

YÜKSEK KOİ İÇEREN TEKSTİL ATIKSULARININ FİZİKOKİMYASAL, OZON/UV VE ADSORPSİYON YÖNTEMLERİYLE ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

*Kadir KESTİOĞLU**
*Melike YALILI**
*Burak NAHARCI***

Özet: Bu çalışmada eritme, apretan ve boyama aşamalarından oluşan, 41.120 mg/L KOİ içeren ve biyolojik ayrışabilirliği oldukça düşük olan tekstil atıksuyu fizikokimyasal, fotokimyasal ve adsorpsiyon prosesleriyle arıtılmış ve fizikokimyasal arıtmaya dayalı olarak ozonla oksidasyon, ozon/UV oksidasyonu ve adsorpsiyon prosesleri ayrı ayrı uygulanarak KOİ giderme verimleri belirlenmiştir. Alümler (1250 mg/L), alüm (8000 mg/L)+non-iyonik PE'le (Poli Elektrolit) (4 mg/L) ve PAC'la (Poli Alimünyum Klorür) (2500 mg/L) yapılan fizikokimyasal arıtmalar sonucunda sırasıyla; %54, %56 ve %60 KOİ giderme verimleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda en uygun doz olarak 1000 mg/L PAC seçilmiş, bu dozla yapılan arıtılabilirlik sonucunda %52,33 oranında KOİ giderme verimi bulunmuştur. Elde edilen atıksularla ayrı ayrı ozonla oksidasyonla (3 saat boyunca, 2 g O₃/sa dozlamayla) %24,07 KOİ giderme verimi, ozon/UV oksidasyonu (24 saat boyunca, 250 mg O₃/sa dozlamayla) %36,8 KOİ giderme verimi bulunmuş ve 0,5-1 mm boyutunda Jacobi marka GAC (Granül Aktif Karbon) kullanılarak Langmuir İzotermi yardımıyla adsorpsiyon kapasite değeri belirlenmiş (Q⁰=333,33 mg KOİ/g GAC) ve bu verilere dayanarak 200 mg/L KOİ deşarj kriterini sağlayacak şekilde adsorpsiyon kolonları boyutlandırılmıştır. Boyutlandırma sonucunda 0,75 m çapında, 3,5 m yüksekliğinde, 7 adet (6 asıl+1 yedek) adsorplama kolonu bulunmuştur. Bu atıksu için arıtma verimleri karşılaştırıldığında fizikokimyasal ve adsorpsiyon prosesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil Atıksuyu, Fizikokimyasal Arıtma, Ozon/UV, Adsorpsiyon, Yüksek KOİ.

Treatability Studies on Textile Industry Wastewater Including High COD Loadings by Physico-Chemical, Ozone/UV and Adsorption Techniques

Abstract: In this study, physicochemical, ozone/UV and adsorption treatment technologies have been carried out on non-biodegradable textile industry wastewater which is existing from dissolving, finishing and dyeing processes including high COD levels (COD=41.120 mg/L) and COD removal efficiencies of these processes have been determined. In physicochemical treatability studies alum (1250 mg/L), alum (8000 mg/L) + non-ionic PE (4 mg/L) and PAC (2500 mg/L) coagulants were used and COD removal efficiencies were determined as 54%, 56% and 60% respectively. PAC were selected as a best coagulant in 1000 mg/L dosage and 52,33% COD removal efficiency were determined. Ozone and O₃ / UV processes were applied and 24,07% (in 3 hours retention time and 2 g O₃/h) and 36,8% (in 24 hours retention time and 250 mg O₃/h) COD removal efficiencies were observed in respectively. In adsorption experiments, Jacobi active carbon (0,5-1 mm) was used and adsorption capacity was calculated from Langmuir adsorption isotherm, as 333,33 mg COD / g GAC (Q⁰). Parallel to this structure, adsorption columns were designed and 6+1 columns (3,5 m height and 0,75 m diameter) were found. At the end of these processes, treatment efficiencies were compared and physicochemical and adsorption processes have been found properly in this textile wastewater.

Key Words: Textile Wastewater, Physicochemical Treatment, Ozone/UV, Adsorption, High COD.

1. GİRİŞ

En çok su kullanan endüstriyel sektörler arasında yer alan tekstil atıksuları miktar ve bileşim yönünden çok değişken olup, kompleks bir yapıya sahiptirler (Grau, 1991; Germirli 1990a; Germirli ve diğ., 1990b).

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

** Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Görükle, Bursa.

Tekstil endüstrisi atıksuları yüksek konsantrasyonda boyar madde, BOİ, KOİ ve AKM ihtiva eden atıksulardır (Mckay, 1984). Bu yüksek oranda KOİ ve renk verici maddeler atıksuyu estetik olarak kötüleştirerek, normal hayat için gerekli olan çözülmüş oksijen miktarını azaltmakta ve atıksuyun arıtımını güçleştirmektedir (Asfour ve diğ., 1985).

Tekstil endüstrisi atıksularında kirletici parametrelerinin çok çeşitli olması, bu sektöre ait atıksuların arıtılmasında farklı arıtma yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılar. Atıksu arıtma tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin en aza indirilebilmesi için en uygun arıtma tipinin belirlenmesi gerekir. Tekstil atıksularının arıtımı için fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotların çeşitli bileşimlerinden meydana gelen geleneksel metotlar mevcuttur (Abo ve diğ., 1988). Yaygın olarak kullanılan biyolojik arıtma proseslerinin çoğu, boya, KOİ ve bulanıklık gideriminde etkili olmalarına rağmen renk gidermede etkisiz kalmaktadırlar (Lin and Chen, 1997).

