

BOYAMADA KULLANILAN YARDIMCI KİMYASAL MADDELERİN REAKTİF BOYAMA ATIK SULARININ OZONLANMASINA ETKİLERİ

*Hüseyin Aksel EREN**

*Pınar KURCAN**

*Pervin ANIŞ**

Özet: Reaktif boyarmaddeler düşük fikse oranları nedeniyle atık suda yüksek seviyede renge neden olurlar. Atık sudan renk giderimi çalışmalarında kuvvetli bir oksidan olan ozon sıklıkla kullanılmaktadır. Ozonlama ile renk gideriminde pH, sıcaklık, ozon dozu ve mekanik karıştırma gibi faktörlerin yanında atık su bileşenleri de son derece önemli bir faktördür. Ozonlama çalışmaları sonuçlarının pratik şartlara uygunluğu açısından rengi giderilecek atık suda boyarmaddenin yanında bulunabilecek diğer kimyasal maddelerin etkilerinin bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada, pratikte uygulanan proseslerde reaktif boyama banyosunda kullanılan alkali, tuz, ıslatıcı, kırık önleyici, köpük kesici ve iyon tutucu gibi yardımcı kimyasal maddelerin ozonlama yoluyla renk giderimi, ozon tüketim oranı ve KOİ giderimine etkisi CI Reactive Yellow 167 boyarmaddesi üzerinde incelenmiştir. Yardımcı kimyasal maddelerin tek tek kullanılmaları durumunda ozonlama ile renk giderimi üzerine belirgin bir etki görülmemiş, 30 dakikalık ozonlama çalışmaları sonucunda çıkış transmittans değeri %80 seviyesinde çıkmıştır. Bununla birlikte yardımcı kimyasal maddelerin tümü bir arada çözeltide kullanıldığında çıkış transmittans değeri %56 seviyesine gerilemiştir. Islatıcı içeren çözeltilerdeki ozon tüketim oranlarının %15-20 daha yüksek olduğu görülmüştür. Islatıcı maddenin atık KOİ yükünü yaklaşık olarak 2,5 kat artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ozon, Renk Giderimi, Reaktif Boyarmadde, Yardımcı Kimyasal Madde, KOİ.

Effects of Dyebath Auxiliaries on Ozonation of Reactive Dyeing Effluents

Abstract: Reactive dyes cause high coloration of the waste water because of their low fixation rates. Waste water decolorisation studies frequently employ ozone owing to its high oxidation potential. Besides other factors such as pH, temperature, ozone dosage and mechanical agitation liquor composition is an important factor for decolorisation by ozone. It is important to know the effect of other chemicals present in the effluent to predict the appropriateness of the ozonation process to actual reactive dyeing effluents. At this study, effects of various reactive dyeing dyebath auxiliaries such as salt, sequestrants, surfactants and defoamers on decolorisation and COD reduction of CI Reactive Yellow 167 has been investigated. Final effluent transmittance values were about %80 and were not affected by individual addition of auxiliaries. However, transmittance decreased to %56 when all auxiliaries were added at the same time. Ozone utilisation ratios %15-20 increased by presence of surfactant. Meanwhile, it was determined that the surfactant presence increased COD values approximately 2,5 times.

Key Words: Ozone, Decolorisation, Reactive Dye, Auxiliaries, COD.

1. GİRİŞ

Tekstil boyama endüstrisi atık suyunun temel karakteristiği olan rengin giderilmesi için ilave tedbirler gerekmektedir. Çünkü klasik arıtma tesisleri atık suyun rengini uzaklaştırmada her zaman yeterli olamamaktadır. Bütün boyarmaddeler aynı oranda problem oluşturmazlar. Boyarmaddelerin yapıları arıtım işlemlerine karşı davranışı belirler. Bunun yanı sıra boyarmaddelerin liflere bağlanma yetenekleri, dolayısıyla atık suda kalan miktarları da farklılık göstermektedir (Cooper, 1993).

Reaktif boyarmaddeler %60-90 fikse oranları ile atık suda en fazla renge neden olan boyarmaddelerdendir (www.p2pays.org). Dahası, reaktif boyarmaddeler bütün lif tüketiminin yaklaşık % 40'ını karşılayan pamuk lifinden yapılmış mamullerin renklendirilmesinde en çok kullanılan boyarmadde sınıfıdır (Aspland, 1993, Shore, 1998, Estur ve Beccera, 2001). Dünyada yıllık 21 milyon tona yakın pamuğun renklendirilmesinde yıllık 120.000 ton reaktif boyarmadde tüketilmektedir (Hutchings, M.G. ve Ebenezer, 2000).

