

**TEKSTİL TERBİYE İŞLETMESİNDE OZON
KULLANIMI ENTEGRASYONU**

Dilek Yıldız



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL TERBİYE İŞLETMESİNDE
OZON KULLANIMI ENTEGRASYONU**

Dilek Yıldız

Doç.Dr. Hüseyin Aksel EREN

Danışman

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BURSA 2012

Her Hakkı Saklıdır.

TEZ ONAY SAYFASI

Dilek Yıldız tarafından hazırlanan ‘‘Tekstil Terbiye İşletmelerinde Ozon Kullanımı Entegrasyonu’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Başkan : Prof. Dr. Behçet Becerir

Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ozan AVINÇ

Pamukkale Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

...../...../.....

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

13/12/2011
İmza
Dilek Yıldız

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL TERBİYE İŞLETMESİNDE OZON KULLANIMI ENTEGRASYONU

Dilek YILDIZ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Aksel Eren

Bu çalışmada ozonun tekstil terbiye işletmelerine entegrasyonunda boyama atık sularının renksizleştirilmesi ve yeniden kullanılması olanakları araştırılmıştır.

Literatürde ozonlamayla renk giderimi konusunda oldukça fazla bilgi birikimi olup bu bilgi birikiminin tekstile entegrasyonunda boya banyolarının geri kazanım tekrar kullanımları önem taşımaktadır.

Ozon, oksijenin 3 atom içeren bir allotropu olup, 2,07 V' luk oksidasyon potansiyeline sahiptir. Ozon gazı endüstriyel ölçekte ozon jeneratörlerinde üretilir. Ozon jeneratörlerinin yerli ve yabancı birçok üreticisi ve birçok modeli ticari olarak mevcuttur.

Ozon gazı endüstriyel olarak; su ve meşrubat şişelemede, gıda endüstrisinde dezenfeksiyon amaçlı, su dezenfeksiyonunda ve atık su arıtımında kullanılmaktadır.

Tekstil boyama atık sularının ozonlama ile renk giderimi üzerine birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Kuvvetli bir oksidan olan ozon yardımıyla atık suyun sadece rengi

uzaklaştırılmamakta aynı zamanda organik kirlilik miktarı da azaltılmaktadır. Rengi giderilmiş atık suyun tekrar kullanımının mümkün kılınması çevresel faydayı arttıracaktır.

Çalışma kapsamında, ilk olarak; pH, sıcaklık, atık su bileşenleri ve ozon dozu gibi proses parametrelerinin ozonlamaya etkisi ve ozonlamanın renk giderimindeki etkinliği deneysel çalışmalar yapılarak incelenmiştir.

İkinci olarak yapılan deneysel çalışmada, Dispers Blue 56, Dispers Blue 60 ve Dispers Blue 79 boyarmaddeleriyle hazırlanmış belirli konsantrasyondaki boyama atık sularına ozonlama yapılarak renk giderimindeki verimleri araştırılmıştır. Deneysel çalışmanın sonucunda boyarmaddelere HPLC analizi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yapılan üçüncü çalışmada, ikinci çalışmada kullanılan üç boyarmaddeden biri olan Dispers Blue 60 boyarmaddesiyle boyama gerçekleştirilmiştir. Yapılan boyamalar sonucunda, boyama atık sularıyla üçerli gruplar oluşturularak ilk grupta ozonla renk gideriminin sağlandığı boya banyosuyla beş tekrarlı boyamalar gerçekleştirilmiş; oluşturulan diğer iki kontrol grubuyla ozonla renk giderimi sonucu geri kazanım tekrar kullanım olanakları karşılaştırılmıştır. Boyamalar sonucunda elde edilen kumaş numunelerinin renk ve haslık sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışma, 00688. STZ. 2010- 2 nolu Tekstil Terbiye İşletmesinde Ozon Kullanımı Ve Entegrasyonu konu başlıklı SANTEZ projesi kapsamında SANTEZ projesi olarak yürütülmüştür. Projede 7 iş paketi mevcut olup bu tezde iş paketlerinden birisi olan ozonla geri kazanım çalışmaları yapılmıştır. Projede kalan iş paketleri ayrı bir doktora tezi olarak sürmektedir.

Sonuç olarak, ciddi bir üretim oranıyla karşımıza çıkan poliesterin boyanmasında oluşan tekstil atık suyunun renginin giderilmesinin ve buradan yola çıkılarak aynı atık suyun tekrarlı kullanımlarının olabileceğini ortaya koyan sonuçlara ulaşılmış, ozonun desteklenecek yeni yöntemlerle tekstilin birçok alanında ekolojik ve ekonomik çözümlere olanak sağlayacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ozon, dispers boyarmaddeler, poliester, poliester boyama, renk giderimi, geri kazanım

2012, xiii + 93 sayfa.

ABSTRACT

MS Thesis

OZONE USE AND INTEGRATION FOR TEXTILE FINISHING INDUSTRY

Dilek Yıldız

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Ozone (O₃) is an allotrope of oxygen with 3 atoms which has an oxidation potential of 2,07 V. Ozone is generated in ozone generators by feeding air usually oxygen into the generator. Ozone generators are available in various models from local or international suppliers. Industrial uses are present in food industry, water treatment and waste water treatment for disinfection purposes.

There are various scientific researches for decolorization of textile dyeing waste waters. With the help of ozone, which is a powerful oxidant, not only the waste water is decolorized but also organic pollution is also reduced.

Within the context of this study, effect of process parameters such as pH, temperature, waste water content and ozone dose on ozonization analyzed with experimental studies.

Findings of the second phase of the study are, efficiency of decolorization with ozonization is high for waste water of textile dyeing, prepared at a specific concentration with Dispers Blue 56, Dispers Blue 60 and Dispers Blue 79. After the experimental studies, HPLC analysis has been done on dyestuffs.

In the third phase of the study, one of the three dyestuffs of second study, Dispers Blue 60, is used for dyeing. With the waste water of dyeing, 3 different groups are prepared, with the first group 5 consecutive dyeing is realized after decolorization with ozone at each step. With the remaining two groups, different ozonization methods are applied to support the decolorization study. After dyeing, color fastness results of fabric samples are compared. Color fastness results of fabric samples for each dyeing shows that this method is generally fine.

The study is conducted as a SANTEZ Project, 00688.STZ.2010-2 Ozone Use And Integration For Textile Finishing Industry. There are 7 different studies in the project and one of them is investigated in this study. Remaining studies are still under research as a Ph.D thesis.

As a result of the study, ozone could be utilized for decolorization and multiple reuse of waste water of polyester dyeing. With new studies, ozone could help finding ecological and economical solutions for textile industry in various areas.

Keywords: Ozone, dispers dyeing, polyester, polyester dyeing, decolorisation, treatment of wastewater, recovery

2012, xiii + 93 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca bana destek olan, tezi hazırlamamda ve bitirmemde bana yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin Aksel EREN' e teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan aileme ve bana desteğini hiç eksik etmeyen sevgili eşim Ali Yoncacılar' a teşekkür ederim.

Dilek YILDIZ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Poliester Liflerinin Tarihçesi	3
2.2. Poliester Lifi Ve Özellikleri	4
2.3. Poliester Liflerinin Elde Edilmesi	6
2.4. Poliester Kumaşların Boyanması	7
2.4.1. Dispers Boyarmaddelerin Özellikleri	7
2.4.2. Dispers Boyarmaddelerin Kimyasal Yapısı	9
2.4.3. Dispers Boyarmaddeler ile Poliester Liflerinin Boyama Mekanizması	11
2.4.4. Poliester Kumaşlara Boyama Sonrası Uygulanan Redüktif Yıkamalar	13
2.5. Ozon Gazının Özellikleri ve Endüstride Kullanımı	15
2.5.1. Ozonun Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri	16
2.5.2. Ozonun Toksikitesi	17
2.5.3. Ozonun Doğada Oluşumu	17
2.5.4. Ozon Gazı Üretimi	19
2.5.5. Ozon Gazının Verdiği Reaksiyonlar	19
2.5.6. Ozonlama Sonucu Oluşan Ürünler	22
2.6. Ozonlama İşlemlerinde Etkin Olan Parametreleri	22
2.7. Ozonun Kullanım Alanları	26
2.8. Ozonun Tekstilde Kullanımı	28
2.9. Tekstilde Ozonlama İle Boyama Atık Sularının Renk Giderimi	28
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	33
3.1. Birinci İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem	33
3.1.1. Birinci İş Paketi İçin Materyal	33
3.1.1.1. Deneysel Çalışma Düzenekleri	33
3.1.1.2. Deneyde Kullanılan Ozon Cihazı	33
3.1.1.3. Renk Ölçüm Cihazı	34

