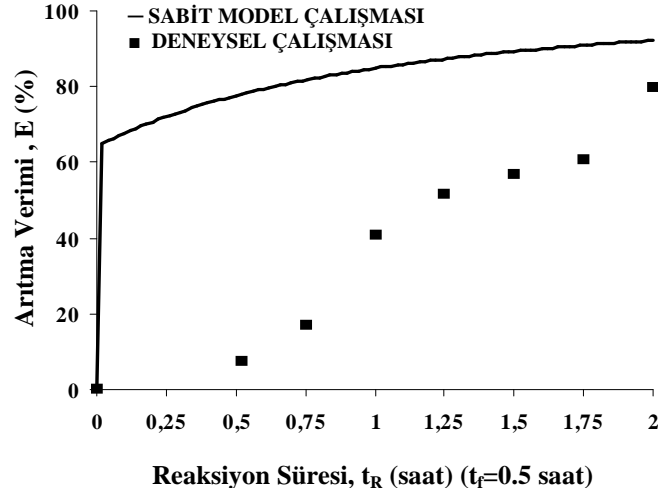
Şekil 5.19. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ )

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süre( $t_R$ )'lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde  $V_{AB}$  sabit ve dinamik durumda iken arıtma verimi değerleri değişimi  $V_B=0.00954 \text{ m}^3(\text{sabit}) S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$  Tablo 5.23'de verilmiştir.

Tablo 5.23. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre( $t_R$ )lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde  $V_{AB}$  Sabit ve Dinamik Durumda İken Arıtma Verimi Değerleri Değişimi  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit)  $S_0=1950 \text{ mgKÖİ/L}$

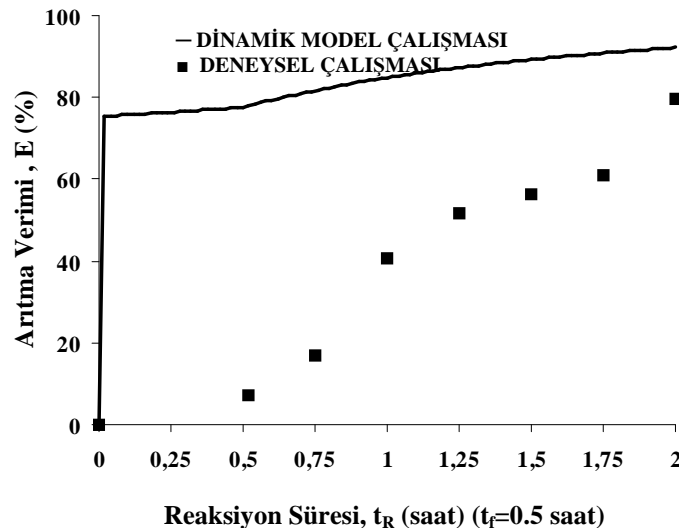
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sabit iken, E (%)	$V_{AB}$ dnmk iken E (%)	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sabit iken, E (%)	$V_{AB}$ dnmk iken E (%)
DEVAMI									
0	0	0.00954	0	0	1.02	0.000954	0.008586	85.07	85.066
0.02	0.00003816	0.009502	64.88	75.476	1.04	0.000954	0.008586	85.28	85.28
0.04	0.00007632	0.009464	65.6	75.553	1.06	0.000954	0.008586	85.49	85.491
0.06	0.00011448	0.009426	66.31	75.631	1.08	0.000954	0.008586	85.7	85.697
0.08	0.00015264	0.009387	66.99	75.71	1.1	0.000954	0.008586	85.9	85.9
0.1	0.0001908	0.009349	67.65	75.791	1.12	0.000954	0.008586	86.1	86.098
0.12	0.00022896	0.009311	68.29	75.872	1.14	0.000954	0.008586	86.29	86.293
0.14	0.00026712	0.009273	68.92	75.954	1.16	0.000954	0.008586	86.48	86.485
0.16	0.00030528	0.009235	69.52	76.038	1.18	0.000954	0.008586	86.67	86.673
0.18	0.00034344	0.009197	70.11	76.122	1.2	0.000954	0.008586	86.86	86.857
0.2	0.0003816	0.009158	70.68	76.208	1.22	0.000954	0.008586	87.04	87.039
0.22	0.00041976	0.00912	71.23	76.294	1.24	0.000954	0.008586	87.22	87.217
0.24	0.00045792	0.009082	71.77	76.382	1.26	0.000954	0.008586	87.39	87.391
0.26	0.00049608	0.009044	72.29	76.47	1.28	0.000954	0.008586	87.56	87.563
0.28	0.00053424	0.009006	72.8	76.56	1.3	0.000954	0.008586	87.73	87.732
0.3	0.0005724	0.008968	73.3	76.65	1.32	0.000954	0.008586	87.9	87.898
0.32	0.00061056	0.008929	73.78	76.741	1.34	0.000954	0.008586	88.06	88.061
0.34	0.00064872	0.008891	74.25	76.833	1.36	0.000954	0.008586	88.22	88.221
0.36	0.00068688	0.008853	74.71	76.926	1.38	0.000954	0.008586	88.38	88.378
0.38	0.00072504	0.008815	75.15	77.02	1.4	0.000954	0.008586	88.53	88.533
0.4	0.0007632	0.008777	75.59	77.115	1.42	0.000954	0.008586	88.68	88.685
0.42	0.00080136	0.008739	76.01	77.211	1.44	0.000954	0.008586	88.83	88.834
0.44	0.00083952	0.0087	76.42	77.307	1.46	0.000954	0.008586	88.98	88.981
0.46	0.00087768	0.008662	76.82	77.404	1.48	0.000954	0.008586	89.13	89.126
0.48	0.00091584	0.008624	77.22	77.502	1.5	0.000954	0.008586	89.27	89.268
0.5	0.000954	0.008586	77.6	77.601	1.52	0.000954	0.008586	89.41	89.408
0.52	0.000954	0.008586	77.98	77.975	1.54	0.000954	0.008586	89.55	89.545
0.54	0.000954	0.008586	78.34	78.341	1.56	0.000954	0.008586	89.68	89.681
0.56	0.000954	0.008586	78.7	78.698	1.58	0.000954	0.008586	89.81	89.814
0.58	0.000954	0.008586	79.05	79.046	1.6	0.000954	0.008586	89.94	89.945
0.6	0.000954	0.008586	79.39	79.387	1.62	0.000954	0.008586	90.07	90.073
0.62	0.000954	0.008586	79.72	79.72	1.64	0.000954	0.008586	90.2	90.2
0.64	0.000954	0.008586	80.05	80.045	1.66	0.000954	0.008586	90.32	90.325
0.66	0.000954	0.008586	80.36	80.363	1.68	0.000954	0.008586	90.45	90.448
0.68	0.000954	0.008586	80.67	80.674	1.7	0.000954	0.008586	90.57	90.569
0.7	0.000954	0.008586	80.98	80.978	1.72	0.000954	0.008586	90.69	90.688
0.72	0.000954	0.008586	81.28	81.276	1.74	0.000954	0.008586	90.8	90.805
0.74	0.000954	0.008586	81.57	81.567	1.76	0.000954	0.008586	90.92	90.92
0.76	0.000954	0.008586	81.85	81.852	1.78	0.000954	0.008586	91.03	91.034
0.78	0.000954	0.008586	82.13	82.131	1.8	0.000954	0.008586	91.15	91.145
0.8	0.000954	0.008586	82.4	82.404	1.82	0.000954	0.008586	91.26	91.255
0.82	0.000954	0.008586	82.67	82.672	1.84	0.000954	0.008586	91.36	91.364
0.84	0.000954	0.008586	82.93	82.934	1.86	0.000954	0.008586	91.47	91.471
0.86	0.000954	0.008586	83.19	83.19	1.88	0.000954	0.008586	91.58	91.576
0.88	0.000954	0.008586	83.44	83.441	1.9	0.000954	0.008586	91.68	91.679
0.9	0.000954	0.008586	83.69	83.688	1.92	0.000954	0.008586	91.78	91.781
0.92	0.000954	0.008586	83.93	83.929	1.94	0.000954	0.008586	91.88	91.882
0.94	0.000954	0.008586	84.17	84.165	1.96	0.000954	0.008586	91.98	91.981
0.96	0.000954	0.008586	84.4	84.397	1.98	0.000954	0.008586	92.08	92.078
0.98	0.000954	0.008586	84.62	84.625	2	0.000954	0.008586	92.17	92.175
1	0.000954	0.008586	84.85	84.847					

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için sabit model çalışması ve deneysel çalışmalara arıtma verimi değerlerinin kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L) Şekil 5.20’de gösterilmiştir.



Şekil 5.20. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L)

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için dinamik model çalışması ve deneysel çalışmalara arıtma verimi değerlerinin kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L) Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



Şekil 5.21. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L)

958 mg KOİ/L'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Tablo 5.25'de laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 958 \text{ mg} / L$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 298 \text{ mg} / L$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte  $0.000954 \text{ m}^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girerse;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta artırılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

$k$  (reaksiyon sabiti) değeri;

$k$  değerinin tespit edilmesi için yapılan denemeye ait değerlerden faydalanılmıştır. Bu deneme değerlerinden birinci derece denklem kinetiğinden faydalanılarak  $k$  değeri bulunmuştur. 958 mgKOİ/L gerçek atıksu numunesine ait deney sonuçlarından reaksiyon sabiti ( $k$ )nin bulunması Tablo 5.24'de verilmiştir.

Tablo 5.24. 958 mgKOİ/L Gerçek Atıksu Numunesine Ait Deneysel Sonuçlarından Reaksiyon Sabiti (k)nin Bulunması

$t_R$	$1/t_R$	$-1/t_R$	Se	Se/So	$\ln(Se/So)$	$k = -1/t \cdot \ln(Se/So)$
0	-	-	958	1	0	-
0.52	1.923	-1.923	898	0.93737	-0.06468	0.124380211
0.75	1.333	-1.333	862	0.899791	-0.10559	0.14079001
1	1	-1	780	0.814196	-0.20555	0.205553858
1.25	0.8	-0.8	602	0.628392	-0.46459	0.371672266
1.5	0.667	-0.667	542	0.565762	-0.56958	0.379721184
1.75	0.571	-0.571	464	0.484342	-0.72496	0.4142647
2	0.5	-0.5	298	0.311065	-1.16775	0.583877146
<b>Toplam k</b>						<b>2.22025</b>
<b>Ortalama k</b>						<b>0.31717</b>

Laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.25’de verilmiştir.

Tablo 5.25. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	958
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	298
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta artılan hacim)	m <sup>3</sup>	0.000954
$k_{A,C, 958 \text{ mgKOİ/L}}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.31717
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_F$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 5.26’da verilmiştir.

Tablo 5.26. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları

REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L) $S_0=958 \text{ mg KOİ/L}$	DENEYSEL ÇALIŞMAYA AİT ARITMA VERİMİ DEĞERLERİ, E (%)
0.52	898	6
0.75	862	10
1	780	19
1.25	602	37
1.5	542	43
1.75	464	52
2	298	69

Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_F=0.5$  saat)  $V_A=0.008586$   $m^3$ ,  $V_B=0.00954$   $m^3$ ,  $V_{AB}=0.000954$   $m^3$  olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

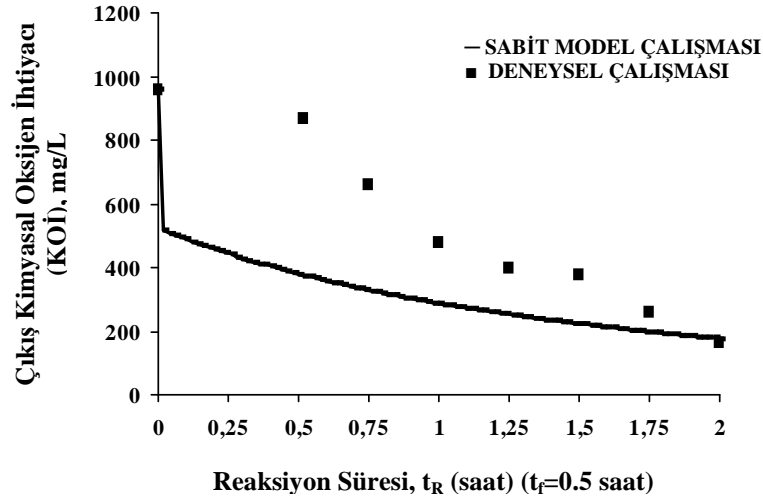
Farklı reaksiyon süre( $t_R$ )lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954$   $m^3$ (sabit) Tablo 5.27'de verilmiştir.



Tablo 5.27. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre( $t_R$ )lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Birinci Deneme Çalışmasının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ )

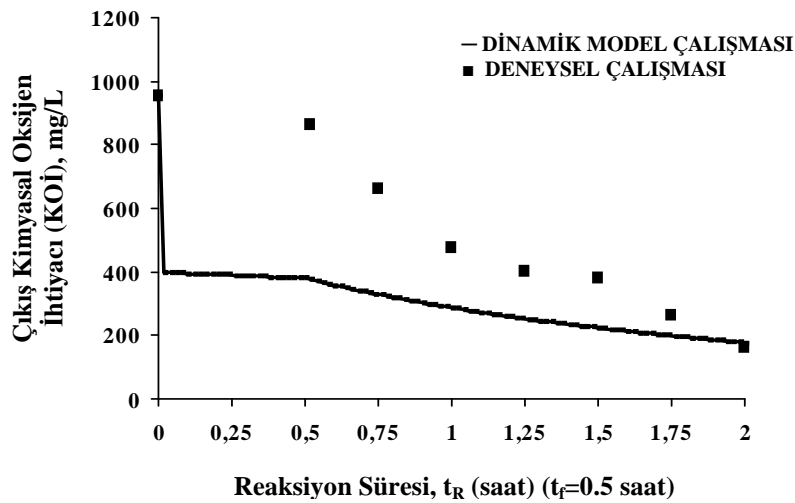
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
0	0	0.00954	958	958	1.02	0.000954	0.008586	284.3	284.27
0.02	0.00003816	0.009502	516.2	397.58	1.04	0.000954	0.008586	281.3	281.31
0.04	0.00007632	0.009464	509.1	396.98	1.06	0.000954	0.008586	278.4	278.4
0.06	0.00011448	0.009426	502.1	396.38	1.08	0.000954	0.008586	275.5	275.52
0.08	0.00015264	0.009387	495.4	395.76	1.1	0.000954	0.008586	272.7	272.69
0.1	0.0001908	0.009349	488.7	395.13	1.12	0.000954	0.008586	269.9	269.9
0.12	0.00022896	0.009311	482.2	394.48	1.14	0.000954	0.008586	267.1	267.14
0.14	0.00026712	0.009273	475.8	393.82	1.16	0.000954	0.008586	264.4	264.43
0.16	0.00030528	0.009235	469.6	393.14	1.18	0.000954	0.008586	261.8	261.75
0.18	0.00034344	0.009197	463.4	392.46	1.2	0.000954	0.008586	259.1	259.11
0.2	0.0003816	0.009158	457.4	391.76	1.22	0.000954	0.008586	256.5	256.51
0.22	0.00041976	0.00912	451.5	391.04	1.24	0.000954	0.008586	253.9	253.94
0.24	0.00045792	0.009082	445.8	390.32	1.26	0.000954	0.008586	251.4	251.41
0.26	0.00049608	0.009044	440.1	389.58	1.28	0.000954	0.008586	248.9	248.91
0.28	0.00053424	0.009006	434.5	388.82	1.3	0.000954	0.008586	246.4	246.44
0.3	0.0005724	0.008968	429.1	388.06	1.32	0.000954	0.008586	244	244.01
0.32	0.00061056	0.008929	423.7	387.28	1.34	0.000954	0.008586	241.6	241.61
0.34	0.00064872	0.008891	418.5	386.49	1.36	0.000954	0.008586	239.2	239.24
0.36	0.00068688	0.008853	413.3	385.68	1.38	0.000954	0.008586	236.9	236.91
0.38	0.00072504	0.008815	408.2	384.86	1.4	0.000954	0.008586	234.6	234.6
0.4	0.0007632	0.008777	403.3	384.03	1.42	0.000954	0.008586	232.3	232.33
0.42	0.00080136	0.008739	398.4	383.19	1.44	0.000954	0.008586	230.1	230.08
0.44	0.00083952	0.0087	393.6	382.34	1.46	0.000954	0.008586	227.9	227.87
0.46	0.00087768	0.008662	388.9	381.47	1.48	0.000954	0.008586	225.7	225.68
0.48	0.00091584	0.008624	384.2	380.59	1.5	0.000954	0.008586	223.5	223.52
0.5	0.000954	0.008586	379.7	379.7	1.52	0.000954	0.008586	221.4	221.39
0.52	0.000954	0.008586	375.2	375.23	1.54	0.000954	0.008586	219.3	219.28
0.54	0.000954	0.008586	370.8	370.84	1.56	0.000954	0.008586	217.2	217.2
0.56	0.000954	0.008586	366.5	366.52	1.58	0.000954	0.008586	215.2	215.15
0.58	0.000954	0.008586	362.3	362.27	1.6	0.000954	0.008586	213.1	213.12
0.6	0.000954	0.008586	358.1	358.1	1.62	0.000954	0.008586	211.1	211.12
0.62	0.000954	0.008586	354	353.99	1.64	0.000954	0.008586	209.1	209.15
0.64	0.000954	0.008586	350	349.95	1.66	0.000954	0.008586	207.2	207.2
0.66	0.000954	0.008586	346	345.98	1.68	0.000954	0.008586	205.3	205.27
0.68	0.000954	0.008586	342.1	342.08	1.7	0.000954	0.008586	203.4	203.36
0.7	0.000954	0.008586	338.2	338.23	1.72	0.000954	0.008586	201.5	201.48
0.72	0.000954	0.008586	334.5	334.45	1.74	0.000954	0.008586	199.6	199.62
0.74	0.000954	0.008586	330.7	330.73	1.76	0.000954	0.008586	197.8	197.79
0.76	0.000954	0.008586	327.1	327.07	1.78	0.000954	0.008586	196	195.97
0.78	0.000954	0.008586	323.5	323.46	1.8	0.000954	0.008586	194.2	194.18
0.8	0.000954	0.008586	319.9	319.91	1.82	0.000954	0.008586	192.4	192.41
0.82	0.000954	0.008586	316.4	316.42	1.84	0.000954	0.008586	190.7	190.66
0.84	0.000954	0.008586	313	312.98	1.86	0.000954	0.008586	188.9	188.93
0.86	0.000954	0.008586	309.6	309.59	1.88	0.000954	0.008586	187.2	187.23
0.88	0.000954	0.008586	306.3	306.26	1.9	0.000954	0.008586	185.5	185.54
0.9	0.000954	0.008586	303	302.98	1.92	0.000954	0.008586	183.9	183.87
0.92	0.000954	0.008586	299.7	299.74	1.94	0.000954	0.008586	182.2	182.22
0.94	0.000954	0.008586	296.6	296.55	1.96	0.000954	0.008586	180.6	180.59
0.96	0.000954	0.008586	293.4	293.42	1.98	0.000954	0.008586	179	178.98
0.98	0.000954	0.008586	290.3	290.32	2	0.000954	0.008586	177.4	177.38
1	0.000954	0.008586	287.3	287.28					

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) Şekil 5.22'de gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik) Şekil 5.23’de gösterilmiştir.



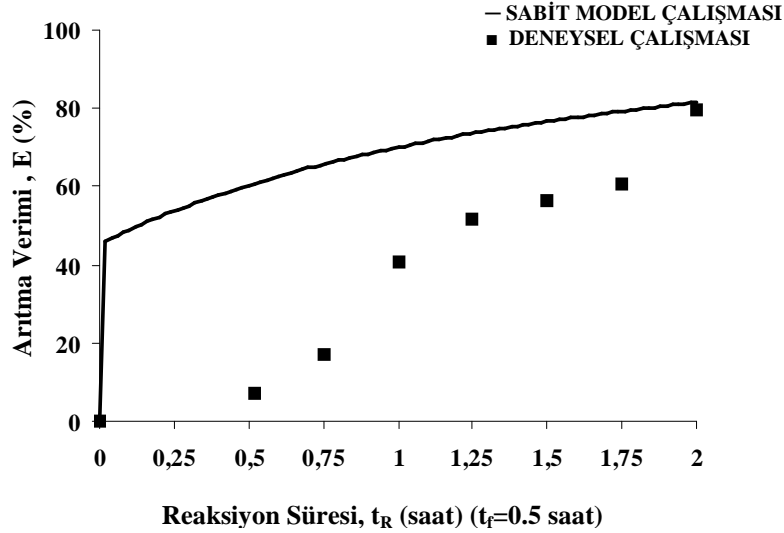
Şekil 5.23. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik)

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )’lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ ’nın değişen değerlerinde  $V_{AB}$  sabit ve dinamik durumda iken arıtma verimi değerleri değişimi  $V_B=0.00954 \text{ m}^3(\text{sabit}) S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$  Tablo 5.28’de gösterilmiştir.

Tablo 5.28. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süre( $t_R$ )lerinde  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde  $V_{AB}$  Sabit ve Dinamik Durumda İken Arıtma Verimi Değerleri Değişimi  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit)  $S_0=958 \text{ mgKO}_2/\text{L}$

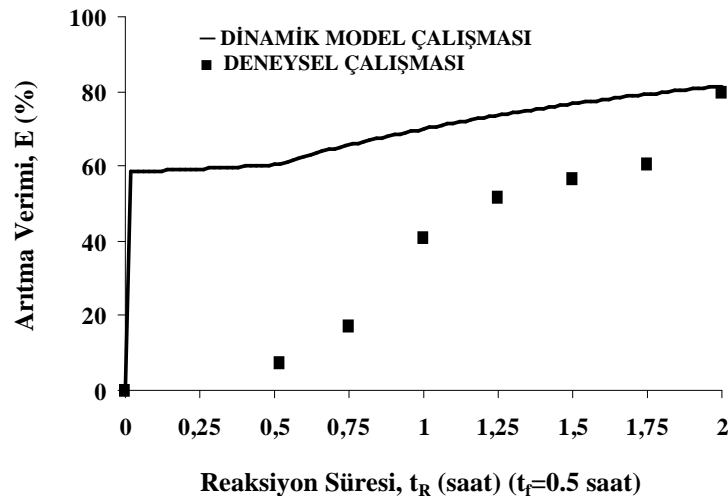
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sabit iken, E (%)	$V_{AB}$ dnmk iken E (%)	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sabit iken, E (%)	$V_{AB}$ dnmk iken E (%)
0	0	0.00954	0	0	<b>DEVAMI</b>				
0.02	0.00003816	0.009502	46.12	58.498	1.02	0.000954	0.008586	70.32	70.325
0.04	0.00007632	0.009464	46.86	58.56	1.04	0.000954	0.008586	70.63	70.634
0.06	0.00011448	0.009426	47.58	58.623	1.06	0.000954	0.008586	70.94	70.938
0.08	0.00015264	0.009387	48.29	58.687	1.08	0.000954	0.008586	71.24	71.238
0.1	0.0001908	0.009349	48.98	58.754	1.1	0.000954	0.008586	71.53	71.534
0.12	0.00022896	0.009311	49.66	58.821	1.12	0.000954	0.008586	71.83	71.826
0.14	0.00026712	0.009273	50.33	58.89	1.14	0.000954	0.008586	72.11	72.113
0.16	0.00030528	0.009235	50.98	58.96	1.16	0.000954	0.008586	72.4	72.397
0.18	0.00034344	0.009197	51.62	59.032	1.18	0.000954	0.008586	72.68	72.676
0.2	0.0003816	0.009158	52.25	59.105	1.2	0.000954	0.008586	72.95	72.952
0.22	0.00041976	0.00912	52.87	59.18	1.22	0.000954	0.008586	73.22	73.223
0.24	0.00045792	0.009082	53.47	59.256	1.24	0.000954	0.008586	73.49	73.491
0.26	0.00049608	0.009044	54.06	59.333	1.26	0.000954	0.008586	73.76	73.756
0.28	0.00053424	0.009006	54.64	59.411	1.28	0.000954	0.008586	74.02	74.017
0.3	0.0005724	0.008968	55.21	59.491	1.3	0.000954	0.008586	74.27	74.274
0.32	0.00061056	0.008929	55.77	59.573	1.32	0.000954	0.008586	74.53	74.528
0.34	0.00064872	0.008891	56.32	59.655	1.34	0.000954	0.008586	74.78	74.778
0.36	0.00068688	0.008853	56.86	59.739	1.36	0.000954	0.008586	75.03	75.025
0.38	0.00072504	0.008815	57.38	59.825	1.38	0.000954	0.008586	75.27	75.269
0.4	0.0007632	0.008777	57.9	59.911	1.4	0.000954	0.008586	75.51	75.51
0.42	0.00080136	0.008739	58.41	59.999	1.42	0.000954	0.008586	75.75	75.747
0.44	0.00083952	0.0087	58.91	60.089	1.44	0.000954	0.008586	75.98	75.982
0.46	0.00087768	0.008662	59.41	60.179	1.46	0.000954	0.008586	76.21	76.213
0.48	0.00091584	0.008624	59.89	60.271	1.48	0.000954	0.008586	76.44	76.441
0.5	0.000954	0.008586	60.36	60.364	1.5	0.000954	0.008586	76.67	76.667
0.52	0.000954	0.008586	60.83	60.83	1.52	0.000954	0.008586	76.89	76.889
0.54	0.000954	0.008586	61.29	61.289	1.54	0.000954	0.008586	77.11	77.109
0.56	0.000954	0.008586	61.74	61.74	1.56	0.000954	0.008586	77.33	77.326
0.58	0.000954	0.008586	62.18	62.183	1.58	0.000954	0.008586	77.54	77.54
0.6	0.000954	0.008586	62.62	62.619	1.6	0.000954	0.008586	77.75	77.752
0.62	0.000954	0.008586	63.05	63.047	1.62	0.000954	0.008586	77.96	77.961
0.64	0.000954	0.008586	63.47	63.469	1.64	0.000954	0.008586	78.17	78.167
0.66	0.000954	0.008586	63.88	63.883	1.66	0.000954	0.008586	78.37	78.371
0.68	0.000954	0.008586	64.29	64.291	1.68	0.000954	0.008586	78.57	78.572
0.7	0.000954	0.008586	64.69	64.692	1.7	0.000954	0.008586	78.77	78.771
0.72	0.000954	0.008586	65.09	65.087	1.72	0.000954	0.008586	78.97	78.967
0.74	0.000954	0.008586	65.48	65.476	1.74	0.000954	0.008586	79.16	79.161
0.76	0.000954	0.008586	65.86	65.858	1.76	0.000954	0.008586	79.35	79.353
0.78	0.000954	0.008586	66.23	66.234	1.78	0.000954	0.008586	79.54	79.542
0.8	0.000954	0.008586	66.6	66.605	1.8	0.000954	0.008586	79.73	79.729
0.82	0.000954	0.008586	66.97	66.969	1.82	0.000954	0.008586	79.91	79.914
0.84	0.000954	0.008586	67.33	67.328	1.84	0.000954	0.008586	80.1	80.097
0.86	0.000954	0.008586	67.68	67.682	1.86	0.000954	0.008586	80.28	80.277
0.88	0.000954	0.008586	68.03	68.03	1.88	0.000954	0.008586	80.46	80.455
0.9	0.000954	0.008586	68.37	68.373	1.9	0.000954	0.008586	80.63	80.632
0.92	0.000954	0.008586	68.71	68.71	1.92	0.000954	0.008586	80.81	80.806
0.94	0.000954	0.008586	69.04	69.043	1.94	0.000954	0.008586	80.98	80.978
0.96	0.000954	0.008586	69.37	69.371	1.96	0.000954	0.008586	81.15	81.148
0.98	0.000954	0.008586	69.69	69.693	1.98	0.000954	0.008586	81.32	81.316
1	0.000954	0.008586	70.01	70.011	2	0.000954	0.008586	81.48	81.483

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için sabit model çalışması ve deneysel çalışmalara arıtma verimi değerlerinin kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L) Şekil 5.24’de gösterilmiştir.



Şekil 5.24. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) ( $S_0=958$  mg KOİ/L)

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörde farklı reaksiyon süreleri için dinamik model çalışması ve deneysel çalışmalara arıtma verimi değerlerinin kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) ( $S_0=1950$  mg KOİ/L) Şekil 5.25’de gösterilmiştir.



Şekil 5.25. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörde Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmalara Arıtma Verimi Değerlerinin Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) ( $S_0=958$  mg KOİ/L)

Başlangıç substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ) (KOİ olarak) daha düşük değerlerde (958 mg KOİ/L) modelle deneysel çalışma sonuçları birbirine daha yakinken Başlangıç substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ) (KOİ olarak) daha yüksek değerlerinde (Bakınız; 5.3.7. Başlangıçtaki Substrat Konsantrasyonu ( $S_0$ )nun Arıtma Verimi (E) İle İlişkisi) daha uzak olduğu görülmüştür.

Modelle deneysel çalışmalar karşılaştırıldığında, sabit modelle ve dinamik model arasında önemli bir fark olmadığı ama dinamik modelin gerçek (reel) durumu yansıtması göz önüne alındığında daha çok tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için ilk etapta yapılan deneysel çalışmalar dikkate alınmış ve bunlara ilaveten iki farklı zamanda gerçek ölçekli arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktörün girişinden alınan numunelerle analizler yapılmıştır. Bunlardan biri 1950 mgKOİ/L ve diğeri ise 958 mgKOİ/L olmuştur. Her iki numune ile yapılan deneysel çalışmalar daha sonra modelleme yapılarak kıyaslanmıştır. Modellemede de sabit modelleme ve dinamik modelleme gibi iki karşılaştırma modeli kurulmuştur. Bu karşılaştırma modelleri hem çıkıştaki substrate konsantrasyonu (S; KOİ olarak) hem de arıtma verimi (E; %'lik olarak) değerleri ile ayrı ayrı kıyaslamalarla gösterilmiştir.

Modelleme ile yapılan kıyaslamalarda modelin deneysel çalışma sonuçlarından ve dolayısıyla arıtma verimi değerlerinden uzak olduğu göze çarpmaktadır. Fakat simülasyon çalışması sonucunda da özellikle belirtildiği gibi reaksiyon sabiti (k) değerinin farklı değerlerinde bu modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

#### **5.4.1.2. Aktif çamur ve adsorbent/biyosorbent ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması**

Aktif çamur ve adsorbent/biyosorbent (bentonit/450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen aktif çamur) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları, çalışmanın son

etaplarında gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır.

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması;

1950 mg KOİ/L'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 5.29'da laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör sistemine ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 1950 \text{ mg / L}$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 99 \text{ mg / L}$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte  $0.000954 \text{ m}^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girerse;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

k (reaksiyon sabiti) değeri;

Öncelikle aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.Ç.}$  (reaksiyon sabiti) ile  $k_{BENT.}$  (reaksiyon sabiti) gibi iki tane farklı reaksiyon sabiti değerinden bahsetmek gerekmektedir. Aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.Ç.}$  (reaksiyon sabiti) daha önce de nasıl elde edildiği tarif edilmiştir.  $k_{BENT.}$  değeri  $2.7091 \text{ saat}^{-1}$  (Bakınız 5.2.1. Kinetik Modellemesi) Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanılarak bulunmuştur.

Tablo 5.29. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	1950
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	99
Q (debi)	$\text{m}^3/\text{sa}$	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	$\text{m}^3$	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	$\text{m}^3$	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim)	$\text{m}^3$	0.000954
$k_{A.Ç. 1950 \text{ mg KOİ/L}}$ (reaksiyon sabiti)	$\text{sa}^{-1}$	0.48305
$k_{BENT.}$ (reaksiyon sabiti)	$\text{sa}^{-1}$	2.7091
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_f$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 5.30'da verilmiştir.

Tablo 5.30. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları

REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L) $S_0=1950 \text{ mg KOİ/L}$
0.52	906
0.75	866
1	586
1.25	382
1.5	179
1.75	183
2	99

Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökelme, boşaltma ve tekrar devreye almak için

bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_F=0.5$  saat)  $V_A=0.008586$   $m^3$ ,  $V_B=0.00954$   $m^3$ ,  $V_{AB}=0.000954$   $m^3$  olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

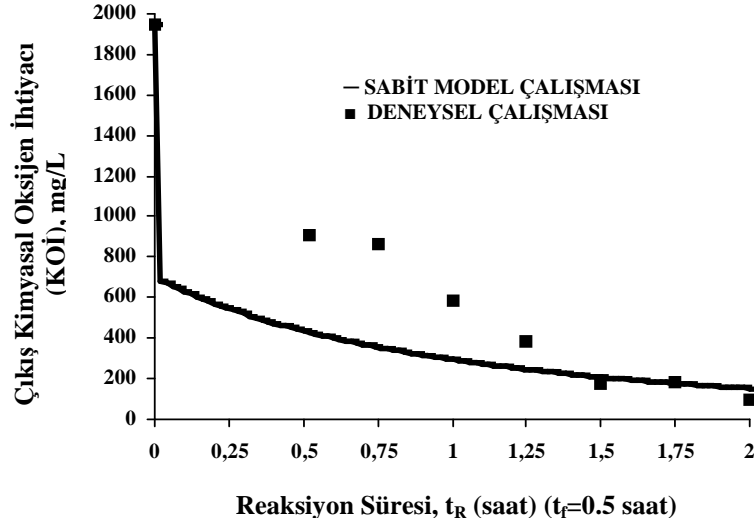
Farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954$   $m^3$ (sabit) Tablo 5.31'de verilmiştir.



Tablo 5.31. Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=1950\text{mgKOİ/L}$ )

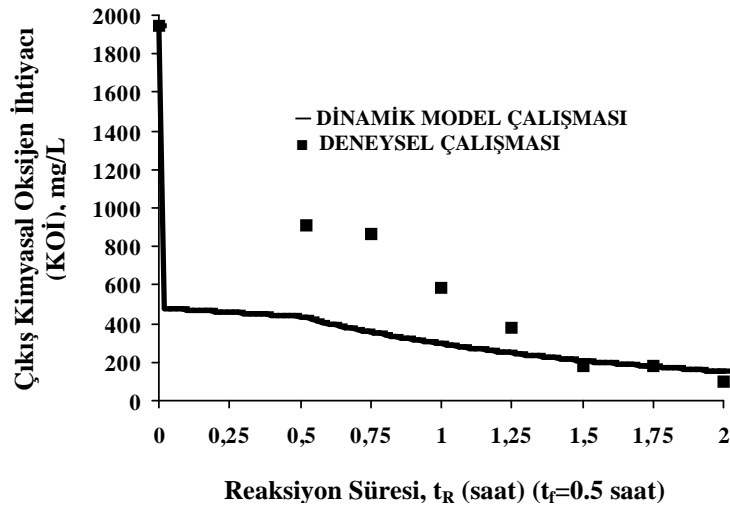
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
0	0	0.00954	1950	1950	<b>DEVAMI</b>				
0.02	0.00003816	0.009502	684.82	478.15	1.02	0.000954	0.008586	289.94	289.94
0.04	0.00007632	0.009464	670.58	476.58	1.04	0.000954	0.008586	285.76	285.76
0.06	0.00011448	0.009426	656.79	474.99	1.06	0.000954	0.008586	281.65	281.65
0.08	0.00015264	0.009387	643.42	473.38	1.08	0.000954	0.008586	277.62	277.62
0.1	0.0001908	0.009349	630.47	471.76	1.1	0.000954	0.008586	273.67	273.67
0.12	0.00022896	0.009311	617.91	470.12	1.12	0.000954	0.008586	269.79	269.79
0.14	0.00026712	0.009273	605.72	468.46	1.14	0.000954	0.008586	265.98	265.98
0.16	0.00030528	0.009235	593.89	466.78	1.16	0.000954	0.008586	262.25	262.25
0.18	0.00034344	0.009197	582.41	465.09	1.18	0.000954	0.008586	258.58	258.58
0.2	0.0003816	0.009158	571.25	463.38	1.2	0.000954	0.008586	254.98	254.98
0.22	0.00041976	0.00912	560.41	461.65	1.22	0.000954	0.008586	251.44	251.44
0.24	0.00045792	0.009082	549.88	459.91	1.24	0.000954	0.008586	247.97	247.97
0.26	0.00049608	0.009044	539.63	458.14	1.26	0.000954	0.008586	244.56	244.56
0.28	0.00053424	0.009006	529.67	456.37	1.28	0.000954	0.008586	241.2	241.2
0.3	0.0005724	0.008968	519.97	454.57	1.3	0.000954	0.008586	237.91	237.91
0.32	0.00061056	0.008929	510.53	452.76	1.32	0.000954	0.008586	234.68	234.68
0.34	0.00064872	0.008891	501.34	450.93	1.34	0.000954	0.008586	231.5	231.5
0.36	0.00068688	0.008853	492.4	449.09	1.36	0.000954	0.008586	228.37	228.37
0.38	0.00072504	0.008815	483.68	447.23	1.38	0.000954	0.008586	225.3	225.3
0.4	0.0007632	0.008777	475.18	445.36	1.4	0.000954	0.008586	222.29	222.29
0.42	0.00080136	0.008739	466.9	443.47	1.42	0.000954	0.008586	219.32	219.32
0.44	0.00083952	0.0087	458.83	441.57	1.44	0.000954	0.008586	216.4	216.4
0.46	0.00087768	0.008662	450.95	439.65	1.46	0.000954	0.008586	213.53	213.53
0.48	0.00091584	0.008624	443.27	437.72	1.48	0.000954	0.008586	210.72	210.72
0.5	0.000954	0.008586	435.77	435.77	1.5	0.000954	0.008586	207.94	207.94
0.52	0.000954	0.008586	428.46	428.46	1.52	0.000954	0.008586	205.21	205.21
0.54	0.000954	0.008586	421.31	421.31	1.54	0.000954	0.008586	202.53	202.53
0.56	0.000954	0.008586	414.34	414.34	1.56	0.000954	0.008586	199.89	199.89
0.58	0.000954	0.008586	407.52	407.52	1.58	0.000954	0.008586	197.3	197.3
0.6	0.000954	0.008586	400.87	400.87	1.6	0.000954	0.008586	194.74	194.74
0.62	0.000954	0.008586	394.36	394.36	1.62	0.000954	0.008586	192.23	192.23
0.64	0.000954	0.008586	388	388	1.64	0.000954	0.008586	189.76	189.76
0.66	0.000954	0.008586	381.79	381.79	1.66	0.000954	0.008586	187.32	187.32
0.68	0.000954	0.008586	375.71	375.71	1.68	0.000954	0.008586	184.93	184.93
0.7	0.000954	0.008586	369.77	369.77	1.7	0.000954	0.008586	182.57	182.57
0.72	0.000954	0.008586	363.95	363.95	1.72	0.000954	0.008586	180.25	180.25
0.74	0.000954	0.008586	358.26	358.26	1.74	0.000954	0.008586	177.96	177.96
0.76	0.000954	0.008586	352.7	352.7	1.76	0.000954	0.008586	175.72	175.72
0.78	0.000954	0.008586	347.25	347.25	1.78	0.000954	0.008586	173.5	173.5
0.8	0.000954	0.008586	341.91	341.91	1.8	0.000954	0.008586	171.32	171.32
0.82	0.000954	0.008586	336.69	336.69	1.82	0.000954	0.008586	169.17	169.17
0.84	0.000954	0.008586	331.58	331.58	1.84	0.000954	0.008586	167.06	167.06
0.86	0.000954	0.008586	326.57	326.57	1.86	0.000954	0.008586	164.98	164.98
0.88	0.000954	0.008586	321.66	321.66	1.88	0.000954	0.008586	162.93	162.93
0.9	0.000954	0.008586	316.85	316.85	1.9	0.000954	0.008586	160.91	160.91
0.92	0.000954	0.008586	312.14	312.14	1.92	0.000954	0.008586	158.92	158.92
0.94	0.000954	0.008586	307.52	307.52	1.94	0.000954	0.008586	156.95	156.95
0.96	0.000954	0.008586	303	303	1.96	0.000954	0.008586	155.02	155.02
0.98	0.000954	0.008586	298.56	298.56	1.98	0.000954	0.008586	153.12	153.12
1	0.000954	0.008586	294.21	294.21	2	0.000954	0.008586	151.25	151.25

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) Şekil 5.26'da gösterilmiştir.



Şekil 5.26. Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik) Şekil 5.27’de gösterilmiştir.



Şekil 5.27. Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik)

958 mg KOİ/L'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 5.32'de laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör sistemine ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 958 \text{ mg} / L$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 91 \text{ mg} / L$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte  $0.000954 \text{ m}^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girese;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

$k$  (reaksiyon sabiti) değeri;

Öncelikle aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.Ç.}$  (reaksiyon sabiti) ile  $k_{BENT.}$  (reaksiyon sabiti) gibi iki tane farklı reaksiyon sabiti değerinden bahsetmek gerekmektedir. Aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.Ç.}$  (reaksiyon sabiti) daha önce de nasıl elde edildiği tarif edilmiştir.  $k_{BENT.}$  değeri ise  $2.7091 \text{ saat}^{-1}$  (Bakınız 5.2.1.Kinetik Modellemesi) Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanılarak bulunmuştur.

Laboratuar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.32’de verilmiştir.

Tablo 5.32. Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	958
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	91
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim)	m <sup>3</sup>	0.000954
$k_{A.C. 958 \text{ mg KOİ/L}}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.31717
$k_{BENT.}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	2.7091
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_f$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 5.33’de verilmiştir.

Tablo 5.33. Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları

REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L) $S_0=958 \text{ mg KOİ/L}$
0.52	608
0.75	552
1	386
1.25	203
1.5	184
1.75	124
2	91

Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_f=0.5$  saat)  $V_A=0.008586 \text{ m}^3$ ,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ ,  $V_{AB}=0.000954 \text{ m}^3$  olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci

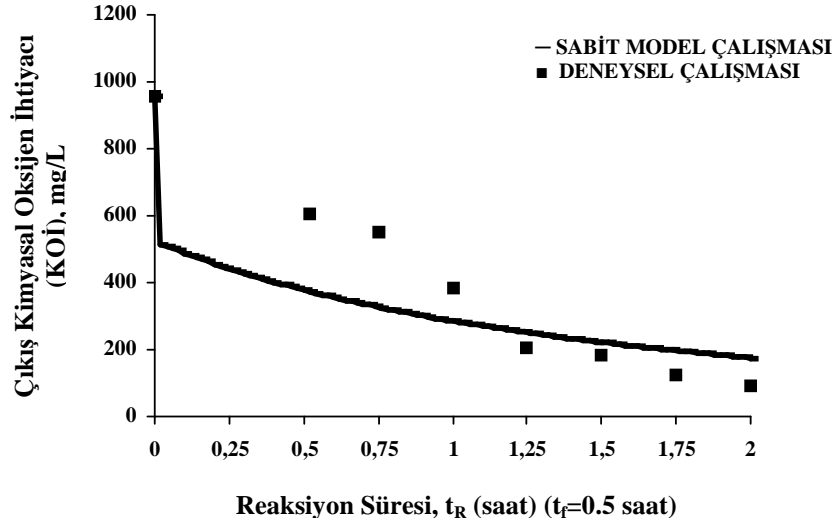
esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

Farklı reaksiyon süre( $t_R$ )lerinde aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) Tablo 5.34'de verilmiştir.