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa.

Reaktif Boyarmaddelerle Boyama

Reaktif boyarmaddeler diğer bütün boyarmaddelerden farklı olarak lif molekülleriyle reaksiyona giren ve liflere normal kovalent bağlarla bağlanabilen boyarmaddelerdir. Bir reaktif boyarmadde *Reaktif - Köprü - Kromofor ve Çözünürlük Sağlayan* gruplardan oluşur.

Boyarmaddenin banyodan life geçişini sağlamak için tuz ve fiksajı sağlamak için alkali kullanımının yanında, nüfuziyeti sağlamak için bir yüzeyaktif madde, kumaş ve çözeltinin hareketi sonucu köpük oluşumunu önlemek amacıyla köpük kesici ve suda bulunabilecek iyonların etkilerini önlemek amacıyla iyon tutucu kullanımı pratik boyama reçetelerinde çok yaygındır.

Ozonlama İle Renk Giderimi

Ozon (O₃) oksijenin üç atom içeren bir allotropudur. Ozonun oksidasyon potansiyeli (2.07 V) başta hidrojen peroksit (1.77 V) olmak üzere tekstil sektöründe kullanılan oksidasyon maddelerinden daha yüksektir. Endüstriyel olarak ozon üretimi için başlıca iki metottan birincisi 185 nm’de UV kullanımı, ikincisi “Corona Discharge” olarak bilinen dielektrik metottur (www.ozoneapplications.com, Strickland ve Perkins, 1995).

Ozonlama ile renk gideriminde etkili olan başlıca faktörler: pH, sıcaklık, mekanik karıştırma, ozon dozu ve atık su bileşenleri olarak sayılabilir.

Ozonun materyal ile reaksiyonu ise pH’a bağlıdır ve direkt (pH ≤ 2) ve indirekt (pH ≥ 7) olmak üzere iki tip mekanizma üzerinden gerçekleşmektedir (Alaton ve diğ., 2002, Hsu ve diğ., 2001). Hidroksil radikallerinin oksidasyon potansiyeli moleküler ozona göre daha yüksek olduğundan indirekt reaksiyonlarda oksidasyon daha hızlıdır (Muthukumar ve Selvakumar, 2004).

Artan sıcaklıkla birlikte ozon çözünürlüğündeki düşmeye karşın reaksiyon hızındaki artış ozonlama etkinliğinin yükselmesine neden olmaktadır (Oğuz ve diğ., 2005, Wu ve Wang, 2001).

Ozonlamada etkinliği sınırlandırıcı faktörlerin başında ozonun gaz fazından sıvı faza transferindeki kütle transferi gelmektedir ve mekanik karıştırma kütle transferini artırarak ozonlama etkinliğini yükseltmektedir (Wu ve Wang, 2001, Saunders ve diğ., 1983, Lin ve Liu, 2003).

Oksidasyon reaksiyonlarını moleküler ozon ya da ozonun reaksiyonlarıyla oluşan radikal türleri verdiği için ozon dozu ya da ozonlama süresi arttıkça ozonlama etkinliği de artmaktadır (Sevimli ve Sarıkaya, 2002, Oğuz ve diğ., 2005, Wu ve Wang, 2001, Koch ve diğ., 2002, Konsowa, 2003, Ciardelli ve Ranieri, 2001).

Atıksu bileşenlerinin etkisi

Ozon ve boyarmadde reaksiyonunun stokiyometrisi önemlidir. Boyarmadde konsantrasyonunun artmasıyla ozonlama etkinliğinin düştüğü bir çok literatürde rapor edilmiştir (Sevimli ve Sarıkaya, 2002, Arslan ve Balcıoğlu, 2000, Lin ve Liu, 2003, Konsowa, 2003, Hsu ve diğ., 2001).

Banyoda bulunabilecek diğer kimyasalların oluşturabileceği başlıca sorun ozonlamada etkiyi sağlayan moleküler ozonun ya da yüksek pH’larda hidroksil radikallerinin bu safsızlıklar tarafından tüketilmesidir ki klor, karbonat ve bikarbonatın hidroksil radikalleri ile reaksiyona girdikleri literatürde rapor edilmiştir (Alaton ve diğ., 2002).