3.1.2. Birinci İş Paketi İçin Yöntem	34
3.1.2.1. 0,1 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltisiyle Çalışma	34
3.1.2.2. 0,1 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma	35
3.1.2.3. 0,1 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma	35
3.1.2.4. 0,1 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergator Ve Köpük Kesici İle Asidik Ortamda Çalışma	35
3.1.2.5. 0,2 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltisiyle Çalışma	36
3.1.2.6. 0,2 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma	36
3.1.2.7. 0,2 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma	36
3.1.2.8. 0,2 g/L Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergator Ve Köpük Kesici İle Asidik Ortamda Çalışma	37
3.2. İkinci İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem	37
3.2.1. İkinci İş Paketi İçin Materyal	38
3.2.1.1. Deneysel Çalışma Düzeni	38
3.2.1.2. Deneyde Kullanılan Ozon Cihazı	38
3.2.1.3. Renk Ölçüm Cihazı	39
3.2.1.4. HPLC Analiz Cihazı	39
3.2.1.5. Deneyde Kullanılan Boyarmaddeler	39
3.2.2. İkinci İş Paketi İçin Yöntem	41
3.2.2.1. 0,1 g/L Konsantrasyonda Dispers Blue 56 Boyarmaddesiyle Çalışma	41
3.2.2.2. 0,1 g/L Konsantrasyonda Dispers Blue 60 Boyarmaddesiyle Çalışma	41
3.2.2.3. 0,1 g/L Konsantrasyonda Dispers Blue 79 Boyarmaddesiyle Çalışma	41
3.3. Üçüncü İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem	42
3.3.1. Üçüncü İş Paketi İçin Materyal	42
3.3.1.1. Deneyde Kullanılan Kumaşlar	42
3.3.1.2. Deneyde Kullanılan Boyarmaddeler Ve Kimyasallar	42
3.3.1.3. Deneyde Kullanılan Ozonlama Cihazı	42
3.3.1.4. Deneyde Kullanılan Renk Ölçüm Cihazı	43
3.3.1.5. Boyarmadde Konsantrasyonu İçin Kullanılan Spektrofotometre	43
3.3.1.6. Boyanan Kumaşların Renk Değerlendirmesi İçin Kullanılan Spektrofotometre	44
3.3.1.7. Deneyde Kullanılan Yıkama Haslığı Test Cihazı	44
3.3.1.8. Deneyde Kullanılan Sürtme Haslığı Test Cihazı	44
3.3.2. Üçüncü İş Paketi İçin Yöntem	44
3.3.2.1. Poliester Kumaşlardan Numune Hazırlanması Ve Ölçümler	44
3.3.2.2. Boyama Banyolarına Uygulanan Ozonlama Yöntemi	45

3.3.2.3. Uygulamalardaki Dispers Boyama Yöntemi	46
3.3.2.4. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Yürütülen	46
3.3.2.5. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Ozonlama Grubu İle Yapılan Uygulama	47
3.3.2.6. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Tam Doz Ekleme Grubu İle Yapılan Uygulama	47
3.3.2.7. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Boyama Banyosundaki Boyarmadde Konsantrasyon Ölçümü Yöntemiyle Boyarmadde İlavesinin Yapıldığı Grup İle Uygulama	48
3.3.2.8. Boyanmış Kumaşlara Uygulanan Redüktif Ard Yıkama Yöntemi	49
3.3.2.9. Ozonlanmış Boya Banyolarına Uygulanan Renk Ölçümü	49
3.3.2.10. Boya Banyolarına Uygulanan Boyarmadde Konsantrasyon Ölçümü Ve Kumaş Tarafından Absorbe Edilen Boyarmadde Miktarının Hesaplanması	49
3.3.2.11. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Renk	50
3.3.2.12. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Yıkama	50
3.3.2.13. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Sürtme	51
4. BULGULAR	52
4.1. Birinci İş Paketi Sonuçları	52
4.1.1. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltiliyle	52
4.1.2. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma	52
4.1.3. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma	52
4.1.4. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergator Ve Köpük Kesici İle Asidik Ortamda Çalışma Sonuçları	52
4.1.5. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltiliyle	53
4.1.6. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma	53
4.1.7. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma	53
4.1.8. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergator Ve Köpük Kırıcı İle Asidik Ortamda Çalışma Sonuçları	53
4.2. İkinci İş Paketi Sonuçları	55
4.2.1. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56 Boyarmaddesiyle Çalışma	55
4.2.2. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 60 Boyarmaddesiyle Çalışma	56
4.2.3. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79 Boyarmaddesiyle Çalışma	56
4.2.4. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79, Dipers Blue 60 ve Dispers Blue 56 Boyarmaddelerinin KOİ Giderimi Sonuçları	57
4.2.5- 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dipers Blue 79 ve Dispers Blue 60 Boyarmaddelerinin Ozonlama öncesi ve sonrası HPLC Analiz Sonuçları	58
4.3. Üçüncü İş Paketi Sonuçları	60
4.3.1. Ozonlama Grubu İle Yapılan Çalışma Sonuçları	60

4.3.1.1. Tekrarlı Boya Banyolarına Uygulanan Ozonla Renk Giderimi Çalışma	61
4.3.1.2. Ozonla Renk Giderimi Uygulamalarının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları	65
4.3.1.3. Ozonla Renk Giderimi Uygulamalarının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Yıkama Haslığı Sonuçları	67
4.3.1.4. Ozonla Renk Giderimi Uygulamalarının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları	68
4.3.2. Tam Doz Ekleme Grubu İle Çalışma Sonuçları	69
4.3.2.1. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalardaki pH Ve Sıcaklık	69
4.3.2.2. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları	70
4.3.2.3. Tam Doz Uygulama Grubunda Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Renk Haslık Sonuçları	72
4.3.2.4. Tam Doz Uygulama Grubunda Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları	73
4.3.3. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grup İle Yapılan Çalışma	74
4.3.3.1. Tekrarlı Boyamalar Sonrası Spektrofotometrede Belirlenen Değerlerle Hesaplanan Banyodaki Boyarmadde Miktarları	74
4.3.3.2. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grup İle Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Renk Ölçüm Sonuçları	78
4.3.3.3. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grup İle Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Renk Haslık Sonuçları	80
4.3.3.4. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grup İle Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları	81
5. TARTIŞMA	82
5.1. Dianix Scarlet XF Dispers Boyarmaddesiyle Çalışma Değerlendirmesi	82
5.2. Dispers Blue 56, Dispers Blue 60, Dispers Blue 79 Boyarmaddeleriyle Çalışma Değerlendirmesi	83
5.3. Dispers Blue 60 Boyarmaddesinin Ozonla Dekolorizasyonu Ve Geri Kazanımı Çalışma Değerlendirmesi	84
6. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Poliesterin Genel Formülü	6
Şekil 2.2. Dispers Boyarmaddelerin A-D Grupları İle Sınıflandırılması	8
Şekil 2.3. Diazo Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu	10
Şekil 2.4. Monoazo Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu	10
Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu	11
Şekil 2.6. Poliesterin Boyanma Mekanizması	12
Şekil 2.7. Ozonun Oluşum Şeması	18
Şekil 2.8. Dielektrik (Corona Discharge) Metoduyla Ozon Üretimi.	19
Şekil 2.9. Ozonun Sulu Çözeltilerdeki Reaksiyonu	20
Şekil 2.10. Ozonun Parçalanma Mekanizması (Radikal tipi zincir reaksiyonlarında başlama, ilerleme ve sonlanma)	20
Şekil 2.11. Ozonun Direkt Reaksiyonu	22
Şekil 2.12. Ozonun İndirekt Reaksiyonu	23
Şekil 2.13. Ozonun Serbest Radikal Reaksiyonları	23
Şekil 2.14. Ozonun Karbonatla Reaksiyonu	24
Şekil 3.1. Dispers Blue 56	40
Şekil 3.2. Dispers Blue 60	40
Şekil 3.3. Dispers Blue 79	40
Şekil 3.4. Poliester Kumaşların Dispers Boyama Grafiği	46
Şekil 4.1. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56 Boyarmaddesinin Zamana Karşı Ozonla Renk Giderimi Değerleri Grafiği	55
Şekil 4.2. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 60 Boyarmaddesinin Zamana Karşı Ozonla Renk Giderimi Değerleri Grafiği	56
Şekil 4.3. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin Zamana Karşı Ozonla Renk Giderimi Değerleri Grafiği	56
Şekil 4.4. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dipers Blue 60 ve Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin KOİ Giderimi Grafiği	57
Şekil 4.5. Dispers Blue 56 Boyarmaddesinin a) Ozonlama Öncesi; b) Ozonlama Sonrası (16. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi	58
Şekil 4.6. Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin a) Ozonlama Öncesi; b) Ozonlama Sonrası (20. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi	59
Şekil 4.7. Dispers Blue 60 Boyarmaddesinin a) Ozonlama Öncesi; b) Ozonlama Sonrası (28. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi	59
Şekil 4.8. Birinci Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Grafiği	61
Şekil 4.9. İkinci Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Grafiği	62