Tablo 5.34. Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ )

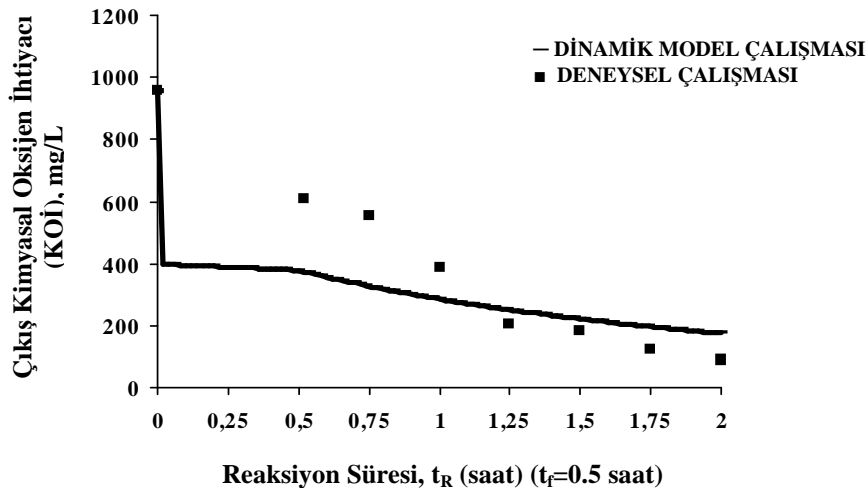
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
0	0	0.00954	958	958	<b>DEVAMI</b>				
0.02	0.00003816	0.009502	516.05	397.46	1.02	0.000954	0.008586	282.26	282.26
0.04	0.00007632	0.009464	508.86	396.76	1.04	0.000954	0.008586	279.29	279.29
0.06	0.00011448	0.009426	501.82	396.06	1.06	0.000954	0.008586	276.37	276.37
0.08	0.00015264	0.009387	494.94	395.34	1.08	0.000954	0.008586	273.49	273.49
0.1	0.0001908	0.009349	488.2	394.62	1.1	0.000954	0.008586	270.65	270.65
0.12	0.00022896	0.009311	481.6	393.88	1.12	0.000954	0.008586	267.85	267.85
0.14	0.00026712	0.009273	475.14	393.14	1.14	0.000954	0.008586	265.09	265.09
0.16	0.00030528	0.009235	468.81	392.39	1.16	0.000954	0.008586	262.37	262.37
0.18	0.00034344	0.009197	462.6	391.63	1.18	0.000954	0.008586	259.69	259.69
0.2	0.0003816	0.009158	456.52	390.86	1.2	0.000954	0.008586	257.04	257.04
0.22	0.00041976	0.00912	450.57	390.08	1.22	0.000954	0.008586	254.43	254.43
0.24	0.00045792	0.009082	444.73	389.29	1.24	0.000954	0.008586	251.86	251.86
0.26	0.00049608	0.009044	439	388.49	1.26	0.000954	0.008586	249.32	249.32
0.28	0.00053424	0.009006	433.38	387.68	1.28	0.000954	0.008586	246.82	246.82
0.3	0.0005724	0.008968	427.87	386.86	1.3	0.000954	0.008586	244.35	244.35
0.32	0.00061056	0.008929	422.47	386.03	1.32	0.000954	0.008586	241.92	241.92
0.34	0.00064872	0.008891	417.17	385.19	1.34	0.000954	0.008586	239.52	239.52
0.36	0.00068688	0.008853	411.96	384.34	1.36	0.000954	0.008586	237.15	237.15
0.38	0.00072504	0.008815	406.86	383.48	1.38	0.000954	0.008586	234.81	234.81
0.4	0.0007632	0.008777	401.84	382.61	1.4	0.000954	0.008586	232.5	232.5
0.42	0.00080136	0.008739	396.92	381.73	1.42	0.000954	0.008586	230.22	230.22
0.44	0.00083952	0.0087	392.09	380.84	1.44	0.000954	0.008586	227.97	227.97
0.46	0.00087768	0.008662	387.34	379.94	1.46	0.000954	0.008586	225.75	225.75
0.48	0.00091584	0.008624	382.68	379.02	1.48	0.000954	0.008586	223.56	223.56
0.5	0.000954	0.008586	378.1	378.1	1.5	0.000954	0.008586	221.4	221.4
0.52	0.000954	0.008586	373.6	373.6	1.52	0.000954	0.008586	219.27	219.27
0.54	0.000954	0.008586	369.18	369.18	1.54	0.000954	0.008586	217.16	217.16
0.56	0.000954	0.008586	364.84	364.84	1.56	0.000954	0.008586	215.08	215.08
0.58	0.000954	0.008586	360.57	360.57	1.58	0.000954	0.008586	213.03	213.03
0.6	0.000954	0.008586	356.37	356.37	1.6	0.000954	0.008586	211	211
0.62	0.000954	0.008586	352.24	352.24	1.62	0.000954	0.008586	209	209
0.64	0.000954	0.008586	348.18	348.18	1.64	0.000954	0.008586	207.02	207.02
0.66	0.000954	0.008586	344.19	344.19	1.66	0.000954	0.008586	205.07	205.07
0.68	0.000954	0.008586	340.26	340.26	1.68	0.000954	0.008586	203.14	203.14
0.7	0.000954	0.008586	336.4	336.4	1.7	0.000954	0.008586	201.23	201.23
0.72	0.000954	0.008586	332.6	332.6	1.72	0.000954	0.008586	199.35	199.35
0.74	0.000954	0.008586	328.87	328.87	1.74	0.000954	0.008586	197.49	197.49
0.76	0.000954	0.008586	325.19	325.19	1.76	0.000954	0.008586	195.65	195.65
0.78	0.000954	0.008586	321.57	321.57	1.78	0.000954	0.008586	193.84	193.84
0.8	0.000954	0.008586	318.01	318.01	1.8	0.000954	0.008586	192.05	192.05
0.82	0.000954	0.008586	314.5	314.5	1.82	0.000954	0.008586	190.27	190.27
0.84	0.000954	0.008586	311.05	311.05	1.84	0.000954	0.008586	188.52	188.52
0.86	0.000954	0.008586	307.65	307.65	1.86	0.000954	0.008586	186.8	186.8
0.88	0.000954	0.008586	304.31	304.31	1.88	0.000954	0.008586	185.09	185.09
0.9	0.000954	0.008586	301.01	301.01	1.9	0.000954	0.008586	183.4	183.4
0.92	0.000954	0.008586	297.77	297.77	1.92	0.000954	0.008586	181.73	181.73
0.94	0.000954	0.008586	294.57	294.57	1.94	0.000954	0.008586	180.08	180.08
0.96	0.000954	0.008586	291.42	291.42	1.96	0.000954	0.008586	178.45	178.45
0.98	0.000954	0.008586	288.32	288.32	1.98	0.000954	0.008586	176.83	176.83
1	0.000954	0.008586	285.27	285.27	2	0.000954	0.008586	175.24	175.24

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) Şekil 5.28'de gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik) Şekil 5.29'da gösterilmiştir.



Şekil 5.29. Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik)

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için iki farklı zamanda gerçek ölçekli arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktörün girişinden alınan numunelerle analizler yapılmıştır. Bunlardan biri 1950 mgKOİ/L ve diğeri ise 958 mgKOİ/L

olmuştur. Her iki numune ile yapılan deneysel çalışmalar daha sonra modelleme yapılarak kıyaslanmıştır. Modellemede de sabit modelleme ve dinamik modelleme gibi iki karşılaştırma modeli kurulmuştur. Bu karşılaştırma modelleri çıkıştaki substrate konsantrasyonu ( $S$ ;  $KOİ$  olarak) değerleri ile ayrı ayrı kıyaslamalarla gösterilmiştir.

Modelleme ile yapılan kıyaslamalarda modelin deneysel çalışma sonuçlarından ve dolayısıyla arıtma verimi değerlerinden uzak olduğu göze çarpmaktadır. Fakat simülasyon çalışması sonucunda da özellikle belirtildiği gibi reaksiyon sabiti ( $k$ ) değerinin farklı değerlerinde bu modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması;

1950 mg  $KOİ/L$ 'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilmiş arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 5.35'de laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör sistemine ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 1950mg / L$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 94mg / L$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954cm^3 = 0.000954m^3$$

0.5 saatte  $0.000954 m^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girerse;

$$Q = 0.001908m^3 / sa \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 m^3$$



$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

Gerçek ölçekli reaktöre ait değer  $\frac{1}{100000}$  'i= 0.00954 m<sup>3</sup>

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

Gerçek ölçekli reaktöre ait değer  $\frac{1}{100000}$  'i= 0.000954m<sup>3</sup>

k (reaksiyon sabiti) değeri;

Öncelikle aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A,Ç}$ . (reaksiyon sabiti) ile  $k_{450}^0$  C (reaksiyon sabiti) gibi iki tane farklı reaksiyon sabiti değerinden bahsetmek gerekmektedir. Aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A,Ç}$ . (reaksiyon sabiti) daha önce de nasıl elde edildiği tarif edilmiştir.  $k_{450}^0$  C değeri ise 0.48305 saat<sup>-1</sup> (Bakınız 5.2.1.Kinetik Modellemesi) Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanılarak bulunmuştur.

Laboratuar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.35'de verilmiştir.

Tablo 5.35. Laboratuar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	1950
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	94
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008577
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00953
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim)	m <sup>3</sup>	0.000953
$k_{A,Ç}$ . 1950 mgKOİ/L(reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.48305
$k_{BİYOSORBENT}$ . (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.6539
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_F$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 5.36'da verilmiştir.

Tablo 5.36. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları

<b>REAKSİYON SÜRESİ (<math>t_R</math>, saat)</b>	<b>DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L) <math>S_0=1950</math> mg KOİ/L</b>
0.52	1247
0.75	906
1	502
1.25	435
1.5	230
1.75	147
2	94

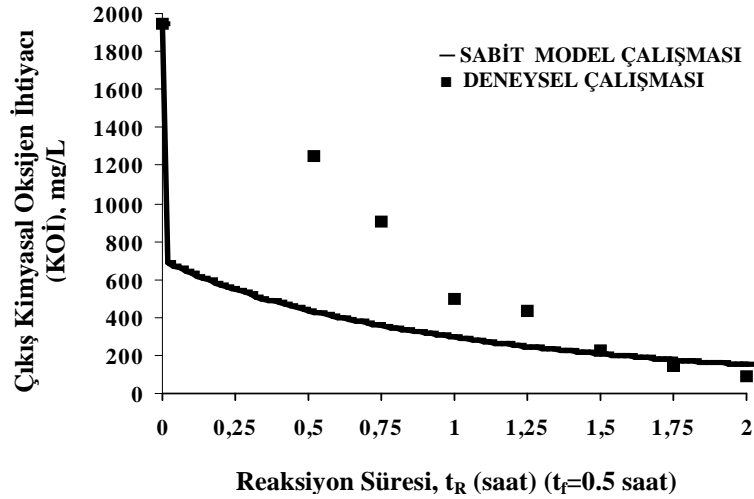
Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökelme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_F=0.5$  saat)  $V_A=0.008586$  m<sup>3</sup>,  $V_B=0.00954$  m<sup>3</sup>,  $V_{AB}=0.000954$  m<sup>3</sup> olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

Farklı reaksiyon süre( $t_R$ )lerinde aktif çamur ve biyosorbent (aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954$  m<sup>3</sup>(sbt) Tablo 5.37'de verilmiştir.

Tablo 5.37. Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru ) İlaveli Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3(\text{sabit})$  ( $S_0=1950 \text{ mgKOİ/L}$ )

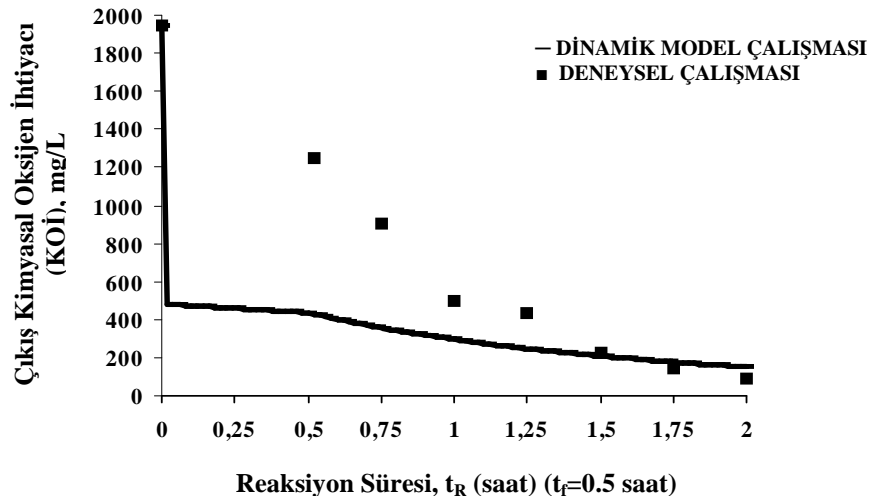
$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
DEVAMI									
0	0	0.00954	1950	1950	1.02	0.000954	0.008586	290.5	290.52
0.02	0.00003816	0.009502	684.9	478.21	1.04	0.000954	0.008586	286.3	286.33
0.04	0.00007632	0.009464	670.7	476.68	1.06	0.000954	0.008586	282.2	282.22
0.06	0.00011448	0.009426	656.9	475.14	1.08	0.000954	0.008586	278.2	278.19
0.08	0.00015264	0.009387	643.6	473.58	1.1	0.000954	0.008586	274.2	274.23
0.1	0.0001908	0.009349	630.7	471.99	1.12	0.000954	0.008586	270.3	270.35
0.12	0.00022896	0.009311	618.2	470.39	1.14	0.000954	0.008586	266.5	266.53
0.14	0.00026712	0.009273	606	468.76	1.16	0.000954	0.008586	262.8	262.79
0.16	0.00030528	0.009235	594.2	467.12	1.18	0.000954	0.008586	259.1	259.12
0.18	0.00034344	0.009197	582.8	465.45	1.2	0.000954	0.008586	255.5	255.51
0.2	0.0003816	0.009158	571.6	463.77	1.22	0.000954	0.008586	252	251.97
0.22	0.00041976	0.00912	560.8	462.07	1.24	0.000954	0.008586	248.5	248.49
0.24	0.00045792	0.009082	550.3	460.35	1.26	0.000954	0.008586	245.1	245.07
0.26	0.00049608	0.009044	540.1	458.61	1.28	0.000954	0.008586	241.7	241.71
0.28	0.00053424	0.009006	530.1	456.85	1.3	0.000954	0.008586	238.4	238.41
0.3	0.0005724	0.008968	520.5	455.07	1.32	0.000954	0.008586	235.2	235.17
0.32	0.00061056	0.008929	511.1	453.28	1.34	0.000954	0.008586	232	231.99
0.34	0.00064872	0.008891	501.9	451.47	1.36	0.000954	0.008586	228.9	228.86
0.36	0.00068688	0.008853	492.9	449.64	1.38	0.000954	0.008586	225.8	225.78
0.38	0.00072504	0.008815	484.2	447.79	1.4	0.000954	0.008586	222.8	222.76
0.4	0.0007632	0.008777	475.8	445.93	1.42	0.000954	0.008586	219.8	219.79
0.42	0.00080136	0.008739	467.5	444.05	1.44	0.000954	0.008586	216.9	216.87
0.44	0.00083952	0.0087	459.4	442.16	1.46	0.000954	0.008586	214	213.99
0.46	0.00087768	0.008662	451.6	440.25	1.48	0.000954	0.008586	211.2	211.17
0.48	0.00091584	0.008624	443.9	438.32	1.5	0.000954	0.008586	208.4	208.39
0.5	0.000954	0.008586	436.4	436.38	1.52	0.000954	0.008586	205.7	205.65
0.52	0.000954	0.008586	429.1	429.07	1.54	0.000954	0.008586	203	202.97
0.54	0.000954	0.008586	421.9	421.93	1.56	0.000954	0.008586	200.3	200.32
0.56	0.000954	0.008586	415	414.96	1.58	0.000954	0.008586	197.7	197.72
0.58	0.000954	0.008586	408.1	408.15	1.6	0.000954	0.008586	195.2	195.16
0.6	0.000954	0.008586	401.5	401.5	1.62	0.000954	0.008586	192.6	192.64
0.62	0.000954	0.008586	395	394.99	1.64	0.000954	0.008586	190.2	190.16
0.64	0.000954	0.008586	388.6	388.64	1.66	0.000954	0.008586	187.7	187.72
0.66	0.000954	0.008586	382.4	382.42	1.68	0.000954	0.008586	185.3	185.32
0.68	0.000954	0.008586	376.3	376.34	1.7	0.000954	0.008586	183	182.96
0.7	0.000954	0.008586	370.4	370.4	1.72	0.000954	0.008586	180.6	180.63
0.72	0.000954	0.008586	364.6	364.58	1.74	0.000954	0.008586	178.3	178.34
0.74	0.000954	0.008586	358.9	358.89	1.76	0.000954	0.008586	176.1	176.09
0.76	0.000954	0.008586	353.3	353.32	1.78	0.000954	0.008586	173.9	173.87
0.78	0.000954	0.008586	347.9	347.87	1.8	0.000954	0.008586	171.7	171.68
0.8	0.000954	0.008586	342.5	342.54	1.82	0.000954	0.008586	169.5	169.53
0.82	0.000954	0.008586	337.3	337.31	1.84	0.000954	0.008586	167.4	167.41
0.84	0.000954	0.008586	332.2	332.19	1.86	0.000954	0.008586	165.3	165.32
0.86	0.000954	0.008586	327.2	327.18	1.88	0.000954	0.008586	163.3	163.27
0.88	0.000954	0.008586	322.3	322.27	1.9	0.000954	0.008586	161.2	161.24
0.9	0.000954	0.008586	317.5	317.46	1.92	0.000954	0.008586	159.2	159.25
0.92	0.000954	0.008586	312.7	312.74	1.94	0.000954	0.008586	157.3	157.28
0.94	0.000954	0.008586	308.1	308.12	1.96	0.000954	0.008586	155.3	155.35
0.96	0.000954	0.008586	303.6	303.59	1.98	0.000954	0.008586	153.4	153.44
0.98	0.000954	0.008586	299.1	299.15	2	0.000954	0.008586	151.6	151.56
1	0.000954	0.008586	294.8	294.79					

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru ) ilaveli laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) Şekil 5.30'da gösterilmiştir.



Şekil 5.30. Aktif Çamur ve Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =sabit)

Aktif çamur ve biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik) Şekil 5.31'de gösterilmiştir.



Şekil 5.31. Aktif Çamur ve Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}$ =dinamik)

958 mg KOİ/L'lik Gerçek Atıksu Numunesi İle Yapılan Çalışma:

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 5.38'de laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör sistemine ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$S_0$  (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_0 = 958 \text{ mg} / L$

$S_e$  (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu) değeri;  $S_e = 88 \text{ mg} / L$

$Q$  (debi) değeri;

$$Q \Rightarrow 1.06 \times 30 \times 30 = 954 \text{ cm}^3 = 0.000954 \text{ m}^3$$

0.5 saatte  $0.000954 \text{ m}^3$  laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre atıksu girerse;

$$Q = 0.001908 \text{ m}^3 / \text{sa} \text{ olmaktadır.}$$

$V_A$  (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.008586 \text{ m}^3$$

$V_B$  (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.00954 \text{ m}^3$$

$V_{AB}$  (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim) değeri;

$$\text{Gerçek ölçekli reaktöre ait değer} \frac{1}{100000} \text{ 'i} = 0.000954 \text{ m}^3$$

$k$  (reaksiyon sabiti) değeri;

Öncelikle aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.C.}$  (reaksiyon sabiti) ile  $k_{450}^0$  (reaksiyon sabiti) gibi iki tane farklı reaksiyon sabiti değerinden bahsetmek gerekmektedir. Aktif çamur sisteminde bulunan  $k_{A.C.}$  (reaksiyon sabiti) daha önce de nasıl elde edildiği tarif edilmiştir.  $k_{BENT.}$  değeri ise  $0.6539 \text{ saat}^{-1}$  (Bakınız 5.2.1.Kinetik Modellemesi) Lagergren kinetik eşitliğinden faydalanılarak bulunmuştur.

Laboratuvar ölçekli tesise ait modelde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 5.38’de verilmiştir.

Tablo 5.38. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Modelde Kullanılan Parametrelerin Değerleri

Parametre	Birim	Değer
$S_0$ (başlangıçtaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	958
$S_e$ (reaksiyon süreci sonundaki substrat konsantrasyonu)	mg KOİ/L	88
Q (debi)	m <sup>3</sup> /sa	0.001908
$V_A$ (ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi)	m <sup>3</sup>	0.008586
$V_B$ (ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi)	m <sup>3</sup>	0.00954
$V_{AB}$ (doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim veya her seansta arıtılan hacim)	m <sup>3</sup>	0.000954
$k_{A.C. 958 \text{ mgKOİ/L}}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.31717
$k_{BENT.}$ (reaksiyon sabiti)	sa <sup>-1</sup>	0.6539
$t_R$ (reaksiyon süresi)	sa	1.5
$t_F$ (doldurma Süresi)	sa	0.5

Laboratuvar ölçekli tesise ait farklı reaksiyon süreleri için deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 5.39’da verilmiştir.

Tablo 5.39. Laboratuvar Ölçekli Tesise Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Deneysel Çalışmanın Sonuçları

REAKSİYON SÜRESİ ( $t_R$ , saat)	DENEYSEL ÇALIŞMA (mg KOİ/L) $S_0=958 \text{ mg KOİ/L}$
0.52	504
0.75	303
1	201
1.25	147
1.5	133
1.75	129
2	88

Ardışık kesikli reaktörün çalışma prensibinde de tanımlandığı gibi bu reaktör tipinde doldurma/reaksiyon, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve tekrar devreye almak için bekleme süreçleri bulunmaktadır. Doldurma/reaksiyon ve reaksiyon süreçleri modellemede çok önemlidir ve dikkatli bir şekilde incelenip modele aktarılması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikli olarak  $V_A$ ,  $V_B$  ve  $V_{AB}$  hacimleri modellemede titizlikle dikkate alınmıştır. Yani doldurma/reaksiyon süreci başlama anında  $V_B=V_A$  ve  $V_{AB}=0$  olurken doldurma/reaksiyon sürecinin sonunda ( $t_F=0.5$  saat)  $V_A=0.008586 \text{ m}^3$ ,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ ,  $V_{AB}=0.000954 \text{ m}^3$  olmaktadır. Bu 0.5 saatlik doldurma süreci

esnasında sistemin dinamik bir sistemdir. Fakat modellemede hem sistemin dinamik bir sistem olduğunu ve hem de sistemin sabit bir sistem yani ilk 0.5 saatlik zaman zarfında sistemin değişkenliği ve sabitliği ayrı ayrı incelenmiştir.

Farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde aktif çamur ve biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın değişen değerlerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) Tablo 5.40'da verilmiştir.

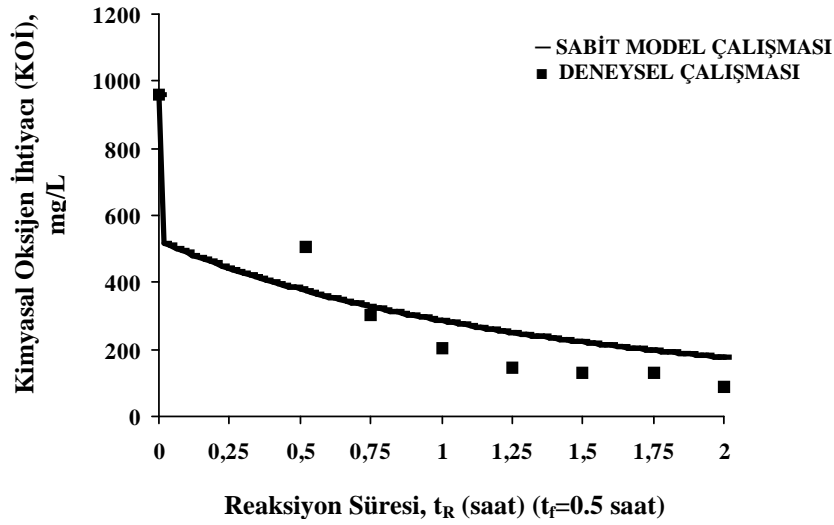
Tablo 5.40. Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^0C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait  $V_{AB}$  ve  $V_A$ 'nın Değişen Değerlerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi,  $V_B=0.00954 \text{ m}^3$ (sabit) ( $S_0=958 \text{ mgKOİ/L}$ )

$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$	$t_R$ (sa.)	$V_{AB}$	$V_A$	$V_{AB}$ sbt, $S_e$	$V_{AB}$ dina., $S_e$
0	0	0.00954	958	958	<b>DEVAMI</b>				
0.02	0.00003816	0.009502	516.13	397.54	1.02	0.000954	0.008586	283.04	283.04
0.04	0.00007632	0.009464	509.01	396.92	1.04	0.000954	0.008586	280.07	280.07
0.06	0.00011448	0.009426	502.05	396.28	1.06	0.000954	0.008586	277.13	277.13
0.08	0.00015264	0.009387	495.23	395.63	1.08	0.000954	0.008586	274.24	274.24
0.1	0.0001908	0.009349	488.55	394.97	1.1	0.000954	0.008586	271.39	271.39
0.12	0.00022896	0.009311	482.01	394.29	1.12	0.000954	0.008586	268.58	268.58
0.14	0.00026712	0.009273	475.6	393.6	1.14	0.000954	0.008586	265.82	265.82
0.16	0.00030528	0.009235	469.31	392.89	1.16	0.000954	0.008586	263.08	263.08
0.18	0.00034344	0.009197	463.15	392.18	1.18	0.000954	0.008586	260.39	260.39
0.2	0.0003816	0.009158	457.12	391.45	1.2	0.000954	0.008586	257.74	257.74
0.22	0.00041976	0.00912	451.19	390.7	1.22	0.000954	0.008586	255.12	255.12
0.24	0.00045792	0.009082	445.39	389.95	1.24	0.000954	0.008586	252.53	252.53
0.26	0.00049608	0.009044	439.69	389.18	1.26	0.000954	0.008586	249.99	249.99
0.28	0.00053424	0.009006	434.1	388.4	1.28	0.000954	0.008586	247.47	247.47
0.3	0.0005724	0.008968	428.62	387.61	1.3	0.000954	0.008586	245	245
0.32	0.00061056	0.008929	423.24	386.8	1.32	0.000954	0.008586	242.55	242.55
0.34	0.00064872	0.008891	417.96	385.98	1.34	0.000954	0.008586	240.14	240.14
0.36	0.00068688	0.008853	412.78	385.15	1.36	0.000954	0.008586	237.76	237.76
0.38	0.00072504	0.008815	407.69	384.31	1.38	0.000954	0.008586	235.41	235.41
0.4	0.0007632	0.008777	402.69	383.45	1.4	0.000954	0.008586	233.09	233.09
0.42	0.00080136	0.008739	397.78	382.58	1.42	0.000954	0.008586	230.8	230.8
0.44	0.00083952	0.0087	392.96	381.7	1.44	0.000954	0.008586	228.54	228.54
0.46	0.00087768	0.008662	388.22	380.81	1.46	0.000954	0.008586	226.31	226.31
0.48	0.00091584	0.008624	383.57	379.91	1.48	0.000954	0.008586	224.11	224.11
0.5	0.000954	0.008586	378.99	379.99	1.5	0.000954	0.008586	221.94	221.94
0.52	0.000954	0.008586	374.5	374.5	1.52	0.000954	0.008586	219.79	219.79
0.54	0.000954	0.008586	370.08	370.08	1.54	0.000954	0.008586	217.68	217.68
0.56	0.000954	0.008586	365.74	365.74	1.56	0.000954	0.008586	215.59	215.59
0.58	0.000954	0.008586	361.47	361.47	1.58	0.000954	0.008586	213.52	213.52
0.6	0.000954	0.008586	357.28	357.28	1.6	0.000954	0.008586	211.48	211.48
0.62	0.000954	0.008586	353.15	353.15	1.62	0.000954	0.008586	209.47	209.47
0.64	0.000954	0.008586	349.09	349.09	1.64	0.000954	0.008586	207.48	207.48
0.66	0.000954	0.008586	345.1	345.1	1.66	0.000954	0.008586	205.52	205.52
0.68	0.000954	0.008586	341.17	341.17	1.68	0.000954	0.008586	203.58	203.58
0.7	0.000954	0.008586	337.3	337.3	1.7	0.000954	0.008586	201.67	201.67
0.72	0.000954	0.008586	333.5	333.5	1.72	0.000954	0.008586	199.78	199.78
0.74	0.000954	0.008586	329.76	329.76	1.74	0.000954	0.008586	197.91	197.91
0.76	0.000954	0.008586	326.08	326.08	1.76	0.000954	0.008586	196.06	196.06
0.78	0.000954	0.008586	322.45	322.45	1.78	0.000954	0.008586	194.24	194.24
0.8	0.000954	0.008586	318.88	318.88	1.8	0.000954	0.008586	192.43	192.43
0.82	0.000954	0.008586	315.37	315.37	1.82	0.000954	0.008586	190.65	190.65
0.84	0.000954	0.008586	311.91	311.91	1.84	0.000954	0.008586	188.89	188.89
0.86	0.000954	0.008586	308.51	308.51	1.86	0.000954	0.008586	187.16	187.16
0.88	0.000954	0.008586	305.15	305.15	1.88	0.000954	0.008586	185.44	185.44
0.9	0.000954	0.008586	301.85	301.85	1.9	0.000954	0.008586	183.74	183.74
0.92	0.000954	0.008586	298.6	298.6	1.92	0.000954	0.008586	182.06	182.06
0.94	0.000954	0.008586	295.39	295.39	1.94	0.000954	0.008586	180.4	180.4
0.96	0.000954	0.008586	292.24	292.24	1.96	0.000954	0.008586	178.76	178.76
0.98	0.000954	0.008586	289.13	289.13	1.98	0.000954	0.008586	177.14	177.14
1	0.000954	0.008586	286.06	286.06	2	0.000954	0.008586	175.54	175.54

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model

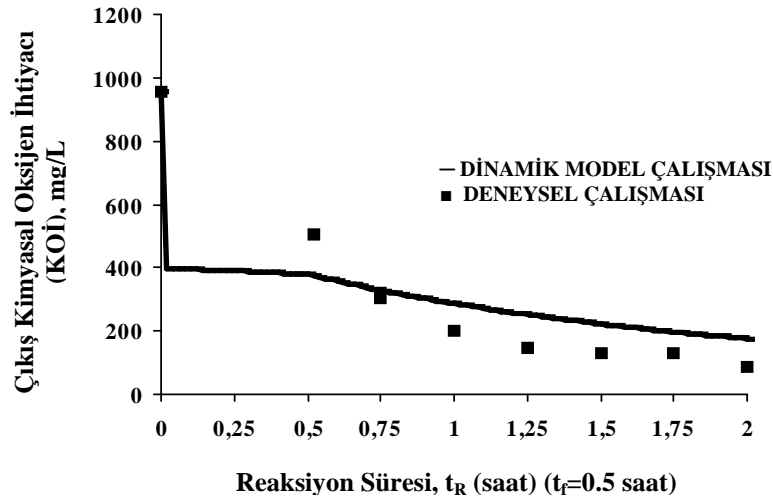


çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ ) Şekil 5.32’de gösterilmiştir.



Şekil 5.32. Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Sabit Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{sabit}$ )

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait farklı reaksiyon süreleri için model çalışması ve deneysel çalışmaların sonuçlarının kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ ) Şekil 5.33’de gösterilmiştir.



Şekil 5.33. Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktöre Ait Farklı Reaksiyon Süreleri için Dinamik Model Çalışması ve Deneysel Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması ( $V_{AB}=\text{dinamik}$ )

Aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör deneysel çalışmaları ile modelin karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için iki farklı zamanda gerçek ölçekli arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktörün girişinden alınan numunelerle analizler yapılmıştır. Bunlardan biri  $1950 \text{ mgKOİ/L}$  ve diğeri ise  $958 \text{ mgKOİ/L}$  olmuştur. Her iki numune ile yapılan deneysel çalışmalar daha sonra modelleme yapılarak kıyaslanmıştır. Modellemede de sabit modelleme ve dinamik modelleme gibi iki karşılaştırma modeli kurulmuştur. Bu karşılaştırma modelleri çıkıştaki substrate konsantrasyonu ( $S$ ;  $\text{KOİ}$  olarak) değerleri ile ayrı ayrı kıyaslamalarla gösterilmiştir.

Modelleme ile yapılan kıyaslamalarda modelin deneysel çalışma sonuçlarından ve dolayısıyla arıtma verimi değerlerinden uzak olduğu göze çarpmaktadır. Fakat simülasyon çalışması sonucunda da özellikle belirtildiği gibi reaksiyon sabiti ( $k$ ) değerinin farklı değerlerinde bu modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Ayrıca, adsorbent/biyosorbent ilaveli hem sabit model hem de dinamik model çalışması ile deneysel çalışmaların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Tekstil endüstrisi atıksularının aktif çamurla arıtılması mekanizmasında adsorbent (bentonit) ve biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) ilave edilmesi halinde arıtma veriminin arttığı ve model (sabit-dinamik) ile deneysel çalışmaların kinetiğinin birbirine daha uyduğu görülmektedir. Bu da göstermektedir ki; bu tez çalışmasında geliştirilen ve yeni bir model olan adsorpsiyon kinetiği ilaveli Ardışık Kesikli Biyoreaktör kinetiği modelinin bu çalışmada kullanılan tekstil endüstrisi atıksuyu giderim kinetiğini tanımlamada daha uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.

Hem sabit hemde dinamik model çalışması ile en uyumlu en yakın olan sonuç aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait Kimyasal Oksijen İhtiyacı giderim kinetik çalışmasında görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere,  $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ilaveli entegre ardışık kesikli biyoreaktör

kullanımı tekstil endüstrisi atıksuyundaki Kimyasal Oksijen İhtiyacı ile birlikte renk sorununun giderilmesinde en uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Laboratuar ölçekli beş farklı giriş kimyasal oksijen ihtiyacı değeri ile kinetik çalışması yapılmış deneysel çalışmalardan elde edilen reaksiyon sabiti (k) değerleri ve ortalaması Tablo 5.41’de verilmiştir.

Tablo 5.41. Laboratuar Ölçekli Beş Farklı Giriş Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değeri İle Kinetik Çalışması Yapılmış Deneysel Çalışmalardan Elde edilen Reaksiyon Sabiti (k) Değerleri Ve Ortalaması

Giriş Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değeri, (S <sub>0</sub> ) mg/L	Reaksiyon Sabiti (k), saat <sup>-1</sup>
723	0.3385
748	0.2431
531	0.2079
1950	0.48305
958	0.31717
<b>ORTALAMA S<sub>0</sub>=982</b>	<b>ORTALAMA k=0.2126</b>

Laboratuar ölçekli çalışmalardan elde edilen reaksiyon sabiti (k) ortalama değeri 0.2126 saat<sup>-1</sup> bulunmuş olup bunun literatür değeri ile k=0.21 saat<sup>-1</sup> uyumlu olduğu ve gerçek ölçekli tekstil endüstrisine ait model ve simülasyon çalışmalarında literatür değeri 0.21 saat<sup>-1</sup> değerinin kullanımının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

## **BÖLÜM 6. AKTİF ÇAMUR ADSORBENT İLAVESİZ/İLAVELİ JARTEST/ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR ÇALIŞMALARI VE RENK GİDERİMİ**

### **6.1. Renk Gideriminde Kullanılan Adsorbent/Biyosorbent Maddelerin Belirlenmesi**

Gerçek tekstil atıksuları kullanılarak yürütülen çalışmalar kıyaslandığında, boyarmadde üzerine adsorpsiyon kapasiteleri ve adsorpsiyon sabitleri toz aktif karbon (PAC) ve toz aktif çamur (PAS) (Pamukoğlu ve Kargı, 2009) adsorbentleri için bu çalışma temel bilgi sağlamaktadır (Kargı ve Özmihçi, 2004). Aynı koşullar altında toz aktif çamurun renk uzaklaştırma performansı toz aktif karbon ile karşılaştırılmıştır. Toz aktif çamurun adsorpsiyon kapasitesini geliştirmek için (v/v) %1 lik  $H_2SO_4$  çözeltisi ile yıkama yoluyla kimyasal olarak muamele edilmelidir. Adsorpsiyon çalışmaları için batch shake flask deneyleri kullanılmaktadır. Renk uzaklaştırma oranı ve derecesi hem toz aktif karbon hemde toz aktif çamur için miktar olarak belirtilmiştir. Adsorpsiyon izotermi belirlenmiştir ve en uygun izoterm belirlenmiştir (Özmihçi ve Kargı 2006; Pamukoğlu ve Kargı, 2009).

#### **6.1.1. Birinci grup maddeler (Biyosorbent)**

Boyarmaddelerin uzaklaştırılması için kullanılan adsorbentlerden biri olan toz aktif çamurdan faydalanılmasının avantajları; düşük maliyet, ücretsiz varolması ve toz aktif çamurun yeniden kullanılabilirliğinin olması, geniş yüzey alanları yüzünden yüksek adsorpsiyon kapasitesinin olması, bazı boyarmaddelerin seçici adsorpsiyonu şeklinde özetlenebilir (Özmihçi ve Kargı, 2006). Her bir birinci gruba ait numuneye benzer işlemler uygulanmıştır. İlk dört tanesi; %1 lik  $H_2SO_4$  ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik  $H_2O_2$  ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik Formaldehit ile

aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru (Özmihçı ve Kargı, 2006).

250 mikron ( $\mu\text{m}$ )luk elekten geçirilmiş 15 g lık atık çamur 100 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile 24 saat muamele edilmiştir. Daha sonra bu atık çamur numunesi 0.45  $\mu\text{m}$  lik membran filtreden geçirilmiş ve distile su ile yıkanarak (1 saat) tekrar süzölmüştür. Kimyasal işlemde geçirilen bu toz atık çamurlar tekrar etüvde 105  $^{\circ}\text{C}$  de 24 saat etüvde kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiştir.

450  $^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600  $^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuruna ise 250 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmiş 15 g lık toz atık çamurlar etüvde 450  $^{\circ}\text{C}$  de 5 saat kül fırınında kurutulmuş ve sonra 24 saat desikatörde bekletilmiştir. Son olarak numuneler 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk elekten geçirilmesi gibi benzer işlemler yapılmıştır (Sirianuntapiboon ve Srisornsak, 2006).

Yakılarak öldürölmüş hücrelerin reaktöre ilave edilmesi reaktördeki boya konsantrasyonunu azaltıcı rol oynamıştır (Matthew ve diğ. 2004).

Aerobik granöler çamura etki eden faktörler; çalışma şartları, granöl karakterizasyonu ve evsel ve toksik endüstriyel atıksu olup olmadığı en etken faktörler olarak görölmektedir. Bu faktörler daha detaylı bakıldığında çamur aşısı, atıksu karakteristiği, besin kompozisyonu, organik yükleme oranı, besleme stratejisi, reaktör tasarımı, çökölme miktarı ve hidrodinamik şartlar olarak sayılabilir (Adav ve diğ., 2008).

Aerobik granöllerin formasyonuna ve stabilizasyonuna hidrodinamik kayma kuvvetlerin etkisi mevcuttur (Tay ve diğ., 2002).

#### **6.1.1.1. Kullanılacak biyosorbent maddenin cinsinin belirlenmesi için jartest denemeleri**

%1 lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru adsorbent/biyosorbent olarak kullanılmıştır.

#### **6.1.1.2. Kullanılacak biyosorbent maddenin miktarının belirlenmesi için jartest denemeleri**

Kullanılacak olan biyosorbent dozajının belirlenmesi için jartest denemeleri yapılmıştır. Belirlenen dozajlar, 0 g/L, 0.1 g/L, 0.25 g/L, 0.5 g/L, 1 g/L olarak tespit edilmiştir.

Yapılan jartest denemeleri sonucunda en optimum adsorbent/biyosorbent madde dozajı tespit edilmiştir.

#### **6.1.1.3. Biyosorbentlerin reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>)'nin başında ilave edilmesi durumu**

Laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) için yapılan deneyler sonucunda reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) 1.5 saat ve çökelme süresi (t<sub>S</sub>) 1.5 saat olduğu tespit edilmiştir. Reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) 1.5 saatin başlangıcında adsorbentlerin/biyosorbentlerin ilave edilmesi durumu incelenmiştir.

#### **6.1.1.4. Biyosorbentlerin çökelme süresi (t<sub>S</sub>)'nin başında ilave edilmesi durumu**

Ardışık Kesikli Reaktörün işletme mantığı göz önüne alındığında; 0.5 saat doldurma, 1.5 saat havalandırma (reaksiyon), 1.5 saat çökelme ve 0.5 saat boşaltma-devreye alma.

Laboratuvar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) için yapılan deneyler sonucunda reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saat ve çökeltme süresi ( $t_S$ ) 1.5 saat olduğu tespit edilmiştir.

0.5 saat doldurma, 1.5 saat havalandırma (reaksiyon) süresi sonunda yada diğer tarifi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) 1.5 saatin başında ilave edilmesi durumu incelenmiştir. Jarrest denemeleri sırasında gerçek ölçekli tesisin arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör girişinden alınan ham atıksuyun ortalama değerleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Gerçek Ölçekli Tesisin Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Girişinden Alınan Ham Atıksuyun Ortalama Değerleri

PARAMETRELER	ORTALAMA DEĞERLER
<b>Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), mg/L</b>	3295
<b>Bulanıklık, NTU</b>	372
<b>Çözünmüş Oksijen (ÇO.), mg/L</b>	1.3
<b>Renk, Absorbans [436 nm, 479 nm, 515 nm, 525 nm, 544 nm, <u>586 nm</u>, 612 nm, 620 nm]</b>	1.113
<b>pH</b>	7.82

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

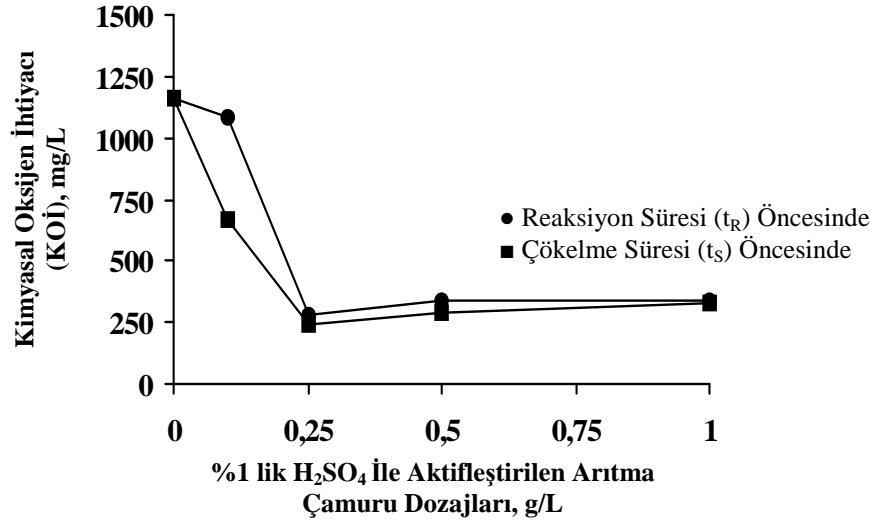
Ham atıksuyun biyosorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değişimlerinin, reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında KOİ değerleri Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında KOİ Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi KOİ, mg/L						
Adsorbent / Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirile n arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirile n arıtma çamuru
0	1160	1160	1160	1160	1160	1160
0.1	669	952	817	389	643	877
0.25	<b>240</b>	294	437	256	266	509
0.5	293	<b>268</b>	<b>307</b>	<b>248</b>	<b>240</b>	<b>345</b>
1	331	384	694	597	354	710
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi KOİ, mg/L						
Adsorbent / Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirile n arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirile n arıtma çamuru
0	1160	1160	1160	1160	1160	1160
0.1	1086	663	356	<b>242</b>	300	259
0.25	<b>284</b>	<b>361</b>	<b>331</b>	356	<b>261</b>	<b>254</b>
0.5	335	366	400	400	315	261
1	343	437	379	479	636	344

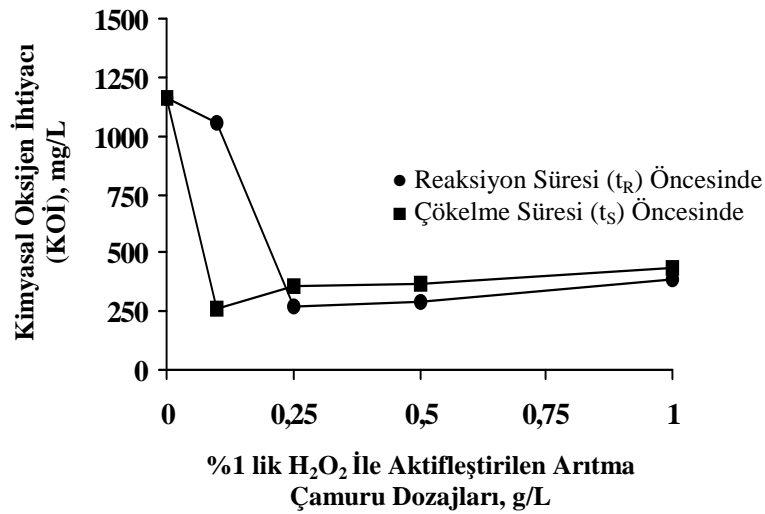
%1'lik  $H_2SO_4$  ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.25 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.