Pamuğun reaktif boyarmaddelerle boyanmasında alkali olarak soda (sodyumkarbonat-Na₂CO₃) ve kostik (sodyumhidroksit-NaOH) kullanılmaktadır. Sodyumkarbonat kullanılması durumunda ortamdaki bikarbonat (HCO₃⁻) ve karbonat iyonlarının (CO₃²⁻) HO• radikalleri ile reaksiyon verdiği rapor edilmiştir (Arslan ve Balcıoğlu, 2000). Bununla birlikte Alaton ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada karbonat ilavesinin pH 7 ve pH 12’de ozonlama etkinliğini artırdığını rapor etmiştir. Bunun nedeni olarak karbonat mevcudiyetinde oluşan bikarbonat ve karbonat radikallerinin reaksiyonlara girmesi gösterilmiştir.

Arslan ve Balcıoğlu (2000)’nun reaktif boyarmaddelerle yaptığı çalışmada tuz (sodyum klorür, NaCl) ve sodyum karbonatın (Na₂CO₃) renk giderimi verimine etkisinin olmadığı, bununla birlikte sodyum karbonatın organik kirlilik uzaklaştırmada engelleyici etkisinin olduğu rapor edilmiştir.

Zhang ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada ise boyama banyosuna katılan yardımcı kimyasalların değil bizzat ticari boyarmadde formülasyonunda bulunan yardımcı kimyasal maddelerin etkisi incelenmiştir ve saflaştırılarak içindeki yan ürünler, tuz ve disperse maddelerinin uzaklaştırıldığı boyarmaddelerde daha etkin renk giderimi rapor edilmiştir.

Atıksu bileşenlerinin ozonlama ile renk giderimine etkisi konusunda incelenen literatürde yukarıda özetlenen çalışmalar bulunsa da reaktif boyama banyosunda pratikte kullanılan yardımcı kimyasalların etkisinin sistematik incelenmesi konusunda eksiklik olduğu görülmektedir. Gerçek atık su arıtılması şartlarında çalışılabilecek en "saf" atık su boyama makinesi çıkışında kanaldaki diğer atıklarla karışmamış olan boyama çözeltisidir ki bunun içerisinde boyarmadde yanında boyama yardımcı kimyasalları olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada ozonlama denemelerin gerçek atık sulara uyarlanmasında önem taşıyan boyama yardımcı kimyasallarının etkisi sistematik şekilde incelenmiştir.

2. DENEYSEL

Materyal

Deneylerde VS + MCT (vinilsülfon + monoklortriazin) reaktif grupları bulunan kromofor grubu azo olan bifonksiyonel CI Reactive Yellow 167 boyarmaddesi kullanılmıştır.

Boyama yardımcı maddeleri;

- Islatıcı: anyonik, aromatik polietil sülfonat (Clairant)
- İyon tutucu: anyonik (Günerca)
- Kırık önleyici: noniyonik, polimer esaslı (Clairant)
- Tuz: Sodyum sülfat (Laykem)
- Soda: Sodyum karbonat (Laykem)
- Kostik: Sodyum hidroksit (Laykem)

Ozon ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizlerinde ise analiz kalitesindeki Merck kimyasalları kullanılmıştır. Bütün deneylerde distile su kullanılmıştır.

Metot

Deneylerde boyama yardımcılarının etkilerini görebilmek için ozonlanacak çözeltiler boyarmadde ile birlikte ayrı ayrı yardımcı kimyasalları içerecek şekilde hazırlanmıştır. Daha sonra bütün banyo yardımcıları içeren bir seri ile de boyama yardımcı maddelerinin ortak etkileri kontrol edilmiştir. Banyoya katılan yardımcı kimyasal maddelerin etkileşimlerini sağlamak için hazırlanan bütün çözeltiler boyama şartlarını sağlayacak şekilde 80°C'da 60 dakika muamele edilmişlerdir. Bütün çözeltiler 1 litre hacminde hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler ve kimyasal madde miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'e göre hazırlanan 1 litrelik çözeltiler 8,7 cm çapında 28 cm yüksekliğinde 1,7 litre kapasiteli bir cam reaktör içerisinde 30 dakika süre ile ozonlanmıştır. 1 litre numune çözeltisinin reaktördeki seviyesi 17,1 cm olarak ölçülmüştür. Ozonlama işlemi ozon jeneratörüne saf oksijen beslenmesiyle üretilen ozon gazının cam reaktördeki çözeltinin tabanından bir difüzer ile çözeltiliye beslenmesi yoluyla yapılmıştır. Bağlantılarda teflon borular kullanılmıştır. Difüzer, gazın küçük kabarcıklar halinde çözeltiliye beslenerek yoğun etkileşimi sağlaması için kullanılmıştır. Deneylerde oksijen tüpü çıkış basıncı 1 bar olarak ayarlanmış ve 1000 ml/dak gaz akış oranında 30 dakika ozonlama yapılmıştır.