Uddin ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada, tekstil atıksuyunu arıtılabilmek amacıyla koagülant olarak 100 mg/L alümin ve 100 mg/L PAC maddelerini kullanarak sırasıyla % 34,1 ve % 30,5 oranında KOİ giderme verimi elde etmişlerdir.

Best-Pia ve diğ. (2002) tekstil atıksuyunda ozon ve ozon/UV oksidasyon tekniklerini kullandıkları çalışmada, ozonla oksidasyonda (3,5 saat boyunca ozon verilmiş) % 85'lere varan KOİ, ozon/UV oksidasyonunda ise (30 dakika boyunca ozon/UV uygulanmış) % 90'lara varan KOİ giderme verimleri elde etmişlerdir.

Yeh ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada sentetik tekstil atıksuyunun toz aktif karbon ile arıtılabilirliğini araştırmışlar, önce aktif çamur prosesi ile arıttıkları atıksuya 15 g / L toz aktif karbon dozlamasıyla %88 – 98 oranında KOİ giderme verimi elde etmişlerdir.

Babu ve diğ. (2000) pamuklu tekstil endüstrisi atıksularında KOİ giderimi üzerine yaptıkları çalışmada, stabilizasyon havuzu, aerobik tank ve aerobik biyolojik arıtmayı laboratuvar ortamında uygulayarak sırasıyla % 80, % 90 ve % 62 oranlarında KOİ giderim verimi elde etmişlerdir. Bu üç arıtma çıkışından alınan atıksuda aktif karbon kullanarak adsorpsiyon yöntemini uyguladıklarında ortalama olarak % 81 oranında KOİ giderimi sağlamışlardır.

Bu çalışmada, incelenen tekstil endüstrisi atıksuları, yüksek oranda KOİ içerdiğinden ve biyolojik olarak arıtılması zor olduğundan kimyasal arıtma, ozon, ozon/UV oksidasyon prosesleri denenmiş ve bu yöntemler istenen deşarj kriterini sağlayamadığından, kimyasal arıtma çıkışı atıksuyunda 0,5-1 mm boyutunda Jacobi marka GAC kullanılarak adsorpsiyon prosesi uygulanmış ve istenen 200 mg/L deşarj kriteri sağlanmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, eritme, apretan ve boyama aşamalarından oluşan ve debisi 50 m³/G olan tekstil atıksuyunun arıtılabilirliği araştırılmıştır. Standart Metotlara göre (APHA, AWWA, WPCF, 1998) analizleri yapılan atıksuyun karakterizasyonu Tablo 1'de ve değişik tekstil işleme kategorilerinden kaynaklanan kirlilik yükleri Tablo 2'de verilmiştir (Correia ve diğ., 1994). Bu iki tablo karşılaştırıldığında, incelenen tekstil atıksuyunun KOİ değerinin çok yüksek olduğu ve biyolojik olarak zor parçalandığı görüldüğünden, atıksuyun arıtılabilirliği için alümin, alümin + non iyonik PE ve PAC ile fizikokimyasal arıtma yapılmıştır. 750 mg/L alümin ve 1000 mg/L PAC ile aynı oranda (%52,3) KOİ giderme verimi edilmesine rağmen, ozon ve ozon/UV oksidasyonlarında problem yaratmaması için 1000 mg/L PAC dozu esas alınmış ve aşağıda anlatılan ozon oksidasyonu, ozon/UV oksidasyonu ve adsorpsiyon prosesleriyle arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Tablo 1.
Atıksu Numunesinin Analiz Sonuçları

Parametre	Birim	Ham Su
PH	-	7,08
AKM	mg / L	240
KOI	mg / L	41.120

Not: Atıksu toksik olduğu için BOİ ölçümünde sonuç alınamamıştır.

Tablo 2.
Tekstil İşleme Kategorileri (Correia ve diğ., 1994)

Parametre	Birim	1	2	3	4	5	6	7
pH	-	8	7	10	10	8	8	11
AKM	mg / L	8.000	130	200	300	300	120	75
KOI	mg / L	30.000	1.040	1.000	1.200	1.000	1.000	800

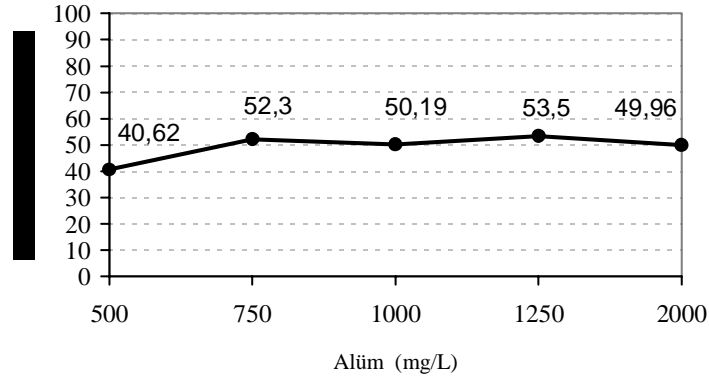
Kategorilerin tanımı:

1- Ham yün yıkama 2- İplik ve kumaş üretimi 3- Yün işleme 4- Dokunmuş kumaş işleme 5- Kumaş örgü bitirme 6- Halı üretimi 7- İplik boyama ve bitirme işlemi

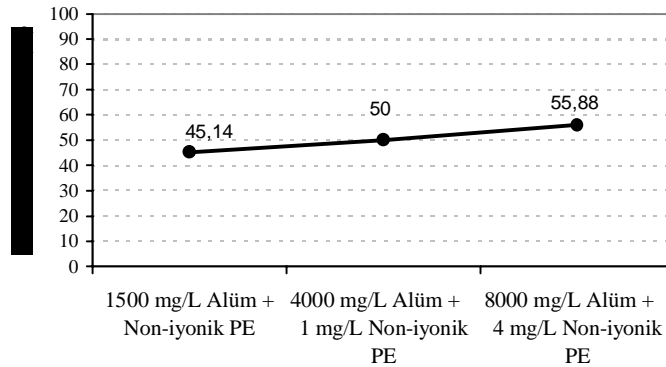
2.1. Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmaları

Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları kapsamında koagülant olarak alümin, alümin + non iyonik PE ve PAC kullanılmış ve Jar Testi yapılmıştır. Jar Test deneylerinde, 1 L'lik test kavanozlarına 750 ml atıksu örneği konularak yukarıda sözü edilen kimyasallar dozlanmış, 1 dakika hızlı ve 30 dakika yavaş karıştırma yapılmıştır. Çökülmenin sağlanabilmesi için atıksu 30 dakika dinlendirilmiş ve üst sıvı fazdan alınan örneklerde KOİ deneyleri yapılmıştır. pH değerlerinin ayarlanması % 10'luk Ca(OH)₂ çözeltisinin uygun miktarlarda ilavesi ile sağlanmıştır.

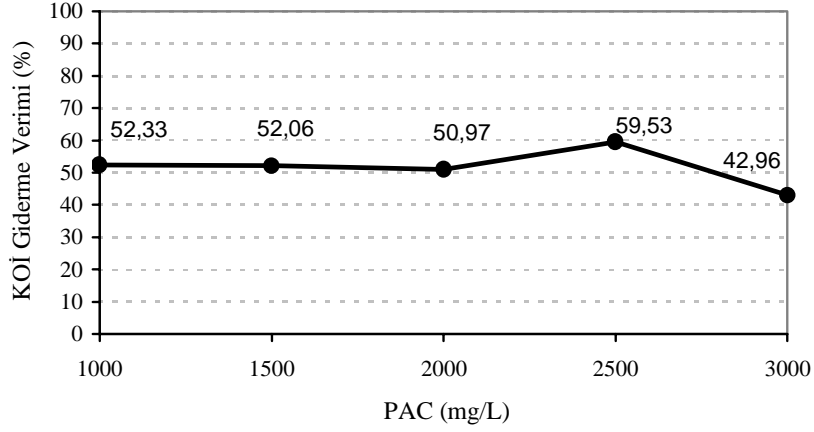
Birinci çalışmada 5 farklı dozda alümin (500 – 2000 mg/L) kullanılarak pH = 7,5'de, ikinci çalışmada 3 farklı dozda alümin (1500 – 8000 mg/L) + non iyonik PE (1 – 4 mg/L) kullanılarak pH = 7,5'de, üçüncü çalışmada ise 5 farklı dozda PAC (1000 – 3000 mg/L) kullanılarak pH = 8,5'de kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Her üç çalışmada da üst sıvı fazdan alınan örneklerde KOİ analizleri yapılmış ve kullanılan kimyasal maddenin çeşitliliğine ve doz miktarına bağlı olarak % KOİ giderme verimleri Şekil 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir.



Şekil 1:
Alümin ile Yapılan Kimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında Elde Edilen % KOİ Giderim Verimleri



Şekil 2:
Alümin + PE ile Yapılan Kimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında Elde Edilen % KOİ Giderim Verimleri

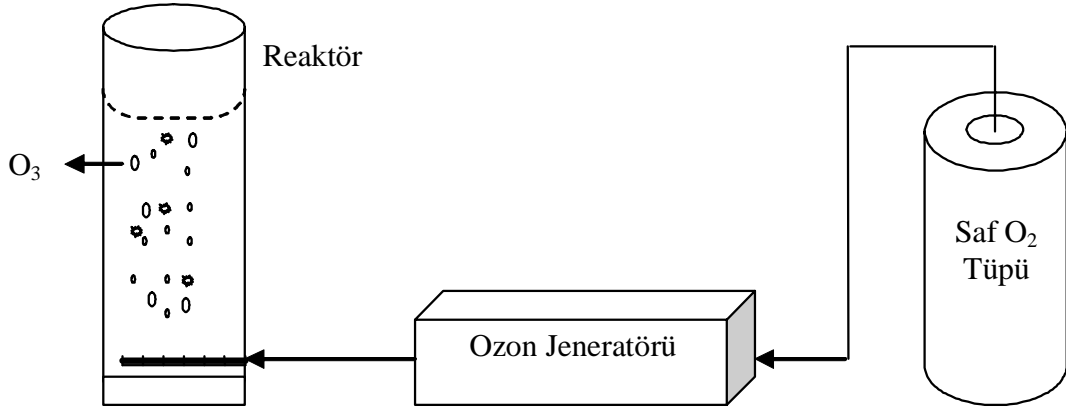


Şekil 3:
PAC ile Yapılan Kimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında
Elde Edilen % KOİ Giderim Verimleri

PAC ile yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda 2500 mg/L PAC dozunda % 59,53 oranında en yüksek KOİ giderme verimi elde edilmesine rağmen, bu doz miktarı yüksek maliyet getireceğinden 1000 mg/L PAC ile elde edilen % 52,33'lük KOİ giderme veriminin uygun olabileceği kanaatine varılmıştır.