Şekil 6.1. %1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

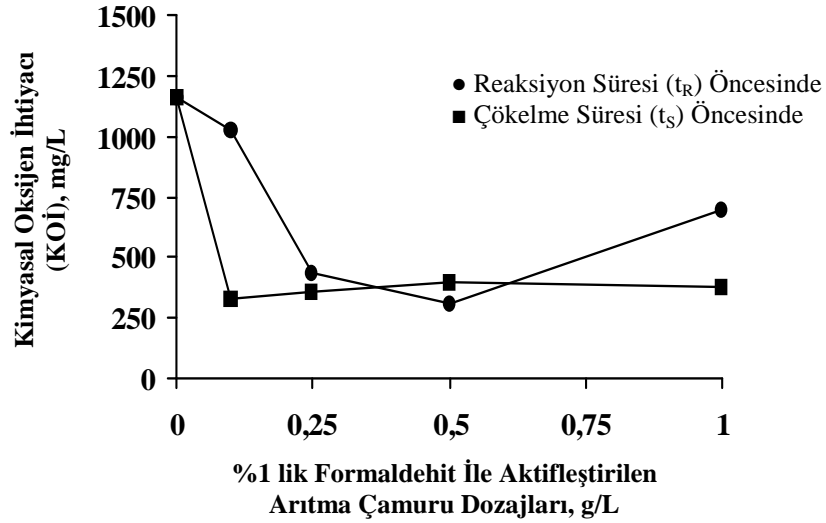
%1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.25 g/L dozajında reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi adsorbent ilavesi ile %92 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.2. %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

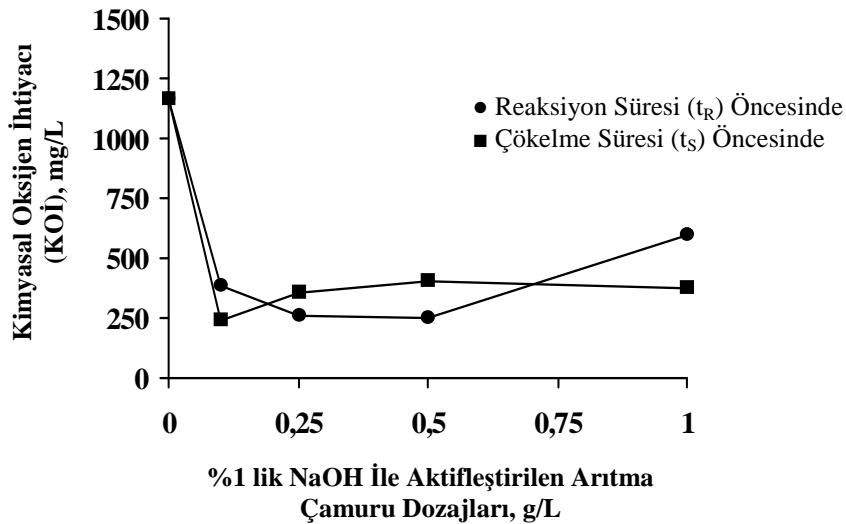
%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi

adsorbent ilavesi ile %91 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



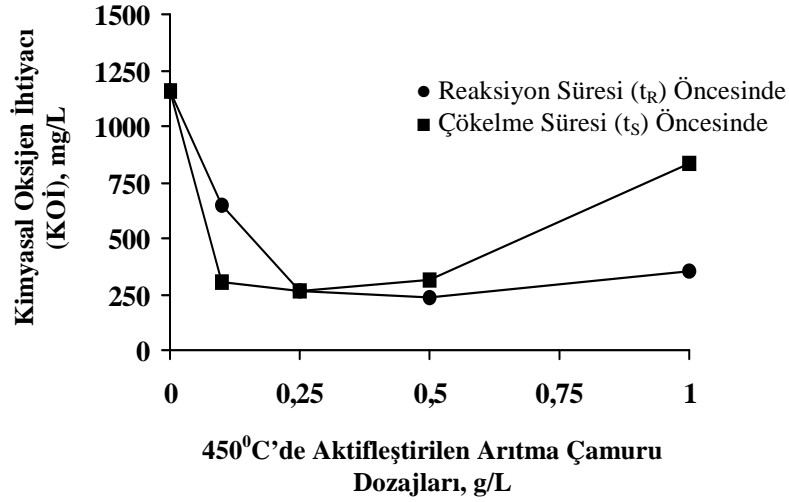
Şekil 6.3. %1'lik Formaldehit İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.4'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %92 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



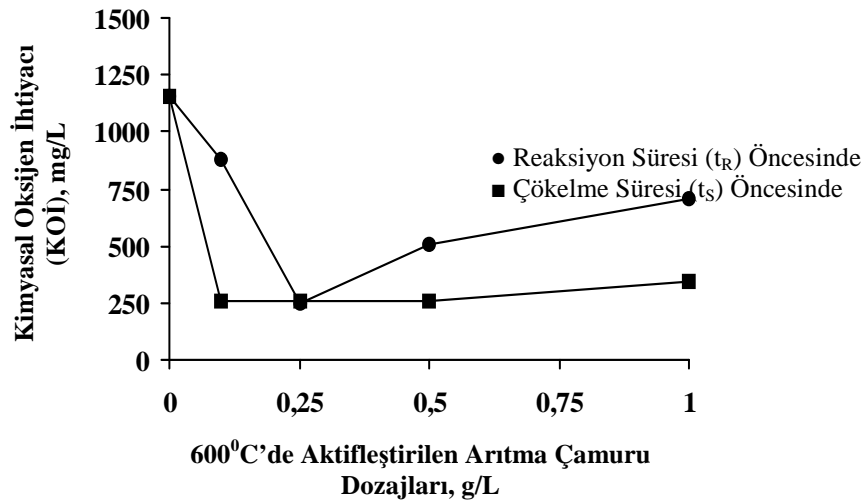
Şekil 6.4. %1'lik NaOH İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.5'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.5. 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

600<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %65 olmuştur. En yüksek verim ise 0.1 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %89 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.6. 600<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

Bulanıklık:

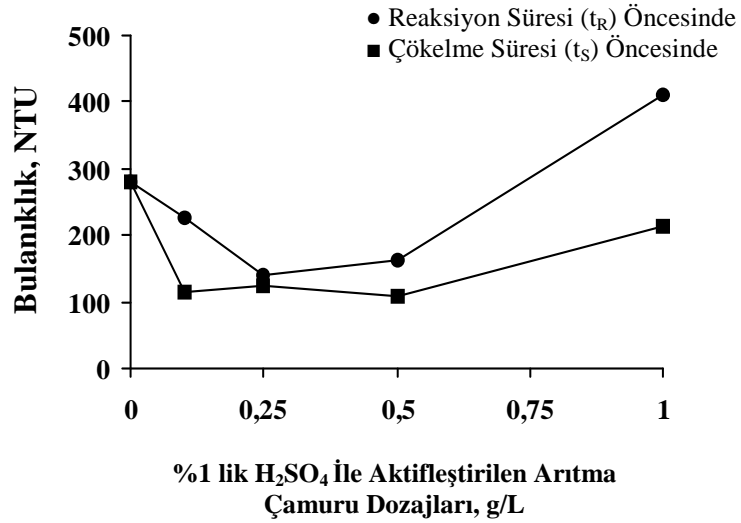
%1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru adsorbent/biyosorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki bulanıklık değerleri değişimlerinin, reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi ile çökeltme süresi (t<sub>S</sub>) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında bulanıklık değerleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Bulanıklık Değerleri

Reaksiyon Süresi (t <sub>R</sub> ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Bulanıklık, NTU						
Adsorbent / Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	280	280	280	280	280	280
0.1	225	254	290	275	203	272
0.25	<b>150</b>	208	250	155	145	<b>151</b>
0.5	161	166	<b>115</b>	<b>112</b>	<b>106</b>	188
1	412	<b>131</b>	172	398	378	342
Çökeltme Süresi (t <sub>S</sub> ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Bulanıklık, NTU						
Adsorbent/ Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	280	280	280	280	280	280
0.1	236	224	237	145	150	214
0.25	175	213	173	<b>130</b>	<b>107</b>	180
0.5	<b>162</b>	<b>131</b>	<b>168</b>	147	143	<b>129</b>
1	212	192	246	324	310	405

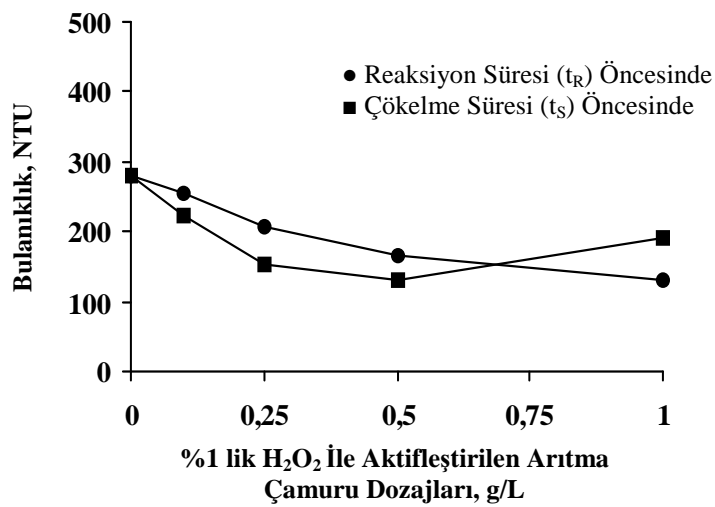
%1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.7'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.25 g/L dozajında reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi

adsorbent ilavesi ile %46 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



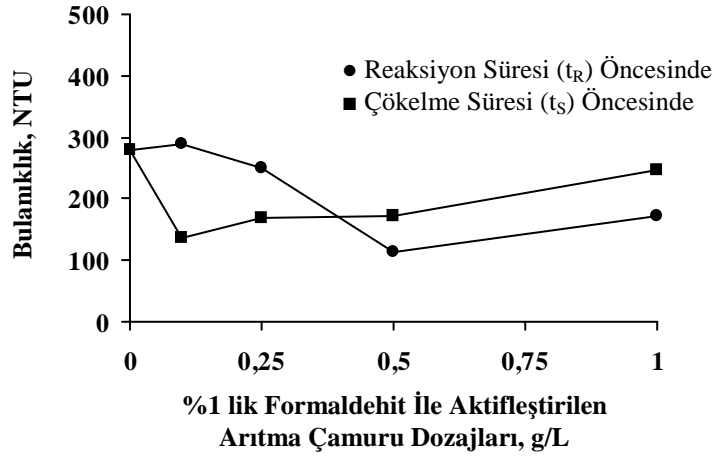
Şekil 6.7. %1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

%1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında çökeltme süresi (t<sub>S</sub>) öncesi adsorbent ilavesi ile %65 ve 1.0 g/L dozajında reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi adsorbent ilavesi ile yine %65 olarak tespit edilmiştir.



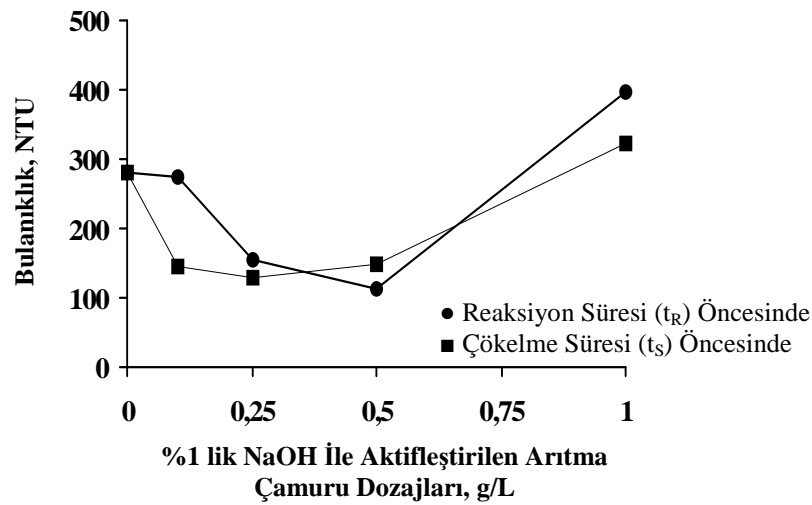
Şekil 6.8. %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.9'da gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %69 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



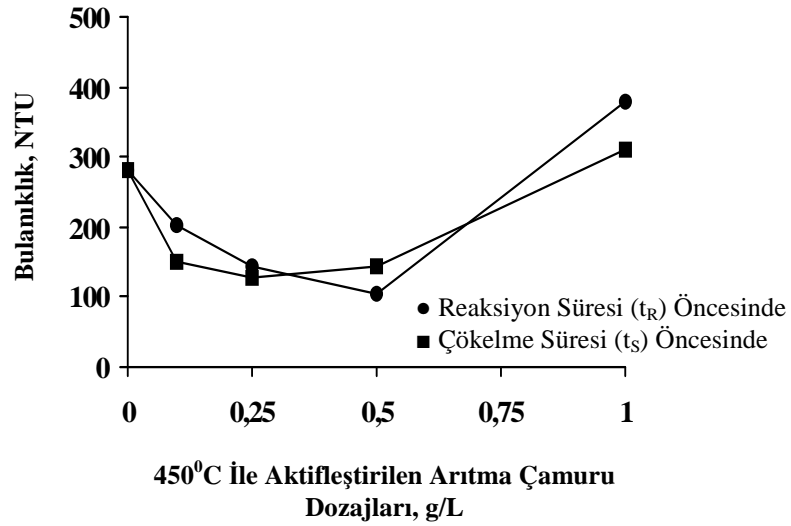
Şekil 6.9. %1'lik Formaldehit İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %70 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır hatta hızlı bir azalma görülmüştür.



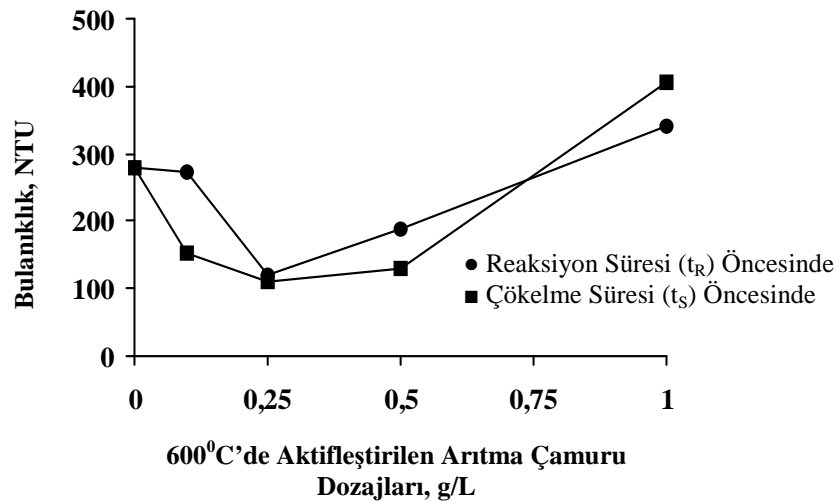
Şekil 6.10. %1'lik NaOH İle Aktifleştirilen Arıtma Çamuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.11'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ncesi adsorbent ilavesi ile %72 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



Şekil 6.11. 450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma amuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

600<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.12'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %25 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_S$ ) ncesi adsorbent ilavesi ile %65 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



Şekil 6.12. 600<sup>0</sup>C İle Aktifleştirilen Arıtma amuru İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Renk:

%1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru adsorbent olarak kullanılmıştır. Renk ölçümü *Absorbans* olarak kaydedilmiştir. Birkaç dalga boyunda (436 nm, 479 nm, 515 nm, 525 nm, 544 nm, 586 nm, 612 nm, 620 nm) ölçümler gerçekleştirilmiş ama atıksuyun gerçek renginin 586 nm dalga boyunda olduğu ölçülmüştür. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki renk değerleri değişimlerinin, reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) öncesi ile çökelme süresi (t<sub>S</sub>) öncesi değerleri kıyaslanmıştır.

Katyonik boya (Rhodamine-B) aerobik granül adsorpsiyonu ile giderilmektedir (Zheng ve diğ., 2005).



436 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 436 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 436 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.148)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981
0.1	0.955	0.909	0.979	1.108	0.61	0.902
0.25	<b>0.412</b>	0.611	0.795	0.54	0.527	<b>0.494</b>
0.5	0.574	<b>0.352</b>	<b>0.455</b>	<b>0.445</b>	<b>0.433</b>	0.997
1	0.978	0.69	0.577	1.355	1.044	0.58
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.148)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981
0.1	0.483	<b>0.427</b>	<b>0.504</b>	0.536	0.511	0.491
0.25	0.49	0.511	0.642	<b>0.48</b>	<b>0.493</b>	<b>0.436</b>
0.5	<b>0.437</b>	0.485	0.693	0.505	0.507	0.469
1	0.664	0.62	0.741	0.505	1.252	0.906

479 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 479 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 479 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.132)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908
0.1	0.884	0.843	0.905	1.557	0.562	0.817
0.25	<b>0.469</b>	0.554	0.716	0.499	0.473	<b>0.441</b>
0.5	0.508	<b>0.504</b>	<b>0.417</b>	<b>0.397</b>	<b>0.291</b>	0.915
1	0.962	0.593	0.728	1.285	1.002	0.512
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.132)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908
0.1	0.440	<b>0.378</b>	<b>0.455</b>	0.481	<b>0.432</b>	0.448
0.25	0.444	0.461	0.584	<b>0.432</b>	0.444	<b>0.390</b>
0.5	<b>0.392</b>	0.441	0.623	0.444	0.455	0.422
1	0.588	0.612	0.728	0.987	0.989	0.898

515 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 515 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 515 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.124)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C' de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.876	0.876	0.876	0.876	0.876	0.876
0.1	0.755	0.824	0.818	1.481	0.504	0.759
0.25	<b>0.423</b>	0.516	0.649	0.46	0.439	<b>0.409</b>
0.5	0.473	<b>0.459</b>	<b>0.389</b>	<b>0.370</b>	<b>0.360</b>	0.866
1	0.958	0.525	0.558	1.200	0.946	0.501
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Absorbans (1.124)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.876	0.876	0.876	0.876	0.876	0.876
0.1	0.396	<b>0.348</b>	<b>0.420</b>	0.447	<b>0.384</b>	0.401
0.25	0.407	0.437	0.538	<b>0.401</b>	0.411	<b>0.364</b>
0.5	<b>0.356</b>	0.407	0.575	0.406	0.430	0.394
1	0.512	0.588	0.701	0.947	1.186	0.867

525 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 525 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 525 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.122)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872
0.1	0.682	0.803	0.785	1.432	0.499	0.661
0.25	<b>0.417</b>	0.503	0.633	0.446	0.432	<b>0.402</b>
0.5	0.466	<b>0.446</b>	<b>0.383</b>	<b>0.358</b>	<b>0.352</b>	0.826
1	0.924	0.578	0.532	1.157	0.943	0.483
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.122)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872
0.1	0.386	<b>0.344</b>	<b>0.412</b>	0.433	<b>0.374</b>	0.399
0.25	0.402	0.430	0.528	<b>0.248</b>	0.401	<b>0.359</b>
0.5	<b>0.351</b>	0.397	0.558	0.397	0.422	0.385
1	0.501	0.564	0.682	0.899	1.007	0.483

544 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 544 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.8’da verilmiştir.

Tablo 6.8. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 544 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.121)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866
0.1	0.502	0.761	0.78	1.409	0.485	0.619
0.25	<b>0.405</b>	0.495	0.612	0.433	0.404	<b>0.385</b>
0.5	0.459	<b>0.415</b>	<b>0.369</b>	<b>0.352</b>	<b>0.344</b>	0.806
1	0.908	0.542	0.513	1.007	0.898	0.447
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.121)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866
0.1	0.38	<b>0.328</b>	<b>0.4</b>	0.411	<b>0.37</b>	0.388
0.25	0.385	0.415	0.51	<b>0.38</b>	0.391	<b>0.347</b>
0.5	<b>0.338</b>	0.388	0.547	0.396	0.408	0.386
1	0.482	0.548	0.645	0.839	0.962	0.789

586 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 586 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.9'da verilmiştir.

Tablo 6.9. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 586 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.110)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
0.1	0.477	0.726	0.772	1.355	0.386	0.543
0.25	<b>0.381</b>	0.443	0.607	0.41	0.326	<b>0.356</b>
0.5	0.422	<b>0.409</b>	<b>0.345</b>	<b>0.326</b>	<b>0.200</b>	0.751
1	0.899	0.501	0.492	0.993	0.849	0.412
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.110)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
0.1	0.342	<b>0.309</b>	<b>0.371</b>	0.386	0.366	0.362
0.25	0.355	0.387	0.478	<b>0.347</b>	<b>0.215</b>	<b>0.319</b>
0.5	<b>0.314</b>	0.351	0.513	0.357	0.174	0.359
1	0.471	0.492	0.589	0.759	0.899	0.717

612 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 612 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 612 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.108)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742
0.1	0.417	0.696	0.721	1.348	0.423	0.585
0.25	<b>0.356</b>	0.418	0.544	0.374	0.365	<b>0.336</b>
0.5	0.379	<b>0.385</b>	<b>0.314</b>	<b>0.302</b>	<b>0.306</b>	0.693
1	0.859	0.491	0.424	0.947	0.837	0.399
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.108)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742
0.1	0.322	<b>0.288</b>	<b>0.342</b>	0.349	<b>0.323</b>	0.341
0.25	0.337	0.372	0.449	<b>0.338</b>	0.346	<b>0.3</b>
0.5	<b>0.296</b>	0.331	0.491	0.342	0.354	0.336
1	0.469	0.444	0.561	0.727	0.969	0.698

620 nm

Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında 620 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.11’de verilmiştir.

Tablo 6.11. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 620 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.102)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.728	0.728	0.728	0.728	0.728	0.728
0.1	0.396	0.68	0.707	1.345	0.406	0.57
0.25	<b>0.349</b>	0.418	0.533	0.369	0.356	<b>0.332</b>
0.5	0.37	<b>0.374</b>	<b>0.311</b>	<b>0.299</b>	<b>0.288</b>	0.667
1	0.705	0.482	0.401	0.918	0.793	0.388
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
Absorbans (1.102)						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1’lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1’lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	0.728	0.728	0.728	0.728	0.728	0.728
0.1	0.311	<b>0.28</b>	<b>0.334</b>	0.336	<b>0.31</b>	0.329
0.25	0.333	0.359	0.434	0.328	0.34	<b>0.296</b>
0.5	<b>0.29</b>	0.321	0.483	<b>0.322</b>	0.345	0.318
1	0.466	0.413	0.51	0.711	0.938	0.671

Biyoreaktör performansı atıksu yükleme oranlarıyla ilişkili olup, atıksu yükleme oranı 0.37 g/L-gün’den 1.12 g/L-gün’e arttığında renk giderim verimi %90’dan %55’e düşmüştür. Bu durum bakterilerin biyolojik dönüşümü ve aktivitesini azaltmıştır (Khelifi ve diğ. 2009).

İndigo boyası ihtiva eden tekstil atıksularının arıtılması çok değişik bakteriyel popülasyonların olmasına ihtiyaç duymaktadır (Buitron ve diğ. 2004).

Daha uzun hidrolik bekleme (HRT) sürelerinde biyokütlenin miktar olarak daha fazla toksik madde ve renk giderebildiği görülmüştür (Khehra ve diğ. 2005).



Reaktör performanslarının azalmasında yüksek konsantrasyonlu KOİ ve rengin bakteriler ve biyokütle üzerinde inhibisyon etkisi oluşabilmektedir. Bu nedenle atıksudaki yüksek KOİ ve renk konsantrasyonlarının biyoreaktör performansında azaltıcı etkisi olmuştur (Khehra ve diğ. 2005).

Bakteriler ve enzimler atıksuda boya gideriminde etkin rol oynarlar (Mojca ve diğ., 2007; Pricelius ve diğ., 2007)

Çözünmüş Oksijen (ÇO.):

%1'lik  $H_2SO_4$  ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik  $H_2O_2$  ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru,  $450^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve  $600^0C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru adsorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki çözünmüş oksijen (ÇO.) değerleri değişimlerinin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökelme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) değerleri Tablo 6.12'de verilmiştir.

Tablo 6.12. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Çözünmüş Oksijen (ÇO.), mg/L						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
0.1	3.28	3.31	3.26	3.22	3.18	3.12
0.25	3.12	3.14	3.1	3.12	3.08	3.08
0.5	3.06	3.07	3.05	3.08	3.06	3.05
1	3.04	3.02	3	3.01	3.02	3
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi Çözünmüş Oksijen (ÇO.), mg/L						
Adsorbent Biyosorbent Dozajları, g/L	%1'lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
0.1	2.98	2.96	2.96	2.96	2.97	2.96
0.25	2.88	2.87	2.89	2.97	2.96	2.96
0.5	2.96	2.94	2.96	2.96	2.96	2.96
1	2.9	2.9	2.9	2.92	2.94	2.92

pH:

%1'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru adsorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki pH değerleri değişimlerinin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan biyosorbentlerin çeşitli dozajlarında pH değerleri Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13. Kullanılan Biyosorbentlerin Çeşitli Dozajlarında pH Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
pH						
Adsorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94
0.1	7.88	7.89	7.89	7.88	7.92	7.89
0.25	7.72	7.85	7.86	7.92	7.86	7.78
0.5	7.69	7.72	7.76	7.96	7.79	7.69
1	7.58	7.66	7.65	8.01	7.71	7.59
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Biyosorbent İlavesi						
pH						
Adsorbent Dozajları, g/L	%1'lik $H_2SO_4$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik $H_2O_2$ ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru	%1'lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru	450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru	600 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru
0	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94	7.94
0.1	7.82	7.83	7.85	7.91	7.89	7.88
0.25	7.68	7.81	7.81	7.96	7.82	7.68
0.5	7.61	7.68	7.69	7.99	7.72	7.81
1	7.49	7.60	7.56	8.09	7.66	7.97

### 6.1.2. İkinci grup maddeler (Adsorbent)

Kimyasal madde temin eden çeşitli kişi ve kuruluşlarla bağlantı kurularak çalışmanın amacına uygun olan boyutlarda adsorbent maddeler temin edilmiştir.

#### 6.1.2.1. Kullanılacak adsorbent maddenin cinsinin belirlenmesi için jartest denemeleri

Kullanılacak adsorbent maddeler aktif karbon, bentonit, aktif alümina, zeolit, dolomit ve solüsyon (ULK-DEC)'dir.

### **6.1.2.2. Kullanılacak adsorbent maddenin miktarının belirlenmesi için jartest denemeleri**

Bir devir boyunca toz halindeki zeolitin 1 g/L kalmasını sağlamak için yapılan batchlere toz halindeki zeolit ilavesi uygun şartlarda yapılmıştır. Test reaktörü içine toz halindeki zeolit ilavesi her bir devirde doldurma ve havalandırma aşamaları arasında ilave edilmiştir (He ve diğ., 2006).

Kullanılacak olan adsorbent dozajının belirlenmesi için jartest denemeleri yapılmıştır. Belirlenen dozajlar; 0 g/L, 0.1 g/L, 0.25 g/L, 0.5 g/L, 1 g/L olarak tespit edilmiştir.

Yapılan jartest denemeleri sonucunda en optimum adsorbent madde dozajı tespit edilmiştir.

### **6.1.2.3. Adsorbentlerin reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin başında ilave edilmesi durumu**

Laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) için yapılan deneyler sonucunda reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saat ve çökme süresi ( $t_S$ ) 1.5 saat olduğu tespit edilmiştir. Reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saatin başlangıcında adsorbentlerin/biyosorbentlerin ilave edilmesi durumu incelenmiştir.

### **6.1.2.4. Adsorbentlerin çökme süresi ( $t_S$ )'nin başında ilave edilmesi durumu**

Ardışık Kesikli Reaktörün işletme mantığı göz önüne alındığında; 0.5 saat doldurma, 1.5 saat havalandırma (reaksiyon), 1.5 saat çökme ve 0.5 saat boşaltma-devreye alma.

Laboratuar ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR) için yapılan deneyler sonucunda reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saat ve çökme süresi ( $t_S$ ) 1.5 saat olduğu tespit edilmiştir.

0.5 saat doldurma, 1.5 saat havalandırma (reaksiyon) süresi sonunda yada diğer tarifi ile çökelme süresi ( $t_s$ ) 1.5 saat in başında ilave edilmesi durumu ayrı ayrı incelenmiştir.

Jartest denemeleri sırasında gerçek ölçekli tesisin arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör girişinden alınan ham atıksuyun ortalama değerleri Tablo 6.14'de verilmiştir.

Tablo 6.14. Gerçek Ölçekli Tesisin Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Biyoreaktör Girişinden Alınan Ham Atıksuyun Ortalama Değerleri

PARAMETRELER	ORTALAMA DEĞERLER
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), mg/L	3295
Bulanıklık, NTU	372
Çözünmüş Oksijen (ÇO.), mg/L	1.3
Renk, Absorbans [436 nm, 479 nm, 515 nm, 525 nm, 544 nm, <u>586 nm</u> , 612 nm, 620 nm]	1.113
pH	7.82

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

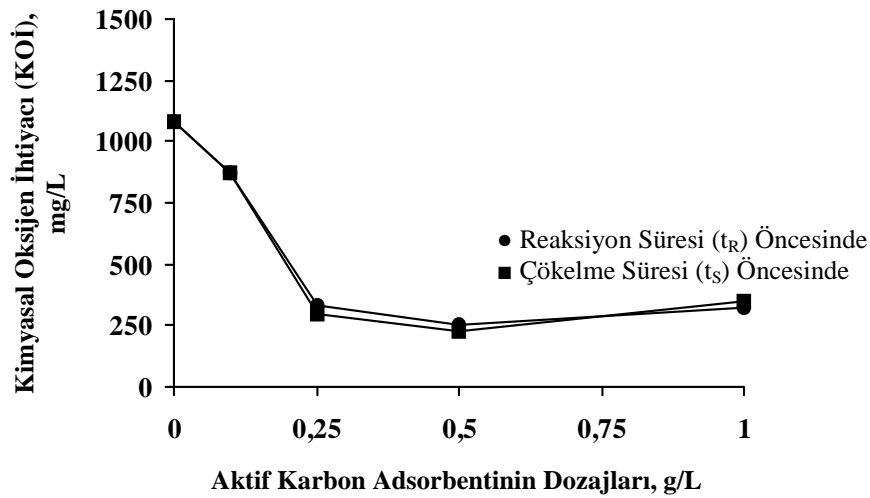
Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki KOİ değişimlerinin, reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökelme süresi ( $t_s$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında KOİ değişim değerleri Tablo 6.15'de verilmiştir.

Atıksudaki yüksek konsantrasyondaki KOİ ve renk değerleri sistemdeki bakteri ve biyokütlenin biyolojik aktivitesini azaltıcı bir sebep olduğundan arıtım performansını düşürmektedir (Coughlin ve diğ. 2002).

Tablo 6.15. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında KOİ Değerleri

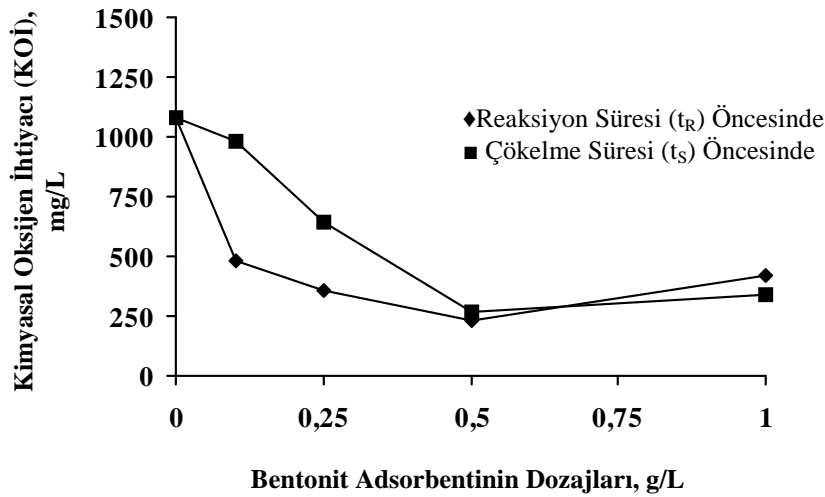
Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi KOİ, mg/L						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC)
0	1081	1081	1081	1081	1081	1081
0.1	870	478	857	996	638	412
0.25	329	361	384	348	298	<b>278</b>
0.5	<b>252</b>	<b>236</b>	<b>298</b>	<b>286</b>	<b>278</b>	387
1	321	424	658	544	348	361
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi KOİ, mg/L						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC)
0	1081	1081	1081	1081	1081	1081
0.1	870	980	379	<b>238</b>	267	388
0.25	298	644	324	347	<b>251</b>	316
0.5	<b>231</b>	<b>267</b>	<b>237</b>	399	308	<b>287</b>
1	345	341	455	367	412	341

Aktif Karbon adsorbentinin ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.13’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra, her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



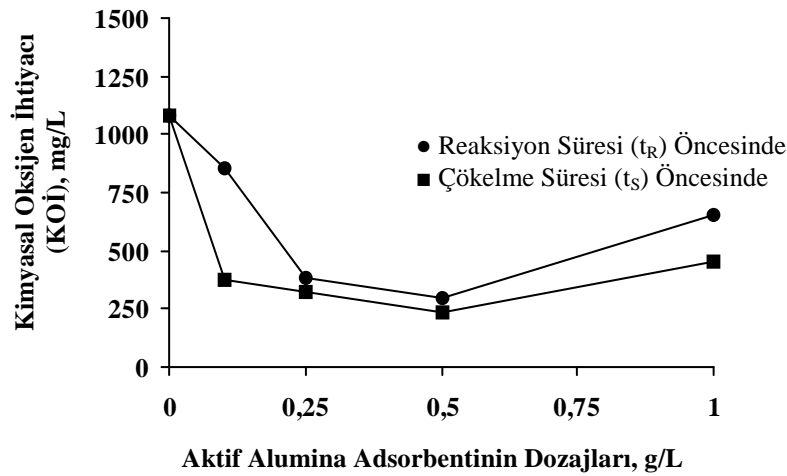
Şekil 6.13. Aktif Karbon Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

Bentonit adsorbentinin ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.14'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



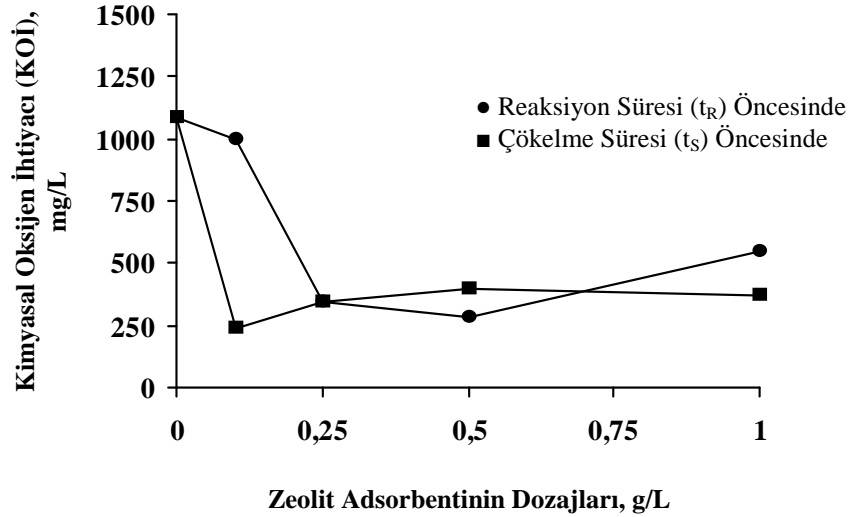
Şekil 6.14. Bentonit Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

Aktif alumina adsorbentinin ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.15'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



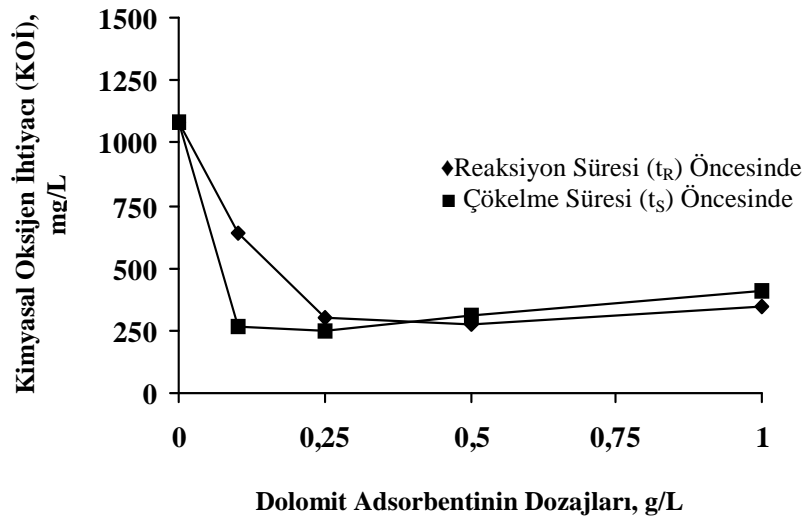
Şekil 6.15. Aktif Alumina Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

Zeolit adsorbentinin ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.16'da gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 0.1 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_s$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %93 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.16. Zeolit Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

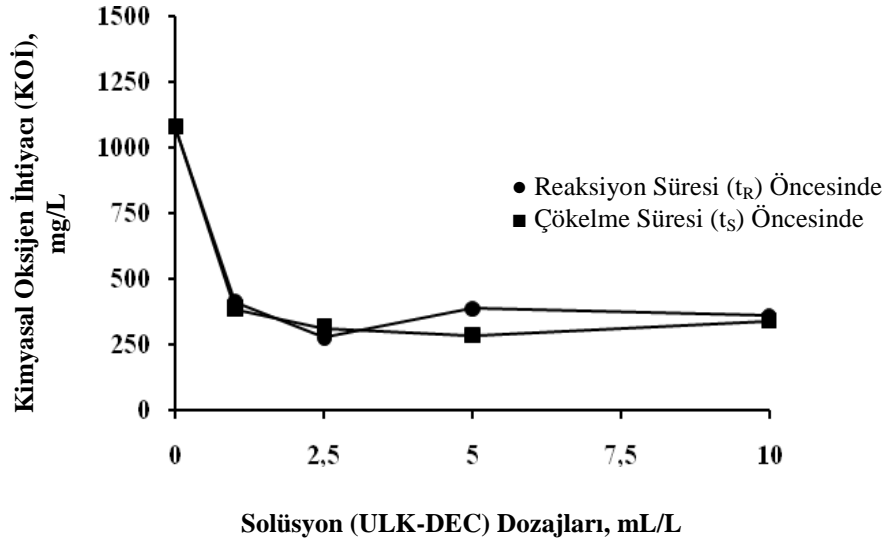
Dolomit adsorbentinin ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.17'de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 0.1 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_s$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %92 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.17. Dolomit Adsorbentinin İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi



Solüsyon (ULK-DEC) ilavesinde KOİ değerlerinin değişimi Şekil 6.18’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %67 olmuştur. En yüksek verim ise 2.5 mL/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %92 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.18. Solüsyon (ULK-DEC) İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

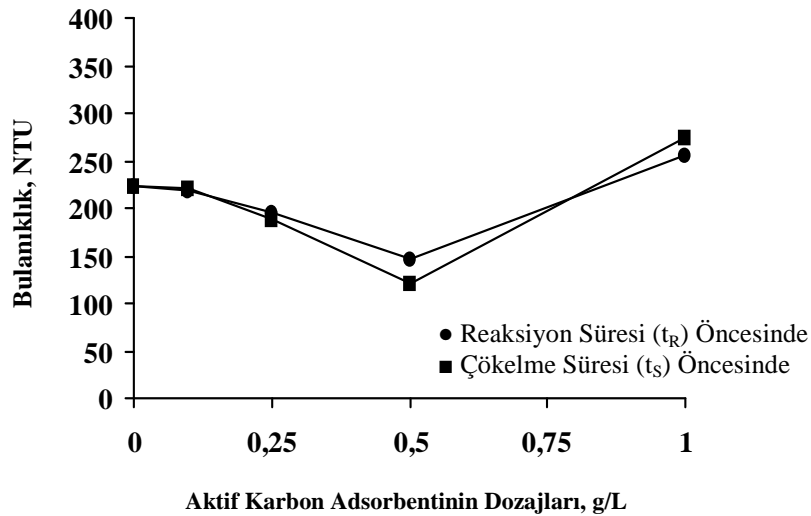
**Bulanıklık:**

Aktif karbon, bentonit, aktif alumina, zeolit, dolomit, solüsyon (ULK-DEC adsorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki bulanıklık değerleri değişimlerinin, reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında KOİ değişim değerleri Tablo 6.16’da verilmiştir.

Tablo 6.16. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Bulanıklık Değerleri

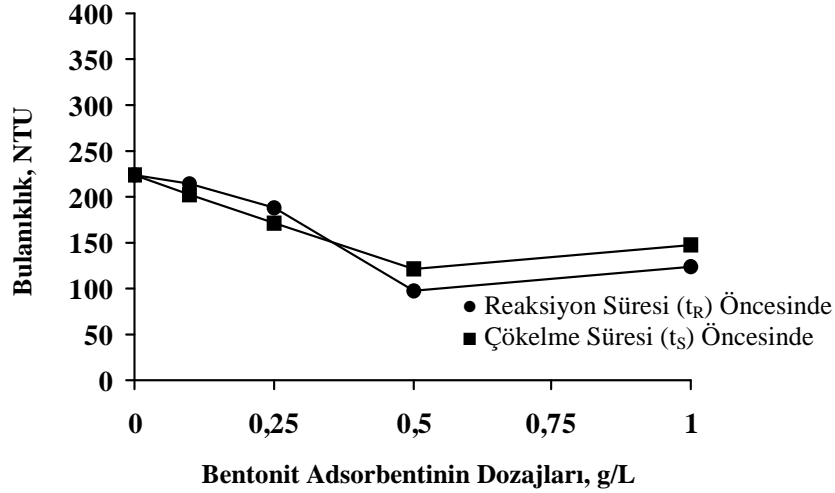
Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Bulanıklık, NTU						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	224	224	224	224	224	224
0.1	218	214	264	262	216	264
0.25	196	188	248	249	196	181
0.5	147	98	128	234	149	173
1	256	123	162	375	367	336
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Bulanıklık, NTU						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC)
0	224	224	224	224	224	224
0.1	220	202	180	232	187	147
0.25	188	172	164	278	186	182
0.5	122	122	162	269	176	164
1	275	147	267	318	288	391

Aktif karbon adsorbentinin ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.19'da gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz KOİ giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %67 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra, her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



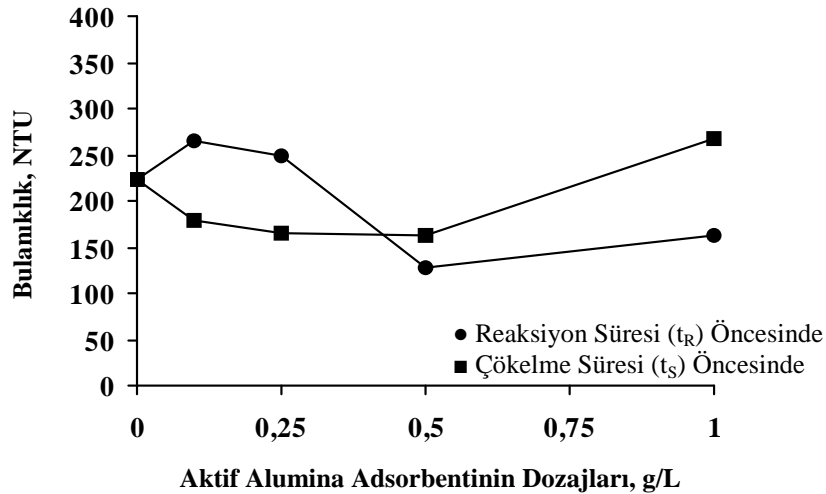
Şekil 6.19. Aktif Karbon Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Bentonit adsorbentinin ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile yine %74 olarak tespit edilmiştir.