Ozon dozunun ölçümü ozon jeneratöründen çıkan ozon/oksijen gazı karışımının 200'er ml %2'lik potasyum iyodür çözeltisi içeren seri bağlı iki gaz yıkama şişesine yönlendirilmesi ve nihayetinde titrasyonla konsantrasyonun belirlenmesi şeklinde standart iyodimetrik metoda (Standard Methods 2350E. Ozon demand/Requirement – Semi-Batch Method, APHA, 1998) göre yapılmıştır.

Tablo I.
Ozonlama deneyleri için hazırlanan boyarmadde çözeltileri

	Boyarmadde RY 167	Sodyum karbonat	Sodyum sülfat	Islatıcı	Kırık önleyici	İyon tutucu	Muamele
1	0,4 g/l	-	-	-	-	-	80°C 60 dak
2	0,4 g/l	15 g/l	-	-	-	-	80°C 60 dak
3	0,4 g/l	15 g/l	10 g/l	-	-	-	80°C 60 dak
4	0,4 g/l	15 g/l	-	1 g/l	-	-	80°C 60 dak
4	0,4 g/l	15 g/l	-	-	0,7 g/l	-	80°C 60 dak
5	0,4 g/l	15 g/l	-	-	-	2 g/l	80°C 60 dak
6	0,4 g/l	15 g/l	10 g/l	1 g/l	0,7 g/l	2 g/l	80°C 60 dak

Ozon tüketiminin ölçümünde belirlenen akış için belirlenen sürede üretilen ve çözüldüden reaksiyon vermeden çıkan ozon miktarının tespiti de yine standart iyodimetrik metoda (Standard Methods 2350E. Ozone Demand/Requirement – Semi-Batch Method, APHA, 1998) göre yapılmıştır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizleri Standard Methods 5220 C: Closed Reflux, Titrimetric Metoduna göre yapılmıştır.

Cihazlar

Ozon jeneratörü	: OPAL OS1 model (Opal Ltd, Ankara)
Numune boyama makinesi	: Dyetech Polybath (Boyap A.Ş., İstanbul)
Spektrofotometre	: Macbeth MS 2020 (NY, Amerika)

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Reaktöre beslenen gazdaki (ozon jeneratöründen ozon/oksijen karışımı gaz çıkmaktadır) ozon konsantrasyonunun tespiti için yapılan analizlerde 1000 ml/dak gaz akışındaki ozon konsantrasyonu $1,92 \pm 0,14$ g/saat olarak tespit edilmiştir.

Çözelti pH'ındaki Değişimler

Çözelti pH'ı ozonlamada etkili faktörlerden birisidir. Bu nedenle tüm deney çözeltilerinin başlangıç (ozonlama işleminden önceki) ve bitiş (ozonlama işleminden sonraki) pH değerleri ölçülmüştür.

Hazırlanan çözeltilerin pH değişim sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Kontrol amaçlı yapılan ve sadece boyarmadde bulunan çözeltilerde ortalama başlama ve ozonlama sonrası bitiş pH değerleri sırasıyla pH 5,90 ve pH 3,88 olarak gerçekleşmiştir. Ortam alkalinitesindeki bu düşme literatürde rapor edilen değerlerle uyum göstermektedir. Bu düşüşün sebebi ozonlama sonucu organik ve inorganik asit anyonlarının oluşmasıdır (Koch ve diğ., 2002).