2.2. Ozon ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

Ozon kuvvetli bir oksidanttır ve 2,07 eV oksidasyon potansiyeline sahiptir. Ozonlamanın yapılabilmesi için laboratuvar ortamında bir düzenek kullanılmış (Şekil 4) ve bu düzenekte kullanılan ozon jeneratörü ile saf oksijenden ozon üretilmiştir. Ozon jeneratörünün kapasitesi 2 g O₃ / saat'tir (Kestioğlu ve diğ., 2004).

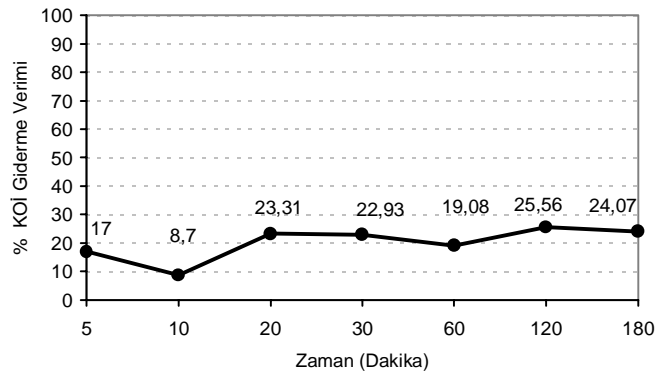


Şekil 4:
Ozon Oksidasyonu Düzeneklerinin Şematik Gösterimi

Fizikokimyasal arıtmadan çıkan atıksudan yaklaşık 2,5 L alınmış, ağzı kapalı ozon jeneratörü ile bağlantısı olan reaktör içerisine konulmuş ve ozon jeneratöründe üretilmiş olan ozon reaktör içerisine 3 saat (2 g O₃ / sa) boyunca dozlanmış ve 1 kg KOİ'nin giderilmesi için 0,51 kg ozona ihtiyaç duyulduğu bulunmuştur. Ozon ile yapılan arıtılabilirlik çalışmaları sonucu alınan örneklerde KOİ analizleri yapılmış, elde edilen KOİ değişimleri Tablo 3'de verilmiş, zamana bağlı olarak % KOİ giderim verimleri Şekil 5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.
Ozon ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları Sonucunda Elde Edilen KOİ Değişimleri

Zaman (Dakika)	KOİ (mg/L)
0	19.600
5	16.268
10	17.895
20	15.032
30	15.105
60	15.860
120	14.591
180	14.883
Giderim Verimi (%)	24,07

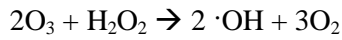
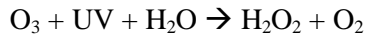


Şekil 5:
Ozon ile Yapılan Kimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında Elde Edilen % KOİ Giderim Verimleri

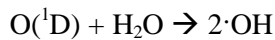
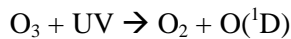
Tablo 3’den de görüldüğü gibi ozon oksidasyonu ile yapılan arıtılabilirlik çalışması başarılı olmamıştır. Bu çalışmada yaklaşık % 24 oranında KOİ giderme verimi elde edilmesine rağmen, bu oran deşarj standardını (KOİ = 200 mg/L) sağlamakta yetersiz kalmaktadır.

2.3. Ozon/UV ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

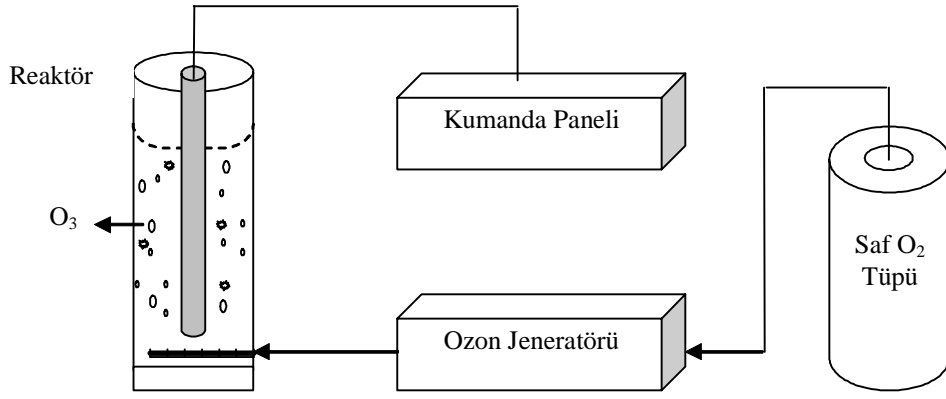
Fotokimyasal proseslerde kullanılan bir diğer yaygın proses ise O₃/UV prosesidir. Bu processte aşağıda verilen reaksiyonlarda görüldüğü gibi; ozonun UV ile sudaki reaksiyonları sonucunda ·OH radikalleri oluşmaktadır.