Şekil 4.12. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin DE Değerleri Grafiği	66
Şekil 4.13. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) Kumaştaki Gri Skala Değerlendirme Sonuçları Grafiği	67
Şekil 4.14. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Kuru Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skalada Değerlendirme Grafiği	68
Şekil 4.15. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Yaş Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skalada Değerlendirme Grafiği	68
Şekil 4.16. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin DE Değerleri Grafiği	71
Şekil 4.17. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) Kumaştaki Gri Skala Değerlendirme Sonuçları Grafiği	72
Şekil 4.18. Tam Doz Uygulama Grubuna Yapılan Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Kuru Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skala Değerlendirme Grafiği	73
Şekil 4.19. Tam Doz Uygulama Grubuna Yapılan Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin Yaş Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skala Değerlendirme Grafiği	73
Şekil 4.20. Konsantrasyon Ölçüm Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin DE Değerleri Grafiği	79
Şekil 4.21. Konsantrasyon Ölçüm Yönteminin Uygulandığı Grupta Yapılan Tekrarlı Boyamalarda Üç Kumaş Numunesinin, Multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) Kumaştaki Gri Skala Değerlendirme Sonuçları Grafiği	80
Şekil 4.22. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Gruptaki Tekrarlı Boyamalarda Kumaş Numunesinin Kuru Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skala Değ. grafiği	81
Şekil 4.23. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Gruptaki Tekrarlı Boyamalarda Kumaş Numunesinin Yaş Sürtme Haslık Sonuçlarının Gri Skala Değ. grafiği	81
Şekil 5.1. Farklı Ortamlardaki Boya Banyolarının Ozonlanma Sonucu 30. Dakikadaki Renk Değerleri (Hazen) Grafiği	82
Şekil 5.2. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dispers Blue 60, Dispers Blue 79 Boyarmaddelerinin Zamana Karşı Ozonla Renk Giderimi Değerleri Karşılaştırması Grafiği	84
Şekil 5.3. Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin Ozonla Paçalanması Ve Oluşan Ürün	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ozonun Fiziksel Özellikleri	16
Çizelge 4.1. Dianix Scarlet XF (0,1g/l) Boyarmaddesinin Belirlenen Ortamlarda Ozonla Renk Giderimi Değerleri Çizelgesi	52
Çizelge 4.2. Dianix Scarlet XF (0,2g/l) Boyarmaddesinin Belirlenen Ortamlarda Ozonla Renk Giderimi Değerleri Çizelgesi	53
Çizelge 4.3. Birinci Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Tablosu	61
Çizelge 4.4. İkinci Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Tablosu	62
Çizelge 4.5. Üçüncü Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Tablosu	63
Çizelge 4.6. Dördüncü Boyama Sonrası Ozonlanan Grup Renk Değerleri Tablosu	64
Çizelge 4.7. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları Tablosu	65
Çizelge 4.8. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalardaki pH Ve Sıcaklık Sonuçları Tablosu	69
Çizelge 4.9. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları Tablosu	70
Çizelge 4.10. Birinci Boyama Sonrası Boyama Atık Suyunun Konsantrasyon	75
Çizelge 4.11. İkinci Boyama Sonrası Atık Suyun Konsantrasyon Ölçüm Değerleri	76
Çizelge 4.12. Üçüncü Boyama Sonrası Boyama Atık Suyunun Konsantrasyon	76
Çizelge 4.13. Dördüncü Boyama Sonrası Boyama Atık Suyunun Konsantrasyon	77
Çizelge 4.14. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grubun Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları Tablosu	78

1. GİRİŞ

Birçok tekstil üretim işletmesinin yaşayabilmesi mevcut kaynakları en ideal şekilde kullanmasına bağlıdır. Suyun çok önemli doğal bir kaynak olduğu düşünülürse, tekstil atık sularındaki rengin ekonomik olarak elimine edilmesi veya azaltılması bu önemli kaynağın ideal şekilde kullanılması ve çevreye verilen zararın azaltılması anlamına gelmektedir.

Rengin, işletmelerin diğer bölümlerinden gelen atık sularla karışmadan önce kaynağında giderilmesi, suyun işletme içerisinde boyama ve diğer proseslerde tekrar kullanımını mümkün kılar. Böylece çevreye duyarlı bir üretim yapılabilir.

Tekstil mamullerinde renklendirme ticari başarı için anahtar faktördür. Bunun yanında mamul üzerindeki rengin yıkama, ışık, kuru temizleme, ter v.b. dış faktörlere dayanımının, yani haslıkların yüksek olması amacıyla boyarmadde yapılarında yapılan modifikasyonlar bu boyarmaddelerin geleneksel atık su arıtım sistemlerine karşı da dayanım göstermelerine neden olmuştur. (O' Neill ve diğ.,1999,Cooper,1993)

Artan çevresel duyarlılık ve yeni kuralların oluşturulması ile birlikte atık su arıtımında atık suyun renginin de azaltılması üzerine bir görüş oluşmuştur. Atık suda kalan boyarmadde düşük bir toksite gösterir, aslında atık sulara uygulanan renk limitleri toksite kaygılarından değil, estetik kaygılardan doğmuştur. (O' Neill ve diğ.,1999)

Bununla birlikte atık sudan nehirlerle geçen rengin gün ışığını filtrelemesi ve besin zincirinde kırılmalara neden olması muhtemel riskler arasındadır. (Aniş ve Eren, 1998)

Bütün boyarmaddeler aynı oranda problem oluşturmazlar. Boyarmaddelerin yapıları arıtım işlemlerine karşı davranışı belirlediği gibi boyarmaddelerin liflere bağlanma yetenekleri, dolayısıyla atık suda kalan boyarmadde miktarları da farklılık göstermektedir. (Cooper, 1993)

Dünya lif tüketiminin % 40'ını pamuk ve % 30'unu poliester liflerinin oluşturduğu tahmin edilmektedir. (www.icac.org, Perepelkin, 2001)

Pamuklu mamullerin renklendirilmesinde en çok reaktif, poliesterin boyanmasında neredeyse tamamen dispers boyarmaddeler kullanılmaktadır. (Aspland, 1993)

Tekstil işlemlerinde ozon gazlı arıtım uygulamaları üzerine yapılan araştırmalar ilerleyen yıllarla birlikte devam etmektedir. Tekstil sektörünün birçok alanında ozon gazı sayesinde yapılacak radikal değişiklikler üzerine yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Ozon gazıyla yapılan uygulamaların avantajları sayesinde tekstil sanayinde büyük atılımlar yapmak, çevresel kirlenmenin önüne geçilerek ekolojik dengenin korunmasına yardımcı olmak, su ve enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.

Ozonlama uygulamalarında, öncelikle gıda ve tıbbi malzemelerin sterilizasyonu işlemleri, ardından çevresel yükü fazla olan atık suların arıtılması ve tekstil atık sularının dekolorizasyon işlemleri yapılmıştır. Yakın geçmişte de pamuklu, yünlü, poliester ve nylon kumaşların ozonla ön terbiyesi ve poliester kumaşların boyama işleminin ardından ozonla ard yıkama işlemleri gibi ozonla ilgili pek çok umut verici araştırma hala devam etmektedir. (Eren, 2006)

Çevresel amaçlarla gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmekte olan çoğu uygulamanın yeni çevre dostu prosesleri oluşturmasında, yeni yöntemlerin kullanılabilirliklerinin araştırılması çok önemlidir. (Bahtiyari, 2009)

Yapılan bu çalışmada tekstil atık sularının önemli bir oranını oluşturan dispers boyamaların oluşturduğu atık suyun ozonla renk giderimi çalışmaları yürütülerek, aynı çalışma içerisinde tekrarlı boyama uygulamaları denenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışma, 00688. STZ. 2010- 2 nolu Tekstil Terbiye İşletmesinde Ozon Kullanımı Entegrasyonu konu başlıklı proje kapsamında SANTEZ projesi olarak yürütülmüştür. Yürütülen SANTEZ projesinde 7 iş paketi bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında bu iş paketinin birinci iş kapsamında yer alan çalışmalar yürütülmüştür.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Poliester Liflerinin Tarihçesi

J.R.Whinfield ve J.T.Dickson 1939-1941 yılları arasında teraftalik asit ve etilen glikolün kondenzasyonu sonucu polietilen teraftalati bulmuşlar ve bundan da poliester lifini üretmişlerdir. 2. Dünya savaşından sonra İngiltere’de I.C.I. firması Terylene ve Amerika’da Du-Pont firması Dacron lifini ilk ticari poliester lifi olarak piyasaya sürmüşlerdir. 1950’li yıllardan sonra poliester lifi üretiminde büyük artışlar olmuş ve poliesterin modifiye edilmesi sonucu diğer çeşit lif türleri üretimi de hız kazanmıştır. 1960’lı yıllardan sonra yapılan bütün çalışmalar, poliester boyanması için gerekli boyarmadde, yeni boyama teknikleri, yardımcı kimyasal maddeler ve yeni modifiye poliester lifleri bulmak için yoğunlaştırılmıştır. Poliester lif üretimi ile ilgili teknolojilerin artmasıyla birlikte dünya çapında gözle görülebilir bir üretim artışı yaşanmış ve uygulama alanında yünle karıştırılmaya en elverişli niteliklere sahip poliester lifleri, sentetik lifler arasında en çok üretilen ve tüketilen lifler arasında yerini almıştır. Poliester lifleri diğer liflerle yapılan karışımlara çok iyi uyum sağlamak ve özellikle de pamuk, yün, viskoz rayonu ile çok iyi sonuçlar vermektedir. Bu karışımlardan elde edilen ürünler mükemmel özellikler veren popüler ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bütün bu iyi özelliklerin yanı sıra; poliester lifinin sahip olduğu tutum ve kabarıklığın yün kadar iyi olmaması, yüksek derecede boncuklaşma eğiliminde olması, boyama ve baskı uygulamalarında parlak-derin koyuluktaki renklerin ve iyi derecede haslıkların elde edilebilmesi için yüksek derecede sıcaklık gerektirmesi poliester içeren mamullerin üretimi sırasında karşımıza çıkan zorluklardır.