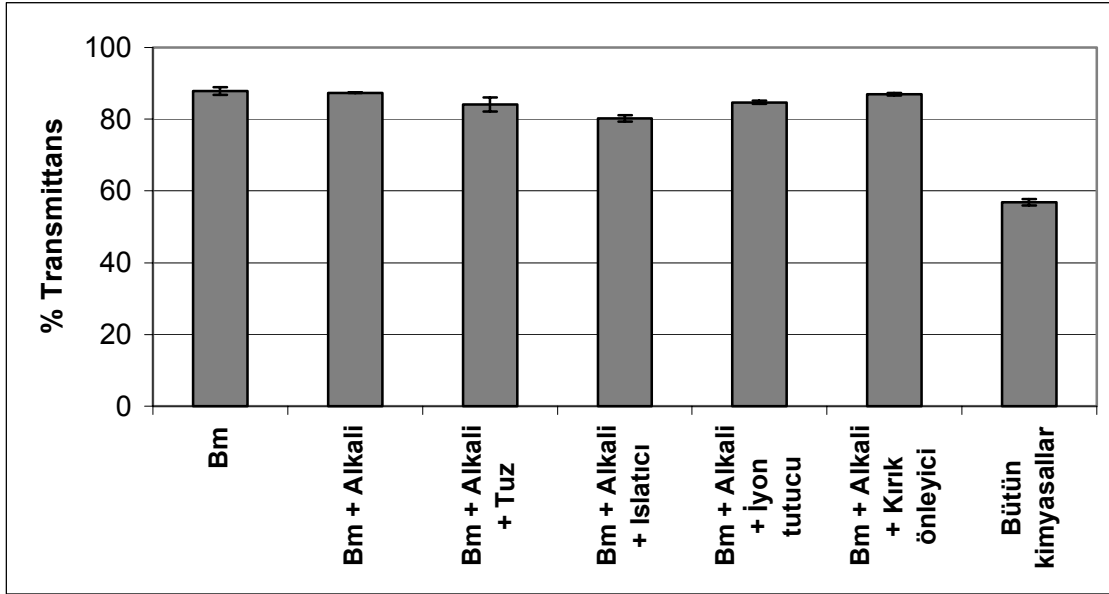
Tablo II.
Boyarmadde çözeltilerinin ozonlama öncesi ve sonrasında pH değerleri.

Çözelti içeriği	pH	
	Giriş	Çıkış
Boyarmadde	5,90	3,88
Boyarmadde + Alkali	11,14	10,98
Boyarmadde + Alkali + Tuz	11,10	11,07
Boyarmadde + Alkali + Islatıcı	11,30	11,05
Boyarmadde + Alkali + İyon tutucu	11,17	11,00
Boyarmadde + Alkali + Kırık önleyici	11,20	11,09
Bütün kimyasallar	10,97	10,79

Alkali ilavesi ile başlama pH'ı 11 seviyesine ayarlanan seriler incelendiğinde 30 dakikalık ozonlama sonrasında pH değerlerinde kayda değer bir değişim olmadığı görülür. Değişim olmamasının nedeni kuvvetli alkali çözeltinin ozonlamada oluşan asit anyonlarının pH'ı düşürmesini baskılamasıdır.

Renk Değişimleri

30 dakika ozonlama süresi sonunda her çözelti için % transmittans değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1:

30 dakika ozonlama sonucu farklı çözeltilerin % transmittans değerler (Bm: boyarmadde, tüm çözeltilerin ozonlama öncesi % transmittans değerleri 0,4 seviyesindedir)