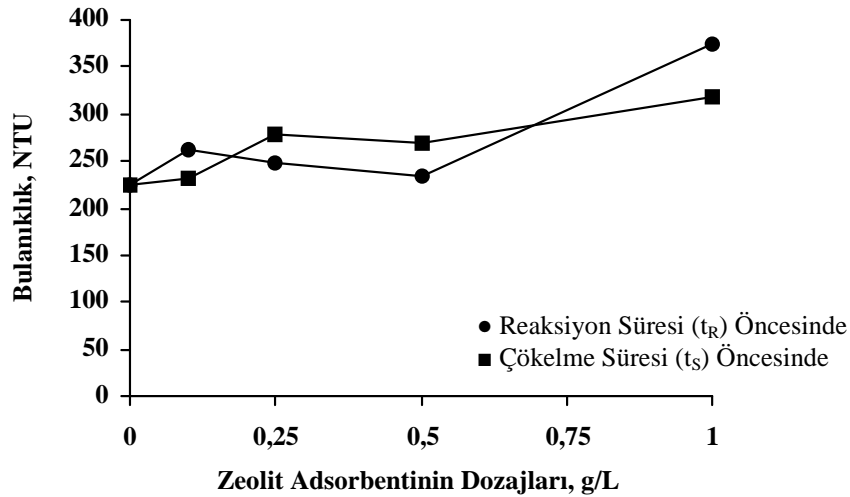
Şekil 6.20. Bentonit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Aktif Alumina adsorbentinin ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.21’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %66 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



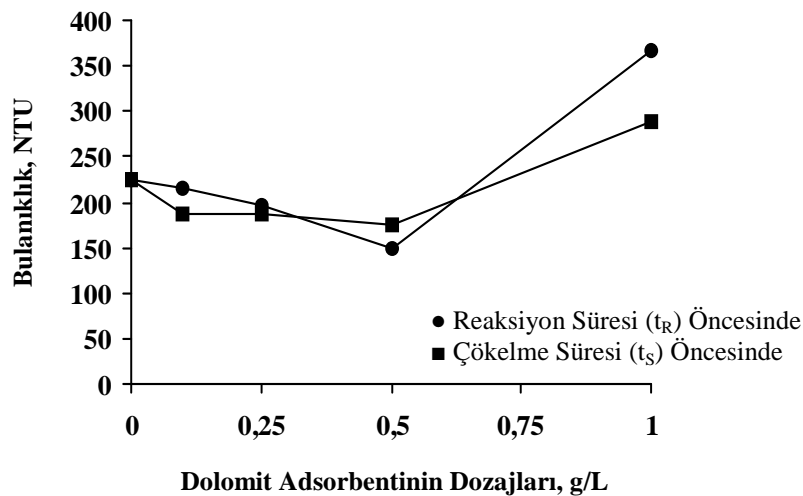
Şekil 6.21. Aktif Alumina Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Zeolit adsorbentinin ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.22’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %37 olarak tespit edilmiştir. Zeolit adsorbentinin ilavesi neticesinde bulanıklığın arttığı görülmüştür. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



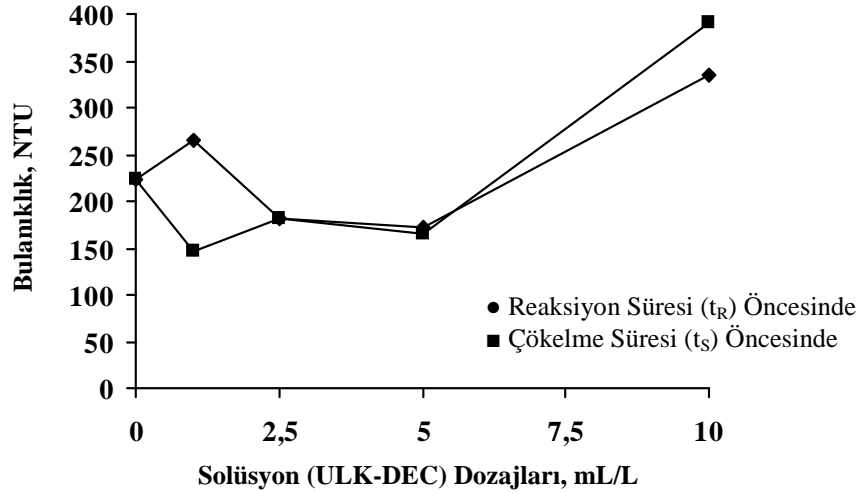
Şekil 6.22. Zeolit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Dolomit adsorbentinin ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.23’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 0.5 g/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %60 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar bulanıklık giderme veriminde bu değere ulaşılamamıştır.



Şekil 6.23. Dolomit Adsorbentinin İlavesinde Bulanıklık Değerlerinin Değişimi

Solüsyon (ULK-DEC) ilavesinde bulanıklık değerlerinin değişimi Şekil 6.24’de gösterilmiştir. Adsorbent ilavesiz bulanıklık giderme verimi %40 olmuştur. En yüksek verim ise 5 mL/L dozajında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi adsorbent ilavesi ile %56 olarak tespit edilmiştir. Bu dozajdan sonra her iki durumda da tekrar KOİ giderme veriminde bu değere ulaşamamıştır.



Şekil 6.24. Solüsyon (ULK-DEC) İlavesinde KOİ Değerlerinin Değişimi

Renk:

Aktif karbon, bentonit, aktif alumina, zeolit, dolomit, solüsyon (ULK-DEC) adsorbent olarak kullanılmıştır. Renk ölçümü *Absorbans* olarak kaydedilmiştir. Birkaç dalga boyunda (436 nm, 479 nm, 515 nm, 525 nm, 544 nm, 586 nm, 612 nm, 620 nm) ölçümler gerçekleştirilmiş ama atıksuyun gerçek renginin 586 nm dalga boyunda olduğu ölçülmüştür. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki renk değerleri değişimlerinin, reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökelme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır.

436 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 436 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.17’de verilmiştir.

Tablo 6.17. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 436 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.148)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988
0.1	0.952	0.907	0.977	1.396	0.58	0.898
0.25	<b>0.408</b>	0.6	0.782	0.536	0.52	<b>0.488</b>
0.5	0.572	<b>0.348</b>	<b>0.444</b>	<b>0.442</b>	<b>0.44</b>	0.765
1	0.971	0.62	0.562	1.288	1.022	0.448
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.148)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988
0.1	0.477	<b>0.424</b>	<b>0.482</b>	0.532	0.508	0.488
0.25	0.482	0.508	0.638	<b>0.476</b>	<b>0.488</b>	<b>0.432</b>
0.5	<b>0.424</b>	0.472	0.681	0.496	0.492	0.452
1	0.568	0.58	0.728	0.499	1.244	0.901

479 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 479 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.18’de verilmiştir.

Tablo 6.18. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 479 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.132)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
0.1	0.874	0.84	0.901	1.547	0.56	0.812
0.25	<b>0.459</b>	0.55	0.71	0.489	0.438	<b>0.432</b>
0.5	0.5	<b>0.488</b>	<b>0.403</b>	<b>0.377</b>	<b>0.288</b>	0.901
1	0.942	0.581	0.721	1.275	0.299	0.506
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.132)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
0.1	0.433	<b>0.372</b>	<b>0.448</b>	0.471	<b>0.422</b>	0.442
0.25	0.424	0.46	0.548	<b>0.422</b>	0.434	<b>0.382</b>
0.5	<b>0.362</b>	0.432	0.624	0.434	0.445	0.418
1	0.578	0.588	0.712	0.974	0.601	0.878

515 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 515 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.19’da verilmiştir.

Tablo 6.19. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 515 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.124)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.856	0.856	0.856	0.856	0.856	0.856
0.1	0.748	0.822	0.816	1.478	0.494	0.749
0.25	<b>0.412</b>	0.514	0.641	0.452	0.432	<b>0.399</b>
0.5	0.458	<b>0.452</b>	<b>0.382</b>	<b>0.364</b>	<b>0.354</b>	0.861
1	0.949	0.521	0.553	1.118	0.936	0.492
Çökeltme Süresi ( $t_s$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.124)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.856	0.856	0.856	0.856	0.856	0.856
0.1	0.386	<b>0.342</b>	<b>0.418</b>	<b>0.442</b>	<b>0.384</b>	0.39
0.25	0.397	0.431	0.531	0.399	0.411	<b>0.36</b>
0.5	<b>0.352</b>	0.399	0.573	0.397	0.43	0.384
1	0.502	0.582	0.695	0.941	1.186	0.857



525 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 525 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.20’de verilmiştir.

Tablo 6.20. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 525 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.116)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854
0.1	0.677	0.791	0.782	1.428	0.492	0.661
0.25	<b>0.412</b>	0.491	0.623	0.441	0.427	<b>0.402</b>
0.5	0.458	<b>0.442</b>	<b>0.363</b>	<b>0.352</b>	<b>0.348</b>	0.826
1	0.918	0.571	0.528	1.154	0.938	0.483
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.116)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854	0.854
0.1	0.382	<b>0.332</b>	<b>0.417</b>	0.428	<b>0.362</b>	0.392
0.25	0.399	0.428	0.538	<b>0.262</b>	0.391	<b>0.351</b>
0.5	<b>0.347</b>	0.392	0.548	0.393	0.418	0.375
1	0.499	0.554	0.672	0.894	0.999	0.686

544 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 544 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.21’de verilmiştir.

Tablo 6.21. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 544 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.112)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853
0.1	0.488	0.755	0.774	1.391	0.474	0.612
0.25	<b>0.385</b>	0.489	0.599	0.427	0.394	<b>0.376</b>
0.5	0.452	<b>0.402</b>	<b>0.352</b>	<b>0.348</b>	<b>0.335</b>	0.801
1	0.902	0.538	0.502	0.998	0.892	0.444
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.112)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853
0.1	0.375	<b>0.324</b>	<b>0.398</b>	0.401	<b>0.364</b>	0.374
0.25	0.382	0.412	0.501	<b>0.371</b>	0.387	<b>0.342</b>
0.5	<b>0.327</b>	0.381	0.532	0.384	0.388	0.384
1	0.477	0.537	0.638	0.824	0.957	0.782

586 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 586 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.22’de verilmiştir.

Tablo 6.22. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 586 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.106)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
0.1	0.468	0.718	0.718	1.349	0.792	0.538
0.25	<b>0.379</b>	0.437	0.598	0.402	0.386	<b>0.349</b>
0.5	0.418	<b>0.399</b>	<b>0.337</b>	<b>0.322</b>	<b>0.326</b>	0.748
1	0.884	0.491	0.487	0.987	0.614	0.402
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.106)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
0.1	0.338	<b>0.297</b>	<b>0.368</b>	0.382	<b>0.366</b>	0.357
0.25	0.348	0.379	0.469	<b>0.343</b>	0.415	<b>0.313</b>
0.5	<b>0.301</b>	0.347	0.509	0.351	0.574	0.354
1	0.467	0.484	0.578	0.753	0.899	0.714

612 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 612 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.23’de verilmiştir.

Tablo 6.23. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 612 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.101)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
0.1	0.411	0.693	0.717	1.342	0.421	0.579
0.25	<b>0.349</b>	0.412	0.537	0.369	0.357	<b>0.329</b>
0.5	0.371	<b>0.381</b>	<b>0.307</b>	<b>0.292</b>	<b>0.296</b>	0.688
1	0.852	0.484	0.417	0.943	0.834	0.392
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (1.101)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
0.1	0.317	<b>0.283</b>	<b>0.337</b>	0.345	<b>0.317</b>	0.339
0.25	0.331	0.363	0.442	<b>0.334</b>	0.339	<b>0.297</b>
0.5	<b>0.287</b>	0.324	0.481	0.339	0.348	0.336
1	0.463	0.414	0.555	0.724	0.961	0.691

620 nm

Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında 612 nm dalga boyunda renk ölçüm değerleri Tablo 6.24’de verilmiştir.

Tablo 6.24. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında 620 nm Dalga Boyunda Renk Ölçüm Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (0.998)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
0.1	0.387	0.677	0.697	1.346	0.396	0.561
0.25	<b>0.339</b>	0.409	0.529	0.36	0.351	0.327
0.5	0.365	<b>0.368</b>	<b>0.306</b>	<b>0.287</b>	<b>0.275</b>	0.659
1	0.789	0.477	0.391	0.904	0.787	<b>0.379</b>
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi Absorbans (0.998)						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
0.1	0.304	<b>0.275</b>	<b>0.327</b>	0.331	<b>0.303</b>	0.323
0.25	0.327	0.352	0.429	<b>0.314</b>	0.337	<b>0.289</b>
0.5	<b>0.283</b>	0.317	0.479	0.316	0.339	0.303
1	0.457	0.406	0.501	0.707	0.931	0.684

Çözünmüş Oksijen (ÇO.):

Aktif karbon, bentonit, aktif alumina, zeolit, dolomit, solüsyon (ULK-DEC) adsorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki çözünmüş oksijen (ÇO.) değerleri değişimlerinin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) değerleri Tablo 6.25’de verilmiştir.

Tablo 6.25. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında Çözünmüş Oksijen (ÇO.) Değerleri

<b>Reaksiyon Süresi (<math>t_R</math>) Öncesinde Adsorbent İlavesi Çözünmüş Oksijen (Ç.O.), mg/L</b>						
<b>Adsorbent Dozajları, g/L</b>	<b>Aktif Karbon</b>	<b>Bentonit</b>	<b>Aktif Alumina</b>	<b>Zeolit</b>	<b>Dolomit</b>	<b>Solüsyon (ULK- DEC), mL/L</b>
0	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
0.1	3.56	3.63	3.56	3.63	3.36	3.32
0.25	3.37	3.48	3.37	3.48	3.24	3.28
0.5	3.3	3.36	3.3	3.36	3.32	3.21
1	3.28	3.31	3.24	3.27	3.2	3.18
<b>Çökeltme Süresi (<math>t_S</math>) Öncesinde Adsorbent İlavesi Çözünmüş Oksijen (Ç.O.), mg/L</b>						
<b>Adsorbent Dozajları, g/L</b>	<b>Aktif Karbon</b>	<b>Bentonit</b>	<b>Aktif Alumina</b>	<b>Zeolit</b>	<b>Dolomit</b>	<b>Solüsyon (ULK- DEC), mL/L</b>
0	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
0.1	3.22	3.24	3.46	3.34	3.32	3.42
0.25	3.08	3.15	3.21	3.06	3.28	3.27
0.5	2.96	3.11	3.12	2.94	2.91	3.11
1	2.9	2.92	2.9	2.88	2.83	2.92

pH:

Aktif Karbon, Bentonit, Aktif Alumina, Zeolit, Dolomit, Solüsyon (ULK-DEC adsorbent olarak kullanılmıştır. Ham atıksuyun adsorbentlerin çeşitli dozajlarının kullanımından sonraki pH değerleri değişimlerinin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) öncesi ile çökeltme süresi ( $t_S$ ) öncesi değerleri kıyaslanmıştır. Kullanılan adsorbentlerin çeşitli dozajlarında pH değerleri Tablo 6.26'da verilmiştir.

Tablo 6.26. Kullanılan Adsorbentlerin Çeşitli Dozajlarında pH Değerleri

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi						
pH						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
0.1	7.62	7.65	7.68	7.73	7.72	7.69
0.25	7.56	7.58	7.64	7.77	7.75	7.62
0.5	7.54	7.52	7.61	7.83	7.79	7.57
1	7.51	7.47	7.59	7.96	7.85	7.51
Çökeltme Süresi ( $t_S$ ) Öncesinde Adsorbent İlavesi						
pH						
Adsorbent Dozajları, g/L	Aktif Karbon	Bentonit	Aktif Alumina	Zeolit	Dolomit	Solüsyon (ULK-DEC), mL/L
0	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
0.1	7.58	7.63	7.62	7.75	7.81	7.61
0.25	7.52	7.52	7.61	7.80	7.85	7.58
0.5	7.48	7.44	7.56	7.86	7.89	7.53
1	7.45	7.41	7.52	7.99	7.95	7.47

## 6.2. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlaveli Jartest Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları ve Renk Giderimi

Gerçek ölçekli tesisin arıtma tesisinin filtre pres çıkışından alınan atık çamur numunesi 105 °C de 24 saat kurutulmuş ve 250 – 355 – 500 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk eleklerden geçirilmiştir. Çalışmada 250 – 355 mikron ( $\mu\text{m}$ )'luk eleklerinin arasında kalan dane boyutu tercih edilmiştir (Teichgraber ve diğ., 2001)

Jartest denemeleri için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi ve laboratuardaki çalışma şartları Tablo 6.27'de özetlenmiştir.

Tablo 6.27. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

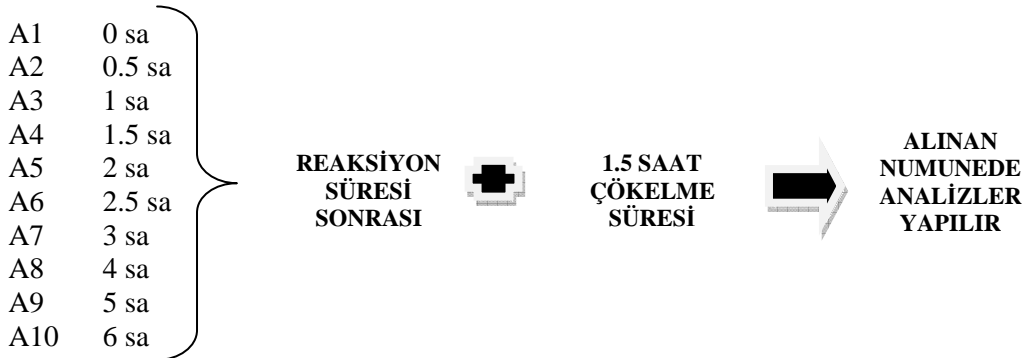
Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	16.8
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	1024
Ham Atıksuyun pH Değeri	6.62
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	3.28
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	164
Ham Atıksu Renk, Absorbans (586 nm)	0.678

## 6.2.1. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti

### 6.2.1.1. Aktif çamur adsorbent (Bentonit) ilaveli çalışma

Jartest denemelerindeki amaç; Bentonit ilavesinin tekstil ham atıksuyu ve aktif çamur karışımı kullanıldığında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'ne ( $t_S=1.5$  saat sabit) etkisinin incelenmesidir.

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli çalışmada reaksiyon süresi( $t_R$ )nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.25'de gösterilmiştir.



Şekil 6.25. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur ve adsorbent ilavesi (Bentonit) yapılmıştır. Değişen 10 farklı reaksiyon süresine karşılık 1.5 saatlik çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.



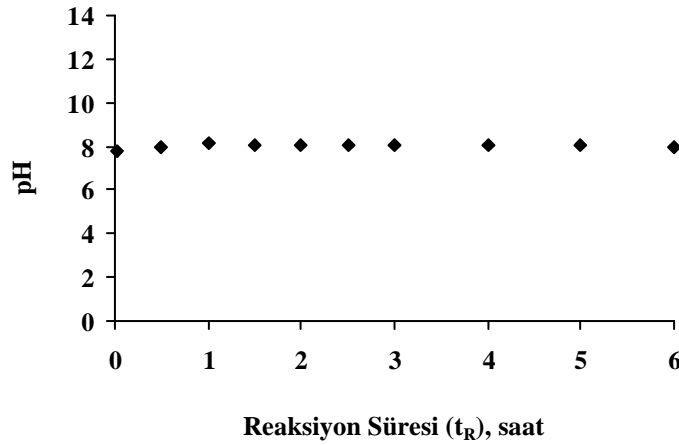
pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit) Tablo 6.28'de verilmiştir. Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit) Şekil 6.26'da gösterilmiştir.

pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.28. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	0.02	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
pH	7.79	7.95	8.15	8.05	8.08	8.02	8.04	8.03	8.01	8.00



Şekil 6.26. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit)

Bulanıklık:

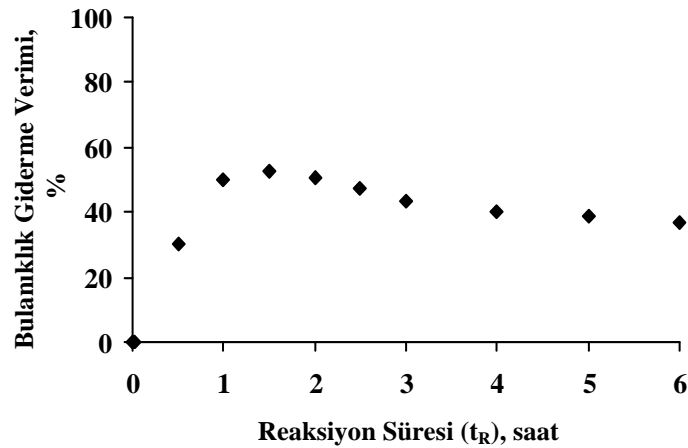
Alınan numunede Bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir. Aktif Çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest

denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.29'da verilmiştir.

Tablo 6.29. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
0.02	287	-
0.5	120	30
1	86	50
1.5	82	52
2	85	51
2.5	90	48
3	97	44
4	103	40
5	105	39
6	109	37

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.27'de gösterilmiştir.



Şekil 6.27. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

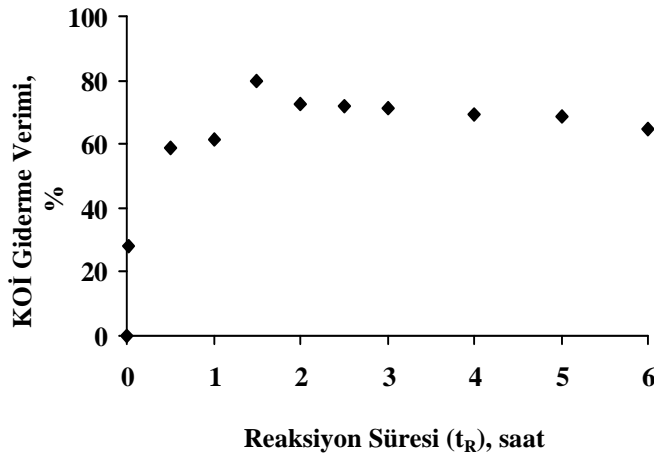
Alınan numunede KOİ giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca ( $t_S=1.5$  saat sabit) incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.30'da verilmiştir.

Tablo 6.30. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
0.02	738	28
0.5	421	59
1	394	62
1.5	210	79
2	278	73
2.5	287	72
3	296	71
4	312	70
5	319	69
6	362	65

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ giderme veriminin değişimi, ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.28'de gösterilmiştir.



Şekil 6.28. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon

süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans-RES) Tablo 6.31'de verilmiştir.

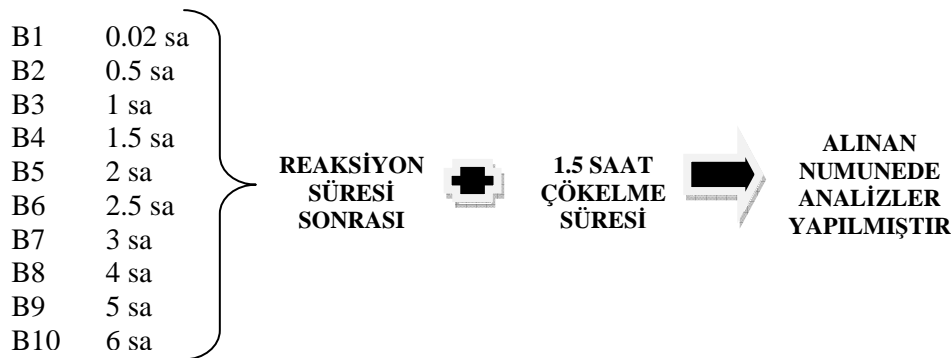
Tablo 6.31. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans-RES)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
0.02	0.493	0.369	0.317	0.296	0.27	0.264	0.24	0.233	26.4
0.5	0.566	0.491	0.444	0.413	0.389	0.381	0.355	0.345	38.1
1	0.479	0.424	0.385	0.357	0.334	0.327	0.304	0.296	32.7
1.5	0.45	0.387	0.349	0.325	0.308	0.302	0.28	0.272	30.2
2	0.499	0.443	0.404	0.376	0.353	0.347	0.325	0.319	34.7
2.5	0.517	0.46	0.418	0.387	0.36	0.352	0.328	0.32	35.2
3	0.681	0.587	0.524	0.483	0.441	0.433	0.404	0.394	43.3
4	0.766	0.651	0.576	0.532	0.487	0.477	0.441	0.429	47.7
5	0.789	0.676	0.652	0.626	0.618	0.589	0.557	0.517	58.9
6	0.918	0.867	0.793	0.732	0.704	0.686	0.643	0.633	68.6

### 6.2.1.2. Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma

Jartest denemelerindeki amaç;  $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ilavesinin tekstil ham atıksuyu ve aktif çamur karışımı kullanıldığında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'ne etkisinin incelenmesidir.

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışmada reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.29'da gösterilmiştir.



Şekil 6.29. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur ve adsorbent ilavesi (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) yapılmıştır. Değişen 10 farklı reaksiyon süresine karşılık 1.5 saatlik çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

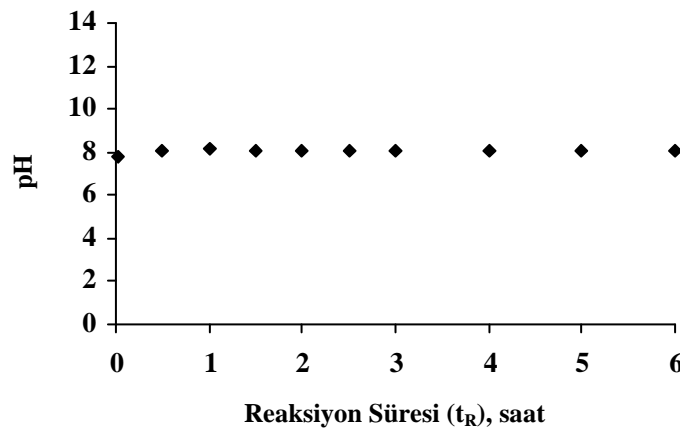
pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli Ardışık Kesikli Reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.32'de verilmiştir. pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.32. Aktif Çamur Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	0.02	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
pH	7.82	8.04	8.17	8.08	8.11	8.08	8.04	8.08	8.09	8.11

Aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de Aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.31'de gösterilmiştir.



Şekil 6.30. Aktif Çamur Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Bulanıklık:

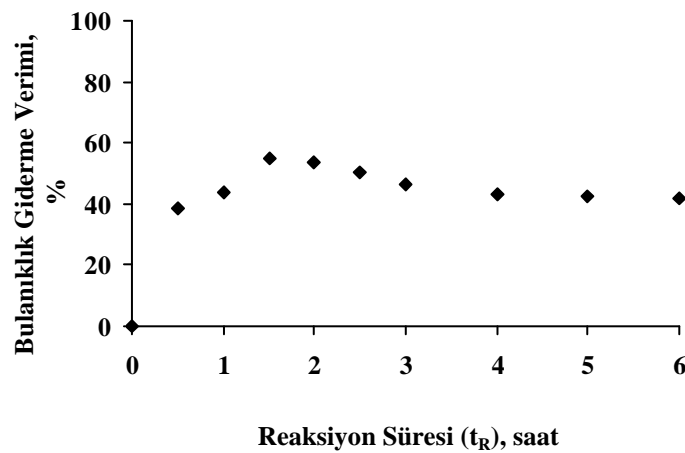
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.33'de verilmiştir.

Tablo 6.33. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
0.02	244	-
0.5	106	38
1	97	44
1.5	78	55
2	80	53
2.5	85	51
3	92	47
4	98	43
5	99	42
6	100	42

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.31'de gösterilmiştir.



Şekil 6.31. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

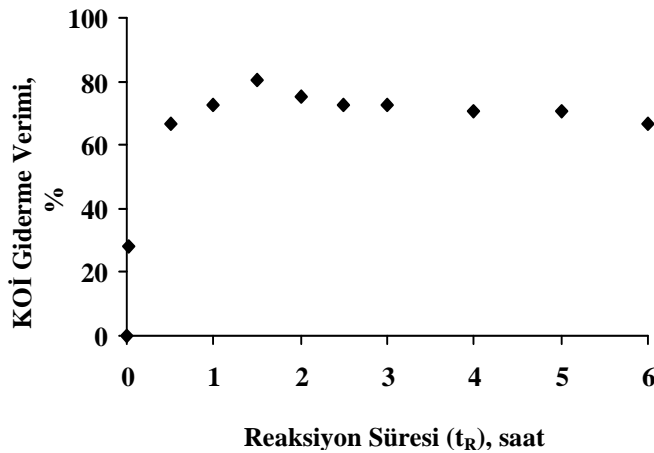
Alınan numunede KOİ giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif Çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.34'de verilmiştir.

Tablo 6.34. Aktif Çamur Adsorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de Aktifleştirilen Arıtma Çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
0.02	738	28
0.5	338	67
1	283	72
1.5	198	81
2	253	75
2.5	279	73
3	282	72
4	299	71
5	302	71
6	344	66

Aktif Çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ giderme veriminin değişimi, ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.32'de gösterilmiştir.



Şekil 6.32. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans- RES) Tablo 6.35'de verilmiştir.

Tablo 6.35. Aktif Çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktiveleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $\text{m}^{-1}$ ( <u>586 nm</u> )
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
0.02	0.482	0.357	0.302	0.282	0.268	0.258	0.238	0.212	25.8
0.5	0.544	0.482	0.431	0.406	0.376	0.364	0.342	0.333	36.4
1	0.468	0.408	0.378	0.344	0.327	0.312	0.281	0.272	31.2
1.5	0.253	0.219	0.201	0.197	0.193	0.19	0.175	0.171	19
2	0.412	0.354	0.32	0.306	0.296	0.291	0.269	0.262	29.1
2.5	0.414	0.363	0.333	0.32	0.31	0.305	0.286	0.279	30.5
3	0.444	0.369	0.337	0.318	0.289	0.271	0.262	0.256	27.1
4	0.469	0.423	0.381	0.356	0.333	0.317	0.305	0.298	31.7
5	0.515	0.458	0.421	0.402	0.383	0.376	0.352	0.344	37.6
6	0.602	0.52	0.464	0.43	0.393	0.386	0.36	0.352	38.6

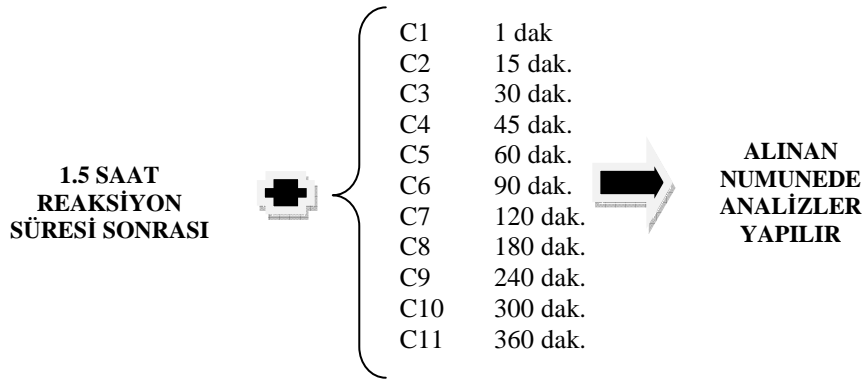
## 6.2.2. Çökelme süresi ( $t_S$ )'nin tesbiti

### 6.2.2.1. Aktif çamur adsorbent (Bentonit) ilaveli

Jartest denemelerindeki amaç; Bentonit ilavesinin tekstil ham atıksuyu ve aktif çamur karışımı kullanıldığında çökelme süresi ( $t_S$ )'ne etkisinin incelenmesidir.

Çökelme süresi ( $t_S$ )'nin tesbiti için yapılan aktif çamur adsorbent (bentonit) deneylerinin akım şeması Şekil 6.33'de gösterilmiştir.





Şekil 6.33. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin ( $t_R=1.5$  saat sabit) Yapılan Deneylerinin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur ve adsorbent ilavesi (bentonit) yapılmıştır. Sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve değişen 11 farklı çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir.

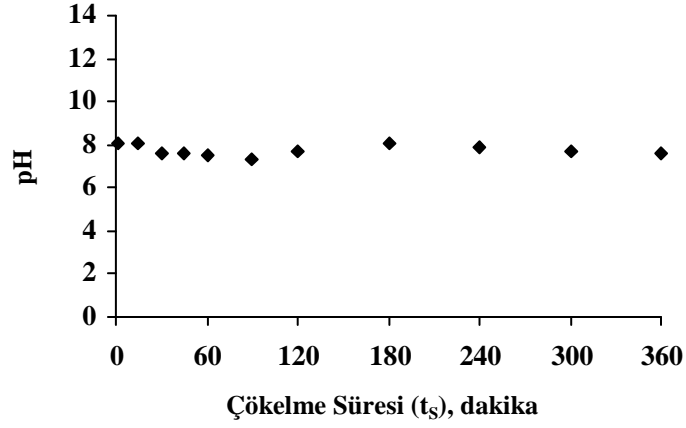
Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişim değerleri ( $t_R=1.5$  saat) Tablo 6.36'da verilmiştir.

pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.36. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat)

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
pH	8.07	8.09	7.58	7.59	7.54	7.34	7.66	8.03	7.88	7.66	7.58

Aktif çamur adsorbent(bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_R=1.5$  saat) Şekil 6.34'de gösterilmiştir.



Şekil 6.34. Aktif Çamur Adsorbent(Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi (t<sub>s</sub>)'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi (t<sub>R</sub>=1.5 saat)

Bulanıklık:

Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi sabit reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>) değişen çökeltme süreleri (t<sub>s</sub>) boyunca incelenmiştir.

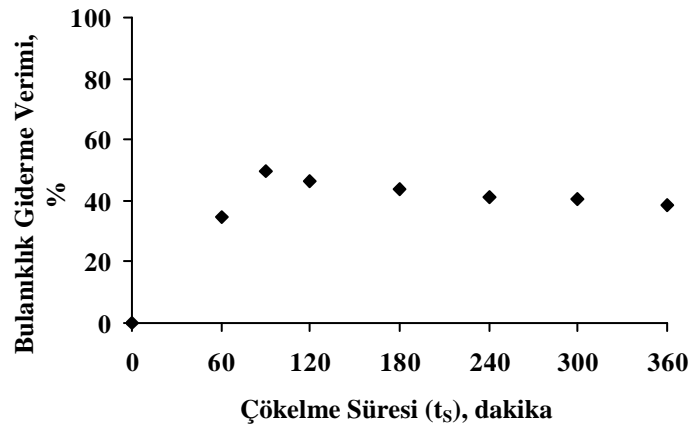
Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi (t<sub>s</sub>)'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve bulanıklık giderme verimi değerleri (t<sub>R</sub>=1.5 saat) Tablo 6.37'de verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent( bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi (t<sub>s</sub>)'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık giderme verimi değişimi (t<sub>R</sub>=1.5 saat) Şekil 6.35'de gösterilmiştir.

Bulanıklık giderme verimi sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi sonunda ilk 0.5 saatlik çökeltme süresi sırasında hızla artmıştır ve %53 civarındadır.

Tablo 6.37. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
1	916	-
15	812	-
30	634	-
45	194	-
60	112	35
90	87	49
120	92	47
180	97	44
240	101	41
300	102	41
360	106	38



Şekil 6.35. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değişimi ( $t_R=1.5$  saat)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

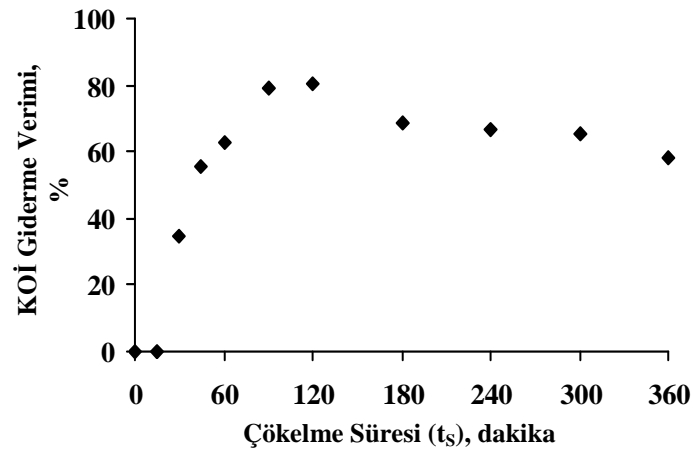
Alınan numunedeki KOİ parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent(bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ değerleri ve giderme verimi ( $t_R=1.5$  saat sabit) Tablo 6.38'de verilmiştir.

Tablo 6.38. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_R=1.5$  saat sabit)

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
1	3572	-
15	1022	1
30	667	35
45	452	56
60	384	63
90	213	79
120	202	80
180	321	69
240	344	66
300	352	66
360	428	58

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ giderme verimi değişimi ( $t_R=1.5$  saat sabit) Şekil 6.36'da gösterilmiştir.



Şekil 6.36. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Giderme Verimi ( $t_R=1.5$  saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerleri değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans- RES) Tablo 6.39'da verilmiştir.

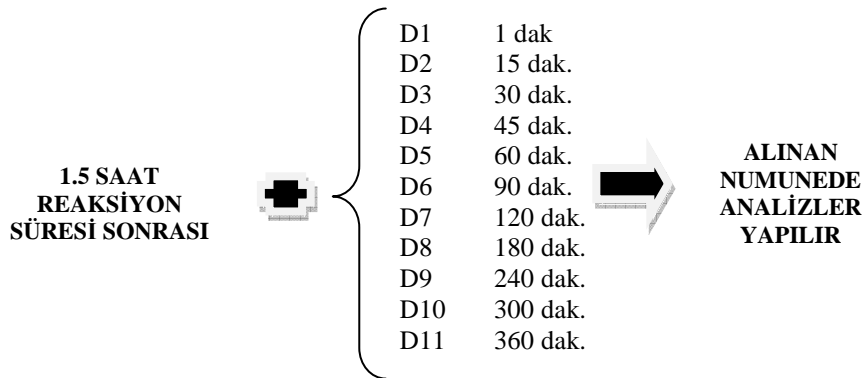
Tablo 6.39. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
1	1.678	1.563	1.465	1.395	1.335	1.319	1.263	1.245	131.9
15	0.94	0.834	0.778	0.747	0.722	0.719	0.68	0.659	71.9
30	0.898	0.777	0.694	0.642	0.588	0.576	0.535	0.522	57.6
45	0.789	0.677	0.602	0.557	0.51	0.499	0.46	0.449	49.9
60	0.681	0.587	0.524	0.483	0.441	0.433	0.404	0.394	43.3
90	0.555	0.475	0.422	0.389	0.353	0.346	0.323	0.315	34.6
120	0.678	0.608	0.555	0.515	0.48	0.471	0.439	0.428	47.1
180	0.729	0.62	0.549	0.507	0.465	0.455	0.421	0.41	45.5
240	0.824	0.718	0.646	0.6	0.554	0.543	0.505	0.494	54.3
300	0.838	0.708	0.623	0.572	0.52	0.508	0.467	0.454	50.8
360	0.908	0.857	0.783	0.722	0.694	0.676	0.633	0.623	67.6

#### 6.2.2.2. Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma

Jartest denemelerindeki amaç;  $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biosorbent) ilavesinin tekstil ham atıksuyu ve aktif çamur karışımı kullanıldığında çökeltme süresi ( $t_s$ )'ne etkisinin incelenmesidir.

Çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için ( $t_R=1.5$  saat sabit) yapılan aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}C$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) deneylerinin akım şeması Şekil 6.37'de gösterilmiştir.



Şekil 6.37. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylelerinin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur ve adsorbent ilavesi ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) yapılmıştır. Sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve değişen 11 farklı çökelme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

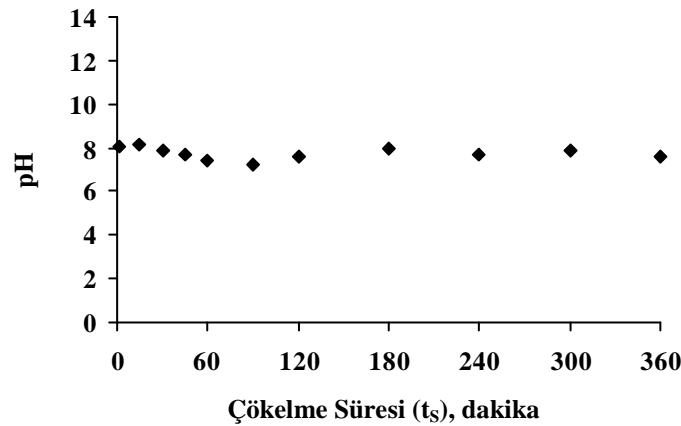
Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişim değerleri ( $t_R=1.5$  saat) Tablo 6.40'da verilmiştir.

Tablo 6.40. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat)

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
pH	8.08	8.11	7.88	7.69	7.44	7.24	7.56	7.98	7.68	7.86	7.55

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_R=1.5$  saat) Şekil 6.38'de gösterilmiştir. pH

değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 6.38. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat)

**Bulanıklık:**

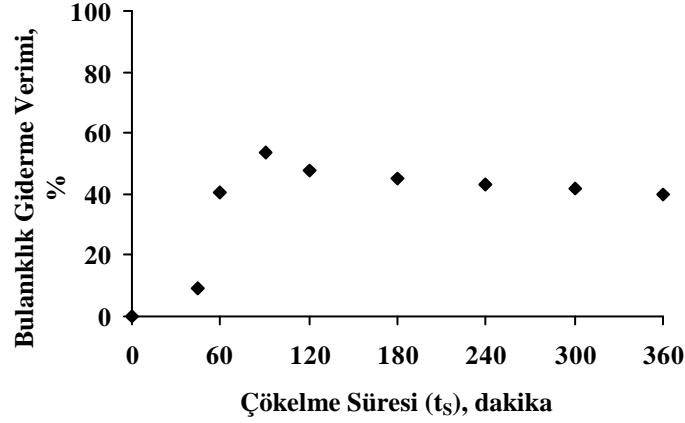
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi sabit reaksiyon süresi ( $t_R$ ) değişen çökme süreleri ( $t_s$ ) boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve bulanıklık giderme verimi değerleri ( $t_R=1.5$  saat) Tablo 6.41'de verilmiştir.

Tablo 6.41. Aktif Çamur Biyosorbent( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$  saat)

Çökme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
1	856	-
15	788	-
30	548	-
45	156	9
60	102	41
90	80	53
120	90	48
180	94	45
240	98	43
300	100	42
360	103	40

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde giderme verimi değerleri değişimi ( $t_R=1.5$  saat) Şekil 6.39'da gösterilmiştir.