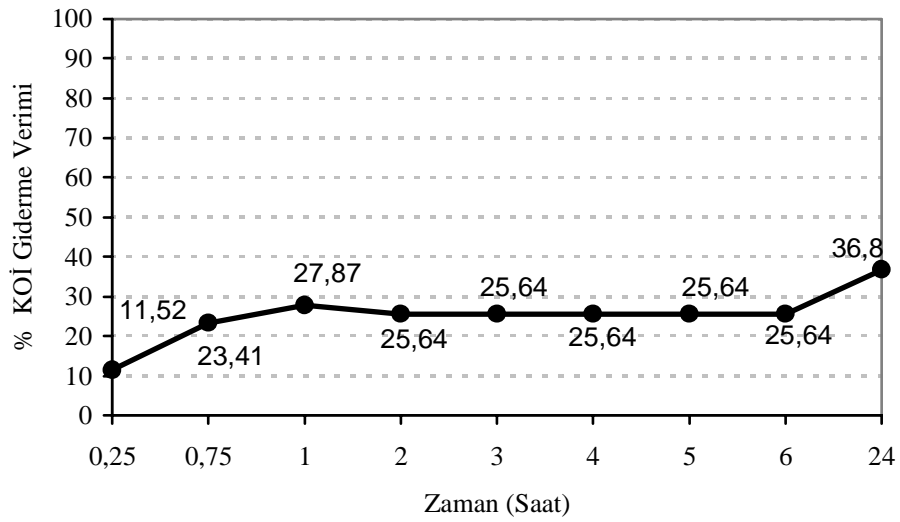
Ozonun bir diğer reaksiyonu da, aşağıdaki denklemlerde görülen tek oksijen (singlet oxygen) atomlu yeni bir radikaldir [O(¹D)]. Bu radikal de suda fotoliz ile ·OH radikalini meydana getirir (Yonar, 2002).



Ozon/UV çalışmasında laboratuvar ortamında kurulan düzenek (Şekil 6) ile, 1,8 L hacme sahip reaktör içerisine 24 saatlik bir periyotta hem 254 nm dalga boyunda, 16 Watt gücünde UV lamba, hem de 250 mg O₃ / sa dozlama yapılarak deneylere devam edilmiştir. Ozon/UV ile yapılan arıtılabilirlik çalışmaları sonucu alınan örneklerde KOİ analizleri yapılmış zamana bağlı olarak % KOİ giderim verimleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 6:
Ozon/UV Düzenekinin Şematik Gösterimi



Şekil 7:
Ozon/UV ile Yapılan Kimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında
Elde Edilen % KOİ Giderim Verimleri

Şekil 7'den de görüldüğü gibi Ozon/UV oksidasyonu ile yapılan arıtılabilirlik çalışması da başarılı olamamıştır. Bu çalışmada yaklaşık % 37 oranında KOİ giderim verimi elde edilmesine rağmen, bu oran deşarj standardını (KOİ = 200 mg/L) sağlamakta yetersiz kalmaktadır.

2.4. GAC Adsorpsiyonu ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

GAC ile adsorpsiyon yönteminde adsorplama kapasitesini belirlemek amacıyla 1000 mg/L PAC kullanılarak yapılan fizikokimyasal arıtma çıkışından alınan numunelerden, sırasıyla 4010, 5280, 10.850 ve 19.600 mg/L KOİ içeren örnekler hazırlanmıştır. Şekil 1'de şematik olarak gösterilen düzenekte, 1 L'lik her bir örneğe 0,5-1 mm boyutunda Jakobi marka GAC ilave edilmiş, 48 saat 80 devir/dak hızla karıştırılmış, karıştırma sonucunda 2 saat dinlendirilmiş ve Wattmann 40 süzgeç kağıdından süzülerek KOİ analizleri yapılmıştır (Kestioğlu, 1990).

Adsorpsiyon sonucunda elde edilen KOİ değerlerinden hareketle (Tablo 4) lineerize edilmiş Langmuir İzoterm grafiği çizilmiştir (Şekil 8). Bu grafikten yararlanarak tekstil atıksularının adsorpsiyonu için adsorplama kapasite değeri $Q^0 = 333,33$ mg KOİ/g GAC olarak bulunmuş, bu adsorplama değeri dikkate alınarak, 200 mg/L KOİ değerine (deşarj standardı) düşürebilecek şekilde adsorplama kolonları boyutlandırılmıştır.

Tablo 4.
Langmuir İzotermi Hesap Değerleri

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	$q_e = (C_o - C_e) / w$	C_e / q_e
4010	2465	77,03	32
5280	3360	96	35
10.850	7610	162	47
19.600	15.300	215	71