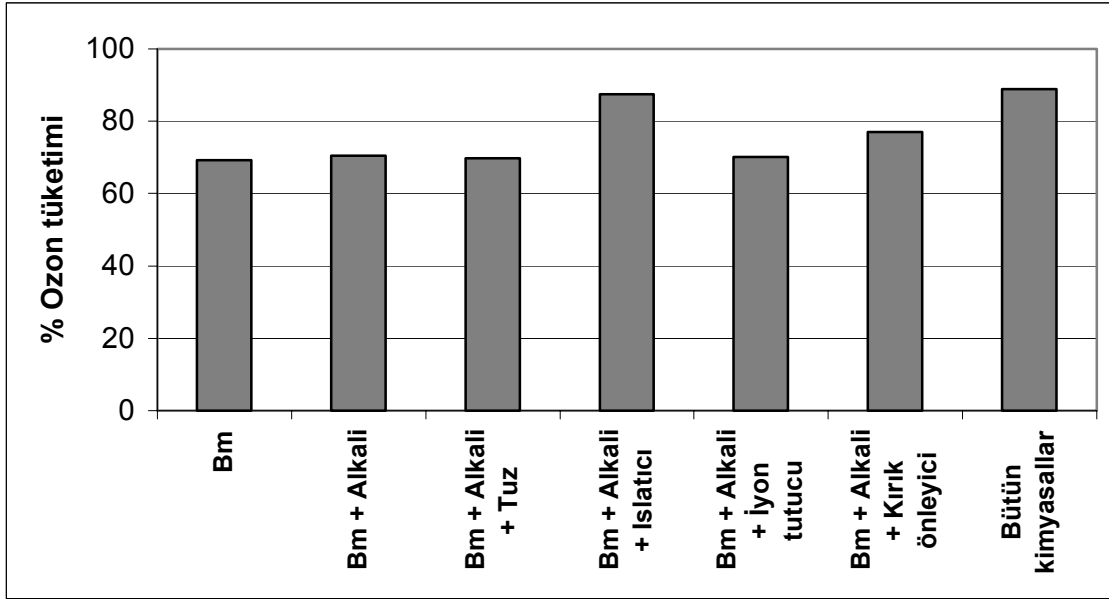
Transmittans değerlerinin artması çözelti renginin azalmasını, yani banyo içerisindeki boyarmaddenin parçalanmış olmasının göstergesidir. Şekil incelendiğinde banyoda sadece boyarmadde bulunması durumu ile farklılık gösteren çözeltinin bütün kimyasalları bir arada içeren çözelti olduğu görülmektedir. Diğer çözeltiler birbirine çok yakın çıkış transmittans değerleri vermiştir.

Yardımcı kimyasal maddelerin tek tek bulunması durumunda ozonlama ile renk giderimi üzerinde fazla etki göstermeyip toplu bulunmaları halinde çıkış transmittans değerlerinde yüksek düşmelere neden olması, bunların sinerjik etki göstermesi ile açıklanabilir. Yalnız boyarmadde içeren birinci çözelti ile boyarmaddenin yanında alkali içeren ikinci çözelti arasında çıkış transmittans farklı olmaması da kayda değer bir durumdur. Çünkü Tablo 2'den görüleceği üzere bu çözeltilerin pH değerleri farklıdır. Ozon reaksiyonları son derece pH bağımlıdır ve direkt (asidik ortam) ve indirekt (alkali ortam) olmak üzere iki tip reaksiyon mekanizması rapor edilmiştir (Alaton ve diğ., 2002, Sevimli ve Sarıkaya, 2002, Hsu ve diğ., 2001). Farklı başlangıç pH değerlerine rağmen çıkış transmittanslarının benzer olması sadece boyarmadde bulunan çözeltideki pH değişimi ile açıklanabilir. Başlangıçta hafif asidik olan boyarmadde çözeltisinin pH değeri ozonlama sırasında iyice asidik hale gelmekte (Tablo 2), dolayısıyla alkali içeren boyarmadde çözeltisiyle yakın renk giderimi sağlanmaktadır (Eren ve diğ., 2007).

Ozon Tüketimi Değerleri

Deneylerde reaktöre beslenen ozon miktarının yanında reaktördeki çözeltiden geçerek çıkan ozon miktarları da ölçülmüş ve çözeltiye beslenen ozon gazının çözeltide hangi oranda tüketildiği hesaplanmıştır. Ozon tüketim oranları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Islatici bulunan ve bütün yardımcı kimyasalları içeren çözeltilerdeki ozon tüketim oranlarının artışı dikkat çekicidir. Her iki çözeltideki ozon tüketim artışında da ozonun ıslatici ile verdiği reaksiyonların yanında çözeltide ıslatici bulunmasından kaynaklanan köpük oluşumunun da payı vardır. Islatici bulunan çözeltilerde difüzerden çözeltiye gaz beslenmesi sonucu reaktördeki çözeltinin üst kısmında oluşan köpük tabakası gazı hapsedtiğinden reaktör çıkışında gaz yıkama şişelerine geçen ozon gazı miktarı azalmış, dolayısıyla gaz yıkama şişelerindeki potasyum iyodür çözeltilerinin titrasyonunda daha düşük ozon miktarları bulunmuştur. Çıkan ozon gazı miktarının azalması da tüketilen ozon miktarlarına artış olarak yansımıştır.