Şekil 6.39. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$  saat)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Alınan numunede Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

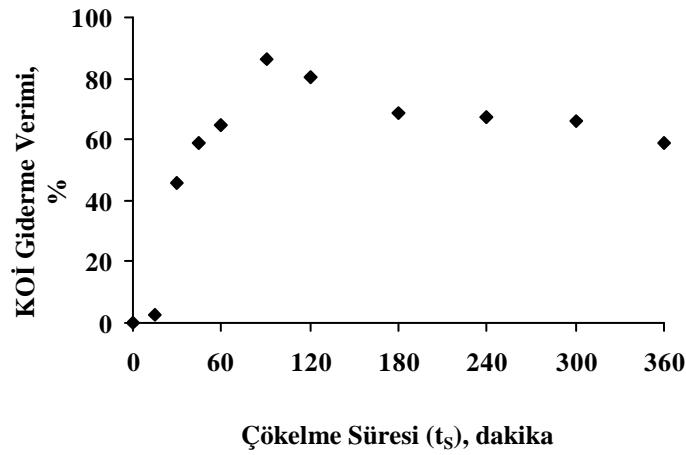
Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve bulanıklık giderme verimi değerleri ( $t_R=1.5$  saat) Tablo 6.42'de verilmiştir.

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde giderme verimi değerleri değişimi ( $t_R=1.5$  saat) Şekil 6.40'da gösterilmiştir.



Tablo 6.42. Aktif Çamur Biyosorbent(450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$  saat)

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOI), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)Giderme Verimi, %
1	3682	-
15	995	3
30	556	46
45	421	59
60	364	64
90	143	86
120	199	81
180	318	69
240	336	67
300	348	66
360	419	59



Şekil 6.40. Aktif Çamur Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri ( $t_R=1.5$  saat)

Renk:

Alınan numunede Renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir. Aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen aktif çamur) ilaveli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans-RES) Tablo 6.43'de verilmiştir.

Tablo 6.43. Aktif Çamur Biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi (t<sub>s</sub>)’nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Çökeltme Süresi (t <sub>s</sub> ), dak.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, m <sup>-1</sup> (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
1	1.558	1.443	1.345	1.275	1.215	1.119	1.143	1.125	111.9
15	0.93	0.824	0.758	0.727	0.702	0.699	0.66	0.639	69.9
30	0.883	0.765	0.679	0.627	0.573	0.561	0.52	0.507	56.1
45	0.866	0.744	0.661	0.611	0.558	0.546	0.505	0.492	54.6
60	0.717	0.607	0.534	0.491	0.447	0.437	0.401	0.391	43.7
90	0.499	0.429	0.382	0.353	0.322	0.316	0.295	0.289	31.6
120	0.599	0.592	0.485	0.465	0.437	0.428	0.383	0.354	42.8
180	0.704	0.597	0.527	0.485	0.444	0.435	0.401	0.391	43.5
240	0.817	0.693	0.612	0.563	0.512	0.501	0.46	0.448	50.1
300	0.834	0.707	0.622	0.57	0.518	0.506	0.465	0.452	50.6
360	0.898	0.777	0.694	0.642	0.588	0.576	0.535	0.522	57.6

### 6.3. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Jartest Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları ve Renk Giderimi

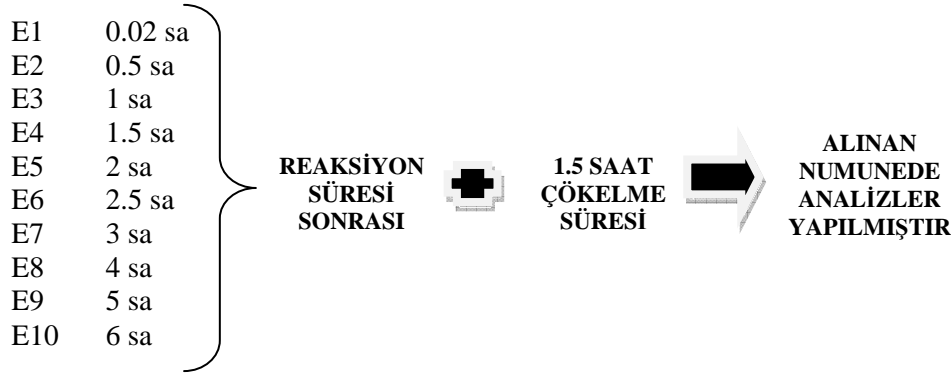
Jartest denemeleri için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi ve laboratuardaki çalışma şartları Tablo 6.44’de özetlenmiştir.

Tablo 6.44. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu

Atıksu Numunesinin Karakterizasyonu	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), <sup>0</sup> C	16.4
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	980
Ham Atıksuyun pH Değeri	6.69
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	3.24
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	168
Ham Atıksu Renk, Absorbans (586 nm)	0.638

### 6.3.1. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti

Aktif çamur adsorbent ilavesiz jartest ardışık kesikli reaktör çalışmaları ve renk giderimi çalışmalarında, reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin şeması Şekil 6.41'de gösterilmiştir.



Şekil 6.41. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Jartest Ardışık Kesikli Reaktörde Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin ( $t_s=1.5$  saat sabit) Yapılan Deneylerin Akım Şeması

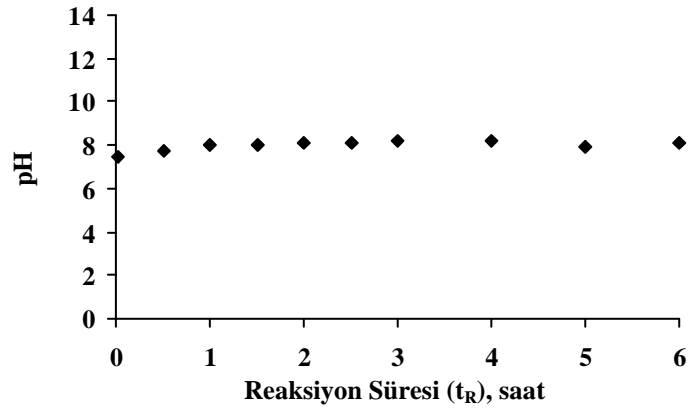
Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL'lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur konulmuştur. Değişen 10 farklı reaksiyon süresine karşılık 1.5 saatlik çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.45'de verilmiştir. Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ ) tespiti için yapılan Jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit) Şekil 6.42'de gösterilmiştir. pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.45. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	0.02	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
pH	7.47	7.76	7.98	8.05	8.11	8.14	8.23	8.22	7.93	8.13



Şekil 6.42. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit)

#### Bulanıklık:

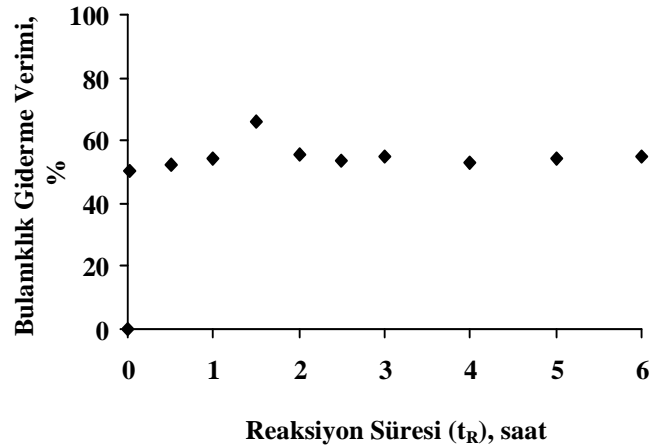
Alınan numunede Bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir. Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi Tablo 6.46'da verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık giderme veriminin değişimi, ( $t_s=1.5$  saat sabit) Şekil 6.43'de gösterilmiştir.

Bulanıklık giderme verimi 1.5 saatlik reaksiyon süresi ve sabit 1.5 saatlik çökeltme süresi sonrasında %65 in üzerine çıkmıştır. Diğer reaksiyon süreleri değişiminde ise %50 ile %55 arasında değişmiştir.

Tablo 6.46. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
0.02	81	51
0.5	78	52
1	75	54
1.5	56	66
2	73	55
2.5	76	54
3	74	55
4	77	53
5	75	54
6	74	55



Şekil 6.43. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_S=1.5$  saat sabit)

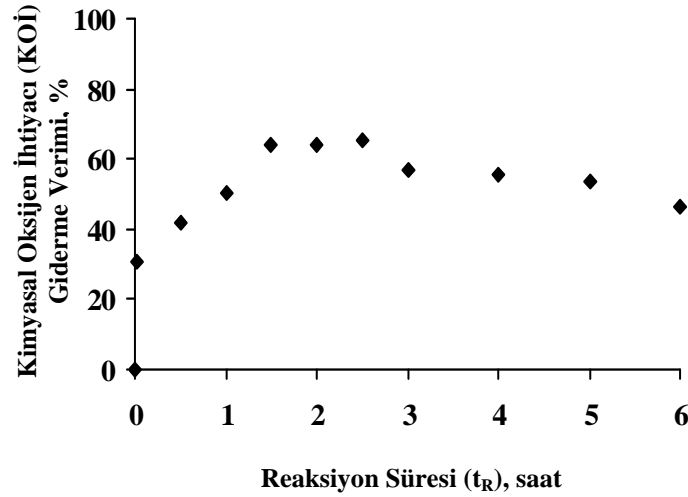
#### Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Alınan numunede KOİ giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir. Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri ve giderme verimi Tablo 6.47'de verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ değerleri ve giderme veriminin değişimi, ( $t_S=1.5$  saat sabit) Şekil 6.44'de gösterilmiştir. KOİ giderme verimi 1.5, 2, 2.5 saatlik reaksiyon süresi ve sabit 1.5 saatlik çökeltme süresi sonrasında yaklaşık olarak %65 civarındadır.

Tablo 6.47. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
0.02	651	30
0.5	544	42
1	467	50
1.5	336	64
2	339	64
2.5	327	65
3	406	57
4	418	55
5	434	54
6	500	47



Şekil 6.44. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerleri değişimi, değişen reaksiyon süreleri ( $t_S=1.5$  saat sabit) boyunca incelenmiştir.

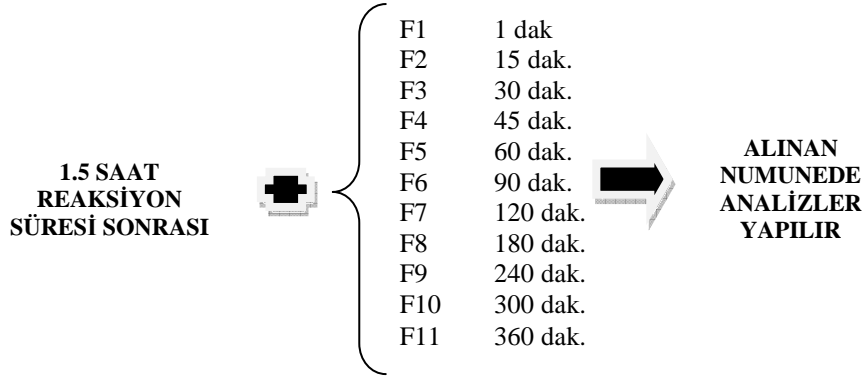
Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans- RES) ve giderme verimi Tablo 6.48'de verilmiştir.

Tablo 6.48. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
0.02	0.373	0.323	0.295	0.28	0.265	0.26	0.24	0.234	26
0.5	0.353	0.304	0.276	0.263	0.252	0.246	0.226	0.219	24.6
1	0.336	0.289	0.264	0.252	0.24	0.235	0.215	0.209	23.5
1.5	0.182	0.152	0.139	0.136	0.135	0.132	0.119	0.115	13.2
2	0.319	0.274	0.249	0.237	0.227	0.222	0.203	0.197	22.2
2.5	0.335	0.289	0.263	0.252	0.241	0.236	0.216	0.21	23.6
3	0.343	0.295	0.269	0.256	0.245	0.239	0.218	0.211	23.9
4	0.399	0.392	0.285	0.265	0.237	0.228	0.183	0.154	22.8
5	0.317	0.273	0.25	0.239	0.229	0.224	0.206	0.199	22.4
6	0.325	0.281	0.256	0.244	0.234	0.229	0.21	0.203	22.9

### 6.3.2. Çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti

Aktif çamur adsorbent ilavesiz jartest ardışık kesikli reaktör çalışmaları ve renk giderimi çalışmalarında, çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin şeması Şekil 6.45'de gösterilmiştir.



Şekil 6.45. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 50 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu, 450 mL aktif çamur konulmuştur. Sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve değişen 11 farklı çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

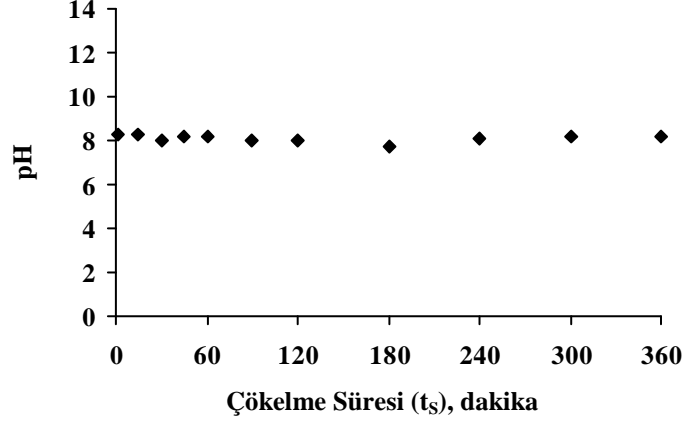
pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi, ( $t_R=1.5$  saat) Tablo 6.49'da verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde pH'nın değişimi ( $t_R=1.5$  saat) Şekil 6.46'de gösterilmiştir. pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.49. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat)

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
pH	8.23	8.24	8.0	8.14	8.19	7.98	8.04	7.74	8.06	8.15	8.14



Şekil 6.46. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi (t<sub>s</sub>)'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde pH'nın Değişimi, (t<sub>R</sub>=1.5 saat)

Bulanıklık:

Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi sabit reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>=1.5 saat) değişen çökeltme süreleri (t<sub>s</sub>) boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi(t<sub>s</sub>)nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi Tablo 6.50'de verilmiştir.

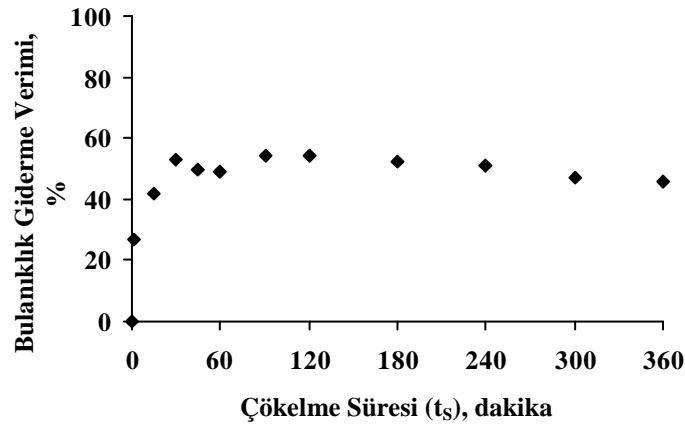
Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi (t<sub>s</sub>)'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde bulanıklık giderme veriminin değişimi, (t<sub>R</sub>=1.5 saat sabit) Şekil 6.47'de gösterilmiştir.

Bulanıklık giderme verimi sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi sonunda ilk 0.5 saatlik çökeltme süresi sırasında hızla artmıştır %53 civarındadır.



Tablo 6.50. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
1	120	27
15	95	42
30	77	53
45	83	49
60	84	49
90	75	54
120	75	54
180	78	52
240	80	51
300	87	47
360	89	46



Şekil 6.47. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökelme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat sabit)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Alınan numunede KOİ parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

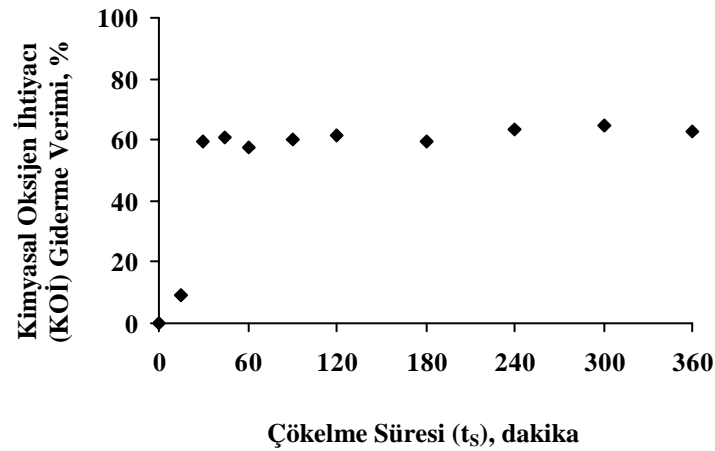
Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde KOİ değerleri ve giderme verimi Tablo 6.51'de verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderme veriminin değişimi, ( $t_R=1.5$  saat sabit) Şekil 6.48'de gösterilmiştir.

KOİ giderme verimi sabit 1.5 saatlik reaksiyon süresi sonunda %60'a kadar yükselmiştir.

Tablo 6.51. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde KOİ Değerleri ve Giderme Verimi

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
1	3950	-
15	852	9
30	382	59
45	364	61
60	400	57
90	376	60
120	358	62
180	380	59
240	340	64
300	330	65
360	350	63



Şekil 6.48. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Veriminin Değişimi, ( $t_R=1.5$  saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerleri değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Aktif çamur adsorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çökeltme süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan jartest denemesinde renk değerleri (Absorbans- RES Tablo 6.52'de verilmiştir.

Tablo 6.52. Aktif Çamur Adsorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çökeltme Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Jartest Denemesinde Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Çökeltme Süresi ( $t_R$ ), dak.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
1	3.215	3.068	2.954	2.914	2.872	2.834	2.767	2.737	283.4
15	0.94	0.834	0.778	0.747	0.722	0.719	0.68	0.659	71.9
30	0.352	0.304	0.279	0.266	0.255	0.25	0.23	0.224	25
45	0.408	0.359	0.331	0.319	0.307	0.3	0.279	0.273	30
60	0.404	0.352	0.323	0.308	0.293	0.287	0.266	0.26	28.7
90	0.332	0.286	0.26	0.248	0.238	0.232	0.212	0.206	23.2
120	0.333	0.287	0.262	0.25	0.239	0.233	0.214	0.207	23.3
180	0.365	0.315	0.286	0.272	0.26	0.254	0.234	0.226	25.4
240	0.303	0.26	0.238	0.227	0.219	0.214	0.195	0.188	21.4
300	0.312	0.267	0.243	0.232	0.223	0.218	0.199	0.192	21.8
360	0.288	0.248	0.227	0.218	0.21	0.206	0.187	0.181	20.6

#### 6.4. Kullanılacak Adsorbent/Biyosorbent Maddelerin Etkisinin Belirlenmesi

Kullanılacak adsorbent maddenin etkisinin belirlenmesi için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesinin karakteristikleri Tablo 6.53'de özetlenmiştir.

Tablo 6.53. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri

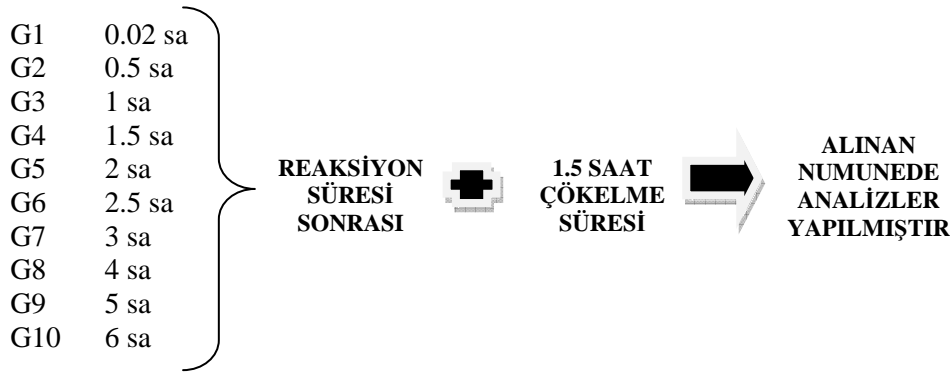
Atıksu Numunesinin Karakteristikleri	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	16.4
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	936
Ham Atıksuyun pH Değeri	6.69
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	3.24
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	168
Ham Atıksu Renk, Absorbans (586 nm)	0.638

#### 6.4.1. Reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti

Gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesi kullanılmıştır.

##### 6.4.1.1. Adsorbent (Bentonit) ilaveli çalışma

Bu Jartest denemelerindeki amaç; Bentonit ilavesinin sadece tekstil ham atıksuyu kullanıldığında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'ne etkisinin incelenmesidir. Reaksiyon süresi( $t_R$ )nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.49'da gösterilmiştir.



Şekil 6.49. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi( $t_R$ )nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 500 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu konulmuştur. Değişen 10 farklı reaksiyon süresine karşılık 1.5 saatlik çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir.

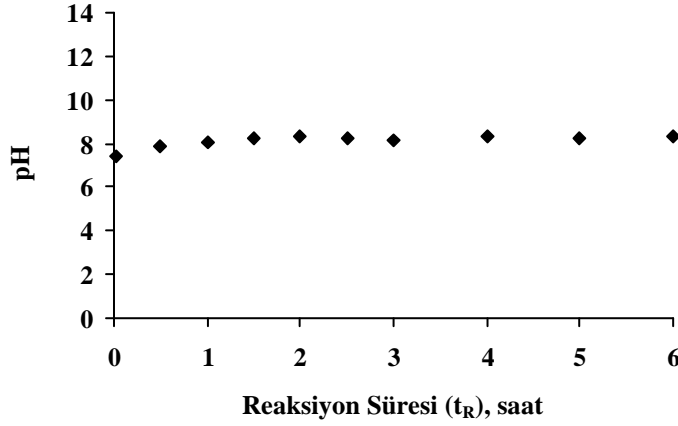
Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Tablo 6.54'de verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Şekil 6.50'de gösterilmiştir.

pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.54. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH'nın Değişimi

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	0.02	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
pH	7.38	7.90	8.07	8.26	8.35	8.24	8.18	8.30	8.23	8.31



Şekil 6.50. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde pH'nın Değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

### Bulanıklık

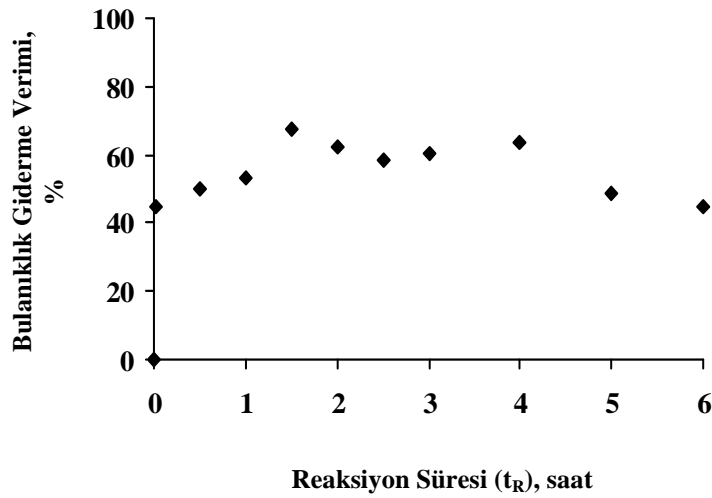
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Adsorbent ilaveli (bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde bulanıklık değerleri ve giderme verimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.55'de verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) bulanıklık giderme verimi değişimi Şekil 6.51'de gösterilmiştir.

Tablo 6.55. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi ( $t_s=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
0.02	91	45
0.5	82	50
1	77	53
1.5	53	68
2	62	62
2.5	68	59
3	65	60
4	60	63
5	84	49
6	90	45



Şekil 6.51. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

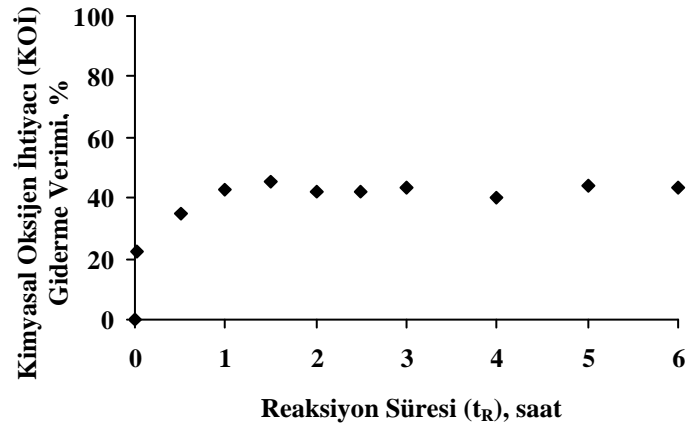
Alınan numunede KOİ giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Adsorbent ilaveli (bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) KOİ değerleri ve giderme veriminin değişimi Tablo 6.56'da verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) KOİ giderme veriminin değişimi Şekil 6.52'de gösterilmiştir.

Tablo 6.56. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) KOİ Değerleri ve Giderme Verimi

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
0.02	728	22
0.5	612	35
1	533	43
1.5	513	45
2	543	42
2.5	544	42
3	530	43
4	558	40
5	523	44
6	532	43



Şekil 6.52. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) KOİ Giderme Veriminin Değişimi

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerlerinin değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir. Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) renk değerleri (Absorbans- RES) Tablo 6.57’de verilmiştir.

Tablo 6.57. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) Renk Değerleri (Absorbans- RES)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
0.02	0.881	0.766	0.687	0.637	0.585	0.574	0.536	0.525	57.4
0.5	0.75	0.649	0.581	0.537	0.488	0.478	0.445	0.434	47.8
1	0.698	0.61	0.551	0.512	0.469	0.46	0.431	0.421	46
1.5	0.55	0.474	0.422	0.39	0.354	0.347	0.324	0.316	34.7
2	0.554	0.476	0.425	0.394	0.359	0.352	0.329	0.322	35.2
2.5	0.599	0.517	0.462	0.427	0.39	0.382	0.357	0.349	38.2
3	0.574	0.496	0.444	0.412	0.377	0.37	0.347	0.339	37
4	0.577	0.5	0.448	0.416	0.38	0.373	0.349	0.341	37.3
5	0.748	0.643	0.574	0.531	0.486	0.476	0.444	0.434	47.6
6	0.681	0.587	0.524	0.483	0.441	0.433	0.404	0.394	43.3

#### 6.4.1.2. Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çalışma

Jartest denemeleri için gerçek tesise ait arıtma tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre girişinden alınan atıksu numunesinin karakteristikleri Tablo 6.58'de özetlenmiştir.

Tablo 6.58. Gerçek Tesise Ait Arıtma Tesisinin Ardışık Kesikli Reaktöre Girişinden Alınan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri

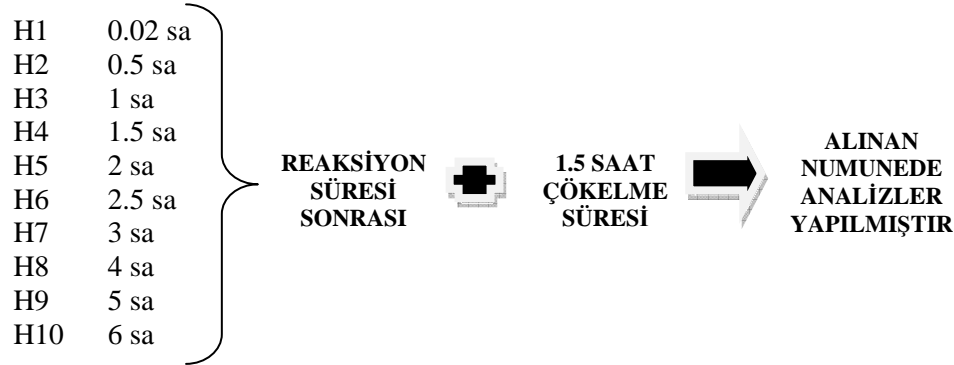
Atıksu Numunesinin Karakteristikleri	
Ortalama Ham Atıksu Sıcaklığı (Laboratuar Ortamında), °C	16.7
Ham Atıksuyun KOİ Değeri, mg/L	936
Ham Atıksuyun pH Değeri	6.76
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	3.21
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	164
Ham Atıksu Renk, Absorbans (586 nm)	0.638

Jartest denemelerindeki amaç; 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ilavesinin sadece tekstil ham atıksuyu kullanıldığında reaksiyon süresi ( $t_R$ )'ne etkisinin incelenmesidir.

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 500 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu konulmuştur. Değişen 10 farklı reaksiyon süresine karşılık 1.5 saatlik çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.



Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışmada reaksiyon süresi ( $t_R$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.53'de gösterilmiştir.



Şekil 6.53. Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çalışmada Reaksiyon Süresi ( $t_R$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

pH:

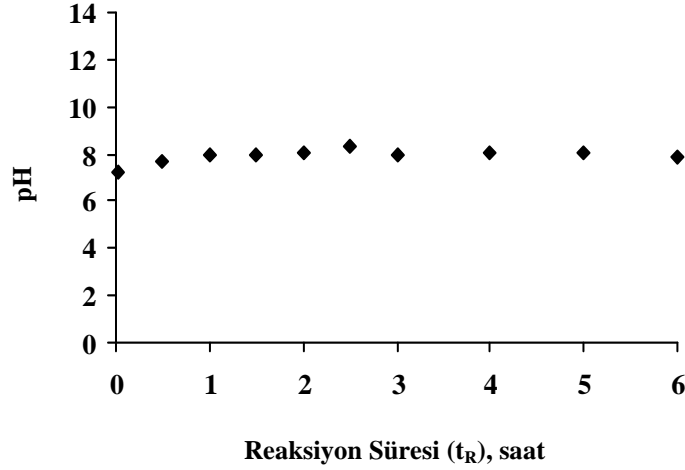
Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) pH nın değişimi Tablo 6.59'da verilmiştir.

Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) pH nın değişimi Şekil 6.54'de gösterilmiştir.

Tablo 6.59. Biyosorbent İlaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH nın Değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Reaksiyon Süresi ( $t_R$ ), sa.	0	0.02	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
pH	6.76	7.26	7.66	7.92	7.99	8.06	8.3	7.96	8.02	8.07	7.91



Şekil 6.54. Biyosorbent İlaveli (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde pH'nın Değişimi (t<sub>S</sub>=1.5 saat sabit)

Bulanıklık:

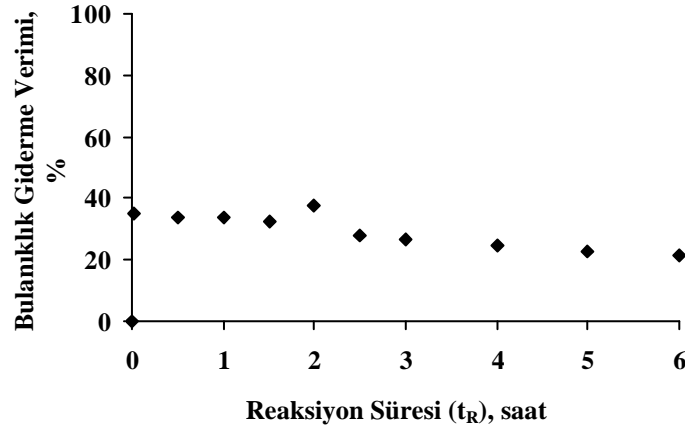
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450 <sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde bulanık değerlerinin değişimi ve bulanıklık giderme verimi değerlerinin değişimi Tablo 6.60'da verilmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450 <sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde bulanık değerlerinin değişimi ve bulanıklık giderme verimi değerlerinin değişimi Şekil 6.55'de gösterilmiştir.

Tablo 6.60. Biyosorbent İlaveli (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Bulanıklık Değerleri ve Giderme Verimi (t<sub>S</sub>=1.5 saat sabit)

Reaksiyon Süresi (t <sub>R</sub> ), sa.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
0.02	107	35
0.5	109	34
1	109	34
1.5	111	32
2	102	38
2.5	118	28
3	120	27
4	124	24
5	127	23
6	129	21



Şekil 6.55. Biyosorbent ilaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde (t<sub>s</sub>=1.5 saat sabit) Bulanıklık Giderme Veriminin Değişimi

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

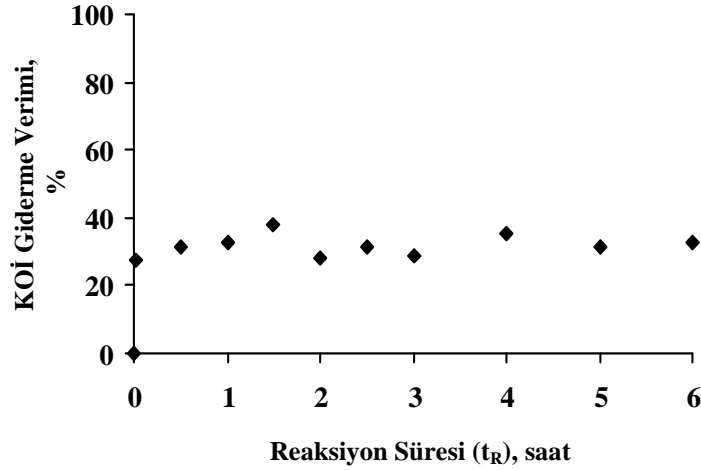
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderme verimi değerlerinin değişimi Tablo 6.61'de verilmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderme verimi değerlerinin değişimi Şekil 6.56'da gösterilmiştir.

Tablo 6.61. Biyosorbent İlaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerlerinin Değişimi (t<sub>s</sub>=1.5 saat sabit)

Reaksiyon Süresi (t <sub>R</sub> ), sa.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
0.02	676	28
0.5	640	32
1	630	33
1.5	579	38
2	673	28
2.5	640	32
3	669	29
4	608	35
5	642	31
6	631	33



Şekil 6.56. Biyosorbent İlaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerlerinin Değişimi (t<sub>s</sub>=1.5 saat sabit)

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerleri değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı reaksiyon sürelerinde renk (Absorbans RES) değerlerinin değişimi Tablo 6.62'de verilmiştir.

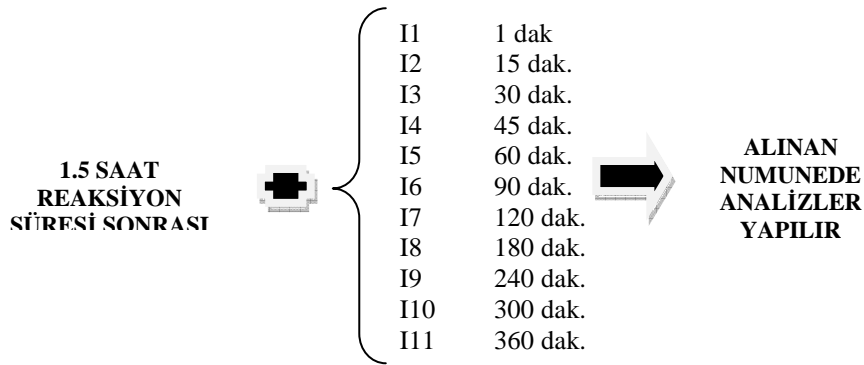
Tablo 6.62. Biyosorbent İlaveli (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Reaksiyon Sürelerinde (t<sub>s</sub>=1.5 saat sabit) Renk (Absorbans RES) Değerlerinin Değişimi

Reaksiyon Süresi (t <sub>R</sub> ), sa.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, m <sup>-1</sup> (586 nm)
	436	479	515	544	579	586	612	620	
0.02	0.895	0.772	0.687	0.634	0.581	0.569	0.528	0.516	56.9
0.5	0.898	0.777	0.694	0.642	0.588	0.576	0.535	0.522	57.6
1	0.829	0.706	0.623	0.573	0.523	0.511	0.47	0.457	51.1
1.5	0.866	0.744	0.661	0.611	0.558	0.546	0.505	0.492	54.6
2	0.824	0.718	0.646	0.6	0.554	0.543	0.505	0.494	54.3
2.5	0.847	0.72	0.635	0.583	0.531	0.52	0.478	0.466	52
3	0.78	0.659	0.581	0.535	0.488	0.477	0.44	0.428	47.7
4	0.729	0.62	0.549	0.507	0.465	0.455	0.421	0.41	45.5
5	0.766	0.651	0.576	0.532	0.487	0.477	0.441	0.429	47.7
6	0.782	0.667	0.592	0.547	0.503	0.492	0.456	0.445	49.2

## 6.4.2. Çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti

### 6.4.2.1. Adsorbent (Bentonit) ilaveli çalışma

Jartest denemelerindeki amaç; Bentonit ilavesinin sadece tekstil ham atıksuyu kullanıldığında çökelme süresi ( $t_s$ )'ne etkisinin incelenmesidir. Adsorbent (bentonit) ilaveli çalışmada çökelme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.57'de gösterilmiştir.



Şekil 6.57. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çalışmada Çökelme Süresi( $t_s$ )nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 500 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu konulmuştur. Sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve değişen 11 farklı çökelme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

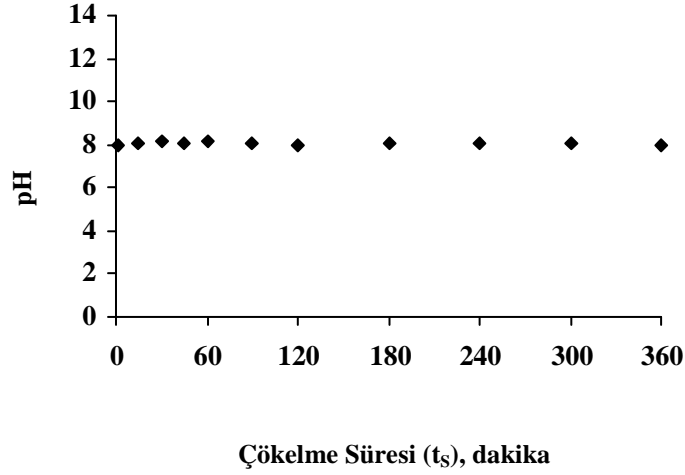
Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Tablo 6.63'de verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Şekil 6.58'de gösterilmiştir.

pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.63. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi

Çökelme Süresi ( $t_S$ ), dak.	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
pH	8.00	8.07	8.17	8.09	8.18	8.06	7.97	8.04	8.10	8.07	7.94



Şekil 6.58. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi

Bulanıklık:

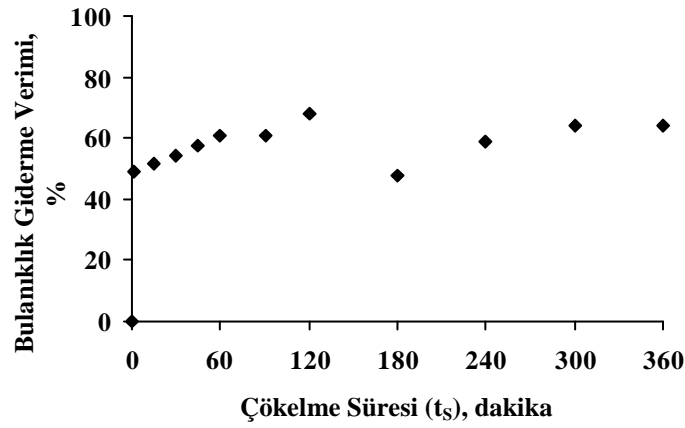
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi sabit reaksiyon süresi ( $t_R$ ) değişen çökelme süreleri ( $t_S$ ) boyunca incelenmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) bulanıklık değerlerinin değişimi ve bulanıklık giderme verimi değerleri Tablo 6.64'de verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) bulanıklık giderme verimi değerleri değişimi Şekil 6.59'de gösterilmiştir.

Tablo 6.64. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
1	84	49
15	79	52
30	75	54
45	70	57
60	64	61
90	64	61
120	52	68
180	86	48
240	67	59
300	59	64
360	59	64



Şekil 6.59. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi Ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

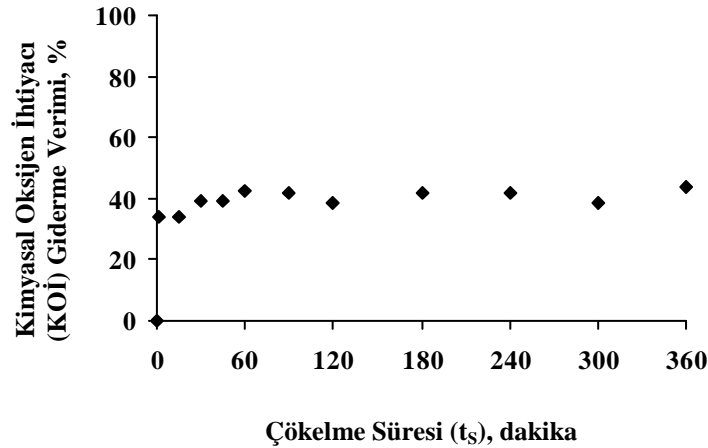
Alınan numunede KOİ parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderme verimi değerleri Tablo 6.65'de verilmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderme verimi değerleri değişimi Şekil 6.60’da gösterilmiştir.

Tablo 6.65. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
1	620	34
15	618	34
30	566	40
45	570	39
60	538	43
90	544	42
120	574	39
180	544	42
240	545	42
300	576	38
360	525	44



Şekil 6.60. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri

Renk:

Alınan numunede Renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk değerlerinin değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Adsorbent ilaveli (Bentonit) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) renk (absorbans-RES) değerlerinin değişimi Tablo 6.66’da verilmiştir.

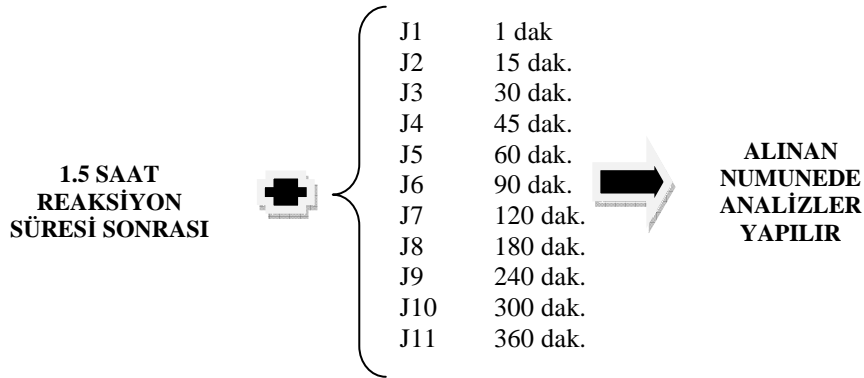


Tablo 6.66. Adsorbent İlaveli (Bentonit) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökeltme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  Saat Sabit) Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin Değişimi

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
1	0.788	0.698	0.637	0.596	0.55	0.539	0.507	0.497	53.9
15	0.76	0.67	0.609	0.571	0.527	0.518	0.489	0.479	51.8
30	0.671	0.597	0.534	0.463	0.421	0.483	0.424	0.384	48.3
45	0.621	0.539	0.483	0.447	0.409	0.401	0.375	0.366	40.1
60	0.571	0.494	0.441	0.407	0.371	0.364	0.341	0.334	36.4
90	0.555	0.475	0.422	0.389	0.353	0.346	0.323	0.315	34.6
120	0.474	0.398	0.349	0.321	0.291	0.284	0.264	0.257	28.4
180	0.499	0.429	0.382	0.353	0.322	0.316	0.295	0.289	31.6
240	0.602	0.52	0.464	0.43	0.393	0.386	0.36	0.352	38.6
300	0.554	0.476	0.424	0.391	0.357	0.35	0.327	0.32	35
360	0.582	0.504	0.45	0.417	0.382	0.376	0.352	0.344	37.6

#### 6.4.2.2. Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışma

Jartest denemelerindeki amaç; 450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ilavesinin sadece tekstil ham atıksuyu kullanıldığında reaksiyon süresi ( $t_s$ )'ne etkisinin incelenmesidir. Biyosorbent (450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çalışmada çökeltme süresi ( $t_s$ )'nin tesbiti için yapılan deneylerin akım şeması Şekil 6.61'de gösterilmiştir.