$$y = 0,003x + 24,512$$

$$(C_e / q_e) = 1 / (Q^\circ \cdot b) + c / Q^\circ$$

$$R^2 = 0,9995$$

$$1 / Q^\circ = 0,003$$

$$Q^\circ = 1 / 0,003$$

$$Q^\circ = 333,33 \text{ mg KOI / gr GAC}$$

$$1 / (Q^\circ \cdot b) = 24,512$$

$$b = 1 / (333,33 \cdot 24,512)$$

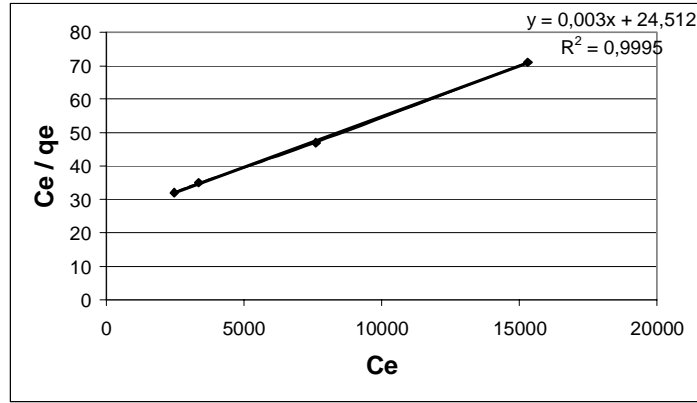
$$b = 0,122 \cdot 10^{-3}$$

C_e : denge durumundaki çözünmüş madde derişimini,

q_e : birim adsorblayıcı madde miktarına karşı adsorblanan madde miktarını,

Q° : Langmuir adsorblama kapasitesini,

b : adsorbsiyon enerjisine bağılı Langmuir sabitini ifade etmektedir.



Şekil 8:
Langmuir İzoterm Grafiği

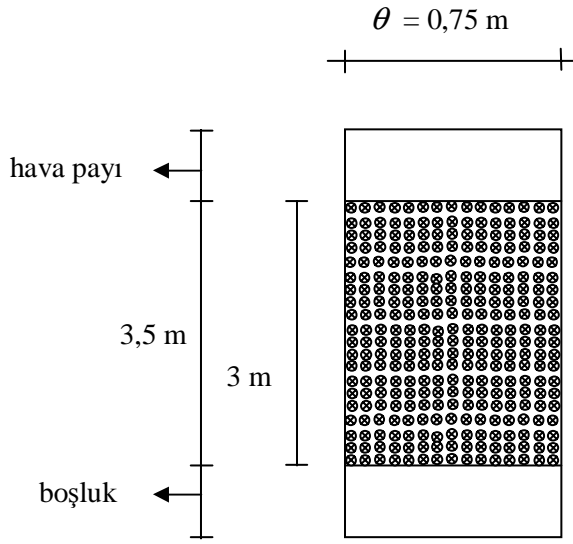
Granül aktif karbon kullanılarak yapılan adsorpsiyon deneyleri sonucunda, deşarj standartlarını sağlayan % 98,98 oranında KOİ giderme verimi elde edilmiş, 50 m³/G debiye göre boyutlandırılan adsorpsiyon ünitesi tasarım değerleri Tablo 5’de verilmiş ve boyutlandırılan adsorplama kolonu Şekil 9’da gösterilmiştir.

Tablo 5.
Adsorpsiyon Ünitesi Tasarım Değerleri

Tasarım Değerleri	Birim	Toplam
Ortalama Debi (Q ₂₄)	m ³ / sa	2,083
Filtrasyon Hızı	m / sa	5 ^a
Adsorplama Kapasitesi (Q ^o)	g KOI/g GAC	0,333
GAC'ın Yoğunluğu	ton / m ³	0,5
Kolon Yüzey Alanı	m ²	0,44
Kolon Çapı	m	0,75
Su Derinliği	m	3
Kolon Derinliği	m	3,5
Kolon Hacmi	m ³	1,54
Kolon Sayısı	adet	6 asıl + 1 yedek
Pompa Sayısı*	adet	1 yedek
KOI Giriş Konsantrasyonu	mg / L	19.600
KOI Çıkış Konsantrasyonu	mg / L	200
KOI Giderim Verimi	%	98,98
Toplam GAC Hacmi	m ³	7,1

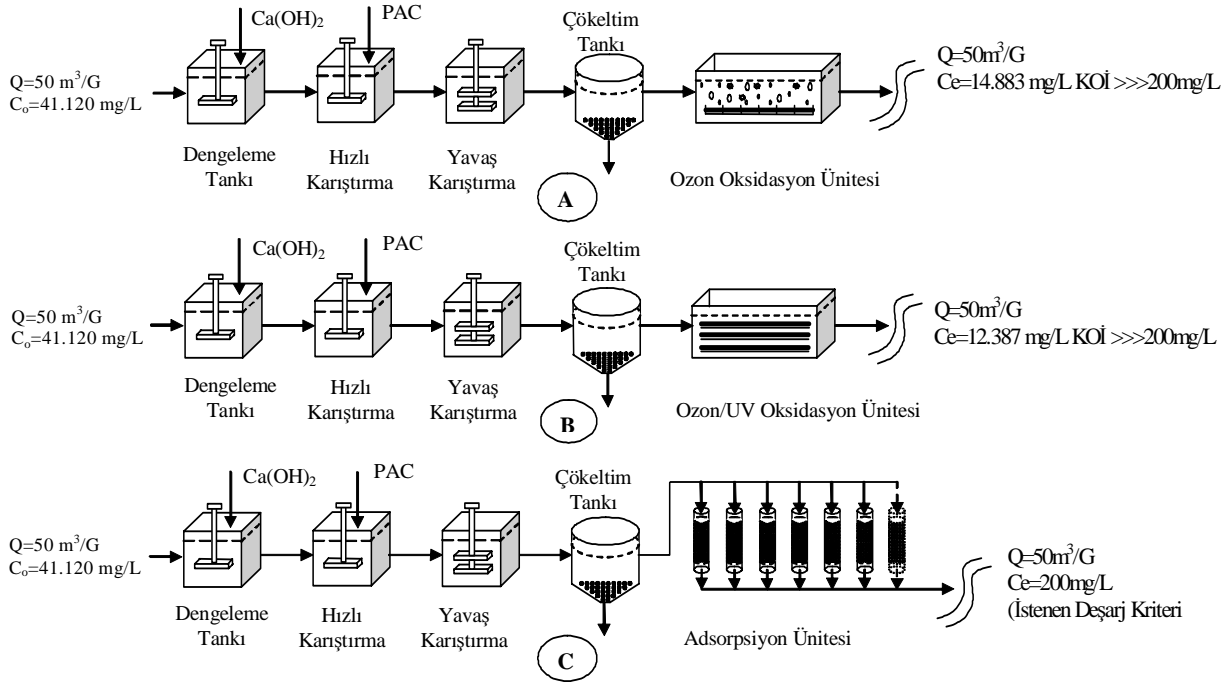
*: Pompa Kapasitesi: 5 m yüksekliğe 3 m³ / sa debi basabilecek pompa gereklidir.