Şekil 2:

Farklı çözeltilerde beslenen ozonun tüketilme oranları

Atık Yüğü Açısından Karşılaştırma

Her çözeltinin başlangıçtaki ve ozonlama sonrası kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri ölçülmüş ve bu değerlerden % KOİ giderimleri hesaplanmıştır. KOİ ölçümleri 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo III.
Boyarmadde çözeltilerinin başlangıç KOİ değerleri ve ozonlama ile % KOİ giderimleri.

Çözelti içeriği	KOİ		
	Başlangıç (mg/l) Ortalama ± SS	Ozonlama ile % Giderim	Giderilen KOİ (mg/l)
Boyarmadde	533 ± 37	24	128
Boyarmadde + Alkali	536 ± 98	52	278
Boyarmadde + Alkali + Tuz	448 ± 169	33	148
Boyarmadde + Alkali + Islatici	1579 ± 242	30	474
Boyarmadde + Alkali + İyon tutucu	704 ± 64	9	63
Boyarmadde + Alkali + Kırık önleyici	704 ± 389	36	253
Bütün kimyasallar	1600 ± 128	13	208

Tablo 3'ten aromatik polietir sülfonat yapısındaki ıslatici maddenin çözelti KOİ değerini dramatik şekilde artırdığı görülmektedir. Bununla birlikte Tablo 3'te verilen mg/l cinsinden giderilen KOİ miktarları arasında en yüksek değer boyarmadde + alkali + ıslatici içeren çözeltilerdir ki Şekil 2'de ozon tüketimi en yüksek olan çözelti olarak ta aynı çözelti görülmektedir. Bu veriler ıslatici bulunan çözeltilerdeki ozon tüketimi artışının yalnızca köpük oluşumundan değil aynı zamanda ıslatici ile ozonun reaksiyonundan da kaynaklandığı kanıtlanmaktadır. Ozonlama ile KOİ değerlerindeki düşüşler kayda değerdir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada CI Reactive Yellow 167 boyarmaddesi bazında reaktif boyama yardımcı kimyasallarının ozonlama ile boyama atık suyu arıtımı üzerine etkisi araştırılmıştır. Boyarmaddenin yanı sıra yardımcı kimyasal maddeler olarak alkali, tuz, ıslatıcı, iyon tutucu ve kırık önleyici kullanılmıştır.

Yardımcı kimyasal maddelerin tek tek kullanılması durumunda ozonlama ile renk giderimi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı, her durumda 30 dakikalık ozonlama sonrası çıkış transmittansı değerlerinin %80 seviyesinde olduğu görülmüştür. Ancak, tüm yardımcı kimyasal maddeler bir arada çözeltiye konulduğunda renk giderimi dramatik şekilde azalmış, çıkış transmittans değeri %56 seviyesine gerilemiştir.

Ozon tüketim oranlarının incelenmesiyle ıslatıcı içeren çözeltilerdeki ozon tüketim oranlarının %15-20 daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak bu artışın tamamı ozonun ıslatıcı ile reaksiyon vermesinden kaynaklanmamıştır. Ozon tüketim oranındaki artışta beslenen ozon gazının ıslatıcı varlığında oluşan köpükte tutulmasının bir etkisi vardır. KOİ değerleri açısından da ıslatıcı maddenin atık KOİ yükünü şiddetli şekilde artırdığı görülmüştür. Islatıcı bulunması durumunda atık KOİ değerleri 2,5 kat civarında artmıştır.

Tüm bu değerlendirmeler göz önünde bulundurularak, boyama adımında aşırı yardımcı kimyasal kullanımından kaçınmak gerektiği, bunun hem renk giderimini olumsuz etkilediği hem de nihai KOİ yükünü arttırdığı sonucuna varılmıştır.

