

## TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER (AKR) İLE BİYOLOJİK ARITILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

*Ufuk ALKAN\**

*Berrak EROL NALBUR\**

*Elif ODABAŞ\**

**Özet:** Bu çalışmada, ardışık kesikli reaktör (AKR) sistemleri ile tekstil atıksularının biyolojik arıtım verimlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Deneysel çalışmalar, 60 gün süresince işletilen laboratuvar ölçekli iki adet AKR sisteminde yürütülmüştür. Biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında kullanılan laboratuvar ölçekli AKR'lerin, toplam hacmi 3.5 L ve çalışma hacmi 2 L olup, reaktörler baskın olarak tekstil atıksuyu karakteristiği gösteren kimyasal olarak arıtılmış Bursa Organize Sanayi Bölgesi atıksuları ile beslenmiştir. Reaktörler sırası ile 10 ve 20 günlük çamur yaşlarında, 0.35 mg KOİ/mg MLVSS gün organik yükü (F/M) ile işletilmiştir. Deneysel çalışma, AKR sistemlerinin, işletme şartlarına bağlı olarak % 60-85 KOİ giderim verimi ile tekstil atıksularının biyolojik arıtımında etkin sistemler olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada AKR sistemlerinin işletim esnekliğine sahip olduğu ve bu nedenle çeşitli giriş suyu karakteristikleri altında acil önlemlerin kolayca alınabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil atıksuları, biyolojik arıtma, AKR, Bursa Organize Sanayi Bölgesi.

### Biological Treatability of Textile Industry Wastewaters by Sequential Batch Reactors (SBRs)

**Abstract:** The aim of this study was to determine the biological treatability of textile wastewaters by sequential batch reactors (SBR). The experimental work was conducted on two SBR systems for 60 days in laboratory conditions. The lab-scale SBRs had total volume of 3.5 liters, each with a working volume of 2 liters. The reactors were fed by the chemically treated wastewater of Bursa Organized Industrial District, having textile wastewater characteristics dominantly. Both reactors were operated with an organic loading rate (F/M) of 0.35 mg COD / mg MLVSS. day and at sludge ages of 10 and 20 days. The experimental study showed that SBR systems provided good performance on biological treatment of textile effluents with a COD removal efficiency of 60-85% depending on the operational conditions. It was concluded that immediate precautions can easily be taken against the variations in influent characteristics owing to the flexibility of SBR systems.

**Key Words:** Textile wastewaters, biological treatment, SBR, Bursa Organized Industrial District.

## 1. GİRİŞ

Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSB)'ndeki firmaların %38'ini tekstil sektörü, %20'sini otomotiv ve yan sanayi sektörü, %20'sini makine ve metal işleme, kalanını ise demir-çelik, kimya, plastik ve kağıt işleme ile cam ve gıda sektörleri oluşturmaktadır. Bölgedeki firmalara ait toplam atıksu debisi 40 000 m<sup>3</sup>/gün olup, bu atıksuyun birinci derece kirleticileri boyahanesi olan ve iplik üretimi yapan tekstil firmaları, ikinci derece kirleticileri diğer sanayi dallarında faaliyet gösteren firmalardır. Bunların dışında kalan diğer firmalar ise evsel nitelikli atıksu veya bu özelliğe benzer nitelikte atıksu deşarj etmektedir.

Bursa Organize Sanayi bölgesi (BOSB)'ndeki firmaların çoğunluğunu tekstil sektörü oluşturması nedeni ile, bölgeden kaynaklanan atıksu da tekstil atıksuyu karakterizasyonu baskın olarak gözlenmektedir.

Tekstil endüstrisi, kullanılan ham ve kimyasal maddelerin; yürütülen işlemlerin; her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği ile farklı su kullanımlarına bağlı olarak değişken yapıya sahip bir endüstri dalıdır (Germirli ve diğ., 1990; Eremektar ve diğ., 1997). Bu dinamik yapı, atıksu karakterizasyonu ile uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımaktadır; dolayısıyla tekstil endüstrisi için tipik bir atıksu ve standart arıtma teknolojilerinden söz etmek anlamsız hale gelmektedir (Eremektar ve diğ., 1997). Tekstil

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

endüstrisi atıksularının arıtılmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılabilir (Groves ve Buckley, 1980; Paprowicz ve Slodczyk, 1988).

Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuyun özelliği, arıtılabilirliği, çalışma düzenindeki olası değişimler ve bu değişimlerin atıksu ve arıtılabilirlik üzerine etkileri dikkate alınarak hem ekonomik açıdan uygun, hem de çevre korunması bakımından yeterli düzeyde arıtımı gerçekleştirecek güvenli ve esnek bir arıtma sisteminin tercih edilmesi gereklidir.

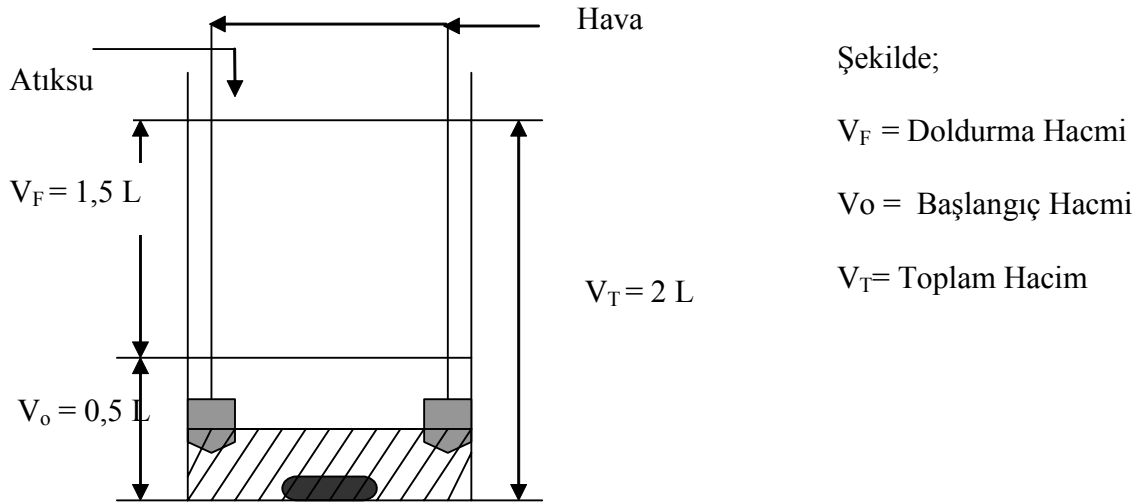
Bu özellikleri taşıyan ardışık kesikli reaktör sistemleri bu çalışma kapsamında kullanılarak tekstil endüstrisi atıksularının biyolojik arıtımında gösterdikleri performans değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Analitik ölçme yöntemi olarak Standard Metodlar'da (APHA,1992) tanımlanan analiz teknikleri kullanılmıştır. AKM (Askıda Katı Madde) ve UAKM (Uçucu Askıda Katı Madde) parametrelerinin ölçümünde atıksu 0.45µm gözenek çaplı Schleicher & Schuell GF6 cam elyaf filtre kullanılarak süzümüştür. pH ölçümleri JENWAY 3010 pHmetre ile gerçekleştirilmiştir.

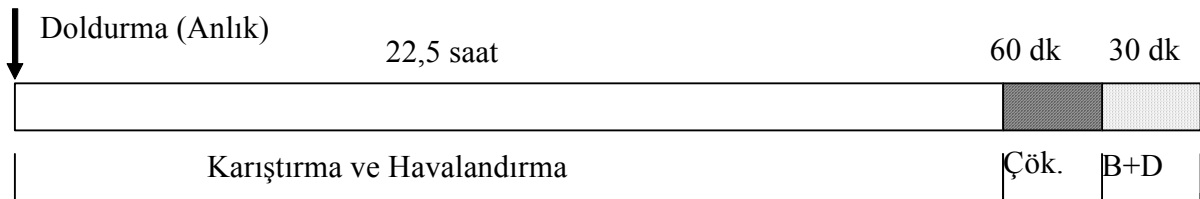
Deneysel çalışma toplam hacmi 3.5 L, çalışma hacmi ise 2 L olan laboratuvar ölçekli doldur - boşalt reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. Sistem, iç çapı 14.5 cm, yüksekliği 23 cm olan, paralel olarak işletilen silindirik iki cam reaktörden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan laboratuvar ölçekli AKR'lerin şematik gösterimi Şekil 1' de verilmiştir.