Poliester liflerinin enine kesitleri genellikle yuvarlaktır; fakat özel amaçlarla üretilen bazı liflerin kesitleri düze formuna göre değişik olabilmektedir. Poliester liflerinin yüzeyleri pürüzsüz olup, cam çubuğa benzerler ve mikroskop altında renklendirilmiş olanlar pigment içerdiklerinden lekeli ve benekli görünürler. (Harmancıoğlu, 1991)

Poliester liflerinin, ortalama polimerizasyon dereceleri poliesterin cinsine ve üretim koşullarına göre farklılık göstermekle beraber 100- 350 civarında olmaktadır. Elektron dağılımı ve hareketliliği sonucu meydana gelen, Van der Waals Kuvvetleri, Hidrojen köprüleri, Dipol Yönlenme Kuvvetleri ve endüksiyon Kuvvetleri poliester liflerinin makro moleküler yapısında yer alan ikincil çekim kuvvetleridir. (Tarakçıoğlu, 1986)

Poliester lifleri yüksek derecede kristalin bölge içerdiklerinden, yoğunluğu bazı doğal ve yapay liflerle karşılaştırıldığında daha yüksektir (1,36- 1,45 gr/cm³). Yoğunluk değeri kristalin bölge oranı ile değişmektedir. Yüksek kristalin bölge içerdikleri için, erime sıcaklıkları 256 °C ve (Tg) camlaşma sıcaklıkları 79 °C'dir. (Tarakçıoğlu, 1986; Baser, 1992)

Poliester liflerinin mukavemetleri üretim şekillerine bağlı olarak değişmekle beraber, oldukça yüksektir. Genellikle filament halinde olan standart poliester liflerinde, kuru halde mukavemet 4-5 gr/denye iken, ıslak halde mukavemetleri değişmez. Yüksek mukavemetli liflerde ise mukavemet, yaş ve kuru hallerde 6,4-8,0 gr/ denye arasında, stapel liflerde ise 5,5-6,5 gr/denye arasında olur.

Poliamidten az, pamuk ve rayondan daha fazla elastiktir. Uzama yetenekleri standart liflerin filament ve stapellerinde değişiktir. Genellikle standart filamentlerde uzama oranı % 15-30, stapel liflerinde ise bu yetenek % 30-50 arasındadır. (Harmancıoğlu, 1991)

Termoplastik etkiler nedeniyle 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda poliester liflerinin büzülme göstermesinden dolayı, kaynar yıkama ve ütöleme işlemlerinde dikkat edilmelidir. (Baser, 1992)

2.2. Poliester Lifi Ve Özellikleri

Poliester liflerinin enine kesitleri genellikle yuvarlaktır; fakat özel amaçlarla üretilen bazı liflerin kesitleri düze formuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Poliester liflerinin yüzeyleri pürüzsüz olup, cam çubuğa benzerler ve mikroskop altında

renklendirilmiş olanlar pigment içerdiklerinden lekeli ve benekli görünürler. (Harmancıoğlu, 1991)

Poliester liflerinin, ortalama polimerizasyon dereceleri poliesterin cinsine ve üretim koşullarına göre farklılık göstermekle beraber 100- 350 civarında olmaktadır. Elektron dağılımı ve hareketliliği sonucu meydana gelen, Van der Waals Kuvvetleri, Hidrojen köprüleri, Dipol Yönlenme Kuvvetleri ve endüksiyon Kuvvetleri poliester liflerinin makro moleküler yapısında yer alan ikincil çekim kuvvetleridir. (Tarakçıoğlu, 1986)

Poliester lifleri yüksek derecede kristalin bölge içerdiklerinden, yoğunluğu bazı doğal ve yapay liflerle karşılaştırıldığında daha yüksektir (1,36-1,45 gr/cm³). Yoğunluk değeri kristalin bölge oranı ile değişmektedir. Yüksek kristalin bölge içerdikleri için, erime sıcaklıkları 256 °C ve (Tg) camlaşma sıcaklıkları 79 °C dir. (Tarakçıoğlu, 1986; Baser, 1992).

Poliester liflerinin mukavemetleri üretim şekillerine bağlı olarak değişmekle beraber, oldukça yüksektir. Genellikle filament halinde olan standart poliester liflerinde, kuru halde mukavemet 4-5 gr/denye iken, ıslak halde mukavemetleri değişmez. Yüksek mukavemetli liflerde ise mukavemet, yaş ve kuru hallerde 6,4-8,0 gr/ denye arasında, stapel liflerde ise 5,5- 6,5 gr/denye arasında olur.

Poliamidten az, pamuk ve rayondan çok elastiktir. Uzama yetenekleri standart liflerin filament ve stapellerinde değişiktir. Genellikle standart filamentlerde uzama oranı % 15- 30, stapel liflerinde ise bu yetenek % 30-50 arasındadır. (Harmancıoğlu, 1991)

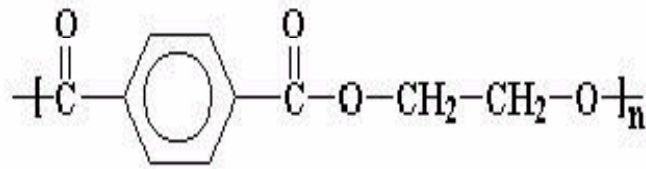
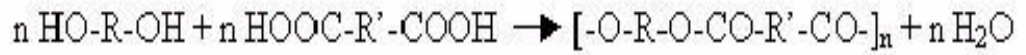
Hidrofob yapıda olduklarından normal şartlarda nem miktarı %0,4'tür. Rutubet liflerin mukavemetlerine, uzamalarına etki etmemektedir.

Termoplastik etkiler nedeniyle 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda poliester liflerinin büzülme göstermesinden dolayı, kaynar yıkama ve ütöleme işlemlerinde dikkat edilmelidir. (Baser, 1992)

Az rutubet absorbe etmesi nedeniyle elektrik iletkenliđi dūşüktür. Poliesterin statik elektriklenme özelliđi olduđundan, çok çabuk kirlenir. Güve, zararlı böceklerden, küf ve mantar gibi mikroorganizmalardan zarar görmezler.

2.3. Poliester Liflerinin Elde Edilmesi

Poliester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile dikarboksilik asidin kondenzasyon ürünü olan uzun zincirli polimerlere verilen isimdir. Bu zincirde ester (-CO-O-) grubu çok sayıda tekrarlanır.



Şekil 2.1. Poliesterin Genel Formülü (Baser, 1992)

Şekil 2.1’de görülen zincirde kullanılan R ve R’ alifatik yapıda olduğu zaman polimerin erime noktası düşük olduğu için tekstilde kullanılamazlar. Tekstilde kullanılabilen polimerin elde edilebilmesi için kullanılan aromatik yapıdaki bileşenlere göre farklı yapıda poliesterler elde edilir. Tekstilde kullanılan üç farklı tipte poliester bulunmaktadır. Bunlar;

1. PET (polietilen-tereftalat) lifleri
2. PCDT (polisikloheksil-dimetilen-tereftalat) lifleri
3. PET poliesterlerinin modifiye edilmesi ile elde edilen modifiye poliester lifleri (Baser, 1992)

Poliesterin, farklı hammaddelerden çıkılarak farklı tiplerde üretimi olmasına rağmen dünyada en yaygın olarak üretilen tipi tereftalik asit-etilen glikol reaksiyonuna dayanmaktadır. (Reichert, 1998)

2.4. Poliester Kumaşların Boyanması

Poliester liflerinin, yüksek kristalinite ve belirgin hidrofob özellik göstermeleri nedeniyle büyük moleküllü boyarmaddeler elyaf içine kolay nüfuz edemezler. Ayrıca, elyaf, kimyaca aktif grup içermediği için boyarmadde anyon ve katyonlarını da bağlayamaz. Bu nedenlerle, poliesterin boyanması için hidrofil boyarmaddeler uygun değildir. Dispers, bazik, pigment, küp, küp leuko ester ve inkişaf boyarmaddeler, poliester liflerinin boyanmasında kullanılacak boyarmadde sınıflarıdır. Poliesterin boyanmasında en fazla kullanılan boyarmadde sınıfı %95'i aşan bir payla dispers boyarmaddelerdir. (Tarakçıoğlu, 1974)

2.4.1. Dispers Boyarmaddelerin Özellikleri

Dispers boyarmaddeler başlangıçta selüloz asetat ve selüloz triasetat liflerinin boyanması için 1920'lerde geliştirilmiş olsalar da, bu boyarmaddeler şu anda özellikle poliester ve poliester karışımlarının boyanması için kullanılmaktadır. Bunlar, sentetik lifler için en önemli boyarmadde sınıfını temsil etmektedir ve poliamid, akrilik, modakrilik, poliolefin ve polivinilklorür liflerinin boyanması için de kullanılmaktadırlar. (Vigo, 1994)