5. AÇIKLAMA

Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Komisyonunca desteklenen *M2003-11* no'lu ve "Reaktif Boyama Atıksularının İleri Oksidatif Metotlar Kullanılarak Dekolorizasyonu" adlı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Alaton, I. A., Kornmüller, A. ve Jekel, M. R. (2002) Ozonation of Spent Reactive Dye-Baths: Effects of $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ Alkalinity, *Journal Of Environmental Engineering*, 128(8), 689-696.
2. Arslan, I. ve Balcioglu, A. (2000) Effect of Common Reactive Dye Auxiliaries on the Ozonation of Dyehouse Effluents Containing Vinylsulphone and Aminochlorotriazine Ring, *Desalination*, 130, 61-71.
3. Aspland, J. R. (1993) Chapter 13: Dyeing Blends: Polyester/Cellulose, *Textile Chemist and Colorist*, 25(8), 21-26.
4. Ciardelli, G. ve Ranieri, N. (2001) The Treatment and Reuse of Wastewater in the Textile Industry by Means of Ozonation and Electroflocculation, *Wat. Res.*, 35(2), 567-572.
5. Cooper, P. (1993) Removing Colour From Dyehouse Waste Waters—A Critical Review of Technology Available, *JSDC*, 109(3), 97-100.
6. Eren, H. A., Kurcan, P. ve Anis, P. (2007) Boyarmadde Hidrolizinin Reaktif Boyama Atıksularının Ozonlama ile Renk Giderimine Etkilerinin Arastırılması, *Tekstil Konfeksiyon*, 17(2):119-125.
7. Estur, G. ve Becerra, C. A. V. (2001) Developments in World Fiber Consumption Pattern: An Overview of 1996 and 2000 FAO/ICAC World Fibre Consumption Survey, www.icac.org.
8. Hsu, Y. C., Chen, J. T. ve Yang, H. C. (2001) Decolorization of Dyes Using Ozone in a Gas-Induced Reactor, *AICHE Journal*, 47(1), 169-176.
9. Hutchings, M. G. ve Ebenezer, W. J. (2000) Super Efficient Dyes for the Coloration of Cotton: The Procion XL+ Range, www.chemsoc.org.
10. Koch, M., Yediler, A., Lienert, D., Insel, G. ve Kettrup, A. (2002) Ozonation of Hydrolysed Azo Reactive Yellow 84, *Chemosphere*, 46, 109-113.
11. Konsowa, A. H. (2003) Decolorisation of Wastewater Containing Direct Dye by Ozonation in a Batch Bubble Column Reactor, *Desalination*, 158, 233-240.
12. Lin, C. C. and Liu, W. T. (2003) Ozone Oxidation in a Rotating Packed Bed, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 78, 138-141.
13. Muthukumar, M. ve Selvakumar, N. (2004) Studies on the Effect of Inorganic Salts on Decolouration of Acid Dye Effluents by Ozonation, *Dyes and Pigments*, 62, 221-228.

14. Oğuz, E., Keskinler, B. ve Çelik, Z. (2005) Ozonation of Aqueous Bomaplex Red Cr-L Dye in a Semi-Batch Reactor, *Dyes and Pigments*, 64, 101-108.
15. Saunders, F. M., Gould, J. P. and Southerland, C. R. (1983) The Effect of Solute Competition on Ozonolysis of Industrial Dyes, *Wat. Res.*, 17(10), 1407-1419.
16. Sevimli, M. F. ve Sarıkaya, H. Z. (2002) Ozone Treatment of Textile Effluents and Dyes: Effect of Applied Ozone Dose, pH and Dye Concentration, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 77, 842-850.
17. Shore, J. (1998) *Blends Dyeing*, Society of Dyers and Colourists Publication, Manchester, U. K.
18. Strickland, A. F. ve Perkins, W. S. (1995) Decolorization of Continuous Dyeing Wastewater by Ozonation, *Textile Chemist and Colorist*, 27(5), 11-15.
19. Wu, J. ve Wang, T. (2001) Ozonation of Aqueous Azo Dye in a Semi-Batch Reactor, *Wat. Res.*, 35(4), 1093-1099.
20. www.ozoneapplications.com.
21. www.p2pays.org, *Textile Industry Sector Notebook Project*, s. 35.
22. Zhang, F., Yediler, A., Liang, X. ve Kettrup, A. (2004) Effects of Dye Additives on the Ozonation Process and Oxidation By-Products: A Comparative Study Using Hydrolyzed C. I. Reactive Red 120, *Dyes and Pigments*, 60, 1-7.

Makale 05.04.2007 tarihinde alınmış, 04.09.2007 tarihinde düzeltilmiş, 04.09.2007 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: H. A. Eren (aksel@uludag.edu.tr).