AKR'lerde besleme anlık olarak doldurma, boşaltım ise sifonlama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Reaktörlerde karışım manyetik karıştırıcı ile, havalandırma difüzörlerle sağlanmıştır.



Şekil 1.  
Ardışık Kesikli Reaktör

Reaktörler, günde tek çevrim yapacak şekilde çalıştırılmıştır. 22.5 saatlik havalandırma ve karıştırmanın ardından 60 dakikalık çöktürme yapıldıktan sonra, üst faz 15 dakikada boşaltılarak reaktör 15 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra sistem anlık olarak doldurulmuştur. Deneysel çalışmada kullanılan aerobik AKR'ye ait 4 temel işletme fazı Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2.  
Reaktör İşletme Koşulları.  
(Şekilde Çök: Çökeltme, B+D: Boşaltma ve Dinlenme kısaltmaları kullanılmıştır.)

Laboratuvar ölçekli AKR'de kullanılacak biyokütle, BOSB klasik aktif çamur sisteminin geri devir hattından aşu çamuru alınarak, incelenen atıksuya ve seçilen işletim koşullarına aklime edilmiştir. İşletilen iki reaktörden birincisinde (Reaktör A) 20 günlük çamur yaşı ve ikincisinde (Reaktör B) 10 günlük çamur yaşı uygulanarak sistemlerin 60 gün süresince kararlı hale gelmesi sağlanmıştır.

### 3. DENEYSEL BULGULAR

#### 3.1. Atıksu Karakterizasyonu

Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSB) 'nde 163 adet farklı sektörden firma bulunmakta olup bu firmalara ait toplam atıksu debisi 40 000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Bölgeden kaynaklanan atıksuyun gerek debi, gerekse organik kirliliğinin önemli bir kısmı tekstil firmalarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle karışık atıksu, genel özellikleri açısından tekstil sanayii atıksuyu karakteristiklerine sahiptir.

Bu çalışmada öncelikle biyolojik arıtma girişinden alınan atıksuyun karakterizasyonu yapılmıştır. Biyolojik arıtma ünitesine giren atıksuyun özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, atıksuyun organik madde konsantrasyonuna göre oldukça düşük miktarda fosfor içerdiği görülmektedir. Ortalama değerler ele alındığında KOİ/N/P oranı yaklaşık 150/18/0.38 olup sağlıklı bir biyolojik çoğalmayı sağlamak için gerekli olduğu kabul edilen KOİ/N/P: 150/5/1 (Orhon ve Artan, 1994) oranından oldukça farklıdır.

**Tablo 1.**  
**BOSB Biyolojik Arıtma Giriş Suyu Karakterizasyonu**

Parametre	Ortalama Değer
KOİ (mg/L)	672
Toplam P (mg/L)	1.7
TKN (mg/L)	80
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	39
AKM (mg/L)	88
pH	8.4

BOSB fizikokimyasal arıtma çıkış suyu fosfor açısından eksik olduğundan gereken miktar tamamlanarak besleme yapılmıştır.

#### 3.2. A ve B Reaktörlerinin Performansları

Paralel olarak işletilen A ve B reaktörlerinin çamur yaşları sırası ile 20 gün ve 10 gündür. Sistemde oluşan işletim problemlerine göre deney süreci beş devreye ayrılmıştır.

Aklımasyonun gerçekleştirildiği birinci devre, sistemlerde düzenli olarak izlenen AKM ve çıkış KOİ değerleri ile takip edilmiştir. Çalışma süresi boyunca izlenen AKM ve KOİ değerleri A Reaktörü için Şekil 3 ve 4, B Reaktörü için ise Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.