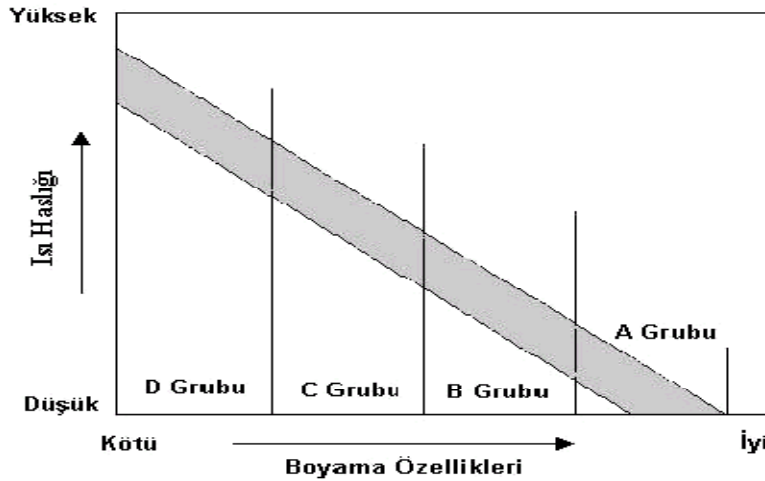
Bugün yaklaşık 250'si Colour Index (CI) numarası ile adlandırılmış 750'ye yakın dispers boyarmadde bulunmaktadır. Bu boyarmaddelerin % 30'a yakını mavi, % 25'i kırmızı, % 20'si sarı, % 8'i viole ve oranj ve % 3'ü kahverengi renklerini vermektedir.

Dispers boyarmaddeler oda sıcaklığında suda çözünmeyen, non-iyonik, küçük parçacıklı ve hidrofobik liflere substantiviteye sahip boyarmaddelerdir. Bunların liflere fiksaj özellikleri parça boyutlarına, uniformiteye ve boya dağıtıcılarının yapısına dayanmaktadır. Dispers boyarmaddeler liflere, az miktarda çözünmüş boyarmadde içeren küçük tanecikli dispersiyonlar halinde uygulanırlar. (Nunn, 1979; Aspland 1992)

Boyarmaddelerin çözünürlüğü boyarmaddenin formülasyonu ve kimyasal yapısı tarafından belirlenmektedir.

Dispers boyarmaddeler katı halden gaz fazına geçme olarak adlandırılan süblime olma özelliğine sahip tek boyarmadde sınıfıdır.

Dispers boyarmaddeler kimyasal yapılarına bakılmaksızın, ışık ve ısı/süblimasyon haslıklarına ve toplam boyama özelliklerine göre 4 grupta (A-D) sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma 1973'te ICI tarafından önerilmiştir ve şu anda da geniş ölçüde kullanılmaktadır. Şekil 2.2'de görülen bu gruplandırmada, boyarmaddeler düşükten yükseğe doğru enerji tipleri ile de ilişkilidir. Şekilde, bütün dispers boyarmaddeler özelliklerine göre taralı alan içindeki boyama ve ısı haslığına sahiptirler. A grubu, zayıf süblimasyon karakterine fakat uygun ışık haslıkları ve mükemmel boyama özelliklerine sahiptir. B grubu, iyi ısı ve ışık haslığına sahiptir ve carrier boyama için oldukça uygundur. C grubu, B grubuna benzerdir; fakat daha üstün ısı veya süblimasyon haslığına sahiptir ve D grubu zayıf boyama özelliklerine fakat son derece iyi süblimleşme karakterine sahiptir.



Şekil 2.2. Dispers boyarmaddelerin A-D grupları ile sınıflandırılması (Vigo, 1994)

Poliester materyallerde ısıl işlem sonucunda dispers boyarmaddeler lif yüzeyine doğru hareket ederler ve eğer yüzeyde hidrofobik bitim kimyasalı bulunuyorsa, boyarmaddeler lif dışına çıkıp oluşan bu film tabakası içerisinde çözünebilmektedirler. Bu durumun

oluşması veya lif yüzeyinde fazla boyarmadde kalması yaş haslığı, yıkama haslığı, süblimasyon haslığı ve kuru temizleme haslığını düşürerek rengin donuklaşmasına neden olur. (Aspland,1992)

Dispers boyarmaddeler ortam pH'ına karşı oldukça hassastırlar. Ortam pH'ı nötrden alkaliye doğru kaymaya başladığında boyarmadde hidroliz olmaya başlar ve hidroliz olan dispers boyarmadde, poliester liflerine karşı farklı afinite gösterdiğinden farklı tonda yer alır. Boyamanın alkali ortamda yapılması durumunda, hidroliz olayını engellemek için boya banyosuna uygun tampon sisteminin kullanılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca pH' ın 5'i geçtiği bazı durumlarda boyama ortamında metal iyonları varsa, bazı azo dispers boyarmaddelerde renk kaybı oluşmaktadır.

Poliester liflerinin boyanması sırasında, dispers boyarmadde ile boyayı dispers durumda tutmak için banyoda dispersiyon ajanlarının da bulunması gerekmektedir. Dispersiyon ajanları dispersiyon stabilitesini yani boyama işlemi boyunca boya partiküllerinin stabil dispersiyonunu ve boya dağılımını sağlamak amacıyla kullanılırlar.

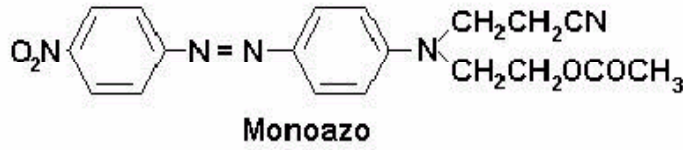
2.4.2. Dispers Boyarmaddelerin Kimyasal Yapısı

Kullanılan en önemli dispers boyarmaddelerin kimyasal tipleri monoazo, antrakinon ve diazo yapılarıdır. Bu üç tipteki kimyasal yapı kullanılan boyarmaddeler, tüm dispers boyarmaddelerin toplamının % 85'ini oluşturmaktadır. Kalan % 15 metin, sitiren türevleri, aroylebenzimidazoles, quinonaphtholes, aminpapthylimides ve naphtholquinonemines' dir. (Vigo, 1994)

Dispers azo boyarmaddelerin yaklaşık % 10'u diazo (Şekil 4.3) ve % 50'si monoazo (Şekil 4.4) boyarmaddelerdir. Monoazo boyarmaddeler, düşük molekül ağırlıklı ve non-iyonik yapıdadırlar. (Aspland, 1992; Vigo, 1994)



Şekil 2.3. Diazo Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu (Vigo, 1994)



Şekil 2.4. Monoazo Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu (Vigo, 1994)

Dispers azo boyarmaddeler yapılarındaki benzen halkasında özel bileşenler ve heterokromatik diazo bileşikleri kullanılarak farklılaştırılmaktadır. Dispers boyarmaddelerin sentezinde diazo ve kenetleme bileşeni olarak heterosiklik bileşiklerin kullanılması son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu dispers azo boyarmaddeler parlak mavi ve kırmızı renkler verirler ve zayıf renk veren dispers antrakinonlarla karşılaştırıldığında avantajlı sayılmaktadırlar. (Vigo, 1994)

Günümüzde kullanılan dispers boyarmaddelerinin % 25'i α -yerinde elektron donör grup taşıyan antrakinon bileşikleridir (Şekil 2.5). Bu süstitüentlerin absorpsiyon spektrumlarına etkisi elektron donörün kuvveti ile artmaktadır. Antrakinon esaslı dispers boyarmaddeler genellikle mavi, viole, mavimsi kırmızı ve yeşillerdir.