a: Anonymous, 1997



Şekil 9:
Adsorpsiyon Kolonunun Şematik Gösterimi

Bu çalışma kapsamında tekstil endüstrisi atıksuyunu arıtabilmek amacıyla uygulanan yöntemler Şekil 10'da gösterilmiş ve değişik arıtma alternatiflerinde kullanılan kimyasal madde, ekipman ve arıtma verimleri yönünden karşılaştırma ise Tablo 6'da verilmiştir. Kullanılan bu yöntemlerden fizikokimyasal arıtma, ozon oksidasyonu ve ozon/UV oksidasyonunun tek başına veya değişik kombinasyonlarının uygulanmasının yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada arıtılabilirliği araştırılan tekstil atıksuyunda deşarj standartlarında bir arıtmanın sağlanabilmesi için kimyasal arıtma + adsorpsiyon yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir.



Şekil 10:
Tekstil Atıksuyu Arıtma Alternatifleri (A ve B – Deşarj Standardını Sağlamayan,
C – Deşarj Standardını Sağlayan)

Tablo 6:
Değişik Arıtma Alternatiflerinde Kullanılan Kimyasal Madde, Ekipman ve Arıtma Verimleri Yönünden Karşılaştırılması

Arıtılabilirlik Çalışmasında Kullanılan Malzemeler							
Kimyasal Arıtma		Ozon Oksidasyonu		Ozon / UV Oksidasyonu		Adsorpsiyon Yöntemi	
Malzeme	Miktar	Malzeme	Miktar	Malzeme	Miktar	Malzeme	Miktar
Yavaş Karıştırma Ünitesi	1 adet	Ozon Uygulama Tankı	1 adet	Ozon/UV Uygulama Tankı	1 adet	Adsorpsiyon Kolonları	7 adet
Hızlı Karıştırma Ünitesi	1 adet	Ozon Jeneratörü	1 adet	UV Sistemi	1 adet	GAC Hacmi	7,1 m ³
Kimyasal Çöktürme Tankı	1 adet	Uygulanan Ozon Dozu	2 g/sa	Ozon Jeneratörü	1 adet	Adsorplama Kapasitesi	333,33 mg KOİ / g GAC
Uygulanan PAC Dozu	1000mg/L			Ozon Uygulama Dozu	250 mg/sa	Pompa	1 adet
						Pompa Kapasitesi	*
KOİ Giderme Verimi	% 52,33	KOİ Giderme Verimi	% 24,07	KOİ Giderme Verimi	% 36,80	KOİ Giderme Verimi	% 98,98

* Pompa Kapasitesi: 5 m yüksekliğe 3 m³ / sa debi basabilecek pompa gereklidir.

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Boyama, basma ve kumaş endüstrilerinden kaynaklanan tekstil atıksularında bu çalışmada belirtilen yüksek KOİ değerleri bulunmaz. Ancak KOİ değerleri genellikle 5000 mg/L mertebelerindedir ve kimyasal arıtmaya dayalı biyolojik arıtma üniteleriyle istenen deşarjı sağlamaktadırlar.

Bu çalışmada kullanılan atıksu boyama, eritme ve apretan ünitelerinden kaynaklanan bir atıksudur ve KOİ içeriği yüksek olup (41.120 mg/L), biyolojik olarak arıtılması mümkün gözükmemektedir (Toksik olduğu için BOİ ölçümünde sonuç alınamamıştır). Biyolojik arıtma imkanı ortadan kalktığına göre bu atıksuyun kimyasal arıtmaya dayalı olarak ya ileri oksidasyon metotlarıyla (ozon oksidasyonu, ozon/UV oksidasyonu), ya da adsorpsiyon üniteleriyle arıtılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada (Şekil 10A) kimyasal arıtmaya dayalı ozon oksidasyonu ile KOİ değeri % 24,07 oranında arıtılmış, ancak 14.883 mg/L mertebelerine düşürülmüştür. Bu değer deşarj kriterini sağlamadığından ozon oksidasyonunun yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır.

Ozonun oksidasyon gücünü arttırmak için ozon/UV oksidasyon prosesi denenmiş (Şekil 10B) ve KOİ değeri 12.387 mg/L mertebelerine kadar indirilebilmiştir (% 36,80 arıtma verimi sağlanmıştır). Bu değer deşarj kriteri olan 200 mg/L KOİ değerini sağlayamadığından ozon/UV oksidasyon prosesinden vazgeçilmiştir.