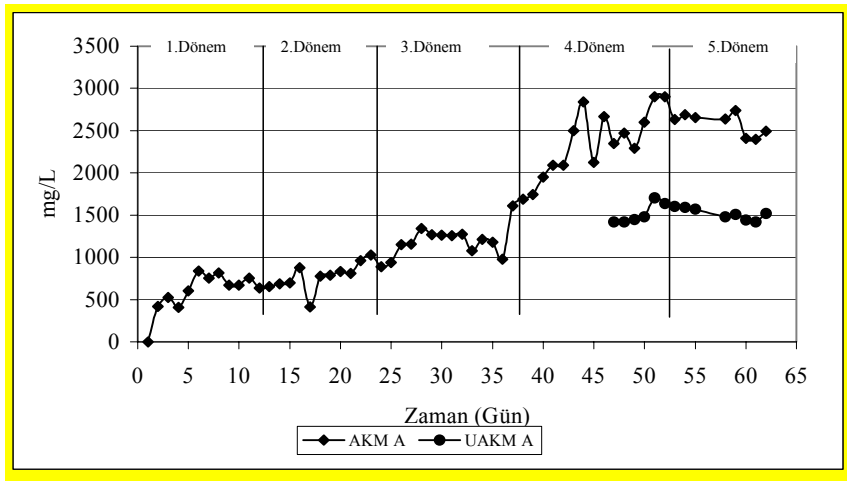
İkinci devrede, besleme suyu olarak kullanılan Bursa Organize Sanayi Bölgesi fizikokimyasal arıtma çıkış suyu KOİ değeri 451 mg/L'den 838 mg/L'ye yükselmiştir. Giriş organik madde konsantrasyonundaki bu ani artış nedeni ile sistemlerde köpüklenme gözlenmiştir. Yapılan mikrobiyolojik incelemede karışık kültür örneğinde filamentli mikroorganizma görülmemiş, çamur flokları içinde bakteriler, bağlı siliatlar, yüzücü siliatlar görülmüştür. Bu durumda, giriş suyu 1/3 oranında seyreltilerek düşük F/M'de sistemdeki filamentli mikroorganizmaların gelişmesinin sağlanması hedeflenmiştir. Aynı dönemde yüksek KOİ değerine bağlı olarak eksik kalan fosfor takviye edilmiştir. İnorganik nütrient eksikliğinin giderilmesi ile birlikte reaktörde askıda katı madde konsantrasyonunda hızlı bir artış gerçekleşmiştir. Bu devrede; KOİ giderim verimleri A reaktöründe % 41-82, B reaktöründe % 32-67 arasında değişimler göstermiş, SVI değerleri ise; A reaktöründe 52.2 ml/g, B reaktöründe 43.5 ml/g değerlerinde gözlenmiştir.

Üçüncü devrede köpüklenme problemi devam etmiş, AKM konsantrasyonundaki hızlı artış her iki reaktörde de yavaşlamıştır (Şekil 3 ve 4). Beslenen atıksuyun KOİ değerinin düşük olmasına karşın çıkış KOİ değerleri değişmemiş, dolayısıyla verimde bir düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeninin, köpüklenmeden dolayı sistemden kaçan AKM'nin KOİ değerlerini etkilemesi olduğu düşünülmüştür. Dönemin sonlarına doğru köpüklenmenin azalmasıyla reaktörler, atıksu seyreltilmeden beslenmeye başlanmıştır. Aynı zaman-

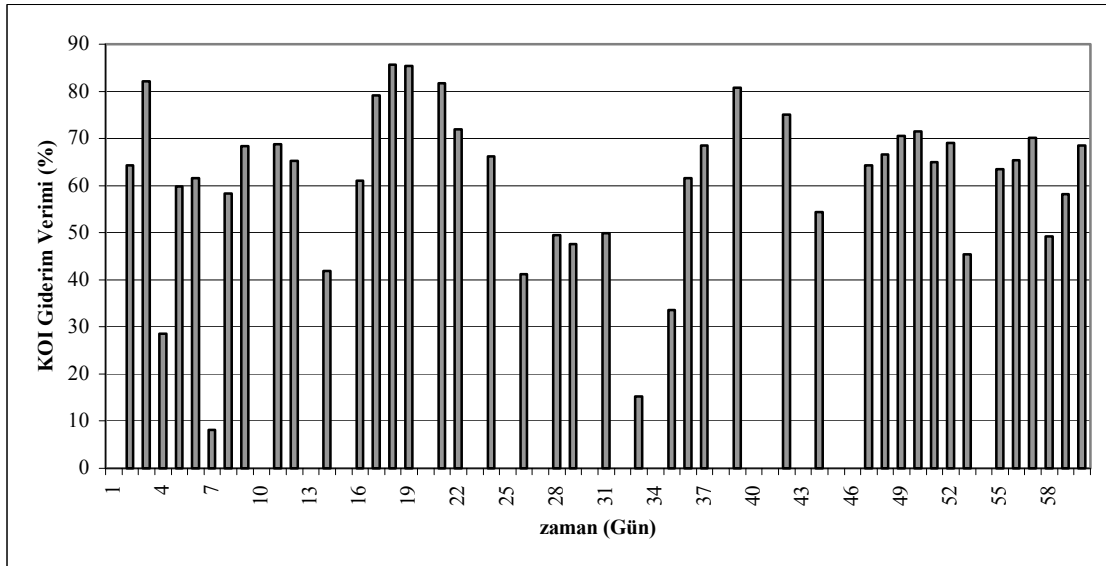
da iz element takviyesi yapılarak sistemlerin verimi gözlenmiştir. Bu devre boyunca KOİ giderim verimleri; A reaktöründe %15-69, B reaktöründe % 9-63 arasında değişim göstermiştir.