Şekil 2.5. Antrakinon Dispers Boyarmaddelerin Formülasyonu (Vigo, 1994)

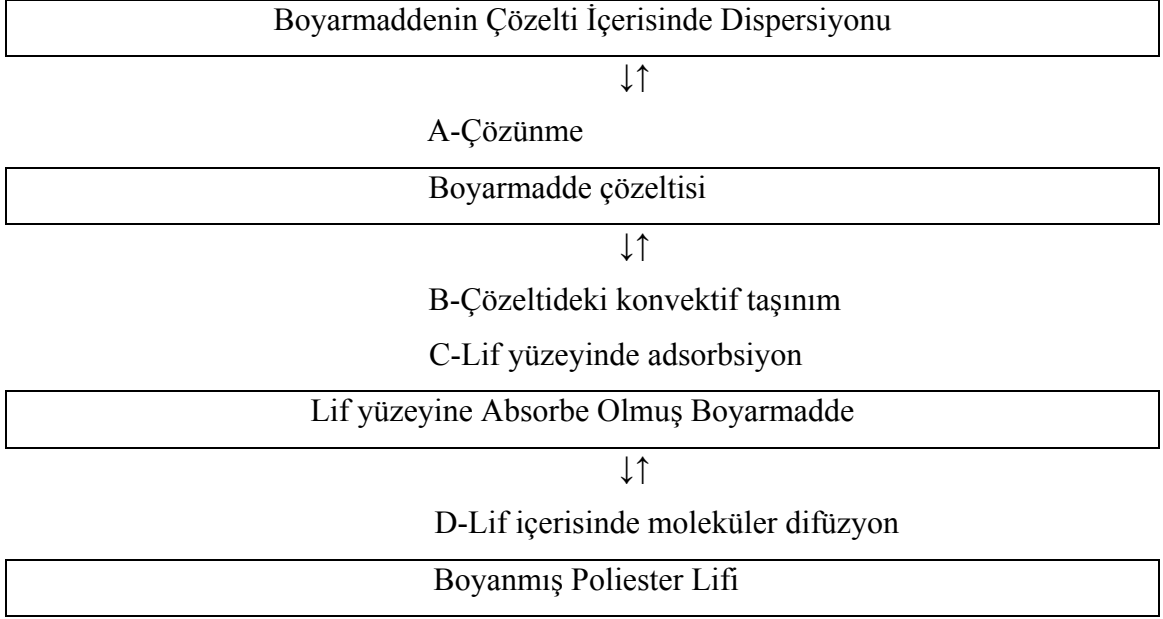
Antrakinon esaslı dispers boyarmaddeler parlak renkler vermeleri, iyi ışık haslığı ve iyi yeniden üretilebilme avantajlarına ve kötü yaş haslık, pahalı ve üretim sırasında çevre problemi yaratma dezavantajlarına sahiptirler.

2.4.3. Dispers Boyarmaddeler ile Poliester Liflerinin Boyanma Mekanizması

Poliester liflerinin boyanması liflerin yüksek kristalin yapısı, hidrofobik karakteri ve boyarmadde moleküllerinin kimyasal bağ oluşturabileceği etkili fonksiyonel gruplar içermemesi nedeni ile düşük sıcaklıklarda boyama son derece yavaştır. Buradan hareketle poliesterin boyanmasında HT (High Temperature) makineler kullanılır. Bununla birlikte camlaşma sıcaklığını düşüren “carrier” ler kullanılarak normal kaynama sıcaklıklarında da boyamalar yapılabilir.

Renkli poliester üretiminin % 80 ‘inin poliesterin iplik ve kumaş halinde dispers boyarmaddelerle basınçlı makinelerle yüksek sıcaklıklarda (120-135⁰C) boyanmasıyla elde edildiği tahmin edilmektedir. Başlıca renklendirme alternatifleri ise termofiksaj prosesi (genellikle poliester/pamuk karışımlarını kontinü boyanmasında), baskı için yüksek sıcaklıkta buharlama ve atmosferik carrier boyamasıdır.

Poliester liflerinin boyanması sırasında boyarmaddenin life transferi monomoleküler sıvı içerisinde gerçekleşmektedir. Dispers boyarmaddelerle poliester liflerinin boyanmasında Şekil 2.6 ‘da gösterilen model gerçekleşmektedir.



Şekil 2.6. Poliesterin Boyanma Mekanizması (Cunningham 1996)

Dispers boyama aşağıda belirtilen aşamalarda gerçekleşir.

Partikül haldeki boyarmadde boya banyosu içinde çözünür:

Su içerisinde çözülmüş olan dispers boyarmaddenin çözünürlüğü olarak ifade edilmektedir. Çözeltideki çözünmez ve asılı durumdaki boyarmadde partikülleri yavaşça çözünürler.

Boyarmaddenin difüzyon sınır tabakasının içerisine difüzyonu:

Boya çözeltisinden lif yüzeyine doğru boyarmadde moleküllerinin difüzyonu, lif yüzeyine boyarmaddeyi taşıyan boya çözeltisindeki hidrodinamik akışla etkilenmektedir. Bu nedenle, hidrodinamik akışı etkileyen boya banyosundaki karıştırma oranı, tekstil substratının geometrisi ve boya makinesinin dizaynı gibi faktörler, lif yüzeyine boya difüzyonu prosesini de etkilemektedir.

Boyarmaddenin, difüzyon sinir tabakası içerisinde lif yüzeyine tutunması:

Difüzyon sinir tabakası içerisinde difüzyonlanmış olan boyarmadde lif yüzeyinde adsorblanır.

Lif yüzeyine tutunan boyarmaddenin lif içine difüzyonu ve fiksajı:

Lif yüzeyine adsorplanan boyarmadde molekülleri lifin içerisine difüzyonlanır.

Dispers boyarmadde çözeltilerinin kimyasal potansiyeli tuz eklenmesi ile değişmez. Boyarmaddeler non-iyoniktir ve tuz ile ortak bir iyonları yoktur. Boyama banyosu içinde tuz kullanımı gerekli değildir.

Suda çözünmeyen haldeki boyarmadde moleküllerinin dispersiyonu yüzey aktif ajanlar tarafından sağlanır. Sürfanktantların (anyonik) suda çözünmeyen kısımları boyarmadde moleküllerini çevreleyerek boyarmadde moleküllerinin agregasyonuna engel olurlar.

2.4.4. Poliester Kumaşlara Boyama Sonrası Uygulanan Redüktif Yıkamalar

Temizleme işleminin gerekliliği dispers boyarmaddenin agregat oluşturma ve lif yüzeyine tutunma eğilimiyle ilgilidir ve özellikle koyu tonlarda bellidir. Eğer temizleme yapılmazsa bu yüzey kirlenmesi, renk parlaklığını azalttığı gibi yıkama, süblimasyon ve sürtünme haslıklarını da olumsuz etkiler. Alışıl gelmiş muamele bir redüktif yıkamadır, burada boyanmış lif sodyumdiyotid ve kostik soda ile oluşturulmuş kuvvetli redüktif bir banyoda işlem görür. Bu işlem ile gevşek azo dispers boyarmaddelerinin azo bağları kırılır. Antrakinon dispers boyarmaddeleri böyle bir işlem ile tamamen tahrip edilemez ancak yüzey temizlenmesi dispers boyarmaddenin geçici olarak alkali-leuko formda çözülmesiyle gerçekleştirilir. (Cunningham 1996, Peters 1975)

Bir redüktif yıkama işleminin gerekli olup olmadığı boyarmadde konsantrasyonuna ve boyarmaddenin belli başlı özelliklerine bağlıdır. Redüktif yıkama ihtiyacını etkileyecek faktörler aşağıda belirtilmiştir:

Çektirme seviyesi: Redüktif yıkama yapılmak istenmiyorsa % 100'e yakın olmalıdır.

Difüzyon: Daha iyi difüze olan boyarmaddeler özellikle boyama sıcaklığında gerekenden kısa süre kalınması halinde daha az yüzey temizlemesi gerektirirler.

Dispersiyon stabilitesi: Boyarmadde agregasyonu oluşumu olmaması için boyarmadde çok küçük partiküller halinde iyi disperse olmalı, özellikle yüksek sıcaklıklarda bu faktör kritiktir.

Kimyasal tipi: Bazı dispers boyarmaddeler redüktif yıkama yerine yıkama sırasındaki pH ayarlamaları ile bozundurulabilirler.

Selüloz karışımları: Poliester/Pamuk karışımlarının boyanmasında redüktif yıkama ihtiyacı dispers boyarmaddenin selülozu lekeleme eğilimine bağlıdır. (Eren, 2004)

Zeneca'dan Alan Cunningham'ın yürüttüğü bir çalışmada farklı dispers boyarmaddelerin redüktif temizleme özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada % 100 poliester kumaşlar 18 farklı dispers boyarmadde ile boyanmış ve redüktif yıkama yapmadan ve yaparak yıkama haslığı değerleri ve pamuğu lekelemesi incelenmiştir. Çalışma sonuçları temizlenme ve lekeleme özelliklerinin boyarmaddelerin enerji sınıflandırmalarından çok her bir boyarmaddenin kimyasal yapısıyla ilgili olduğunu göstermiştir. Sonuçlar aynı zamanda yaygın olarak kullanılan azo dispers boyarmaddelerinin neden istenilen haslıklara ulaşmak için tam bir redüktif yıkama işlemine ihtiyaç gösterdiğini de açıklamaktadır. (Eren, 2004)

Çalışmalar göstermiştir ki, poliester boyacısı elde edeceği tonların % 30-50'si için redüktif yıkama yapmak zorundadır. Redüktif yıkamanın prosten çıkarılabilmesi önemli su ve enerji tasarrufu yanında kimyasal madde tasarrufu da sağlayacaktır ve atık yükünü azaltacaktır, ayrıca proste de önemli bir rasyonalizasyon oluşacaktır.