Şekil 6.61. Biyosorbent(450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çalışmada Çökeltme Süresi ( $t_s$ )'nin Tesbiti İçin Yapılan Deneylerin Akım Şeması

Bu grup Jartest denemesinde, 500 mL lik beher kullanılmıştır. Behere 500 mL tekstil endüstrisi ham atıksuyu konulmuştur. Sabit 1.5 saat reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve değişen 11 farklı çökeltme süresi sonunda alınan numunelerde dört farklı parametrenin değişimi incelenmiştir.

pH:

Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir. Alınan numunede pH parametresinin değişimi incelenmiştir.

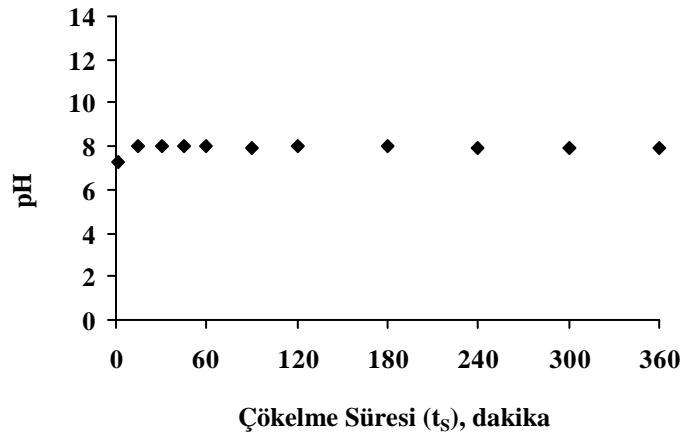
Biyosorbent ilaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Tablo 6.67'de verilmiştir.

Biyosorbent ilaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH'nın değişimi Şekil 6.62'de gösterilmiştir.

pH değerinde değişen reaksiyon süreleri içerisinde çok önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Tablo 6.67. Biyosorbent İlaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) pH Değerlerinin Değişimi

Çökelme Süresi ( $t_s$ ), dak.	1	15	30	45	60	90	120	180	240	300	360
pH	7.25	7.97	7.99	7.99	8.01	7.95	8.05	7.97	7.93	7.90	7.92



Şekil 6.62. Biyosorbent İlaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  Saat Sabit) pH'nın Değişimi

Bulanıklık:

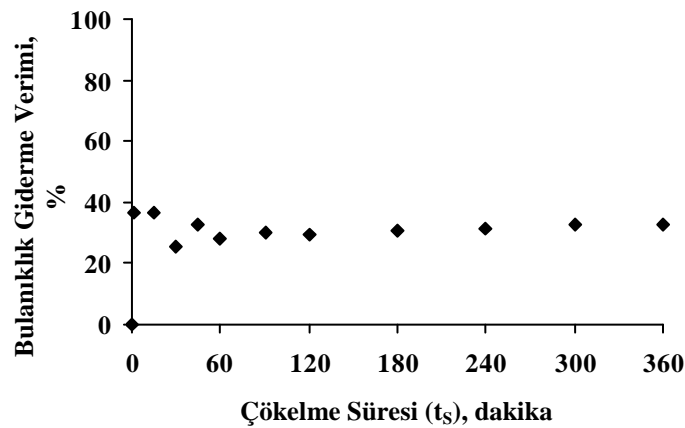
Alınan numunede bulanıklık parametresinin değişimi sabit reaksiyon süresi ( $t_R$ ) değişen çökelme süreleri ( $t_S$ ) boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli ( $450^0C$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) bulanıklık değerlerinin değişimi ve bulanıklık giderme verimi değerleri Tablo 6.68'de verilmiştir.

Biyosorbent ilaveli ( $450^0C$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökelme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) bulanıklık giderme verimi değerlerinin değişimi Şekil 6.63'de gösterilmiştir.

Tablo 6.68. Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Bulanıklık Değerlerinin Değişimi ve Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri

Çökelme Süresi ( $t_S$ ), dak.	Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderme Verimi, %
1	104	37
15	104	37
30	122	26
45	110	33
60	118	28
90	115	30
120	116	29
180	114	30
240	113	31
300	110	33
360	110	33



Şekil 6.63. Biyosorbent İlaveli ( $450^0C$ 'de aktiveştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökelme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Bulanıklık Giderme Verimi Değerleri

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

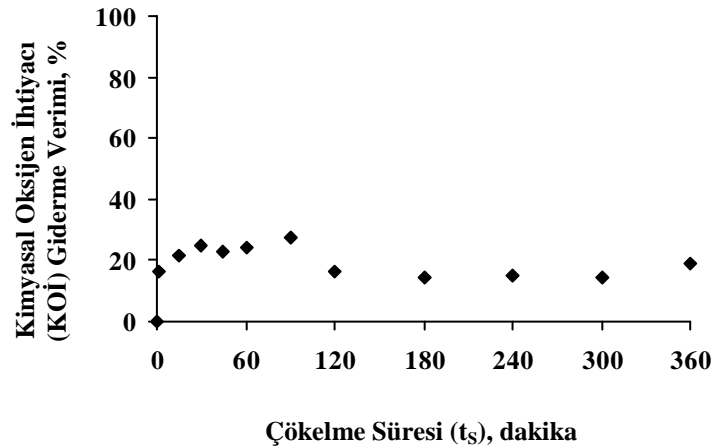
Alınan numunede KOİ parametresinin değişimi değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökeltme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerlerinin değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) giderme verimi değerleri Tablo 6.69'da verilmiştir.

Biyosorbent ilaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökeltme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) bulanıklık giderme verimi değerlerinin değişimi Şekil 6.64'de gösterilmiştir.

Tablo 6.69. Biyosorbent İlaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökeltme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin Değişimi ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderme Verimi Değerleri

Çökeltme Süresi ( $t_s$ ), dak.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), mg/L	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)Giderme Verimi, %
1	780	17
15	736	21
30	705	25
45	724	23
60	711	24
90	679	27
120	783	16
180	799	15
240	795	15
300	799	15
360	759	19



Şekil 6.64. Biyosorbent İlaveli ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökeltme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) KOİ Giderme Verimi Değerleri

Renk:

Alınan numunede renk parametresine 8 farklı dalga boyunda bakılmıştır. Renk giderme verimi değişimi, değişen reaksiyon süreleri boyunca incelenmiştir.

Biyosorbent ilaveli (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ham atıksu jartest denemesinde farklı çökeltme sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Renk (absorbans-RES) değerlerinin değişimi Tablo 6.70'de verilmiştir.

Tablo 6.70. Biyosorbent İlaveli (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) Ham Atıksu Jartest Denemesinde Farklı Çökeltme Sürelerinde ( $t_R=1.5$  saat sabit) Renk (absorbans-RES) Değerlerinin Değişimi

Çökeltme Süresi ( $t_R$ ), dak.	Renk Değerleri, (Absorbans)								Renk Değerleri Renklilik Sayısı, $m^{-1}$ (586 nm)
	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm	
1	0.935	0.811	0.723	0.668	0.613	0.6	0.558	0.545	60
15	0.788	0.666	0.586	0.538	0.487	0.476	0.437	0.425	47.6
30	0.723	0.611	0.539	0.496	0.453	0.443	0.408	0.398	44.3
45	0.704	0.597	0.527	0.485	0.444	0.435	0.401	0.391	43.5
60	0.762	0.647	0.572	0.527	0.48	0.469	0.432	0.421	46.9
90	0.717	0.607	0.534	0.491	0.447	0.437	0.401	0.391	43.7
120	0.838	0.708	0.623	0.572	0.52	0.508	0.467	0.454	50.8
180	0.809	0.689	0.61	0.561	0.512	0.501	0.461	0.45	50.1
240	0.834	0.707	0.622	0.57	0.518	0.506	0.465	0.452	50.6
300	0.817	0.693	0.612	0.563	0.512	0.501	0.46	0.448	50.1
360	0.789	0.677	0.602	0.557	0.51	0.499	0.46	0.449	49.9

### 6.5. Adsorbent/Biyosorbent Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Gerek tekstil ve gerekse diğer atıksuların arıtılmasında çıkış suyu kriterleri ihtiyacına göre; adsorbentsiz ve adsorbentli Ardışık Kesikli Biyoraektör (AKR, SBR) sistemi kullanılabilir.

Biyosorbentlerin (%1 lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 <sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 <sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ve adsorbentlerin (aktif karbon, bentonit, aktif alümina, zeolit, dolomit ve solüsyon (ULK-DEC)) cinsleri ve dozajları

belirlenmiştir. Biyosorbent olarak 450 °C’de aktifleştirilen arıtma çamuru, adsorbent olarak ise bentonit kullanılmasına karar verilmiştir. Dozajları ise 0.5 g/L olarak tespit edilmiştir.

Biyosorbent veya adsorbentlerin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saatin başlangıcında adsorbentlerin/biyosorbentlerin ilave edilmesi durumu incelenmiştir. Bu inceleme sırasında belirli parametreler dikkate alınmıştır. Seçilen biyosorbent ve adsorbent ile tekrar reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökelme süresi ( $t_S$ ) tespiti yapılmıştır fakat değişiklik olmamıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, laboratuvar ölçekli pilot tesisinde birinci grup adsorbentlerden 450°C’de aktifleştirilen arıtma çamuru ve ikinci grup adsorbentlerden bentonit ve renk aralığı olarak da 586 nm’de çalışılmasına karar verilmiştir.

Seçilen biyosorbent ve adsorbentin tek başına etkisinin de incelemesi yapılmıştır. Bu çalışma sonucundan da biyosorbente (450°C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) adsorbente (bentonit) ait reaksiyon sabiti değerleri ( $k_{\text{BIYOSORBENT}}=0.6539 \text{ saat}^{-1}$  ve  $k_{\text{BENT.}}=2.7091 \text{ saat}^{-1}$ ) tespit edilmiştir bu değerler modelleme denkleminde yerine konulmuştur.

## 6.6. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmaları

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında aynı deney seti iki defa tekrarlanmıştır. Bu deneylerde, aynı tekstil endüstrisi atıksu arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktör ünitesine giren gerçek tekstil atıksuyu ve aktif çamur kullanılmıştır. Çalışma boyunca kullanılan laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör düzeneğine aşağıdaki hacimlerde tekstil atıksuyu ve aktif çamur numunesi ilave edilmiştir. Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında laboratuvardaki çalışma şartları Tablo 6.71’de verilmiştir.

$$V_{\text{AKTİF ÇAMUR}} = 8.586 \text{ L}$$

$$V_{\text{ATIKSU}} = 0.954 \text{ L}$$

$$V_{\text{TOPLAM}} = 9.540 \text{ L}$$

Tablo 6.71. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Laboratuvardaki Çalışma Şartları

<b>Çalışma Şartları</b>	
Laboratuvar Sıcaklığı, °C	18-21
Karıştırıcı Hızı, devir/dak	200
İlave Edilen Nütrient Miktarı, mg/L	25

### 6.6.1. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz çalışma

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her iki setinde de üç farklı alternatifin etkilerinin saptanması için deney setlerindeki her bir alternatif ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu alternatifler;

- Aktif Çamur,
- Aktif Çamur ve Adsorbent (Bentonit)
- Aktif Çamur ve Biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktiveleştirilen arıtma çamuru) olarak daha önce saptanmıştır.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında laboratuvardaki çalışma şartları (Birinci Deneme) Tablo 6.72’de verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz kısmında da yine iki farklı zamanda (Birinci Deneme-İkinci Deneme) gerçek tekstil endüstrisine ait atıksu numunesi ile bir takım deneyler yapılmıştır.

#### 6.6.1.1. Birinci deneme

Tablo 6.72. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Kullanılan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri (Birinci Deneme)

<b>Atıksu Numunesinin Karakteristikleri</b>	
Ham Atıksuyun Sıcaklığı, °C	18-21
Ham Atıksuyun pH Değeri	7.60
Ham Atıksuyun KOİ değeri, mg/L	1950
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	85
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	2.88
Ham Atıksuyun Renk Değeri, (586 nm) Absorbans	0.631

Atıksudaki yüksek konsantrasyondaki KOİ ve renk değerleri sistemdeki bakteri ve biyokütlenin biyolojik aktivitesini azaltıcı bir sebep olduğundan arıtım performansını düşürmektedir (Coughlin ve diğ. 2002).

Aktif çamur;

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her ikisinde de (Birinci Deneme-İkinci Deneme) üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökeltme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır. Alınan numunede Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Bulanıklık, Renk, pH ve Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

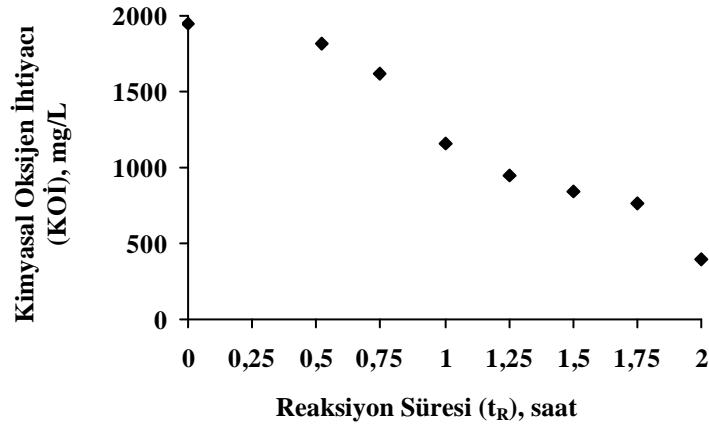
Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre KOİ'dir. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) KOİ değerleri değişimi Tablo 6.73'de verilmiştir.

Tablo 6.73. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	1810
0.75	1618
1	1156
1.25	943
1.5	848
1.75	764
2	398

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.55'de gösterilmiştir.





Şekil 6.65. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

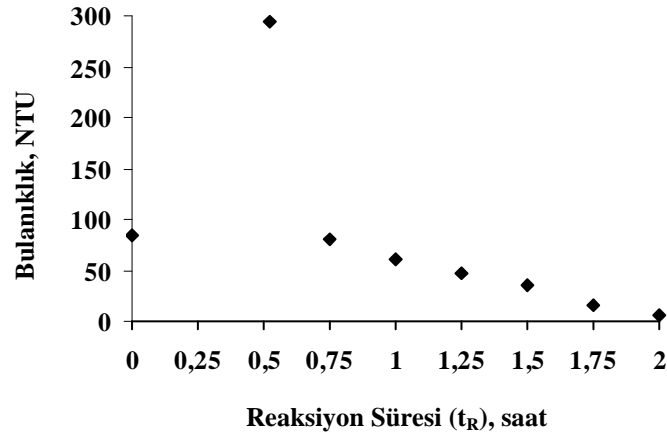
Bulanıklık:

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bir diğer önemli parametre bulanıklık değerleridir. Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.74'de verilmiştir.

Tablo 6.74. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	294
0.75	81
1	61
1.25	47
1.5	36
1.75	15
2	6

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde çıkış bulanıklık, (NTU) değerleri Şekil 6.66'da gösterilmiştir.



Şekil 6.66. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) Çıkış Bulanıklık, (NTU) Değerleri

Renk:

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.75'de verilmiştir. Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.75. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İavesiz Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Ölçüm Değerleri Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.785	0.729	0.688	0.661	0.636	0.631	0.612	0.608
0.52	0.739	0.676	0.631	0.604	0.578	0.573	0.551	0.542
0.75	0.696	0.633	0.594	0.57	0.545	0.538	0.515	0.507
1	0.407	0.374	0.353	0.341	0.329	0.325	0.311	0.307
1.25	0.276	0.253	0.238	0.231	0.224	0.222	0.211	0.208
1.5	0.263	0.237	0.219	0.21	0.202	0.199	0.188	0.185
1.75	0.223	0.204	0.193	0.188	0.183	0.181	0.173	0.171
2	0.202	0.186	0.176	0.171	0.167	0.164	0.156	0.154
RES (Renklilik Sayısı) ( $m^{-1}$ )								
0	78.5	72.9	68.8	66.1	63.6	63.1	61.2	60.8
0.52	73.9	67.6	63.1	60.4	57.8	57.3	55.1	54.2
0.75	69.6	63.3	59.4	57	54.5	53.8	51.5	50.7
1	40.7	37.4	35.3	34.1	32.9	32.5	31.1	30.7
1.25	27.6	25.3	23.8	23.1	22.4	22.2	21.1	20.8
1.5	26.3	23.7	21.9	21	20.2	19.9	18.8	18.5
1.75	22.3	20.4	19.3	18.8	18.3	18.1	17.3	17.1
2	20.2	18.6	17.6	17.1	16.7	16.4	15.6	15.4

### 6.6.1.2. İkinci deneme

İkinci deneme için yapılan bu deneylerde, aynı tekstil endüstrisi atıksu arıtma tesisinin ardışık kesikli reaktör ünitesine giren gerçek tekstil atıksuyu numunesine ait değerler Tablo 6.76’da verilmiştir.

Tablo 6.76. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Kullanılan Atıksu Numunesinin Karakteristikleri-İkinci Deneme

Atıksu Numunesinin Karakteristikleri	
Ham Atıksuyun Sıcaklığı, °C	18-21
Ham Atıksuyun pH Değeri	7.91
Ham Atıksuyun KOİ değeri, mg/L	958
Ham Atıksuyun Bulanıklık Değeri, NTU	112
Ham Atıksuyun Çözünmüş Oksijen Değeri, mg/L	0.77
Ham Atıksuyun Renk Değeri, Absorbans	0.831

Aktif çamur;

Laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her ikisinde de (Birinci Deneme-İkinci Deneme) üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökeltme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır. Alınan numunede Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), bulanıklık, renk, pH ve çözünmüş oksijen (DO) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

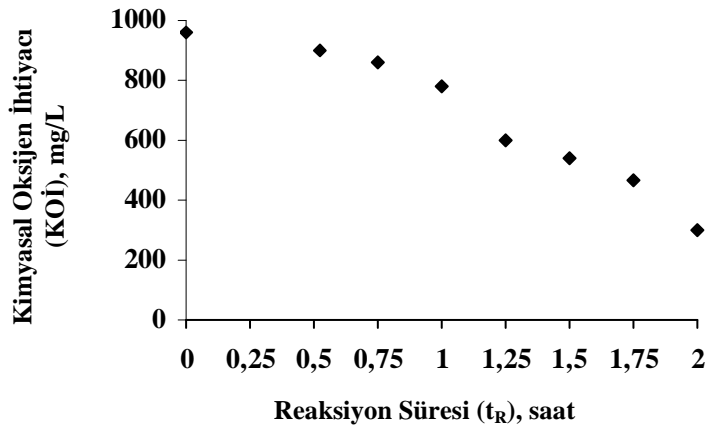
Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)’dir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ değerleri değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.77’de verilmiştir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.67'de gösterilmiştir.

Tablo 6.77. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit)

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	898
0.75	862
1	780
1.25	602
1.5	542
1.75	464
2	298



Şekil 6.67. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Bulanıklık:

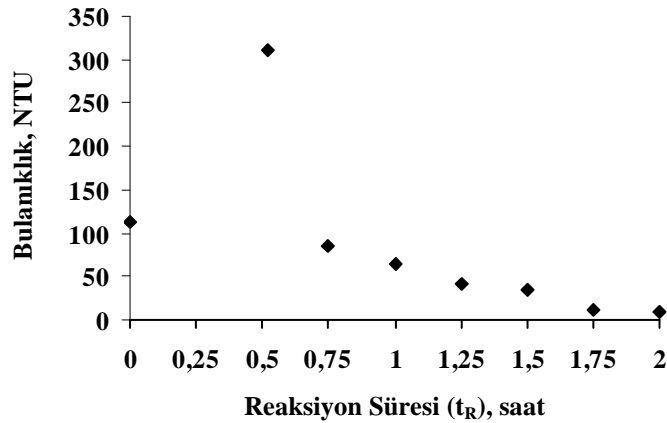
Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bir diğer önemli parametre bulanıklık değerleridir.

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.78'de verilmiştir.

Tablo 6.78. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	312
0.75	86
1	64
1.25	42
1.5	34
1.75	12
2	9

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış bulanıklık,(NTU) değerleri Şekil 6.78'de gösterilmiştir.



Şekil 6.68. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık,(NTU) Değerleri ( $t_S=1.5$  saat sabit)

Renk:

Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilavesiz ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.79'da verilmiştir. Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.79. Aktif Çamur Adsorbent/Biyosorbent İlavemiz İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.995	0.979	0.868	0.851	0.846	0.831	0.812	0.802
0.52	0.789	0.776	0.77	0.746	0.724	0.699	0.692	0.678
0.75	0.726	0.718	0.697	0.681	0.669	0.658	0.638	0.624
1	0.488	0.476	0.472	0.469	0.458	0.448	0.378	0.374
1.25	0.264	0.259	0.248	0.236	0.231	0.225	0.218	0.204
1.5	0.225	0.22	0.198	0.192	0.188	0.174	0.166	0.149
1.75	0.198	0.192	0.186	0.179	0.171	0.167	0.162	0.153
2	0.186	0.183	0.178	0.173	0.167	0.161	0.148	0.136
<b>RES (Renklilik Sayısı) (m<sup>-1</sup>)</b>								
0	99.5	97.9	86.8	85.1	84.6	83.1	81.2	80.2
0.52	78.9	77.6	77	74.6	72.4	69.9	69.2	67.8
0.75	72.6	71.8	69.7	68.1	66.9	65.8	63.8	62.4
1	48.8	47.6	47.2	46.9	45.8	44.8	37.8	37.4
1.25	26.4	25.9	24.8	23.6	23.1	22.5	21.8	20.4
1.5	22.5	22	19.8	19.2	18.8	17.4	16.6	14.9
1.75	19.8	19.2	18.6	17.9	17.1	16.7	16.2	15.3
2	18.6	18.3	17.8	17.3	16.7	16.1	14.8	13.6

## 6.6.2. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilaveli çalışma

Aktif çamur adsorbent ilaveli çalışmalarda daha önce jartest çalışmaları sonucunda belirlenen iki tip adsorbent kullanılmıştır. Bunlardan biri adsorbentler grubundan bentonit ve diğeri biyosorbentler grubundan 450<sup>0</sup>C de aktiveleştirilen aktif çamurdur. Aktif çamur adsorbent ilaveli kısmında yine iki farklı zamanda gerçek tekstil endüstrisine ait atıksu numunesi ile deneyler yapılmıştır.

### 6.6.2.1. Birinci deneme

Aktif çamur adsorbent (Bentonit);

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her iki setinde de üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökelme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır.

Birinci denemede aktif çamur adsorbent ilaveli çalışmada hem aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilavesi hem de aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de Aktifleştirilen Aktif Çamur) ilavesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu deneyler neticesinde alınan numunelerde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), bulanıklık, renk, pH ve Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

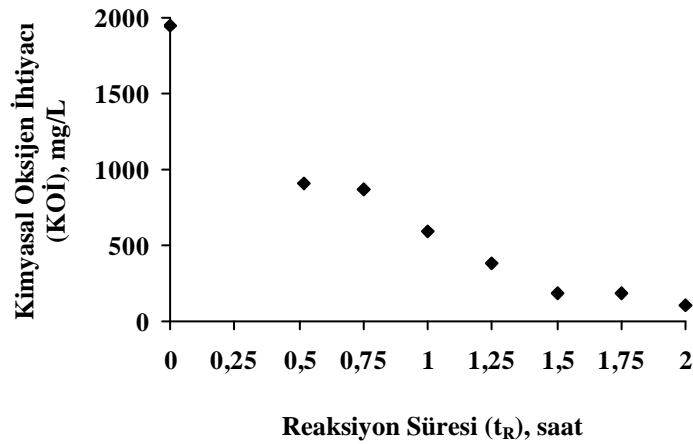
Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre KOİ’dir.

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ değerleri değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit) Tablo 6.80’de verilmiştir.

Tablo 6.80. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi ( $t_s=1.5$  saat sabit)

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	906
0.75	866
1	586
1.25	382
1.5	179
1.75	183
2	99

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )’lerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.69’da gösterilmiştir.



Şekil 6.69. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

Bulanıklık:

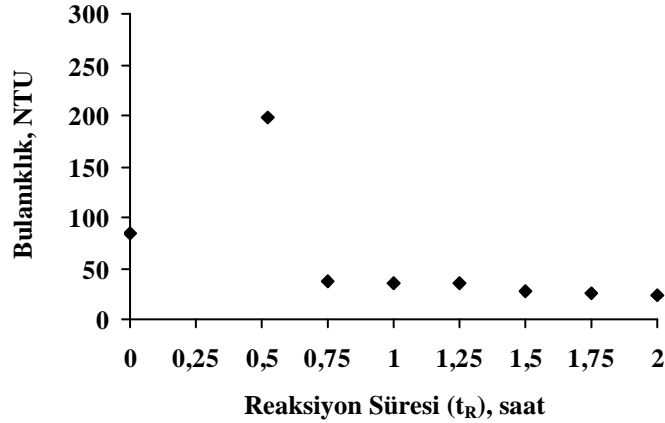
Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.81'de verilmiştir.

Tablo 6.81. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	198
0.75	37
1	36
1.25	36
1.5	27
1.75	26
2	23

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış bulanıklık, (NTU) değerleri Şekil 6.70'de gösterilmiştir.





Şekil 6.70. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık,(NTU) Değerleri

Renk:

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.82'de verilmiştir. Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.82. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Ölçüm Değerleri Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.785	0.729	0.688	0.661	0.636	0.631	0.612	0.608
0.52	0.17	0.155	0.145	0.138	0.131	0.129	0.124	0.123
0.75	0.161	0.147	0.137	0.131	0.124	0.122	0.117	0.116
1	0.148	0.135	0.127	0.121	0.114	0.113	0.108	0.107
1.25	0.135	0.123	0.116	0.11	0.105	0.103	0.1	0.099
1.5	0.131	0.121	0.114	0.109	0.104	0.102	0.099	0.098
1.75	0.127	0.118	0.111	0.107	0.102	0.101	0.098	0.097
2	0.115	0.107	0.101	0.098	0.094	0.093	0.089	0.088
RES (Renklilik Sayısı) ( $m^{-1}$ )								
0	78.5	72.9	68.8	66.1	63.6	63.1	61.2	60.8
0.52	17	15.5	14.5	13.8	13.1	12.9	12.4	12.3
0.75	16.1	14.7	13.7	13.1	12.4	12.2	11.7	11.6
1	14.8	13.5	12.7	12.1	11.4	11.3	10.8	10.7
1.25	13.5	12.3	11.6	11	10.5	10.3	10	9.9
1.5	13.1	12.1	11.4	10.9	10.4	10.2	9.9	9.8
1.75	12.7	11.8	11.1	10.7	10.2	10.1	9.8	9.7
2	11.5	10.7	10.1	9.8	9.4	9.3	8.9	8.8

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru);

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her iki setinde de üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökeltme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır.

Birinci denemede aktif çamur adsorbent ilaveli çalışmada hem aktif çamur ve bentonit ilavesi hem de aktif çamur ve biyosorbent ilavesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu deneyler neticesinde alınan numunelerde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Bulanıklık, Renk, pH ve Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

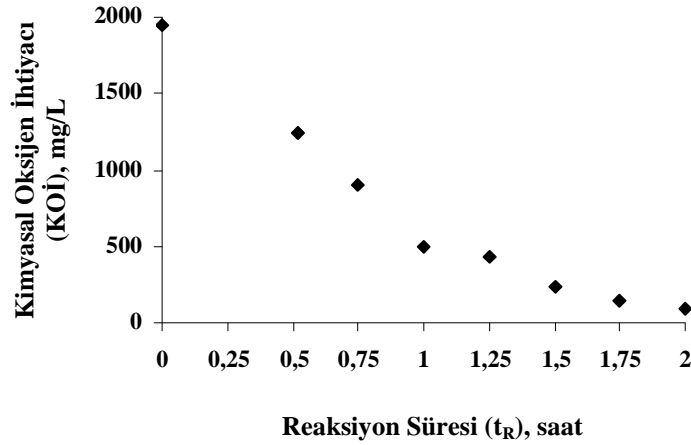
Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)'dir.

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ değerleri değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.83'de verilmiştir.

Tablo 6.83. Aktif Çamur Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	1247
0.75	906
1	502
1.25	435
1.5	230
1.75	147
2	94

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.71'de gösterilmiştir.



Şekil 6.71. Aktif Çamur Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

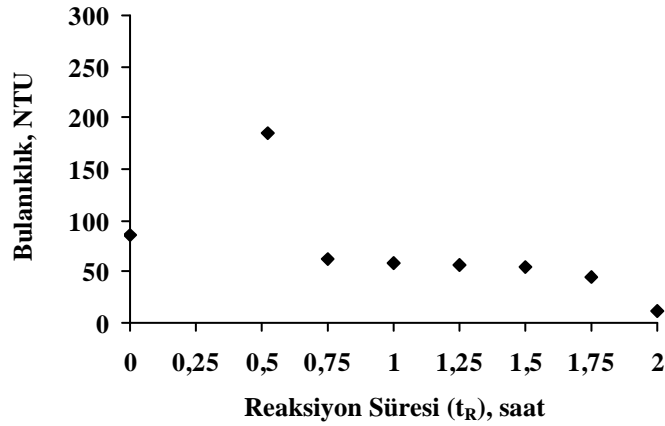
Bulanıklık:

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.84'de verilmiştir.

Tablo 6.84. Aktif Çamur Biyosorbent (450 °C'de Aktifleştirilen Aktif Çamur) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	186
0.75	62
1	58
1.25	56
1.5	55
1.75	44
2	12

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış bulanıklık, (NTU) değerleri Şekil 6.72'de gösterilmiştir.



Şekil 6.72. Aktif Çamur Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık,(NTU) Değerleri

Renk:

Aktif çamur biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli birinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.85'de verilmiştir.

Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.85. Aktif Çamur Biyosorbent (450 °C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Birinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk (absorbans-RES) Değerleri Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.785	0.729	0.688	0.661	0.636	0.631	0.612	0.608
0.52	0.302	0.274	0.254	0.242	0.23	0.226	0.213	0.209
0.75	0.24	0.218	0.203	0.195	0.187	0.183	0.174	0.17
1	0.232	0.216	0.204	0.198	0.19	0.188	0.18	0.178
1.25	0.179	0.165	0.156	0.151	0.146	0.144	0.138	0.136
1.5	0.179	0.165	0.156	0.15	0.144	0.142	0.135	0.133
1.75	0.177	0.164	0.155	0.15	0.145	0.143	0.137	0.136
2	0.168	0.156	0.147	0.142	0.137	0.136	0.13	0.128
<b>RES (Renklilik Sayısı) (<math>m^{-1}</math>)</b>								
0	78.5	72.9	68.8	66.1	63.6	63.1	61.2	60.8
0.52	30.2	27.4	25.4	24.2	23	22.6	21.3	20.9
0.75	24	21.8	20.3	19.5	18.7	18.3	17.4	17
1	23.2	21.6	20.4	19.8	19	18.8	18	17.8
1.25	17.9	16.5	15.6	15.1	14.6	14.4	13.8	13.6
1.5	17.9	16.5	15.6	15	14.4	14.2	13.5	13.3
1.75	17.7	16.4	15.5	15	14.5	14.3	13.7	13.6
2	16.8	15.6	14.7	14.2	13.7	13.6	13	12.8

### 6.6.2.2. İkinci deneme

Aktif çamur ve adsorbent (Bentonit);

Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her iki setinde de üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökelme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır.

Birinci denemede aktif çamur adsorbent ilaveli çalışmada hem aktif çamur ve bentonit ilavesi hem de aktif çamur ve biyosorbent ilavesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu deneyler neticesinde alınan numunelerde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), bulanıklık, renk, pH ve çözülmüş oksijen (DO.) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

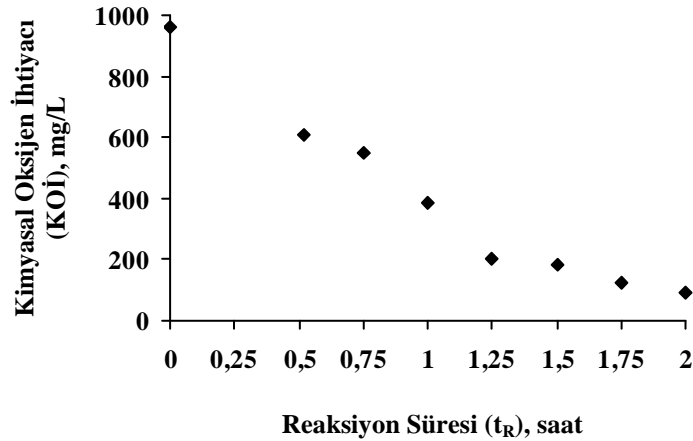
Aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)'dir.

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ değerleri değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.86'da verilmiştir.

Tablo 6.86. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	608
0.75	552
1	386
1.25	203
1.5	184
1.75	124
2	91

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.73'de gösterilmiştir.



Şekil 6.73. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

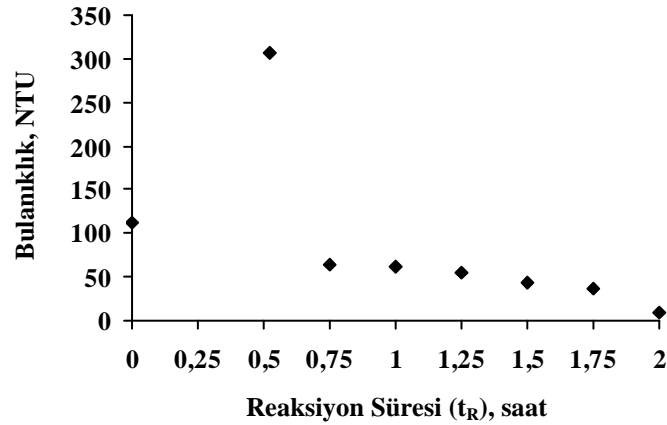
Bulanıklık:

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.87'de verilmiştir.

Tablo 6.87. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	306
0.75	64
1	62
1.25	56
1.5	44
1.75	36
2	10

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre( $t_R$ )lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış bulanıklık,(NTU) değerleri Şekil 6.74'de gösterilmiştir.



Şekil 6.74. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık,(NTU) Değerleri

Renk:

Aktif çamur adsorbent (bentonit) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.88'de verilmiştir. Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.88. Aktif Çamur Adsorbent (Bentonit) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk Değerleri (Absorbans) Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.995	0.979	0.868	0.851	0.846	0.831	0.812	0.802
0.52	0.274	0.268	0.256	0.247	0.239	0.229	0.208	0.199
0.75	0.26	0.255	0.246	0.234	0.226	0.216	0.204	0.196
1	0.242	0.238	0.232	0.226	0.218	0.207	0.197	0.191
1.25	0.213	0.205	0.197	0.191	0.186	0.179	0.172	0.166
1.5	0.2	0.192	0.188	0.181	0.175	0.164	0.149	0.138
1.75	0.197	0.191	0.186	0.174	0.168	0.159	0.148	0.139
2	0.164	0.155	0.142	0.136	0.128	0.119	0.099	0.092
<b>RES (Renklilik Sayısı) (<math>m^{-1}</math>)</b>								
0	99.5	97.9	86.8	85.1	84.6	83.1	81.2	80.2
0.52	27.4	26.8	25.6	24.7	23.9	22.9	20.8	19.9
0.75	26	25.5	24.6	23.4	22.6	21.6	20.4	19.6
1	24.2	23.8	23.2	22.6	21.8	20.7	19.7	19.1
1.25	21.3	20.5	19.7	19.1	18.6	17.9	17.2	16.6
1.5	20	19.2	18.8	18.1	17.5	16.4	14.9	13.8
1.75	19.7	19.1	18.6	17.4	16.8	15.9	14.8	13.9
2	16.4	15.5	14.2	13.6	12.8	11.9	9.9	9.2

Aktif çamur ve biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru);

Aktif çamur ve biyosorbent (450<sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının her iki setinde de üç farklı alternatiften bir tanesidir. Yapılan deney çalışması sırasında daha önce tespit edilmiş reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökeltme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ve ilave edilen nütrient miktarı dikkate alınmıştır.

Birinci denemede aktif çamur adsorbent ilaveli çalışmada hem aktif çamur ve bentonit ilavesi hem de aktif çamur ve biyosorbent ilavesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu deneyler neticesinde alınan numunelerde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Bulanıklık, Renk, pH ve Çözünmüş Oksijen (DO.) parametreleri ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri olan ve modelleme çalışmasında dikkate alınan parametre KOİ'dir.

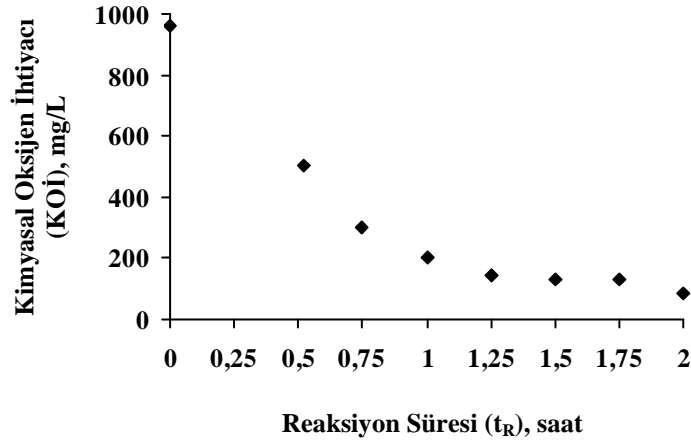
Aktif çamur biyosorbent (450<sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ değerleri değişimi ( $t_S=1.5$  saat sabit) Tablo 6.89'da verilmiştir.

Tablo 6.89. Aktif Çamur Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)
0.52	504
0.75	303
1	201
1.25	147
1.5	133
1.75	129
2	88



Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) değerleri Şekil 6.75'de gösterilmiştir.



Şekil 6.75. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerleri

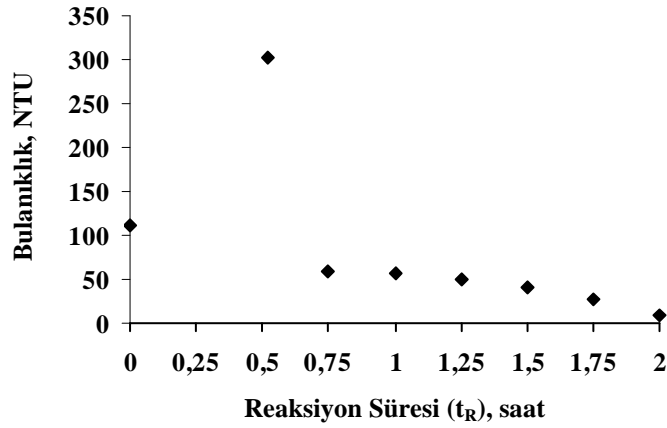
#### Bulanıklık:

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında bulanıklık değerleri değişimi Tablo 6.90'da verilmiştir.

Tablo 6.90. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Bulanıklık Değerleri Değişimi

$t_R$ (saat)	Bulanıklık (NTU)
0.52	302
0.75	60
1	56
1.25	50
1.5	40
1.75	28
2	8

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )'lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış bulanıklık,(NTU) değerleri Şekil 6.76'da gösterilmiştir.



Şekil 6.76. Aktif Çamur Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış Bulanıklık,(NTU) Değerleri

Renk:

Aktif çamur biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ikinci denemeye ait laboratuar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında renk değerleri değişimi Tablo 6.91'de verilmiştir. Değişen reaksiyon sürelerinde ( $t_s=1.5$  saat sabit) sekiz farklı dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüş ve Renklilik Sayısı (RES) değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 6.91. Aktif Çamur ve Biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli İkinci Denemeye Ait Laboratuar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Renk (absorbans-RES) Değerleri Değişimi

t (saat)	436 nm	479 nm	515 nm	544 nm	579 nm	586 nm	612 nm	620 nm
0	0.995	0.979	0.868	0.851	0.846	0.831	0.812	0.802
0.52	0.224	0.218	0.209	0.196	0.189	0.181	0.174	0.161
0.75	0.214	0.208	0.198	0.186	0.174	0.163	0.149	0.138
1	0.192	0.186	0.174	0.168	0.153	0.147	0.129	0.119
1.25	0.19	0.182	0.176	0.165	0.158	0.149	0.137	0.128
1.5	0.172	0.168	0.158	0.149	0.137	0.129	0.115	0.103
1.75	0.167	0.159	0.15	0.146	0.139	0.128	0.112	0.102
2	0.158	0.149	0.141	0.136	0.127	0.116	0.106	0.097
RES (Renklilik Sayısı) ( $\text{m}^{-1}$ )								
0	99.5	97.9	86.8	85.1	84.6	83.1	81.2	80.2
0.52	22.4	21.8	20.9	19.6	18.9	18.1	17.4	16.1
0.75	21.4	20.8	19.8	18.6	17.4	16.3	14.9	13.8
1	19.2	18.6	17.4	16.8	15.3	14.7	12.9	11.9
1.25	19	18.2	17.6	16.5	15.8	14.9	13.7	12.8
1.5	17.2	16.8	15.8	14.9	13.7	12.9	11.5	10.3
1.75	16.7	15.9	15	14.6	13.9	12.8	11.2	10.2
2	15.8	14.9	14.1	13.6	12.7	11.6	10.6	9.7

### 6.6.3. Aktif çamur adsorbent/biyosorbent ilaveli / ilavesiz laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarının verimlerinin karşılaştırılması

Aktif çamur adsorbent ilaveli ve adsorbent ilavesiz olarak yapılan laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında iki farklı zamanda alınan gerçek atıksu numunesinde yapılan iki farklı denemenin sonuçları ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

#### 6.6.3.1. Birinci deneme sonuçlarının karşılaştırılması

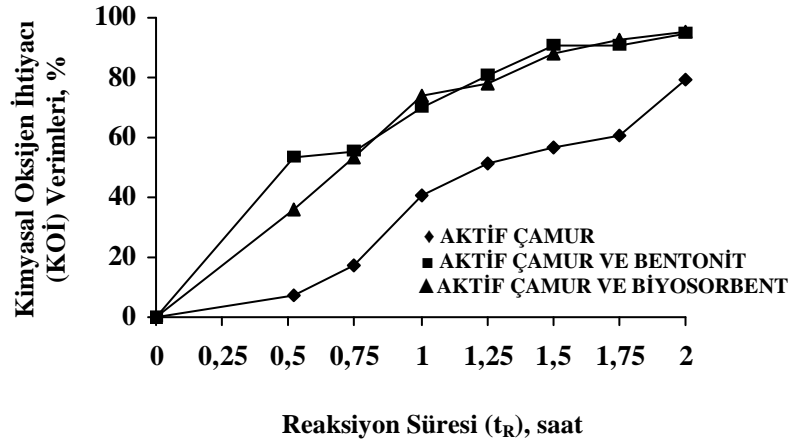
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında birinci deneme sonuçlarının KOİ giderme verim değerleri Tablo 6.92’de verilmiştir.

Tablo 6.92. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Birinci Deneme Sonuçlarının KOİ Giderme Verim Değerleri

t (saat)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur ve Adsorbent)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur ve Biyosorbent)
0	0	0	0
0,52	7	54	36
0,75	17	56	54
1	41	70	74
1,25	52	80	78
1,5	57	91	88
1,75	61	91	92
2	80	95	95

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )’lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) giderme verim değerlerinin kıyaslanması Şekil 6.77’de gösterilmiştir.