Dördüncü devrede; sistemlerin AKM değerlerinde artış görülmüş, KOİ giderim verimlerinin; A reaktöründe % 54-81, B reaktöründe % 74-81 arasında değiştiği saptanmıştır. SVI değerleri ise; A reaktöründe 37-72 ml/g, B reaktöründe 36-58 ml/g arasında gözlemlenmiştir. AKR'lerde, özellikle doldur-boşalt reaktörlerde oluşan substrat gradyanı, selektör etkisinin gözlenmesine ve metabolik seçimin gerçekleşmesine neden olmaktadır (Wanner, 1994). Araştırmacılar, aynı yükleme koşulları altında işletilen doldur-boşalt reaktörlerdeki SVI değerlerinin 70 ml/g'ın altında olabildiğini, buna karşın sürekli tam karışım reaktörlerde ise bu değer 280 ml/g değerini aşabildiğini belirtmişlerdir. Bu fark, doldur-boşalt olarak işletilen ardışık kesikli reaktörlerde flok yapıcı mikroorganizmaların baskın halde olmasından, tam karışım reaktörlerde ise filamentli mikroorganizmaları fazla olmasından kaynaklanmaktadır (Wanner, 1997) Dolayısıyla ile gözlenen SVI değerlerine göre sistemlerde çamur çökeltiminin iyi düzeyde gerçekleştiği söylenebilir. Bu devrenin son döneminde reaktörler kararlı duruma gelmiş, fakat B reaktöründe meydana gelen mekanik bir arıza nedeni ile verim azalmıştır.

Beşinci devrede; her iki reaktörde hedeflenen AKM ve UAKM değerlerine ulaşılmış ve sistem KOİ giderimi açısından da kararlı hale gelmiştir. Belirlenen çamur yaşlarını sağlamak üzere reaktörlerden çamur atımına başlanmıştır.



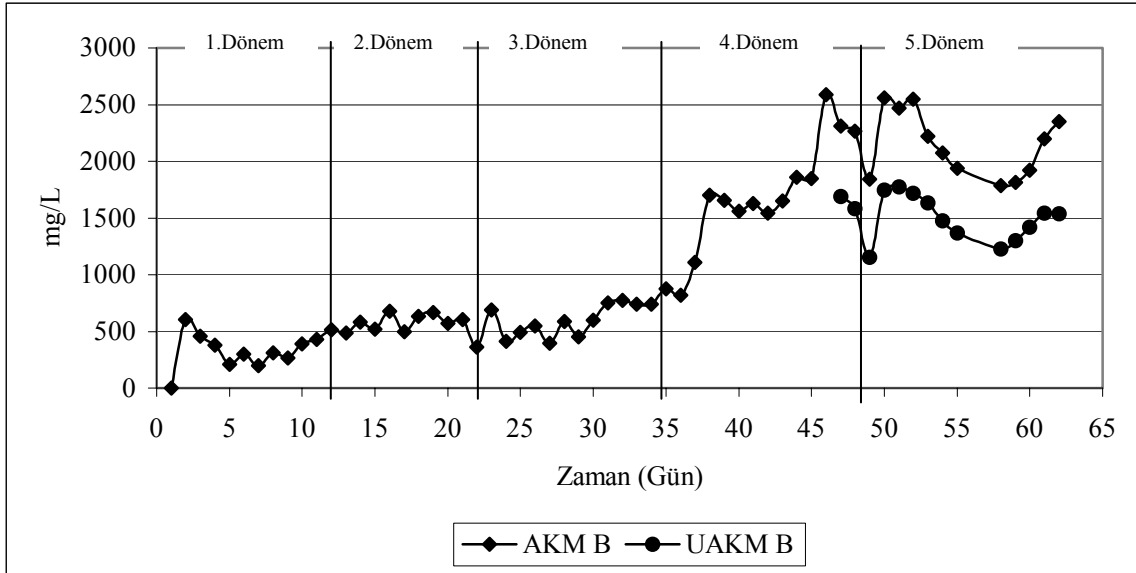
Şekil 3.  
A Reaktöründe AKM ve UAKM Değişimi