Poliester boyamaların redüktif temizlenmesinde hidrosülfid (sodyumditiyonid), sodyumbisülfid, tioüredioksit, formamidin süflin asidi ve glikoz türevleri en çok

kullanılan indirgen maddelerdir. Yapılan bir çalışmada sodyumdiityonid, sodyumhidroksimetilsülfinat (Rongalit C), tioüredioksit gibi indirgen maddeler karşılaştırılmıştır. Aynı molar miktarlarda kullanıldıklarında hidrosülfit ve tioüredioksit 60°C’de aynı derecede iyi haslık sonuçları (4-5) vermişlerdir. Diğer maddelerle ise ancak 2-3 haslık değerleri elde edilebilmiştir. Hidrosülfitin tioüredioksite göre 2:1 oranında belirlenmiş etkinliği ve tioüredioksitin 3 kat daha pahalı olduğu göz önüne alınırsa fiyat / verimlilik oranlarının birbirinden oldukça farklı olduğu görülür. Bu oranında her halükarda prosese özellikle de havanın etkisine bağlı olduğu açıklanmıştır. BASF firması tarafından diğer bir araştırmada Pamuk / Poliester karışımlarında boyarmaddenin redüktif yıkamadan olumsuz etkilenme riskinin olduğu durumlarda Cyclanon PE-Jet ticari ismiyle sunulan yüzeyaktif madde karışımının kullanılması önerilmiştir, ayrıca işlem süresini kısaltmak için asidik banyoda uygulanabilen Cyclanon TX5179, sıvı redüksiyon maddesi önerilmiştir ve bu maddenin kullanılması sayesinde orta ve koyu tonlarda zamandan % 30, su tüketiminden ise % 40'lara varan oranlarda tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir. Bu tür öneriler farklı pek çok tekstil kimyasalları üreten firmalardan gelebilmektedir.

2.5. Ozon Gazının Özellikleri ve Endüstride Kullanımı

Ozon, etimolojik olarak Yunancadaki ‘kokan’ anlamına gelen ‘ozien’ kelimesinden gelmektedir. Doğal element ozon ‘Aktif Oksijen’ olarak bilinmektedir. Ozon (O₃) molekülü, üç adet oksijen atomunun birleşmesiyle oluşmuş, stabil olmayan bir yapıya ve simetrik açılara sahip bir moleküldür. (Duran ve diğ. 2006)

Ozon sıcaklığa dayanıklı olmayan ve kendiliğinden oksijene dönüşebilen parçalayıcı aşındırıcı bir gazdır. Bu hassaslığı nedeniyle ozon saklanamaz veya transfer edilemezdir, direkt olarak kullanılacağı ortamda üretilmelidir. (Iglesias, 2002)

Ozon gazı, genel olarak tıbbi stetirilizasyon, turizm, kağıt, maden endüstrilerinde, depolama, ısıtma ve soğutma sistemlerindeki hava ve içme sularının arıtımı ve gıda maddelerinin korunmasında kullanılmaktadır. Son zamanlarda, ozonun ağartma, boyama atık sularının dekolorizasyonu ve atık suların geri kazanımına yönelik çalışmaları yapılmaktadır.

2.5.1. Ozonun Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri

Ozon organik ve inorganik bileşiklerle birçok kimyasal reaksiyona girebilen kuvvetli bir oksidandır. Ozonun oksidasyon potansiyeli bilinen birçok kimyasaldan daha yüksektir. Yaygın olarak kullanılan hidrojen peroksidin oksidasyon potansiyeli 1,77 eV iken, ozon 2.07 eV(elektro volt) ile Florinden (3.06 eV) ve hidroksil radikallerinden (280 eV) sonra gelmektedir. (Iglesias,2002)

Ozon, -112°C 'de koyu mavi bir sıvı olup, -215°C 'de ise mavimsi siyah renkte kristalleşmektedir. Atmosferde bulunan Azot (N_2) % 78, Oksijen (O_2) % 21 ve Karbondioksit (CO_2) %1 gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan ozon, iklimi etkilemekte ve yeryüzündeki canlıların korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. (Duran ve diğ., 2006a)

Çizelge 2.1. Ozonun Fiziksel Özellikleri (Iglesias, 2002)

Fiziksel Özellikleri	Değeri	Fiziksel Özellikleri	Değer
Moleküler Ağırlık	48.0 g/mol	Sıvı Halde Yoğunluğu (-112°C)	1358 kg.m^{-3}
Kaynama Noktası (101kPa basınç altında)	-111.9°C	Sıvının Viskozitesi (-183°C)	$1.57 \cdot 10^{-3}$ Pa.s
Erime Noktası	-192.7°C	Sıvı Halde Isı Kapasitesi (-183 to -145°C)	1884
Kritik Sıcaklık	-12.1°C	Gaz Halde Isı Kapasitesi (-183 to -145°C)	818 $\text{J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$
Kritik Basınç	5.53 Mpa	Buharlaştırma Isısı	15.2 kJ.mol^{-1}
Gaz Halde Yoğunluğu (0°C , 101 kPa)	2.144 kg.m^{-3}		

2.5.2. Ozonun Toksikitesi

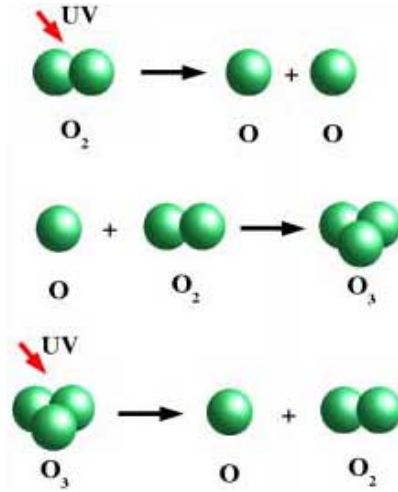
Ozon son derece reaktif bir gazdır, düşük konsantrasyonlarda bile tahriş edici ve toksik etki gösterebilir. Ozon uzun süre teneffüs edildiğinde mukoz membranların tahrişi ve ardından baş ağrısı gibi semptomlar oluşturur. Ozona daha uzun süreli maruz kalma durumlarının oluşturacağı sorunlar hakkında tam bilgi sahibi olunmasa da hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde akciğer kapasitesinde azalma ve akciğer rahatsızlıkları rapor edilmiştir.

Amerikan çevre koruma ajansı havadaki ozon miktarının (0,125 ppm) 125 ppb'nin (parts per billion) üstüne çıkması durumunda koşulların "sağlıksız olacağını" bildirmiştir.

Çalışan sağlığı örgütü ise (OSHA Occupational Safety and Health Administration) ozon konsantrasyonunun 0,1 ppm'in üzerine çıkması durumunda ilave önlemler alınmasını istemektedir. 0,1 ppm limiti 5 günlük günde 8 saat çalışma için limittir, OSHA 2 saate kadar olan maruz kalmalar için limiti 0,2 ppm olarak kabul etmiştir. Ozonun kokusunun ayırt edilme eşiği yaklaşık 0,02 ppm seviyesindedir.

2.5.3. Ozonun Doğada Oluşumu

Ozonun doğada iki şekilde oluşumu gerçekleşmektedir. Bu oluşumlardan ilki; Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun (görünür ve uzun dalga boylu) etkisiyle olmaktadır. Ultraviyole ışınlarının etkisiyle atmosferdeki oksijen molekülü (O_2) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir. Daha sonra serbest haldeki oksijen atomları (O^2) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle (O_2) birleşerek ozon molekülünü (O_3) oluşturmaktadırlar. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır.



Şekil 2.7. Ozonun Oluşum Şeması (www.aflon.net, 2010)

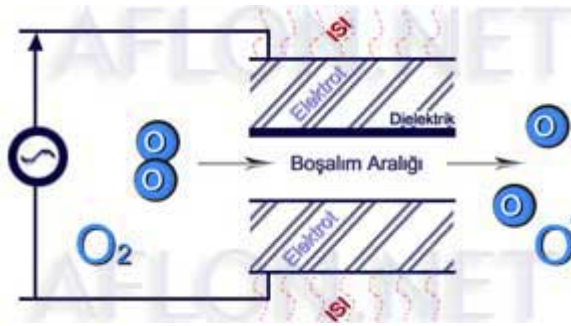
Ozonun ikinci oluşum yolu ise; yıldırım sırasında oluşan yüksek voltajlı elektrik boşalımı ile gerçekleşmektedir. Her yıldırım ve sağanak sonrasında taze ve temiz bir koku fark edilir. Bu koku havada oluşan ozon kokusudur. (Duran ve diğ., 2006)

Ozonun oluşmasının temeli ara atomik oksijen radikallerinin oluşmasına dayanmaktadır. Oluşan bu radikaller daha sonra moleküler oksijen ile reaksiyona girerek ozonu oluşturmaktadırlar.

Bundan dolayı moleküler oksijeni oksijen radikaline dönüştüren bütün işlemler potansiyel ozon üretim reaksiyonlarıdır. Bunu mümkün kılan enerjiler ise elektron ve foton kuantum enerjileridir. Bu durum doğal ortamlarda gerçekleşebileceği gibi elektronlar yüksek voltajlı Korona-Boşalma (Corona Discharge) sistemlerinden, kemonükleer kaynaklardan ve elektrolitik işlemlerden elde edilebilmekte uygun foton kuantum enerjisi ise 200 nm altındaki ultraviyole ışınları ile elde edilebilmektedir. (Iglesias 2002)

2.5.4. Ozon Gazı Üretimi

Endüstriyel olarak ozon üretimi için başlıca iki metottan birincisi 185 nm’de Ultraviyole kullanımı, ikincisi Corona Discharge olarak bilinen ve kendi içerisinde farklı uygulamaları bulunan dielektrik metodudur. (Strickland ve Perkins 1995)



Şekil 2.8. Dielektrik (Corona Discharge) Metoduyla Ozon Üretimi.