Şekil 6.77. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre (t<sub>R</sub>)'lerinde (t<sub>s</sub>=1.5 saat sabit) Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Giderme Verim Değerlerinin Kıyaslanması

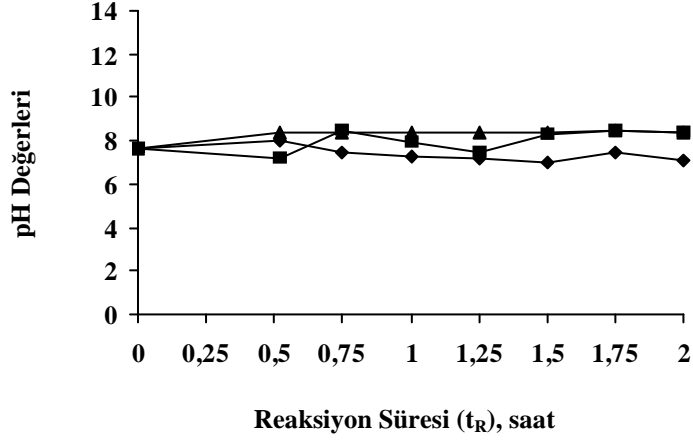
pH:

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında pH değerleri Tablo 6.93'de verilmiştir.

Tablo 6.93. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında pH Değerleri

t (saat)	pH (Aktif Çamur)	pH (Aktif Çamur ve Adsorbent)	pH (Aktif Çamur ve Biyosorbent)
0	7.6	7.6	7.6
0.52	8.04	7.18	8.38
0.75	7.44	8.44	8.42
1	7.29	7.91	8.39
1.25	7.17	7.44	8.35
1.5	7.03	8.28	8.37
1.75	7.47	8.44	8.5
2	7.12	8.38	8.4

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre (t<sub>R</sub>)'lerinde çıkış pH değerlerinin değişimi Şekil 6.78'de gösterilmiştir.



Şekil 6.78. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre ( $t_R$ )'lerinde Çıkış pH Değerlerinin Değişimi

Çözünmüş oksijen (ÇO., DO.):

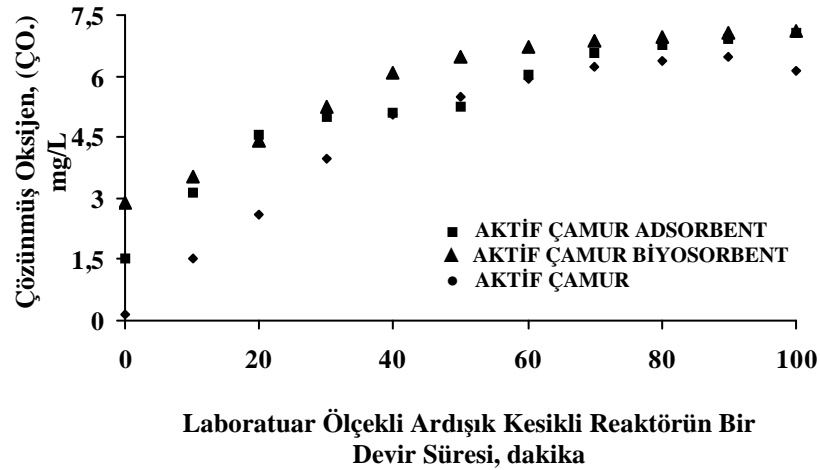
Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında hem aktif çamur, hem aktif çamur ve adsorbent (bentonit) ve hem de aktif çamur ve biyosorbent ( $450^{\circ}\text{C}$ 'de aktifleştirilmiş aktif çamur) denemelerinin doldurma ve reaksiyon aşamaları sırasında Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.) değerlerinin değişimi izlenmiştir. Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında çözünmüş oksijen değerleri değişimi (Birinci Deneme) Tablo 6.94'de verilmiştir.

Tablo 6.94. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (Birinci Deneme)

t (dak.)	Aktif Çamur Çözünmüş Oksijen, mg/L	Aktif Çamur ve Adsorbent Çözünmüş Oksijen, mg/L	Aktif Çamur ve Biyosorbent Çözünmüş Oksijen, mg/L
0	0.14	1.53	2.88
10	1.52	3.12	3.54
20	2.59	4.58	4.41
30	3.97	4.98	5.24
40	5.07	5.12	6.1
50	5.5	5.25	6.47
60	5.94	6.04	6.7
70	6.22	6.59	6.87
80	6.37	6.77	6.96
90	6.48	6.93	7.04
100	6.12	7.08	7.09
110	5.82	-	-
120	5.26	-	-
130	4.86	-	-
140	4.55	-	-
150	3.64	-	-
160	3.54	-	-
170	2.91	-	-
180	2	-	-
190	1.03	-	-
200	0.79	-	-

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün bir devir süresi boyunca Çözünmüş Oksijen değerleri değişimi (birinci deneme) Şekil 6.79’da gösterilmiştir.

Çözünmüş oksijen değerleri her üç (aktif çamur, aktif çamur adsorbent, aktif çamur biyosorbent) çalışma içinde 10’ar dakika ara ile ölçülmüştür. Yalnız aktif çamur adsorbent, aktif çamur biyosorbent çalışmalarında reaksiyon süresi boyunca ölçüm yapılmıştır çökme süresinde ölçümler yapılamamıştır. Beklenildiği gibi reaksiyon süresi boyunca karıştırma devam ettiği için çözünmüş oksijen değeri artarken çökme süresinde çözünmüş oksijen değeri azalarak 2 mg/L’nin altına düşmüştür.



Şekil 6.79. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (Birinci Deneme)

### 6.6.3.2. İkinci deneme sonuçlarının karşılaştırılması

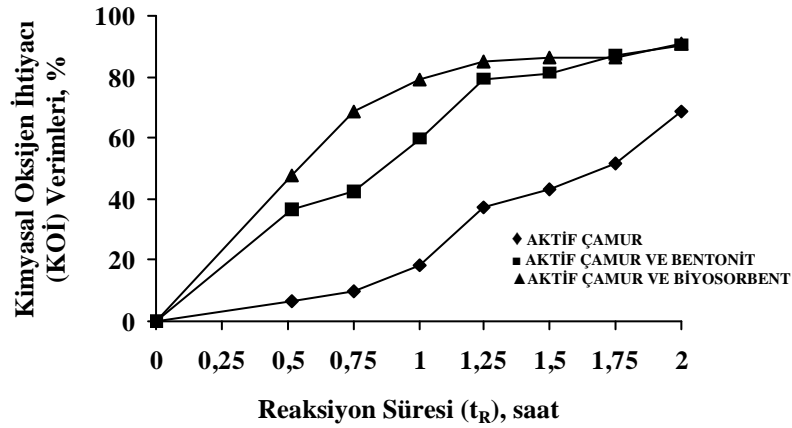
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında KOİ giderme verim değerleri Tablo 6.95’de verilmiştir.

Tablo 6.95. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında KOİ Verim Değerleri

t (saat)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur ve Adsorbent)	KOİ (mg/L) (Aktif Çamur ve Biyosorbent)
0	0	0	0
0.52	6	37	47
0.75	10	42	68
1	19	60	79
1.25	37	79	85
1.5	43	81	86
1.75	52	87	87
2	69	91	91

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre ( $t_R$ )’lerinde ( $t_S=1.5$  saat sabit) çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) giderme verim değerlerinin kıyaslanması Şekil 6.80’de gösterilmiştir.



Şekil 6.80. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre (t<sub>R</sub>)'lerinde Çıkış KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)(mg/L) Değerlerinin Kıyaslanması

pH:

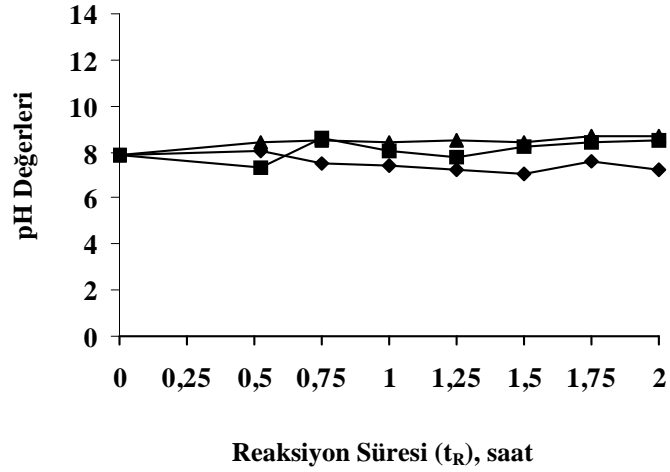
Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında pH değerleri Tablo 6.96'da verilmiştir.

Tablo 6.96. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında pH Değerleri

t (saat)	pH (Aktif Çamur)	pH (Aktif Çamur ve Adsorbent)	pH (Aktif Çamur ve Biyosorbent)
0	7.91	7.91	7.91
0.52	8.08	7.28	8.44
0.75	7.46	8.61	8.52
1	7.38	8.02	8.42
1.25	7.21	7.77	8.47
1.5	7.08	8.21	8.38
1.75	7.55	8.42	8.66
2	7.24	8.52	8.67

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında değişen reaksiyon süre (t<sub>R</sub>)'lerinde çıkış pH değerlerinin değişimi Şekil 6.81'de gösterilmiştir.





Şekil 6.81. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Değişen Reaksiyon Süre (t<sub>R</sub>)'lerinde Çıkış pH Değerlerinin Değişimi

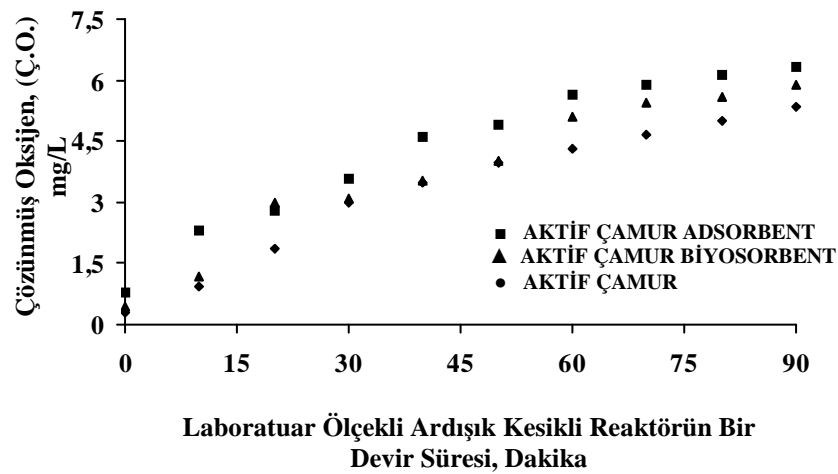
Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.):

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında hem aktif çamur, hem aktif çamur ve adsorbent(bentonit) ve hem de aktif çamur ve biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) denemelerinin doldurma ve reaksiyon aşamaları sırasında Çözünmüş Oksijen (ÇO., DO.) değerlerinin değişimi Tablo 6.97'de verilmiştir.

Tablo 6.97. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktör Çalışmalarında Çözünmüş Oksijen (Ç.O.) Değerleri Değişimi (İkinci Deneme)

t (dak.)	Aktif Çamur Çözünmüş Oksijen, mg/L	Aktif Çamur ve Adsorbent Çözünmüş Oksijen, mg/L	Aktif Çamur ve Biyosorbent Çözünmüş Oksijen, mg/L
0	0.27	0.77	0.46
10	0.93	2.31	1.19
20	1.85	2.77	3
30	2.98	3.56	3.09
40	3.5	4.62	3.55
50	3.99	4.89	4.04
60	4.31	5.63	5.12
70	4.66	5.9	5.45
80	5.02	6.12	5.57
90	5.34	6.34	5.86
100	5.4	-	-
110	5.02	-	-
120	4.24	-	-
130	3.69	-	-
140	3.12	-	-
150	2.28	-	-
160	1.19	-	-
170	1.02	-	-
180	0.96	-	-
190	0.27	-	-
200	-	-	-

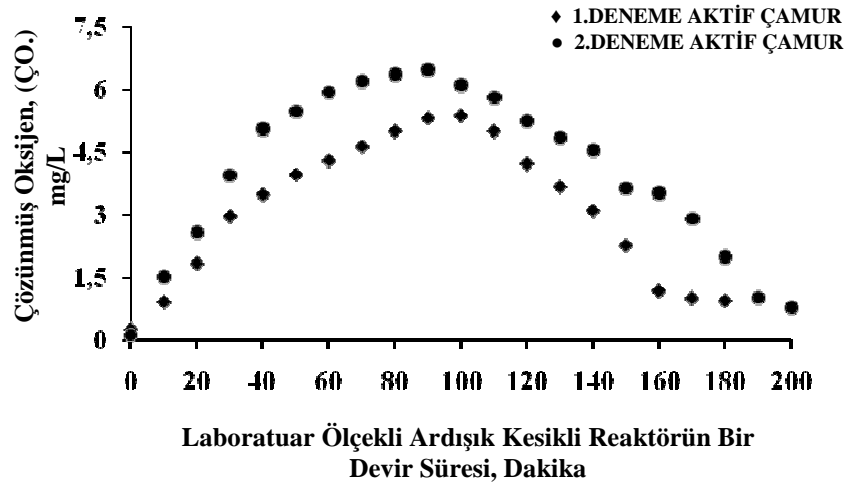
Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün bir devir süresi boyunca Çözünmüş Oksijen değerleri değişimi (İkinci Deneme) Şekil 6.82’de gösterilmiştir.



Şekil 6.82. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişimi (İkinci Deneme)

Çözünmüş oksijen değerleri her üç (aktif çamur, aktif çamur adsorbent, aktif çamur biyosorbent) çalışma içinde 10'ar dakika ara ile ölçülmüştür. Yalnız aktif çamur adsorbent, aktif çamur biyosorbent çalışmalarında reaksiyon süresi boyunca ölçüm yapılmıştır çökeltme süresinde ölçümler yapılamamıştır. Beklenildiği gibi reaksiyon süresi boyunca karıştırma devam ettiği için çözünmüş oksijen değeri artarken çökeltme süresinde çözünmüş oksijen değeri azalarak 2 mg/L'nin altına düşmüştür.

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktörün bir devir süresi boyunca sadece aktif çamurda yapılan deneyler sırasında ölçülen çözünmüş oksijen değerleri değişiminin kıyaslanması (birinci deneme-ikinci deneme) Şekil 6.83'da gösterilmiştir.



Şekil 6.83. Laboratuvar Ölçekli Ardışık Kesikli Reaktörün Bir Devir Süresi Boyunca Sadece Aktif Çamurda Yapılan Deneyler Sırasında Ölçülen Çözünmüş Oksijen Değerleri Değişiminin Kıyaslanması (Birinci Deneme-İkinci Deneme)

Laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör çalışmalarında iki farklı zamanda alınan numune ile değerlendirme yapılmıştır. Bu iki farklı zamanda alınan numuneye öncelikle sadece aktif çamurun etkisinin incelenmesi için sadece aktif çamur ve ham atıksu ilavesi yapılarak sonuçlar incelenmiştir. Sisteminde anlaşılması ve işletilmesi sırasında sıkıntı olmadığı için artık sonuçlarda sapmalar görülmemiştir.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da birinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOI/L}}$  için %79.5 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin birinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOI/L}}$  için %95 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin birinci çalışmasında verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOİ/L}}$  için %95 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da ikinci çalışmasında verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %69 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin ikinci çalışmasında verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %91 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin ikinci çalışmasında verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %91 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da birinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %93 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin birinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %73 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin birinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %86 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %92 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %91 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %93 olmuştur.

### 6.7. Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi

Öncelikle İhtimal Hesabı Yöntemi ve Varyans Hesabı Yöntemi tanıtılmıştır. Çalışma boyunca elde edilen çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve renk(Absorbans-RES) (586 nm) değerlerinin istatistiksel olarak incelenmesi ve elde edilen KOİ ve renk değerlerinin istatistiksel olarak uygunluğu araştırılmıştır. Bu inceleme iki başlık altında yapılmıştır.

Kimyasal Oksijen ihtiyacı ve renk giderim verimlerinin ANOVA istatistiksel analiz sonucunda işletme şartlarındaki farklı parametrelerin istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (Khelifi ve diğ., 2009)

#### İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirme

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve renk değerlerinin ihtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre (Soyupak, 1987) değerlendirilmesinin yapılabilmesi için öncelikle yapılması gerekenler vardır. Varolan değerler küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Her ölçümün küçüklük sırası (m) gösterilmelidir. Çizim pozisyonu değeri varolan değerlerin sayısı (n) 50'den az olduğunda ( $n < 50$  iken)  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  olmaktadır.

Daha sonra ihtimal hesabına göre istatistiksel değerlendirme yönteminin grafiksel çiziminde (-x ekseninde ihtimal yüzdesi değerleri, -y ekseninde parametre aritmetik değerleri) Grapher2 (<http://www.gold-software.com/download9857.html>) bilgisayar grafik çizim programından faydalanılmıştır. (x ve y değerlerine göre noktalanmış değerlere (plot) göre en uygun (fit) doğrusal çizgi (linear) geçirilir, bilgisayar programına göre doğrunun denklemi  $y=ax+b$  olarak) %15 ve %85 ya da %10 ve %90'a ait değerlerden faydalanılarak standart sapma  $\sigma_{\text{İHTİMAL}}$  değeri hesaplanmıştır (doğrusal çizgi üzerinde baştan ne kadar gidildiyse sondan da o kadar geriye gelmek şartıyla). %50 değeri ise ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirme metoduna göre ihtimal hesabına göre ortalama değerini verdiği için bu değere  $\sigma_{\text{İHTİMAL}}$  değeri eklenip çıkarılarak elde edilen iki adet değerler arasında n adet değer sayısının yarısı ve daha

fazlası arasında kalması halinde istatistiksel değerlendirilen n adet deney sonucu hakkında “uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur” denilebilmektedir.

#### Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirme

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve renk değerlerinin varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre (San ve Ciner, 2000) değerlendirilmesinin yapılabilmesi için öncelikle yapılması gerekenler vardır. Deneysel değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmalıdır. Varolan deneysel değerlerden (X) aritmetik ortalama değeri ( $X_{ART.ORT.}$ ) farkı alınarak işleme devam edilmektedir. Daha sonra elde edilen bu değerlerin karesi  $(X - X_{ART.ORT.})^2$  hesaplanarak bulunan bu değerler toplanmaktadır. Bulunan toplam değer varolan veri sayısının bir eksiğine bölünerek;

$\sigma_{VARYANS} = \frac{\sum[(X - X_{ART.ORT.})^2]}{(n - 1)}$  hesaplanmaktadır. Varyans hesabı istatistiksel

değerlendirme metoduna göre aritmetik ortalama değerine  $\sigma_{VARYANS}$  değeri eklenip çıkarılarak elde edilen iki adet değerler arasında n adet değer sayısının yarısı ve daha fazlası arasında kalması halinde istatistiksel değerlendirilen n adet deney sonucu hakkında “uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur” denilebilmektedir.

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.98’de verilmiştir.

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.84’de gösterilmiştir.

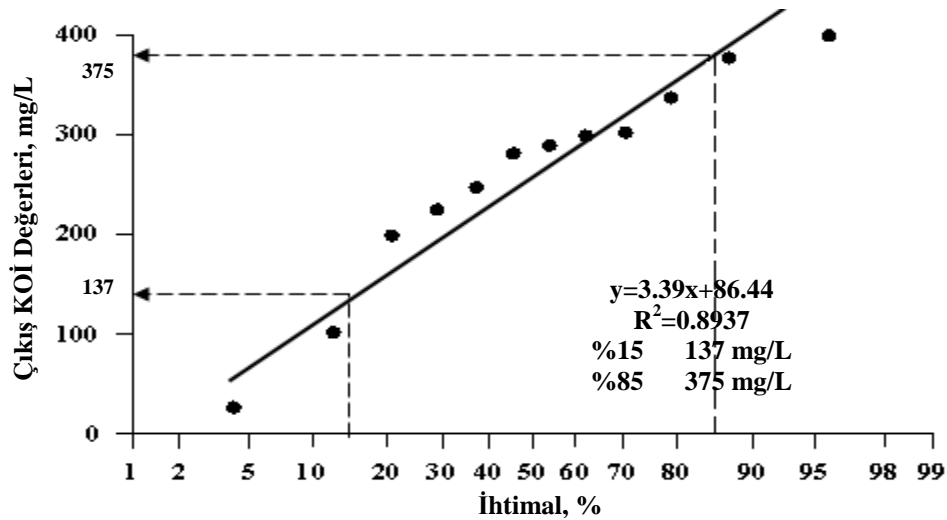
Tablo 6.98. Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Çıkış KOİ Değerleri (Küçükten Büyüğe Sıralanmış), mg/L	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$
26	1	4.167
101	2	12.5
198	3	20.83
224	4	29.17
246	5	37.5
280	6	45.83
288	7	54.17
298	8	62.5
301	9	70.83
336	10	79.17
376	11	87.5
398	12	95.83

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  alınmıştır. ( $n=12$  adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.84. Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksiz Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 255.94 \approx 256$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 119$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$256 \mp 119 = \frac{137}{375}$$

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=12 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 375, minimum değer 137 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=12 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 26 ve 101 ile 376 ve 398 aralık dışında kalmaktadır. 137–375 aralığına düşen 8 adet değer bulunduğundan dolayı, bu da n=12 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.99'da verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$KOİ_{ART.ORT.} = \left( \frac{26 + 101 + 198 + 224 + 246 + 280 + 288 + 298 + 301 + 336 + 376 + 398}{12} \right) = 256 \text{ mg / L}$$

Tablo 6.99. Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Çıkış KOİ Değerleri , (X) mg/L	$(\times -KOİ_{ART.ORT.})$	$(\times -KOİ_{ART.ORT.})^2$
280	24	576
246	-10	100
288	32	1024
198	-58	3364
26	-230	52900
301	45	2025
224	-32	1024
101	-155	24025
336	80	6400
376	120	14400
398	142	20164
298	42	1764



$$\Sigma [(x - KOI_{ART.ORT.})^2] = 127766$$

$$S^2 = \left( \frac{\Sigma [(x - KOI_{ART.ORT.})^2]}{(n-1)} \right) = 11615.09$$

$$\sigma_{VARYANS} = \sqrt{S^2} = 107.77$$

$$S_{ART.ORT.} \mp \sigma_{VARYANS}$$

$$256 \mp 107.77 = \begin{matrix} 148 \\ 364 \end{matrix}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=12 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{VARYANS}$  ise maksimum değer 364, minimum değer 148 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=12 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 26 ve 101 ile 376 ve 398 aralık dışında kalmaktadır. 148–364 aralığına düşen 8 adet deneysel değer bulunduğundan dolayı, bu da n=12 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.100'de verilmiştir.

Adsorbent (bentonit) ilaveli Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.85’de gösterilmiştir.

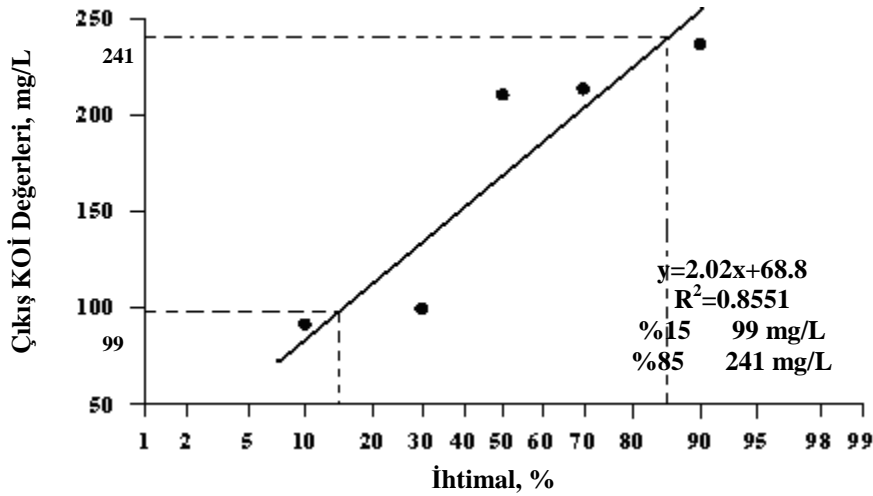
Tablo 6.100. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çıkış KOİ Değerleri(Küçükten Büyüğe Sıralanmış), mg/L	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right)\times 100$
91	1	10
99	2	30
210	3	50
213	4	70
236	5	90

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right)\times 100$  alınmıştır. (n=5 adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.85. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 169.80 \approx 170 \text{ mg/L}$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 71$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$170 \mp 71 = \begin{matrix} 99 \\ 241 \end{matrix}$$

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 241, minimum değer 99 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilebilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan değerlerden 91 aralık dışında kalmaktadır. 99–241 aralığına düşen 4 adet değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet değerlerin yarısından fazla olduğuna göre bentonit ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.101’de verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$KOİ_{ART.ORT.} = \left( \frac{91 + 99 + 210 + 213 + 236}{5} \right) = 169.8 \text{ mg / L}$$

Tablo 6.101. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çıkış KOİ Değerleri (X), mg/L	$(x - KOİ_{ART.ORT.})$	$(x - KOİ_{ART.ORT.})^2$
210	40.2	1616.04
213	43.2	1866.24
99	-70.8	5012.64
91	-78.8	6209.44
236	66.2	4382.44

$$\Sigma [(x - KOİ_{ART.ORT.})^2] = 19087$$

$$S^2 = \left( \frac{\Sigma [(x - KOİ_{ART.ORT.})^2]}{(n - 1)} \right) = 4771.75$$

$$\sigma_{VARYANS} = \sqrt{S^2} = 69.07$$

$$S_{ART.ORT.} \mp \sigma_{VARYANS}$$

$$169.8 \mp 69.07 = \begin{matrix} 101 \\ 239 \end{matrix}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{VARYANS}$  ise maksimum değer 239, minimum değer 101 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilebilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan değerlerden 91 ve 99 aralık dışında kalmaktadır. 101-239 aralığına düşen 3 adet değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.102'de verilmiştir.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.86'da gösterilmiştir.

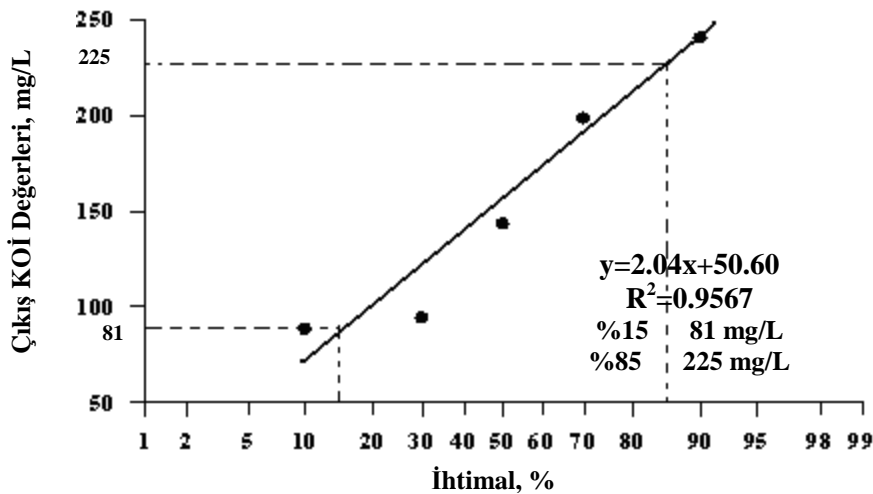
Tablo 6.102. Biyosorbent (450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Biyosorbent (450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çıkış KOİ Değerleri (Küçükten Büyüğe Sıralanmış), mg/L	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$
88	1	10
94	2	30
143	3	50
198	4	70
240	5	90

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  alınmıştır. (n=5 adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.86. Biyosorbent (450°C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafikselsel Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 152.60 \approx 153 \text{ mg/L}$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 72$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$152.6 \mp 72 = \frac{81}{225}$$

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 225, minimum değer 81 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilebilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 240 aralık dışında kalmaktadır. 81-225 aralığına düşen 4 adet değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet değerlerin yarısından fazla olduğuna göre biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış KOİ Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.103'de verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$KOİ_{ART.ORT.} = \left( \frac{88+94+143+198+240}{5} \right) = 152.6 \text{ mg / L}$$

Tablo 6.103. Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

<b>Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen aktif çamur) İlavesiz Çıkış KOİ Değerleri (X), mg/L</b>	$(x - KOİ_{ART.ORT.})$	$(x - KOİ_{ART.ORT.})^2$
198	45.4	2061.16
143	-9.6	92.16
94	-58.6	3433.96
88	-64.6	4173.16
240	87.4	7638.76

$$\Sigma [(x - KOİ_{ART.ORT.})^2] = 17399$$

$$S^2 = \left( \frac{\Sigma [(x - KOİ_{ART.ORT.})^2]}{(n-1)} \right) = 4349.75$$

$$\sigma_{VARYANS} = \sqrt{S^2} = 65.95$$

$$S_{ART.ORT.} \mp \sigma_{VARYANS}$$

$$152.6 \mp 65.95 = \begin{matrix} 87 \\ 219 \end{matrix}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri  $\pm \sigma_{VARYANS}$  ise maksimum değer 219, minimum değer 87 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 240 aralık dışında kalmaktadır. 87–219 aralığına düşen 4 adet deneysel değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktiveleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerlerinin ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.104’de verilmiştir.

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.87’de gösterilmiştir.

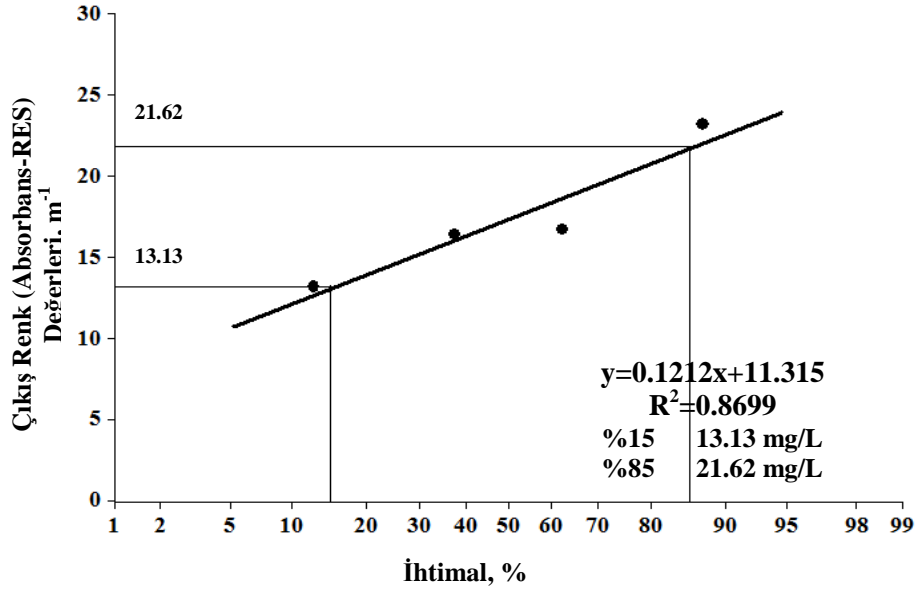
Tablo 6.104. Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri (Küçükten Büyüğe Sıralanmış), $m^{-1}$	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$
13.2	1	12.5
16.4	2	37.5
16.7	3	62.5
23.2	4	87.5

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  alınmıştır. (n=4 adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.87. Adsorbent/Biyosorbent İlavessiz Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafiksel Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 17.375$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 4.25$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$17.375 \mp 4.25 = \frac{13.125}{21.625}$$



İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=4 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama (Absorbans-RES) (586 nm) değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 21.625 minimum değer 13.125 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=4 adet deneysel değer en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 23.2 aralık dışında kalmaktadır. 13.125 aralığına düşen 3 adet deneysel değer bulunduğu için dolayısıyla, bu da n=4 adet değer yarısından fazla olduğuna göre adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Renk (Absorbans-RES) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent/biyosorbent ilavesiz ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.105'de verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$RENK_{ART.ORT.} = \left( \frac{13.2+16.4+16.7+23.2}{4} \right) = 17.375$$

Tablo 6.105. Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent/Biyosorbent İlavesiz Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri(X), m <sup>-1</sup>	( $\times -RENK_{ART.ORT.}$ )	( $\times -RENK_{ART.ORT.}$ ) <sup>2</sup>
13.2	-4.175	17.4306
16.4	-0.975	0.95063
16.7	-0.675	0.45563
23.2	5.825	33.9306

$$\Sigma [(\times -RENK_{ART.ORT.})^2] = 52.768$$

$$S^2 = \left( \frac{\sum [(x - \overline{RENK}_{ART.ORT.})^2]}{(n-1)} \right) = 17.589$$

$$\sigma_{VARYANS} = \sqrt{S^2} = 4.19$$

$$S_{ART.ORT.} \mp \sigma_{VARYANS}$$

$$17.375 \mp 4.19 = \begin{matrix} 13.181 \\ 21.568 \end{matrix}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=4 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri  $\pm \sigma_{VARYANS}$  ise maksimum değer 21.568, minimum değer 13.181 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=4 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu değerler istatistiksel açıdan güvenilebilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 23.2 aralık dışında kalmaktadır. 13.181–21.568 aralığına düşen 3 adet deneysel değer bulunduğundan dolayı, bu da n=4 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerleri ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.106'da verilmiştir.

Adsorbent (bentonit) ilaveli Renk (Absorbans-RES) değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.88'de gösterilmiştir.

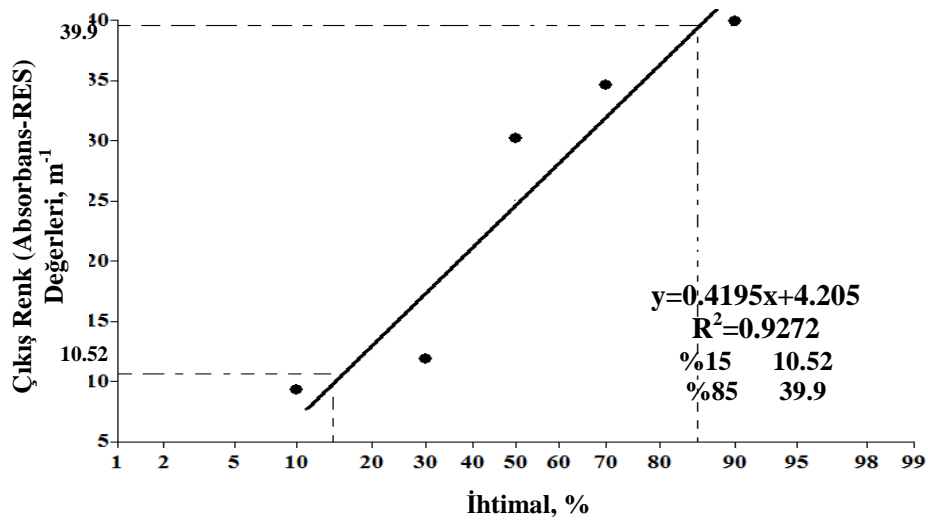
Tablo 6.106. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri(Küçükten Büyüğe Sıralanmış), $m^{-1}$	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$
9.3	1	10
11.9	2	30
30.2	3	50
34.6	4	70
39.9	5	90

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  alınmıştır. (n=5 adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.88. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafikselsel Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 25.18$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 14.7$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$25.18 \mp 14.17 = \frac{10.48}{39.88}$$

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 39.88, minimum değer 10.48 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan değerlerden 9.3 aralık dışında kalmaktadır. 10.48–39.88 aralığına düşen 4 adet deneysel değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Adsorbent (bentonit) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.107’de verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$RENK_{ART.ORT} = \left( \frac{9.3+11.9+30.2+34.6+39.9}{5} \right) = 25.18$$

Tablo 6.107. Adsorbent (Bentonit) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Adsorbent (Bentonit) İlaveli Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri (X), m <sup>-1</sup>	( $\times -RENK_{ART.ORT.}$ )	( $\times -RENK_{ART.ORT.}$ ) <sup>2</sup>
39.9	14.72	216.6784
30.2	5.02	25.2004
34.6	9.42	88.7364
11.9	-13.3	176.3584
9.3	-15.9	252.1744

$$\Sigma [(\times -RENK_{ORTALAMA})^2] = 759.15$$

$$S^2 = \left( \frac{\sum [(x - \text{RENK}_{\text{ORTALAMA}})^2]}{(n-1)} \right) = 189.78$$

$$\sigma_{\text{VARYANS}} = \sqrt{S^2} = 13.77$$

$$S_{\text{ART.ORT.}} \mp \sigma_{\text{VARYANS}}$$

$$25.18 \mp 14.77 = \frac{11.41}{38.95}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri  $\pm \sigma_{\text{VARYANS}}$  ise maksimum değer 38.95, minimum değer 11.41 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 9.3 ve 39.9 aralık dışında kalmaktadır. 11.41-38.95 aralığına düşen 3 adet değer bulunduğu için dolayı, bu da n=5 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerleri ve ihtimal hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6. 108'de verilmiştir.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli Renk (Absorbans-RES) değerlerinin ihtimal hesabına göre grafiksel olarak incelenmesi Şekil 6.89'da gösterilmiştir.

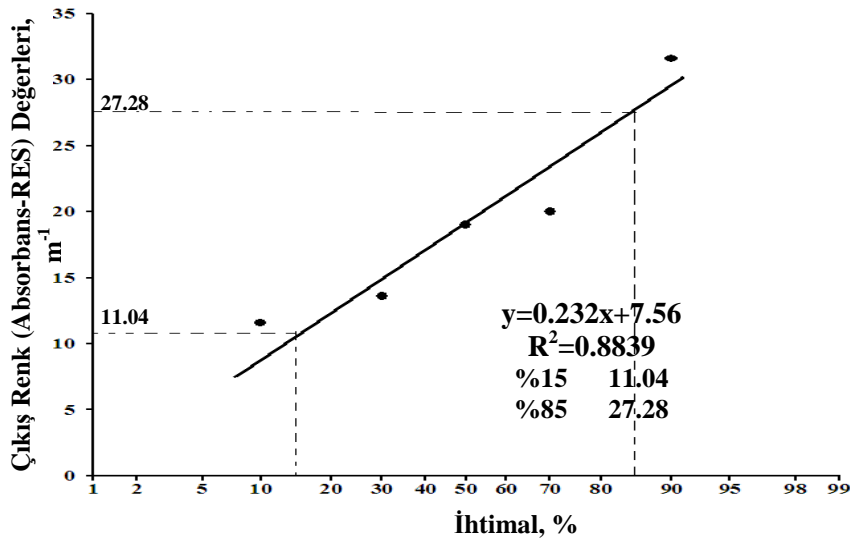
Tablo 6.108. Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve İhtimal Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri (Küçükten Büyüğe Sıralanmış), m <sup>-1</sup>	Her Ölçümün Küçüklük Sırası (m)	Çizim Pozisyonu, $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$
11.6	1	10
13.6	2	30
19	3	50
20	4	70
31.6	5	90

$n < 50$  olduğundan çizim pozisyonu  $\left(\frac{m-0.5}{n}\right) \times 100$  alınmıştır. (n=5 adet)

m: Her Ölçümün Küçüklük Sırası

n: Ölçüm Sayısı



Şekil 6.89. Biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerlerinin İhtimal Hesabına Göre Grafikselsel Olarak İncelenmesi

$$S_{\%50} = 19.16$$

$$\sigma_{İHTİMAL} = \frac{S_{\%85} - S_{\%15}}{2} = 8.12$$

$$S_{\%50} \mp \sigma_{İHTİMAL}$$

$$19.16 \mp 8.12 = \frac{11.04}{27.28}$$

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

İhtimal hesabına göre ortalama Renk (Absorbans-RES) değeri  $\pm \sigma_{İHTİMAL}$  ise maksimum değer 27.28, minimum değer 11.04 olmaktadır. İhtimal hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 31.6 aralık dışında kalmaktadır. 11.04-27.28 aralığına düşen 4 adet değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerlerinin Varyans Hesabına Göre İstatistiksel Değerlendirilmesi;

Biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli ardışık kesikli reaktör çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değerleri ve varyans hesabı istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6.109’da verilmiştir.

Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi Yöntemine Göre Aritmetik Ortalama:

$$RENK_{ART.ORT.} = \left( \frac{11.6+13.6+19+20+31.6}{5} \right) = 19.16$$

Tablo 6.109. Biyosorbent (450<sup>0</sup>C’de aktifleştirilen arıtma çamuru) İlaveli Ardışık Kesikli Reaktör Çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) Değerleri ve Varyans Hesabı İstatistiksel Değerlendirilmesi

Biyosorbent (450 <sup>0</sup> C’de aktifleştirilen aktif çamur) İlavesiz Çıkış Renk (Absorbans-RES) Değerleri (X), mg/L	$(\times -RENK_{ART.ORT.})$	$(\times -RENK_{ART.ORT.})^2$
20	0.84	0.7056
19	-0.16	0.0256
31.6	12.44	154.754
11.6	-7.56	57.1536
13.6	-5.56	30.9136

$$\Sigma [(\times -KOİ_{ORTALAMA})^2] = 243.55$$

$$S^2 = \left( \frac{\sum [(x - KOI_{ORTALAMA})^2]}{(n-1)} \right) = 60.88$$

$$\sigma_{VARYANS} = \sqrt{S^2} = 7.80$$

$$S_{ART.ORT.} \mp \sigma_{VARYANS}$$

$$19.16 \mp 7.80 = \frac{11.36}{26.96}$$

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında;

Varyans hesabına göre ortalama Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri  $\pm \sigma_{VARYANS}$  ise maksimum değer 26.96, minimum değer 11.36 olmaktadır. Varyans hesabına göre n=5 adet deneysel değerlerin en az yarısı veya daha fazlası bu iki değer arasında kaldığı zaman bu deneysel değerler istatistiksel açıdan güvenilebilir anlamlı değerlerdir. O halde varolan deneysel değerlerden 31.6 aralık dışında kalmaktadır. 11.36-26.96 aralığına düşen 4 adet deneysel değer bulunduğundan dolayı, bu da n=5 adet deneysel değerlerin yarısından fazla olduğuna göre biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun, kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

Aynı çalışma şartlarında yapılan bu istatistiksel değerlendirmelere göre deneysel değerlendirme örneklemeleri kabul edilebilir ve güvenilir değerler olduğu tespit edilmiştir.



## **BÖLÜM 7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER**

Bu çalışmanın amacı; tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasında Ardışık Kesikli Reaktörün (AKR) kullanılabilirliğinin incelenmesidir.

Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR), gerek endüstriyel ve gerekse evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan ve son zamanlarda yaygınlaşan, havalandırma (reaksiyon) ve çökeltme işleminin tek tank içerisinde yapıldığı biyolojik arıtma sistemidir. Ardışık Kesikli Biyoreaktör sistemi, sürekli piston akımlı (PF) ve tam karışım (CM) sistemlerin bazı karakteristik özelliklerini taşıyan hibrit sistemdir

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi atıksuyunun Ardışık Kesikli Biyoreaktör ile optimum şartlarda arıtılması için yapılan tam ölçekli ve laboratuvar ölçekli tesis çalışmalarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Tekstil endüstrisi atıksularının ardışıklı kesikli biyoreaktör ile arıtılması ve modellenmesi çalışmasında elde edilen bilimsel sonuçlar, literatürdeki ilgili çalışmalar ile kıyaslanmış, bu teknolojinin tekstil endüstrisi atıksularının etkili, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ve Avrupa Birliği deşarj standartlarını sağlayabilecek şekilde verimli arıtılmasında alternatifleri araştırılmıştır. Optimum işletme şartları belirlenerek pratikte uygulanabilirliği tartışması yapılmıştır.

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi Atıksuyunun Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, Sequencing Batch Reactor (SBR) ile optimum şartlarda arıtılması için laboratuvar ölçekli tesis çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla Ardışık Kesikli Biyoreaktörlerin (AKR) optimum işletme şartları incelenmiş ve performansı tespit edilmiştir. İşletilmekte olan ve geliştirilmesi gereken bir tam ölçekli tesisin boyutları belli bir oranda (1 / 100000) küçültülerek ortak çalışma koşullarında laboratuvar ölçekli tesis kurulmuştur. Hem laboratuvar ölçekli, hem de tam ölçekli tekstil atıksu arıtma tesisi

için yapılan çalışmalar sonucunda; 0,5 saat doldurma, 1,5 saat havalandırma (reaksiyon), 1,5 saat çökeltme ve 0,5 saat boşaltma-devreye alma sürelerinde en uygun arıtma (optimum) verimi elde edilmiştir.