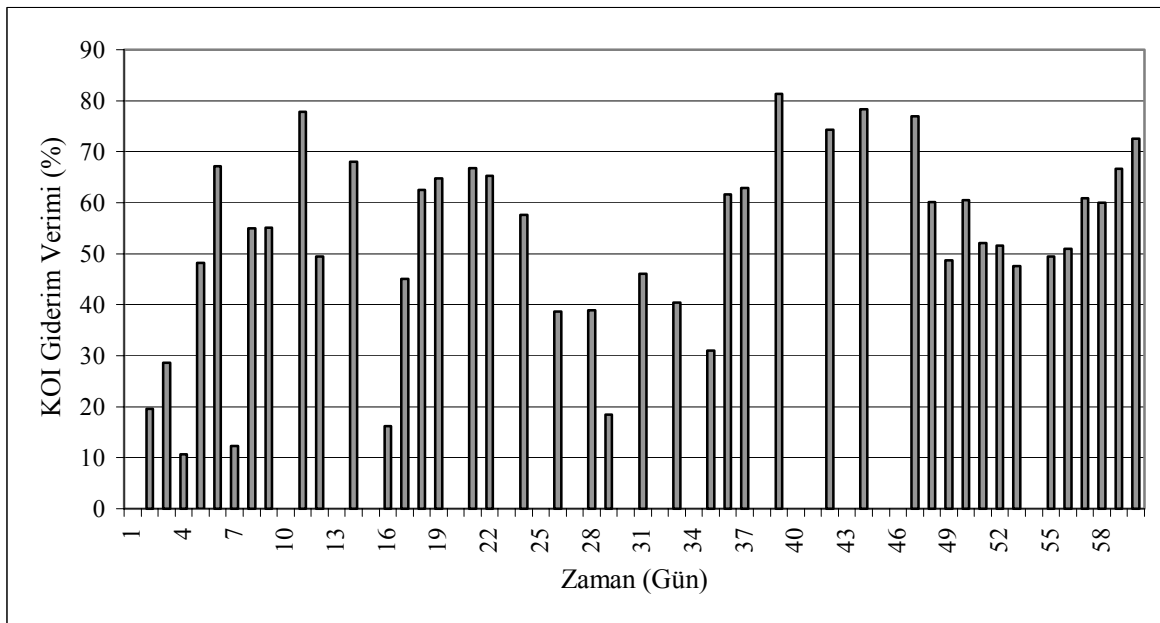
Şekil 4.  
A Reaktöründe KOİ Giderim Veriminin Değişimi

### 3.3. A ve B Reaktörlerinin Karşılaştırılması

Çamur yaşı 20 gün olan A reaktöründe aklımasyon oldukça hızlı gerçekleşmiştir. Özellikle inorganik nütrient takviyesi ile KOİ giderim verimi %80 seviyelerini aşmıştır. Besleme suyundaki dalgalanmalar nedeni ile verimde bir takım değişiklikler gözlenirse de reaktör aklımasyon sürecini tamamlamış ve KOİ giderim verimi %60-70 seviyelerinde sabitlenmiştir. Aklımasyon süreci sonunda A reaktöründe ortalama %63 değerinde bir KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 5.  
B Reaktöründe AKM ve UAKM Değişimi



Şekil 6.  
B Reaktöründe KOİ Giderim Veriminin Değişimi

B reaktörünün işleme alma sürecinde oldukça fazla problemle karşılaşmış, reaktörün kararlı hale gelmesi oldukça uzun sürmüştür. İşletmeye alma döneminin başlangıcında köpüklenme problemi gözlenmiş ve verimde salınımlar görülmüştür. Yirmi birinci günden sonra görülen AKM kaçıışı dolayısıyla çıkış