Çevre mühendisliğinde tüm atıksular bilimsel yönden arıtılabilmekte, ancak arıtma maliyetleri atıksuyun kirlilik derecesine göre artmaktadır. Bu kural gereği KOİ değeri, 41.000 mg/L mertebelerinde olan bir atıksuyun 200 mg/L deşarj kriterine kadar indirilmesi ancak fizikokimyasal arıtmaya dayalı olarak uygulanan adsorpsiyon prosesleriyle mümkün olabilmektedir (Adsorpsiyon prosesinde 200 mg/L KOİ değeri boyutlandırma kriteridir ve teorik olarak inilebilecek bir değerdir) (Şekil 10C). Ancak sadece adsorpsiyon prosesinin maliyeti yaklaşık olarak 21.000 Euro dolaylarında olduğundan (7,1 m³ GAC hacmi ve adsorpsiyon ünitesinin yapım maliyeti) bu atıksuyun arıtılması için önerilen atıksu akım şeması oldukça yüksek maliyette çıkacaktır.

Kullanılan kimyasal madde, ekipman ve arıtma verimlerini içeren tabloda da (Tablo 6) açıkça görüldüğü gibi en uygun akım şeması, % 99 mertebelerinde KOİ giderimini sağlayan adsorpsiyon prosesini içeren atıksu arıtma tesisi akım şemasıdır (Şekil 10C).

4. KAYNAKLAR

1. Abo-Elela, S.I., El-Gohary, F.A., Ali, H.L. and Abdel Wahaab, RSh. (1988), Treatability Studies Of Textile Wastewater, *Environ. Technol. Letts*, 9: 101-8.
2. Anonymous, (1997) *Water Treatment Plant Design*, McGraw – Hill, Third Edition.
3. APHA, AWWA, WCPF (1998), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition American Public Health Association, Washington D.C.
4. Asfour, H.M., Nassar, M.M., Fadali, O.A. and El-Guendi, M.S. (1985), Color Removal from Textile Effluents Using Hardwood Saw Dust as an Adsorbent, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 35 (A), 28-35.

5. Babu, B.V., Rana, H.T., Karishna, V.R. and Sharma, M., (2000), *C.O.D. Reduction of Reactive Dyeing Effluent from Cotton Textile Industry*, Department of Chemical Engineering, *Journal of the Institution of Public Health Engineers India*, Vol. 2000 (No.4), pp5-11.
6. Best-Pia, A., Mendoza-Roca, J. A., Roig-Alcover, L., Iborra-Clar, A., Iborra-Clar, M.I. and Alcaina-Miranda, M.I. (2002), *Comparison Between Nanofiltration and Ozonation of Biologically Treated Textile Wastewater for Its Reuse in the Industry*, Department of Chemical and Nuclear Engineering, Universidad Politecnica of Valencia, Valencia, Spain.
7. Correia, V.M., Stephenson, T., and Judd S.J. (1994) Characterisation of Textile Wastewaters- A review. *Environmental Technology*, 15, pp.917-929.
8. Germirli, F. (1990a), *The Incremental and Comparison Methods for The Assesment of Initial Soluble Inert COD*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
9. Germirli, F., Orhon., D. ve Tünay, O. (1990b), *Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler- Örnek Tesislerde Uygulama, İTÜ 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu*, İstanbul.
10. Grau, P. (1991), *Textile Industry Wastewaters Treatment*, *Wat. Sci. Tech.*, 24, 97-103.
11. Uddin, A.B.M., Amat Ngilmi, A. S. and Mohd Asri, M. N. (2003), *Effectiveness of Peat Coagulant for the Removal of Textile Dyes from Aqueous Solution and Textile Wastewater*, School of Chemical Sciences, Universiti Sains Malaysia, 11800 Minden, Penang, Malaysia.
12. Kestioğlu, K. (1990), *Fındık Kabuğundan Üretilen Aktif Karbonun Atıksu Arıtımına Uygulanması*, Doktora Tezi, İzmir.
13. Kestioğlu, K., Akal Solmaz, S.K., Yonar, T., Yalılı, M., Şen, M., Üstün, G.E. ve Kırıl, B. (2004), *Çöp Depolama Alanlarından Kaynaklanan Atıksuların (Sızıntı Sularının) Arıtılabilirlik Çalışmaları*, 2001/32 nolu proje nihai raporu, Bursa.
14. Lin, S.H. and Chen, M.L. (1997), *Treatment of Textile Wastewater by Chemical Methods for Reuse*, *Water Res.*, 31:868-76.
15. McKay, G. (1984), *Two-Resistance Mass Transfer Models For The Adsorption of Dyestuffs from Solutions Using Activated Carbon*, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 34 (A), 294-310.
16. Yeh, R.Y., Hung Y.T., Liu, R.L.H., Chiu, H.M. and Thomas, A. (2002), *Textile Wastewater Treatment with Activated Sludge and Powdered Activated Carbon*, *International Journal of Environmental Studies*, Volume 59, 607-622.
17. Yonar, T. (2002), *Fotokimyasal Oksidasyon Yöntemiyle Organik Kirliliklerin Giderilmesi ve Bu Yöntemin Küçük Yerleşim Bölgelerinden Kaynaklanan Atıksulara Uygulanması*, 1. Doktora Tez Gelişim Raporu, Bursa.