Genel olarak hücre kompozisyonuna (ağırlıklı olarak protozoa-metazoa) bakıldığında ilave edilen 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ve bentonit (adsorbent) in etkisi olmadığı görülmüştür. Ham çamurla hücre kompozisyonu bakımından benzerlikleri olmaktadır. Çamur hacim indeksi (ÇHI, SVI, mL/g) değerlerinin yüksek olması yüklü (F/M >0.5 kg BOI<sub>5</sub>/kg UAKM-Gün) bir sistemin varlığını göstermektedir. Sonuç olarak tez çalışmasında kullanılan çamurun çamur hacim indeksi (ÇHI, SVI, mL/g) değeri ve çamur yaşlarının genelde büyük değerler olduğu bununda aktif çamur giderme verimine ve kinetiğine azaltıcı bir etki oluşturduğu söylenebilir.

Boyalı tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun arıtılması için laboratuvar ölçekli yapılmış olan Ardışık Kesikli Biyoreaktöre ait reaksiyon süresi (t<sub>R</sub>), çökeltme süresi (t<sub>S</sub>), nütrient (üre) ilavesinin etkisi, karıştırma hızının etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda, optimum reaksiyon süresinin (t<sub>R</sub>) 1.5 saat, çökeltme süresinin (t<sub>S</sub>) 1.5 saat, nütrient (üre) ilavesinin 25 mg/L ve karıştırma hızının 200 devir/dakika olduğu tespit edilmiştir.

Çalışılan gerçek ölçekli tekstil endüstrisine ait iki farklı zamanda alınan atıksuda yapılan analizler neticesinde TOC/TN/TP değerleri tespit edilmiştir. Normal şartlar altında aerobik arıtmanın gerçekleşmesi için gerekli olan C/N/P oranı yaklaşık olarak 100/5/1 civarında olması gerektiği bilinmektedir. İki farklı zamanda alınan atıksuda değerlerin sırasıyla; 289/12/2.5 ve 320/12/3.5 olduğu deneysel olarak belirlenmiştir.

Bu oranlara bakıldığında olması gereken 100/5/1 oranında yetersiz olan maddenin TN miktarı olduğu ve bu amaçla da gerek gerçek ölçekli tesiste olsun gerekse laboratuvar ölçekli pilot tesisinin de daha önceki çalışmalarda kullanılan üre (nütrient) ilavesinin yerinde bir uygulama olduğu da görülmüştür.

Nütrient (üre) ilavesiz iki takım yapılan KOİ değerleri ile nütrient (üre)ilaveli bir takım yapılan KOİ değerleri kıyaslandığında nütrient (üre) ilaveli yapılan çalışmaların arıtma verimlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. İki takım deneysel çalışmadan birincisine ait arıtma verimi ortalama arıtma verimi %50, ikincisine ait arıtma verimi ortalama arıtma verimi %68 olduğu görülmüştür. Nütrient (üre) ilaveli deneysel çalışma sonucunda elde edilen ortalama arıtma verimi %97'ye yükseldiği görülmüştür.

Boyalı tekstil endüstrisi gerçek atıksuyunun arıtılması için gerçek ölçekli Ardışık Kesikli Biyoreaktöre ait reaksiyon süresi ( $t_R$ ), çökelme süresi ( $t_S$ ), karıştırma hızı ise; optimum reaksiyon süresinin ( $t_R$ ) 1.5 saat, çökelme süresinin ( $t_S$ ) 1.5 saat ile aynı olduğu fakat karıştırma hızınının 65 devir/dakika olduğu tespit edilmiştir. Bu durum için karıştırıcının cinsinin etkili olabileceği düşünülmektedir.

Hem laboratuvar ölçekli, hem de tam ölçekli tekstil atıksu arıtma tesisi için yapılan çalışmalar sonucunda; optimum karıştırma hızı; laboratuvar ölçekli tesiste 200 devir/dakika iken, tam ölçekli tesiste ise 65 devir/dakika olduğu tespit edilmiştir. Karıştırıcı cinsinin ve yeterliliğinin arıtma veriminde etkili olacağı düşünülmektedir.

Hem laboratuvar ölçekli, hem de tam ölçekli tekstil atıksu arıtma tesisi için atıksuya nütrient ilavesi etkisinin araştırılması için yapılan çalışmalar sonucunda; her iki tesis için de 25 mg/L üre katılmasının optimum arıtma verimine olumlu katkısının olduğu tespit edilmiştir. Nütrient (üre) ilavesiz arıtma verimi %72 iken, nütrient (üre) ilaveli (optimum ve ekonomik miktar: 25 mg üre/L) %94 arıtma verimi elde edilmiştir. Nütrient (üre) ilavesinin arıtma verimine %31'lik olumlu katkısı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışılan laboratuvar ölçekli tekstil endüstrisine ait Ardışık Kesikli Biyoreaktörün KOİ cinsinden ortalama arıtma verimi %63 iken (çalışma koşullarına bağlı olarak; minimum=%37, maksimum=%94), çalışılan tam ölçekli tesise ait KOİ cinsinden ortalama arıtma verimi ise %85 olduğu tespit edilmiştir.

Tekstil endüstrisi atıksuları Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) ile 450<sup>0</sup>C de aktifleştirilmiş aktif çamur (biyosorbent) ve aktif çamur kullanıldığında bulanıklık uzaklaştırma verimi % 72 ve renk uzaklaştırma verimi %81 dir .

Tekstil endüstrisi atıksuları Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) ile Bentonit (biyosorbent) ve aktif çamur kullanıldığında bulanıklık uzaklaştırma verimi % 74 ve renk uzaklaştırma verimi % 71 dir.

Bentonit adsorbentinin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.96$  olduğunda Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağladığı görülmüştür. Hız sabiti (k) 2.7091 saat<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbentinin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.93$  olduğundan Lagergren kinetik eşitliğine daha çok uyum sağlandığı görülmüştür. Hız sabiti (k) 0.6539 saat<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Bu durumda, hem bentonit adsorbenti hem de 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru biyosorbenti için Lagergren kinetik eşitliğinden faydanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Daha önceki çalışmalarımızda kullanılan verim denklemi üzerinde çalışılmış ve simülasyon çalışması için verilerin hassasiyetini görmek açısından veri aralıkları azaltılarak (100 e yakın değerle) simülasyon çalışması tekrarlanmıştır. Simülasyonda incelenen bu parametreler dikkatle irdelendiğinde en önemli parametrelerin sıralamasının birden yediye kadar şu şekilde olduğu görülmüştür. Ardışık kesikli reaktöre giren başlangıçtaki substrat konsantrasyonu ( $S_0$ ), ardışık kesikli reaktörün doldurma süreci başlamadan önceki boş hacim, her seansta arıtılan hacim ( $V_{AB}$ ), ardışık kesikli reaktör içindeki aktif çamurun hacmi ( $V_A$ ), ardışık kesikli reaktörün reaksiyon süresi ( $t_R$ ), ardışık kesikli reaktörün toplam aktif hacmi ( $V_B$ ), reaksiyon sabiti (k), ardışık kesikli reaktöre giren debi (Q) şeklinde olduğu görülmektedir.

Modelleme ile yapılan kıyaslamalarda modelin deneysel çalışma sonuçlarından ve dolayısıyla arıtma verimi değerlerinden uzak olduğu göze çarpmaktadır. Fakat

simülasyon çalışması sonucunda da özellikle belirtildiği gibi reaksiyon sabiti (k) değerinin farklı değerlerinde bu modelleme sonuçları ile deneysel sonuçların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Ayrıca, adsorbent/biyosorbent ilaveli hem sabit model hem de dinamik model çalışması ile deneysel çalışmaların birbirine yaklaştığı görülmüştür.

Tekstil endüstrisi atıksularının aktif çamurla arıtılması mekanizmasında adsorbent (bentonit) ve biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilave edilmesi halinde arıtma veriminin arttığı ve model (sabit-dinamik) ile deneysel çalışmaların kinetiğinin birbirine daha uyduğu görülmektedir. Bu da göstermektedir ki; bu tez çalışmasında geliştirilen ve yeni bir model olan adsorpsiyon kinetiği ilaveli Ardışık Kesikli Biyoreaktör kinetiği modelinin bu çalışmada kullanılan tekstil endüstrisi atıksuyu giderim kinetiğini tanımlamada daha uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.

Hem sabit hemde dinamik model çalışması ile en uyumlu en yakın olan sonuç aktif çamur ve biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru) ilaveli laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktöre ait Kimyasal Oksijen İhtiyacı giderim kinetik çalışmasında görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, 450<sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru (biyosorbent) ilaveli entegre ardışık kesikli biyoreaktör kullanımı tekstil endüstrisi atıksuyundaki Kimyasal Oksijen İhtiyacı ile birlikte renk sorununun giderilmesinde en uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Gerek tekstil ve gerekse diğer atıksuların arıtılmasında çıkış suyu kriterleri ihtiyacına göre; adsorbentsiz ve adsorbentli Ardışık Kesikli Biyoreaktör (AKR, SBR) sistemi kullanılabilir.

Biyosorbentlerin (%1 lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik Formaldehit ile aktifleştirilen arıtma çamuru, %1 lik NaOH ile aktifleştirilen arıtma çamuru, 450 <sup>0</sup>C'de aktifleştirilen arıtma çamuru ve 600 <sup>0</sup>C de aktifleştirilen arıtma çamuru) ve adsorbentlerin (aktif karbon, bentonit, aktif alümina, zeolit, dolomit ve solüsyon (ULK-DEC)) cinsleri ve dozajları belirlenmiştir. Biyosorbent olarak 450<sup>0</sup>C de aktifleştirilen arıtma çamuru, adsorbent

olarak ise bentonit kullanılmasına karar verilmiştir. Dozajları ise 0.5 g/L olarak tespit edilmiştir.

Biyosorbent veya adsorbentlerin reaksiyon süresi ( $t_R$ ) 1.5 saatin başlangıcında adsorbentlerin/biyosorbentlerin ilave edilmesi durumu incelenmiştir. Seçilen biyosorbent ve adsorbent ile tekrar reaksiyon süresi ( $t_R$ ) ve çökelme süresi ( $t_S$ ) tespiti yapılmıştır fakat değişiklik olmamıştır.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da birinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOİ/L}}$  için %79.5 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin birinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOİ/L}}$  için %95 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin birinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{1950 \text{ mgKOİ/L}}$  için %95 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da ikinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %69 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin ikinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %91 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin ikinci çalışmada verim değerleri (S; KOİ olarak)  $E_{958 \text{ mgKOİ/L}}$  için %91 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da birinci çalışmada (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %93 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin birinci çalışmada (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %73 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin birinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %86 olmuştur.

Sadece aktif çamur ve ham atıksu da ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %92 olmuştur.

Aktif çamur adsorbent ilavesinin ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %91 olmuştur.

Aktif çamur biyosorbent ilavesinin ikinci çalışmasında (NTU olarak) bulanıklık giderme verimi %93 olmuştur.

Seçilen biyosorbent ve adsorbentin tek başına etkisinin de incelemesi yapılmıştır. Bu çalışma sonucundan da biyosorbente (450<sup>0</sup>C'de aktiveleştirilen aktif çamur) adsorbente (bentonit) ait reaksiyon sabiti değerleri ( $k_{\text{BIYOSORBENT}}=0.6539 \text{ saat}^{-1}$  ve  $k_{\text{BENT.}}=2.7091 \text{ saat}^{-1}$ ) tespit edilmiştir bu değerler modelleme denkleminde yerine konulmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=12 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %67) ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=12 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %67) ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi analizinden çıkan sonuçlar birbirini desteklemektedir.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış

Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %60), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştiren arıtma çamuru) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Kimyasal Oksijen İhtiyacı değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktifleştiren arıtma çamuru) ilaveli çıkış Kimyasal Oksijen deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=4 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Renk (Absorbans-RES) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %60), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=4 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent/biyosorbent ilavesiz çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı



istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %60), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; adsorbent (bentonit) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %60), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktive edilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri ihtimal hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

Varyans hesabı istatistiksel yöntemine göre n=5 adet Renk (Absorbans-RES) (586 nm) değeri standart sapması ile birlikte yorumlandığında; biyosorbent (450<sup>0</sup>C'de aktive edilen arıtma çamuru) ilaveli çıkış Renk (Absorbans-RES) (586 nm) deneysel değerleri varyans hesabı istatistiksel analize göre uygun (uygunluk %80), kabul edilebilir ve anlamlı bulunmuştur.

İhtimal hesabı istatistiksel yöntemi ile varyans hesabı istatistiksel yöntemi kıyaslandığında istatistiksel analizlerden çıkan sonuçlar birbirini desteklediği ve uygun olduğu görülmektedir.

Aynı çalışma şartlarında yapılan bu istatistiksel değerlendirmelere göre deneysel değerlendirme örneklemleri kabul edilebilir ve güvenilir değerler olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

ADAV, S.S., LEE, D.J., SHOW, K.Y., TAY, J.H., Aerobic granular sludge: Recent advances, *Biotechnology Advances* 26, 411–423, 2008.

AKIN B.S., UĞURLU A., Monitoring and control of biological nutrient removal in a sequencing batch reactor, *Process Biochemistry* 40, pp. 2873-2878, 2005.

AKIN B.S., UĞURLU A., The effect of an anoxic zone on biological phosphorus removal by a sequential batch reactor, *Biosource Technology*, 94, pp. 1-7, 2004.

AKTAN, S., SALİH, B.A., Fluorescent in situ hybridization (FISH) for the detection of a bacterial community in activated sludge from textile factories, *Environmental Technology*, 27, pp. 63-69, 2006.

ALLEN, S.J., GAN, Q., MATTHEWS, R., and JOHNSON, P.A., Kinetic modeling of the adsorption of basic dyes by kudzu, *J. Colloid Interface Sci.* 286 pp. 101–109, 2005.

ANDRZEJEWSKA, A., KRYSZTAFKIEWICZ, A., JESIONOWSKI, T., Treatment of textile dye wastewater using modified silica, *Dyes and Pigments*, pp. 1-9, 2006.

ANNADURAI, G., JUANG, R.S., YEN, P.S., LEE, D.J., Use of thermally treated waste biological sludge as dye absorbent, *Advances in Environmental Research*, 7, pp. 739–744, 2003.

ARROJO, B., MOSQUERA-CORRAL, A., GARRIDO, J. M., MENDEZ, R., Aerobic granulation with industrial wastewater in sequencing batch reactors, *Water Research* 38, pp. 3389–3399, 2004.

AYDIN S., GÜNEYSU S., ARAYICI S., Arıtma tesisi çamurlarından proliz ile elde edilen adsorbentlerin tekstil atıksularından KOİ ve renk giderimi için kullanımının araştırılması, *Ekoloji*, 16, 64, pp. 43-48, 2007.

BAŞER, İ. VE İNANICI, Y., Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi, Yayın No:482, sf: 262, İstanbul, 1990.

BUITRON, G., QUEZADA, M., MORENO, G., Aerobic Degradation of the azo dye acid red 151 in a sequencing batch biofilter, *Biosource Technology*, 92, pp. 143-149, 2004.

CHIUA, Y., LEEB, L., CHANGB, C., CHAOC, A.C., Control of carbon and ammonium ratio for simultaneous nitrification and denitrification in a sequencing batch bioreactor, Review, International Biodeterioration & Biodegradation, 59, pp. 1–7, 2007.

COUGHLIN, M.F., KINKLE, B.K., BISHOP, P.L., Degradation of acid orange 7 in an aerobic biofilm, Chemosphere 46, 11–19, 2002.

DABERT, P., DELGENES, J.P., MOLETTA, R., GODON, J.-J., Contribution of molecular microbiology to the study in water pollution removal of bacterial community dynamics. Environ. Sci. Biotechnol. 1, 39–49, 2002.

DAMAR, Y., KIZILTAŞ, B., İLERİ, R., Tekstil endüstrisi atıksuyunun ardışık kesikli biyoreaktör (AKR) ile arıtılmasında optimum şartlarının belirlenmesi, Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, İstanbul 16–18 Mayıs 2007.

DOĞAN, M., ÖZDEMİR, Y., ALKAN, M., Adsorption kinetic and mechanism of cationic methyl violet and methylene blue dyes onto Sepiolite, Dyes and Pigments, 75, pp.701-713, 2007.

DROSTE, R.L., Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley&Sons, Inc., New York, USA, 1997.

EATON, A.D., CLESSERİ, L.S., GREENBERG, A.E., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association, 1995.

EIKELBOOM, D., H., Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation, IWA Publishing, UK, 2000.

EPA, Wastewater Technology Fact Sheet, Washington, Package Plants, USA, 2000.

EREN, Z., ACAR, F.N., Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies, Desalination 194, pp. 1–10, 2006.

FONGSATITKUL, P., ELEFSINIOTIS, P., YAMASMIT, A., YAMASMIT, N., Use of sequencing batch reactors and fenton's reagent to treat a wastewater from a textile industry, Biochemical Engineering Journal Volume 21, Issue 3, Pages 213-220, November 2004.

GEZER, H., Endüstriyel atıksuların ardışık kesikli biyoreaktör ile arıtılması ve kinetiği, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2004.

GÖKNİL, H., TORÖZ, İ., ÇİMŞİT, Y., Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, Tekstil Endüstrisi, İ.T.Ü. Çevre Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi, Aralık 1984.

GÖNÜLLÜ, M. T., Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Cilt I, Birsen Yayınevi, Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2004.

GÜLBAHAR, A., İLHAN, U, FUAT, G., Kinetics of the adsorption of reactive dyes by chitin, *Dyes Pigments* 73, pp. 168–177, 2007.

GÜLNAZ, O., KAYA, A., DİNÇER, S., The reuse of dried activated sludge for adsorption of reactive dye, *Journal of Hazardous Materials B134*, pp. 190–196, 2006.

HE, S., XUE, G., KONG, H., LI, X., Improving the performance of sequencing batch reactor (SBR) by the addition of zeolite powder, *Journal of Hazardous Materials*, 2006.

HO, Y.S., Citation review of Lagergren kinetic rate equation on adsorption reactions, *Scientometrics*, 59, 1, pp.171-177, 2004.

HU L., WANG J., WEN X., QIAN Y., Study on performance characteristics of SBR under limited dissolved oxygen, *Process Biochemistry*, 40, pp. 293-296, 2005.

HU, Z., FERRAINA, R. A., ERICSON, J. F., MACKAY, A. A., SMETS, B. F., Biomass characteristics in three sequencing batch reactors treating a wastewater containing synthetic organic chemicals, *Water Research* 39, pp. 710–720, 2005.

İLERİ, R., DAMAR, Y., Experimental and theoretical studies of treatment of industrial wastewaters by a sequencing batch reactor, *Fresenius Environmental Bulletin*, 14, 7, pp. 550-558, 2005.

İLERİ, R., DAMAR, Y., Simulation study on treatment efficiency for textile wastewater by full-scale sequencing batch reactor, *Journal of Nature Science and Sustainable Technology*, 4, 1, 2009.

JAMRAH, I. GHUNMI A.A., LINA, N., Biological treatment of textile wastewater using sequencing batch reactor technology, *Water Science & Technology*, 44, 5, pp. 85-92, 2001.

JANG, J.D., BARFORD, J.P., LINDAWATI, RENNEBERG, R. Application of biochemical oxygen demand (BOD) biosensor for optimization of biological carbon and nitrogen removal from synthetic wastewater in a sequencing batch reactor system, *Biosensors and Bioelectronics* 19, pp. 805–812, 2004.

JONGSUPHAPHONG, M., SIRIANUNTAPIBOON, S., Design and application of new type of oxygen supplier for water and wastewater treatment, *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (19), pp. 3472-3479, 6 October, 2008.

KANG, I.J., LEE, C.-H., KIM, K.J., Characteristics of microfiltration membranes in a membrane coupled sequencing batch reactor system, *Water Research* 37, pp. 1192-1197, 2003.

KAPDAN, K., İ., OZTURK İ., Effect of operating parameters on color and COD removal performance of SBR: Sludge age and initial dyestuff concentration, *Journal of Hazardous Materials B123*, pp. 217-222, 2005.

KAPDAN, K., İ., KARGI F., Atıksulardan Tekstil Boyar Maddelerinin Adsorpsiyonlu Biyolojik Arıtım ile Giderimi, Turk J Engin Environ Sci 24, sf. 161-169, 2000.

Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş., Bentonit Analiz Raporları, 2008.

KARGI F., UĞUR A., Hydraulic residence time effects in biological nutrient removal using five-step sequencing batch reactor, Enzyme and Microbial Technology, 35, pp. 167-172, 2004.

KERTMEN, M., Fabrika atıklarının neden olduğu boyar madde kirliliklerinin biyolojik adsorbent kullanılarak sulu ortamdan adsorpsiyon tekniği ile uzaklaştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2006.

KESTİOĞLU, K., YALILI, M., Yüksek KOİ içerikli tekstil atıksularının kimyasal çökeltim ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği, Ekoloji, 15, 29, sf. 27-31, 2006.

KHEHRA, M.S., SAINI, H.S., SHARMA, D.K., CHDHA, B.S., CHIMNI, S.S., Decolourization of various azo dyes bacterial consortia. Dyes Pigments 67, 55–61, 2005.

KHELIFI, E., BOUALLAGUI, H., TOUHAMI, Y., GODON, J.J., HAMDİ, M., Bacterial monitoring by molecular tools of a continuous stirred tank reactor treating textile wastewater, Bioresource Technology 100 , 629–633, 2009.

KHELIFI, E., GANNOUN, H., TOUHAMI, Y., BOUALLAGUI, H., HAMDİ, M., Aerobic decolourization of the indigo dye-containing textile wastewater using continuous combined bioreactors. J. Hazard. Mater. 152, 683–689, 2008.

KILIÇ, A., Süt endüstrisi atıksularının arıtımında ardışık kesikli reaktör (SBR)'de hareketli biofilm uygulaması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

KIRATLI, N., Tekstil Atık Sularındaki Renk Sorununun Biyosorpsiyon Yöntemi İle Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği EABD, Sakarya, 2004.

KÖSEOĞLU, G., Tekstil Endüstrisi Atıksularındaki Renk Sorununun İleri Aktif Çamurlu Ardışık Kesikli Biyoreaktör İle Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği EABD, Sakarya, 2004.

KULAÇ, S., Kesikli Biyolojik Arıtma Tesisinde Optimum Koşulların Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Adapazarı, 1997.

LEE, C.C., LIN, S.D., Handbook of Environmental Engineering Calculations,

McGraw Hill, Newyork, USA, 2000.

LI, Y., LIU Y., Diffusion of substrate and oxygen in aerobic granule, *Biochemical Engineering Journal* 27, pp. 45–52, 2005.

LIN, S.D., *Water and Wastewater Calculations Manuel*, McGraw Hill, New York, USA, 2001.

LIU, Y., TAY, JH., State of the art of biogranulation technology for wastewater treatment. *Biotechnol Adv.*, 22, 533–63, 2004.

LIU Y., WANG, Z., TAY, J., A unified theory for upscaling aerobic granular sludge sequencing batch reactors, *Research review paper, Biotechnology Advances* 23, pp. 335–344, 2005.

LIU, Y., LIU, Q.S., Causes and control of filamentous growth in aerobic granular sludge sequencing batch reactors, *Biotechnology Advances*, 24, 1, pp. 115-127, 2005.

LOURENCO, N.D., NOVAIS, J.M., PINHEIRO, H.M., Effect of some operational parameters on textile dye biodegradation in a sequential batch reactor. *Journal of Biotechnology* 89, 163–174, 2001.

MATTHEW, W.B., SAMANTHA, A.C., DAVID, W.M., RONALD, W.H., ALLEN, M.S., Effect of cell physicochemical characteristics and motility on bacterial transport in groundwater. *J. Contam. Hydrol.* 69, 195–213, 2004.

METCALF and EDDY. Inc., *Wastewater Engineering*, NY; McGraw-Hill, 2003.

MOHAN, S. V., RAO, N.C., PRASAD, K. K., MADHAVI, B.T.V., SHARMA, P.N., Treatment of complex chemical wastewater in a modeling sequencing batch reactor (SBR) with an aerobic suspended growth configuration, *Process Biochemistry* 40, pp.1501–1508, 2005.

MOJCA, B., SINA, P., GEORG, G., VANJA, K., Reduction of redox dyes using enzymes from *B. subtilis* and *B. cereus*. *J. Biotechnol.* 131S, S74–S97, 2007.

MOY, B.Y.P., TAY, JH., TOH, SK., LIU, Y., TAY, STL., High organic loading influences the physical characteristics of aerobic sludge granules. *Lett Appl Microbiol.*, 34:407–12, 2002.

NOVAK, L., GORONZY, M.C., WANNER, J., Dynamic mathematical modeling of sequencing batch reactor with aerated and mixed filling period, *Water Science Technology* 35, pp. 105-112, 1997.

O'MAHONY, T., GUIBAL, E., TOBIN, J.M., Reactive dye biosorption by *Rhizopus arrhizus* biomass, *Enzyme Microb. Tech.* 1, pp. 456–463, 2002.

ONG S., TOORISAKA E., HIRATA M, HANO T., Granular activated carbon-

biofilm configured sequencing batch reactor treatment of C.I. Acid Orange 7, *Dyes and Pigments* 76, pp. 142-146, 2008.

ONG, S.A., TOORISAKA, E., HIRATA, M., HANO, T., Decolorization of azo dye (Orange II) in a sequential UASB–SBR system, *Separation and Purification Technology* 42, pp. 297–302, 2005.

ÖZGÜRSES, M.T., Elektrokoagülasyon ile reaktif tekstil boya çözeltilerinin arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2003.

ÖZMIHÇI, S., KARGI, F., Utilization of powdered waste sludge (PWS) for removal of textile dyestuffs from wastewater by adsorption, *Journal of Environmental Management* 81, pp. 307–314, 2006.

QIAO, S., HU, Q., HAGHSERESHT, F., HU, X., LU, G. Q., An investigation on the adsorption of acid dyes on bentonite based composite adsorbent, *Separation and Purification Technology*, 67, 2, 218-225, 2009.

QIN. L., LIU, Y., TAY, JH., Effect of settling time on aerobic granulation in sequencing batch reactor, *Biochem Eng J.*, 21:47–52, 2004.

PAMUKOĞLU, M. Y., KARGI, F., Removal of Cu(II) ions by biosorption onto powdered waste sludge (PWS) prior to biological treatment in an activated sludge unit: A statistical design approach, *Bioresource Technology*, 100, 8, pp. 2348-2354, 2009.

PANSWAD, T., IAMSAMER, K., ANOTAI, J., Decolorization of azo-reactive dye by polyphosphate and glycogen-accumulating organisms in an anaerobic–aerobic sequencing batch reactor, *Bioresource Technology*, 76, 151-159, 2001.

PENG, D., BERNET, N., DELGENES, JP., MOLETTA, R., Aerobic granular sludge: a case report. *Water Research*, 33, 890–3, 1999.

PRICELIUS, S., HELD, C., SOLLNER, S., DELLER, S., MURKOVIC, M., ULLRICH, R., HOFRICHTER, M., CAVACO-PAULO, A., MACHEROUX, P., GUEBITZ, G.M., Enzymatic reduction and oxidation of fibre-bound azo dyes. *Enzyme Microb. Technol.* 40, 1732–1738, 2007.

RADHA, K.V., REGUPATHI, I., ARUNAGIRI, A., MURUGESAN, T., Decolorization studies of synthetic dyes using *Phanerochaete chrysosporium* and their kinetics, *Process Biochem.* 40 pp. 3337–3345, 2005.

RESMİ GAZETE, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 Cuma, Sayı: 25687.

Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezi, Office Lisanslı Kullanıcısı.

SAN, H.A., CİNER, F., Ölçüm Sonuçlarının Analizi ve Takdimi, Editör Dinçer TOPACIK, *Atıksu Arıtma Tesisleri ve İşletme El Kitabı*, sf: 578-592, İSKİ,



İstanbul, 2000.

SANTHY K., SELVAPATHY P., Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon, *Biosource Technology* 97, pp. 1329-1336, 2006.

SAWYER, C.N., MC CARTY, P.L., PARKIN, G.F., *Chemistry for Environmental Engineering*, 4<sup>th</sup> Edition, Mc Graw-Hill Inc. 1994.

SCHWARZENBECK N., BORGES J.M., WILDERER P.A., Treatment of dairy effluents in an aerobic granular sludge sequencing batch reactor, *Appl. Microbial Biotechnol.*, 66, pp. 711-718, 2005.

SHAW, C.B., CARLIELL, C.M., WHEATLEY, A.D., Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencing batch reactors, *Water Res.*, 36, pp. 1993–2001, 2002.

SHENG-BING H., GANG X., HAI NAN K., XIN L., Improving the performance of sequencing batch reactor (SBR) by the addition of zeolite powder, *Journal of Hazardous Materials* 142, pp. 493–499, 2007.

SIRIANUNTAPIBOON S., CHAIRATANAWAN K., JUNGPHUNGSUKPANICH S., Some properties of a sequencing batch reactor system for removal of vat dyes, *Biosource Technology*, 97, pp. 1243-1252, 2006.

SIRIANUNTAPIBOON S., JEEYACHOK N., LARPLAI R., Sequencing Batch Reactor biofilm system for treatment of milk industry wastewater, *Journal of Environmental Management* 76, pp. 177-183, 2005.

SIRIANUNTAPIBOON S., SRISORNSAK P., Removal of disperse dyes from textile wastewater using bio-sludge, *Bioresource Technology* 98, 1057–1066, 2006.

SIRIANUNTAPIBOON, S., YOMMEE, S., Application of a new type of moving bio-film in aerobic sequencing batch reactor (aerobic-SBR), *Journal of Environmental Management* 78, pp. 149–156, 2006.

SOYUPAK, S., *Biyolojik Arıtma ve Biyolojik Arıtma Sistemleri*, Ertem Matbaacılık, Ankara, 1987.

ŞENGÜL, F., MÜEZZİNOĞLU, A., *Çevre Kimyası*, DEÜ, Müh. Fak. Basım Ünitesi, 1997.

TATLI, A.İ., Çeşitli tekstil boyarmaddelerinin adsorbsiyon/biyosorbsiyonunun karşılaştırılması olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2003.

TAY, J.H., YANG, S.F., LIU, Y., Hydraulic selection pressure-induced nitrifying granulation in sequencing batch reactors. *Appl Microbiol Biotechnology*, 59, 332–7, 2002.

TCHOBANOGLIOUS, G., Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Metcalf&Eddy, Inc., New York, 1991.

TEICHGRABER, B., SCREFF, D., EKKERLEIN, C., WILDERER, P.A., Sequencing batch reactor technology in Germany-in overview, Water Sci. and Tech. 43, 323-330, 2001.

TEZER, S., Tekstil endüstrisi atıksularında yer alan reaktif boyaların biyosorpsiyonunun incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2002.

TSANG, Y.F., HUA F.L., CHUA H., SIN S.N., WANG Y.J., Optimization of biological treatment of paper mill effluent in a sequencing batch reactor, Biochemical Engineering Journal 34, pp. 193-199, 2007.

TURABİK, M., Basic blue 3 boyar maddesinin bentonit kili üzerine adsorpsiyon mekanizmasının incelenmesi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Sf: 593-601, Ekim 2003.

TÜNAY, O., Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1996.

UYGUR, A., KARGI, F., Phenol inhibition of biological nutrient removal in a four-step sequencing batch reactor, Process Biochemistry 39, pp. 2123–2128, 2004.

WANG, G., LIU, X.W., GONG, W.X., GAO, B.Y., ZHANG, D.H., YU, H.Q., Aerobic granulation with brewery wastewater in a sequencing batch reactor, Bioresource Technology 98, pp. 2142–2147, 2007.

WANG, Z.W., LIU, Y., TAY, J.H., The role of SBR mixed liquor volume exchange ratio in aerobic granulation, Chemosphere, 62, 5, pp.767-771, 2006.

WILDERER, A.P., IRVINE, L. R., GORONSZY, C. M., Sequencing Batch Reactor Technology, Scientific and Technical Report, IWA, 2001.

WILEN, BM., ONUKI, M., HERMANSSON, M., LUMLEY, D., MINO, T., Microbial community structure in activated sludge floc analysed by fluorescence in situ hybridization and its relation to floc stability, Water Research 2007.

WU,F.C., TSENG, R.L., HUANG, S.C., JUANG, R.S., Characteristics of pseudo-second-order kinetic model for liquid-phase adsorption: A mini-review, Chemical Engineering Journal, 151, 1,3, pp. 1-9, 2009).

<http://www.ins.itu.edu.tr/cevre/labor/dokuman.htm>, İTU Çevre Müh. Laboratuvarı Dokümanları, 2009.

<http://www.gold-software.com/download9857.html>, Mayıs 2009.

<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx>, Nisan 2009.

[http://www.ulkemkimya.com.tr/tr/www/default.asp?sayfa=hizmetler&hz\\_id=15](http://www.ulkemkimya.com.tr/tr/www/default.asp?sayfa=hizmetler&hz_id=15), Kasım 2008.

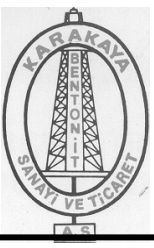
YANG, X.Y., AL DURI, B., Application of branched pore diffusion model in the adsorption of reactive dyes on activated carbon, Chem. Eng. J. 83 pp. 15–23, 2001.

YANG, S.F., TAY, J.H., LIU, Y., Effect of substrate N/COD ratio on the formation of aerobic granules. J Environ Eng., 2003. (Baskıda)

ZHENG, Y.M., YU, H.Q., SHENG, G.P., Physical and chemical characteristics of granular activated sludge from a sequencing batch airlift reactor. Process Biochem., 40, 645–50, 2005.

## **EKLER**

Adsorbent ilaveli deneylerde kullanılan bentonit doğal malzemesinin analiz sertifikası, test raporu ve güvenlik bilgi formu ekte verilmiştir.



# KARAKAYA

## Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.

334

### ANALİZ SERTİFİKASI

**ÜRETİCİ FİRMA : Karakaya Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.**

**ÜRÜN : Doğal, işlem görmemiş Sodyum Bentonit**

### ÜRÜN TANIMI

Yüksek şişme kapasiteli doğal sodyum içerikli ( katkısız ) en az % 90 montmorillonit, API 13 A (Nontreated bentonit) ve TS 977 Tip -2 standartlarına uygun kil mineralidir. Suya karıştırıldığında kolayca dağılır ve topaklaşmaz. TS 977'ye uygunluk belgesi vardır.

Ürünler üretici firmanın stoklarından alınıp, uluslararası standartlara göre hazırlanmış ve test edilmiştir. Aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

### Kimyasa Analiz

SiO <sub>2</sub>	= 61.28 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 17.79 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 3,01 %
CaO	= 4,54 %
Na <sub>2</sub> O	= 2.70 %
MgO	= 2.10 %
K <sub>2</sub> O	= 1.24 %

### Fiziksel Özellikler

Nem ( % )	= 8.0
Elek Analizi (200 mesh) %	= 1.24
Viskozite 600 rpm 'de	= 46
Plastik Viskozite (PV)	= 15.6
YP(Yield Point/plastic viscosity)	= 0,4
Filtrasyon Hacmi	= 11,2

**NOT** : Yukarıdaki değerler birçok test sonucunda elde edilmiş ortalama değerlerdir.

### AMBALAJ BİLGİLERİ

Çok katlı 50 kg'lık kağıt torbalarda ve 1000 veya 1200 kg'lık bez torbalarda (big-bag), kuru ve serbestçe akabilen toz şeklinde pazarlanmaktadır.



# KARAKAYA

## Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.

335

Büro : Necatibey Cad. Sezenler Sk No:1-12 Ankara Tel: (312) 2297626 Fax : (312) 2297872

Fabrika : Esenboğa yolu 24 Km Ankara Tel: (312) 3980145 Fax: (312) 3980146

http : //www.karakaya.com.tr e.mail : kkaya@ tr.net

## BENTONİT TEST RAPORU

### 1. NUMUNENİN TARİFİ

TARİH: 13/02/2008

#### MENŞEİ

Reşadiye

Çankırı

Yabancı

Yabancı ise adı:

Adresi:.....

#### ALINDIĞI YER

Ocak

Yığın

İmalat

Teslimat

Teslimat ise Adı:T.P.A.O 6108 SON 13619 DOSYA KONUSU 2500 TON BENTONİT İHALESİ

### 2. TSE YE GÖRE

#### A-) TİPİ

Tip 1

Tip 2

#### B-) ELEK ANALİZİ

a-)Yaş elek analizinde

200 mesh(75mikron)elekte elek üstü kalıntısı

%

b-) Kuru elek analizinde

100 mesh(150 mikron) elekte elek altı

%

#### C-) RUTUBET (Ağırlıkça)

%

#### D-) FİLTASYON

ml

#### E-) VİSKOSİTE ( direkt viskosite ölçen aletle)

Hazırlanan süspansiyonda 350 ml suya katılan bentonit miktarı

22,5gr (% 6,43)  25gr(%7,15)

a-) 600 devir / dakika'da okunan değer

b-) 300 devir / dakika'da okunan değer

#### F-) HESAPLAMA

a-) Plastik viskosite PV =600d/d okuma-300d/d okuma ( 36 ) – ( 21 ) =

b-) Akma Noktası ( Yield point)YP = 300d/d –Pv ( 21 ) – ( 15 ) =

c-) Akma noktası Yp / Plastik viskosite oranı Pv oranı ( 6 ) / ( 15 ) =

DENEYİ YAPAN

DÜŞÜNCELER

Bünyamin ERTEK  
Maden Müh.

T.P.A.O nun katkısız bentonit TS 977 TİP 2 Teknik  
Şartnamesine uygundur.



# KARAKAYA

## Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.

### GÜVENLİK BİLGİ FORMU ( MSDS )

Ürün: KATKISIZ BENTONİT

#### I. ÜRÜN TANIMI

<b>GENEL ADI</b>	Sodyum Montmorilonit (Bentonit)
<b>PAKET MİKTARI</b>	50kg Torba, 1000kg Big bag
<b>KİMYASAL FORMÜL</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .SiO <sub>2</sub> .
<b>BİRİM</b>	Kg
<b>UYGULAMA</b>	Viskozite yapıcı

#### II. FİZİKSEL VERİ

<b>KAYNAMA NOKTASI: 760 mm Hg</b>	-	<b>ERİME NOKTASI</b>	-
<b>Ph (1 % Soln)</b>	-	<b>BUHAR BASINCI 20<sup>C</sup></b>	-
<b>ÖZGÜL AĞIRLIK (H<sup>2</sup>O=1)</b>	2,60 – 2,70	<b>SU İÇİNDE ÇÖZÜNÜRLÜK 20<sup>C</sup></b>	Çözünmez
<b>BUHAR YOĞUNLUĞU (hava=1)</b>	-	<b>BUHARLAŞMA ORANI (BUTİL İNCE=1)</b>	-
<b>FİZİKSEL GÖRÜNÜM</b>	Toz	<b>ALEVLENME NOKTASI</b>	-
<b>HACİM YOĞUNLUĞU</b>	69,9 Lb / ft <sup>3</sup> (1,12 g/cm <sup>3</sup> )	<b>RENK</b>	Sarımsı bej

#### III. TEPKİSEL VERİ

<b>ÜRÜN DAYANIKLIMI?</b>	Evet
<b>ÜRÜN DAĞILIYORMU(AYIRIŞIYORMU)?</b>	Hayır
<b>ÜRÜN POLİMERLESMESİ</b>	Hayır



# KARAKAYA

## Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.

### IV. ATEŞ VE PATLAMA TEHLİKESİ BİLGİLERİ

<b>ÜRÜN ATEŞ İLE TEMASA GEÇİNCE ALEVLENİYORMU?</b>	Hayır
<b>SÖNDÜRME ORTAMI</b>	Kuru veya köpüren bir kimyasal, su kullanımı güvenli. Yanmaz

### V. SAĞLIK GÜVENLİĞİ BİLGİLERİ

<b>KALICI ZARARLARI VARMİ?</b>	Tozu derin bir şekilde soluma, üst solunum tahrişine neden olabilir. Bol miktar tozun göz ile teması zarar verebilir.
<b>KRONİK ETKİLERİ</b>	Tozun birkaç defa solunması sonucunda pnömokonyoz meydana gelebilir.
<b>ZEHİRLİLİK BİLGİSİ</b>	Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC), 1987 deki raporunda kristal silisin çok fazla miktar solunması sonucunda, insanlar üzerinde kansorejen olabileceğini bildirdi.

### VI. ACİL DURUM ve İLK YARDIM PROSEDÜRLERİ

<b>GÖZ</b>	En az 15 dakika bol su ile yıkanması gerekir
<b>DERİ</b>	Sabun ve bol su ile yıkanmalı. Kıyafetler tekrar kullanılmadan önce iyi bir şekilde yıkanmalı
<b>YUTMA</b>	Bol miktarda su içilmesi etkisini azaltacaktır
<b>SOLUMA</b>	Açık ve temiz havaya çıkılmalı

### VII. MESLEKİ KONTROL ÖLÇÜLERİ

<b>SOLUNUM</b>	Onaylanmış NIOSH/MSHA respiratörü kullanın
<b>HAVALANDIRMA</b>	Doğal koşullara uygun ve mekanik havalandırma sağlanmalı
<b>DERİ</b>	Lastik veya koton eldiven giyilmeli
<b>GÖZLER</b>	Kimyasal koruyucu gözlük kullanılmalı
<b>DİĞER KORUYUCU EKİPMAN</b>	Uzun ve koruyucu kıyafetler giyilmeli





# KARAKAYA

## Bentonit Sanayi ve Ticaret A.Ş.

### VIII. ÖZEL GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

<p><b>GÜVENLİK ÖNLEMLERİNİ SINIFLANDIRMA</b></p> <p><b>TAŞIMA ve DAĞITMA İÇİN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ</b></p>	<p>Zararlı toz ve silisleri uygun bir şekilde ıstarak yok etme. Islak zeminde, bentonit kaygan bir yüzey oluşturarak kazalara sebep olabilir, bu yüzden çalışılan mahal zemini kuru tutulmalıdır.</p> <p>Kuru ortamda muhafaza edilmeli ve tozu minimuma indirmeli.</p>
--	---

### IX. DÖKME veya SIZDIRMA PROSEDÜRLERİ

<p><b>BENTONİTİ BOŞALTIRKEN İZLENMESİ GEREKEN ADIMLAR</b></p> <p><b>ATIK YOK ETME METHODU</b></p>	<p>Süpürülür, kürek veya vakum ile maddeyi atık konteynerine doldurulur. Mümkünse tekrar paketlenir.</p> <p>Kaynak Koruma ve İflah Kurumu(Resource Conservation and Recovery Act-RCRA) katkısız bentonit tehlikeli atık sınıfına koymamıştır.</p>
---	---

### X. ÇEVRESEL TEHLİKE BİLGİLERİ

<p><b>BENTONİTİN ÇEVREYE VERDİĞİ BİR ZARAR BULUNMAKTADIR?</b></p>	<p>Bentonit hava kirliliği veya çevresel başka bir zarara neden olmaz. Katkısız bentonit herhangi bir kimyevi madde içermediği için çevre kirliliği oluşturması söz konusu değildir.</p>
---	--

## ÖZGEÇMİŞ

Yasemin Damar, 03.09.1978 de Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 1995 yılında Adapazarı Atatürk Lisesinden mezun oldu. 1995 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünü 1999 yılında bitirdi. 2000 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başlamıştır. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında Doktora eğitime başlamıştır. Halen aynı bölümde görevine devam etmektedir.