KOİ değeri etkilenmiş ve KOİ giderim veriminde düşüş gözlenmiştir. Sistemdeki iz element eksikliğinin giderilmesi amacı ile gerekli iz elementlerin içeren çözeltilerin ilavesinin ardından verim %80'lere çıkmıştır. Son dönemdeki besleme suyunda meydana gelen ani değişiklik nedeni ile KOİ giderim verimi %50-60 civarlarına düşmüş, fakat deney süreci sonunda B reaktöründe hedeflenen aktif çamur konsantrasyonuna ulaşılmıştır. Bu devrede KOİ giderim verimi % 60-70 seviyelerinde sabitlenmiştir. Aklimasyon süreci sonunda B Reaktöründe ortalama %58 değerinde bir KOİ giderim verimi gerçekleşmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bursa Organize Sanayi Bölgesi Fizikokimyasal Arıtım çıkış sularının biyolojik arıtımı için AKR sistemleri uygun olup, 20 günlük çamur yaşında 10 günlük çamur yaşına göre daha iyi bir organik madde giderimi gerçekleşmektedir.

Aktif çamur sistemleriyle arıtılacak olan bu tip atıksuların genel karakterizasyonu yapılırken, içerdikleri inorganik nütrient ve iz element konsantrasyonlarının belirlenerek aktif çamur sistemlerine uygunluğunun değerlendirilmesi yerinde olacaktır.

Bu tip atıksuların biyolojik arıtımı, değişken karakterizasyonu nedeniyle dikkatle izlenmeli, karşılaşılabilecek köpük oluşumu, çamur kabarması veya çamur floklarında meydana gelebilecek genel mikro-biyolojik ve buna bağlı olarak da fiziksel değişiklikler karşısında gerekli acil önlemler alınmalıdır.

AKR sistemleri, işletme koşullarındaki esneklik ve gerekli olabilecek bir takım modifikasyonların ek bir araziye ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilebilmesi nedeni ile özellikle karakterizasyonu değişebilen sularda uygulanabilir. AKR tipi aktif çamur sistemleri, sağladığı avantajlar açısından bu tip atıksuların arıtılması için uygun bir konfigürasyon olarak önerilebilir.

BOSB kimyasal arıtım çıkış suyunun AKR sistemi ile biyolojik arıtılabilirliğinin izlendiği bu çalışmada, ortalama olarak % 60-70'lik ve en iyi işletim koşullarında da %85'lik bir KOİ giderim verimi sağlanmıştır.

#### 5. TEŞEKKÜR

2002/89 no.lu "Sentetik Organik Bileşiklerin Aktif Çamur Sistemine Etkileri" konulu bilimsel araştırma projemize destek vererek bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

#### 6. KAYNAKLAR

1. APHA / AWWA / WEF, (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17th Edition. American Public Health Association, Washington USA.
2. Eremektar, G., Germirli Babuna, F.; Çeki, S., Tünay, O.(1997) Tekstil Endüstrisi atıksularında inert KOİ- Örnek Uygulama; *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 7(2), 35-31.
3. Germirli, F., Tünay, O., Orhon, D.(1990) An overview of the textile industry in Turkey- Pollution profiles and treatability characteristics, *International Symposium on waster management problems in AGRO- Industries, Istanbul-Turkey 25-27 September 1989 and Wat. Sci. Tech.* 22(9), 265-274.
4. Groves G. R., Buckley C. A. (1980) Treatment of textile effluents by membrane separation processes, *Proc. 7<sup>th</sup> International Symposium on Fresh Water from the Sea.*
5. Orhon, D. and Artan, N., (1994) *Modeling of Activated Sludge Systems*, Technomic Publishing Co. Ing., Lancaster- Basel, PA-USA.
6. Paprowicz, J., Slodczyk, S. (1988) Application of biologically activated sorptive columns for textile wastewater treatment, *Environmental Tech Lett.*, 9.
7. Wanner, J. (1994) *Activated sludge Bulking And Foaming Control*, Technomic Publishing Co. Ing., Lancaster- Basel, PA- USA.
8. Wanner, J. (1997) "Stable Foams and Sludge Bulking", *The Activated Sludge Pages*, Issue no. 1, p.6, <http://www.scitrav.com/wwater/aasp1/forms.htm>.