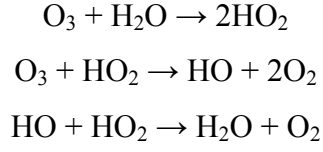
(www.aflon.net, 2010)

Bu metotta; ozon, jeneratör içerisinde hava veya oksijen gazı beslenmesiyle üretilmektedir. Ozon jeneratörü içerisinde, yüksek elektrik yükü depolayan corona discharge (korona-boşalım) elemanı vasıtasıyla oluşan elektrik boşalımıyla oksijen ozona dönüştürülmektedir.

2.5.5. Ozon Gazının Verdiği Reaksiyonlar

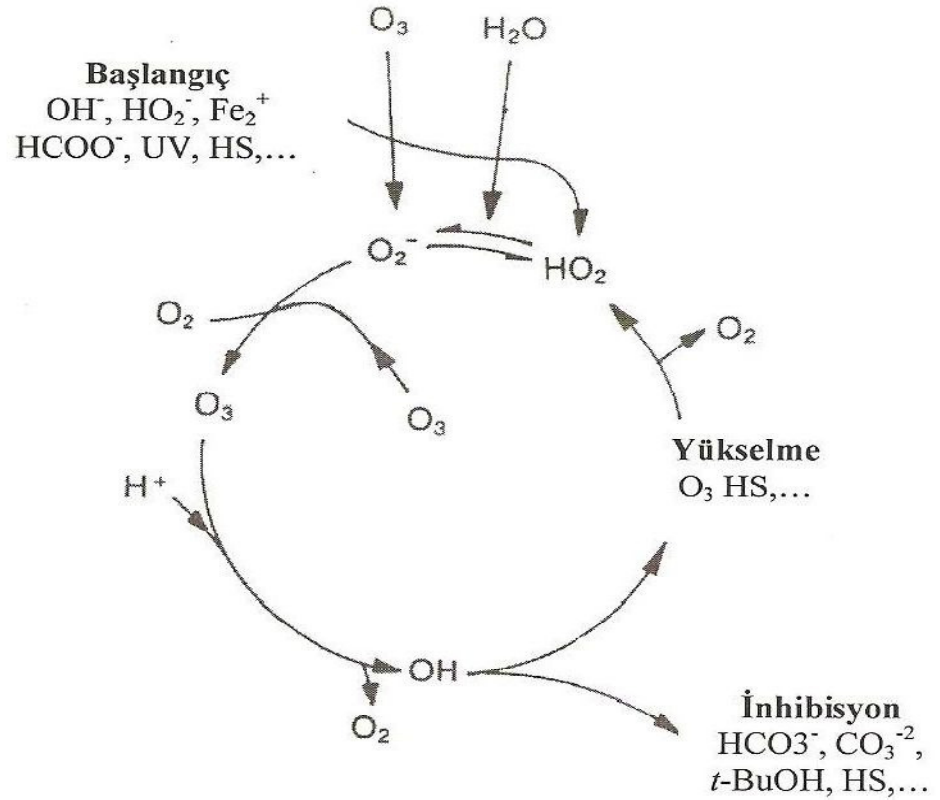
Ozon bilinen en güçlü oksidasyon maddelerinden biri olduğu için çoğu organik bileşiklerle reaksiyon verebilmektedir. Ozon serbest radikal mekanizmasına göre suda çözülebilmekte ve stabil olmayan ara hidroksil radikallerini oluşturabilmektedir. Bu parçalanma alkali ortamda daha hızlı olurken asidik ortamda yavaş gerçekleşmektedir.

Ozonun sudaki çözünürlüğü, ozon konsantrasyonu ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak değişmektedir. (Strickland ve Perkins, 1995) Ozonun sulu çözeltilerdeki reaksiyonu aşağıdaki denklemler ile ifade edilebilir. (Strickland ve Perkins 1995)



Şekil 2.9. Ozonun Sulu Çözeltilerdeki Reaksiyonu (Strickland ve Perkins, 1995)

Ozon, parçalanma reaksiyonları da verebilmektedir. Şekil 2.10'da ozonun tüm parçalanma mekanizması verilmiştir. Reaksiyon diyagramında ilk temel adım reaksiyon hızını belirleyen serbest radikallerin oluşması adıdır. İkinci adım ise süper oksit radikal iyonunun O_2^- veya protonik formu olan H_2O 'nin hidroksil radikallerinden oluşması adıdır. Bu adımda ozon tüketimi meydana gelmektedir. (Iglesias, 2002)



Şekil 2.10. Ozonun parçalanma mekanizması (Radikal tipi zincir reaksiyonlarında başlama, ilerleme ve sonlanma) (Iglesias, 2002)

Zincir reaksiyonu proseslerini başlatan, ilerleten ve sonlandıran çok sayıda farklı bileşik bulunmaktadır. Ozonun zincir reaksiyonları için gereken bu bileşikler şunlardır:

1- Başlatıcılar: Serbest radikal reaksiyonlarının başlatıcıları süper oksit iyonlarının ozon molekülünden oluşmasını tetikleyen bileşiklerdir. Bunlara hidroksit iyonları, hidroperoksit iyonları ve bazı katyonlar gibi inorganik bileşikler, glioksilik asit, formik asit gibi organik bileşikler örnek verilebilir. 253,7 nm dalga boyundaki Ultraviyole ışınları da ozon reaksiyonlarının başlaması için aynı etkiyi sağlamaktadır.

2- İlerleticiler: Serbest radikal reaksiyonlarının ilerleticileri O_2^- süper oksit anyonlarını hidroksil radikallerinden üreten bütün organik ve inorganik moleküllerdir. Genel ilerleticiler olarak aril grupları, formik asit, glioksilik asit, birincil alkoller içeren organik bileşikler sayılabilmektedir.

3- Sonlandırıcılar: Serbest radikal reaksiyonlarının sonlandırıcıları O_2^- süper oksit anyonlarını üretmeden OH. radikallerini tüketebilen bileşiklerdir. Genel olarak bilinen sonlandırıcılar bikarbonat ve karbonat iyonları, alkil grupları ve üçüncü alkoller içeren kimyasallardır. (Iglesias, 2002)

Ozonun parçalanmasını etkileyen diğer önemli parametreler ise ortam sıcaklığı ve pH'dır. Ortam sıcaklığının artması ile ozonun parçalanma hızı artmaktadır. Örneğin oda sıcaklığında ozonun yarılanma ömür hızı 20-100 saat arasında değişirken, sıcaklık $120^{\circ}C$ 'ye çıktığında yarılanma ömrü 11-12 dakikaya, $300-350^{\circ}C$ 'de ise 5 saniyeye düşmektedir. Diğer önemli bir faktör de ortam pH'dır. Asidik pH'a sahip ortamlarda ozon daha etkin olurken, bazik pH'a sahip ortamlarda ozonun etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir. Adams ve Gorg yaptıkları çalışmada renkli materyallerdeki kromoforik bağların ozon ile parçalanmasında, yani renk gideriminin sağlanmasında düşük pH değerlerinin daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

2.5.6. Ozonlama Sonucu Oluşan Ürünler

Genellikle dekolizasyon üzerine yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre ozonlama sonucu oluşan ürünler, sülfat, nitrat, format ve oksalat olarak belirtilmiştir. (Neamtu ve diğ. 2004)

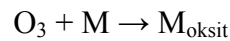
Nitrat, boyarmaddenin azo ve amino gruplarının oksidasyonundan, sülfat ise dispergatorün oksidasyonundan oluşmaktadır. (Neamtu ve diğ., 2004) Ayrıca banyo pH'larında ozonlama sonucu meydana gelen düşmelerin (Strickland ve Perkins,1995) BOİ – KOİ oranı biyobozunabilirliğin bir göstergesidir ve ozonlama sonunda bu oran artmakta, yani atık suyun biyobozunurluğu artmaktadır. (Sevimli ve Sarıkaya, 2002) Ozonlama sonucu oluşan ürünlerin toksitesini ölçmek amacıyla algler üzerinde test yapılmış ve oluşan ürünlerin alglere karşı toksik özellik göstermediği rapor edilmiştir. (Konsowa, 2003)

2.6. Ozonlama İşlemlerinde Etkin Olan Parametreler

Ozonun materyal ile reaksiyonu son derece pH bağımlıdır, direkt ve indirekt olmak üzere iki tip reaksiyon oluşabilmektedir. (Alaton ve diğ., 2002)

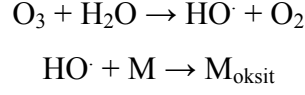
Direkt ozon molekülü bileşiğe etki etmekte veya dolaylı olarak ozonun suda parçalanması ile oluşan radikaller üzerinden reaksiyon yürümektedir.

1-Direkt reaksiyon: (Moleküler ozon) pH 2 ve altında oluşur, aşağıdaki denklemde gösterilmiştir. Düşük pH'larda ozon belirli fonksiyonel gruplara sahip bileşiklerle elektrofilik, nükleofilik yada dipolar adisyon gibi seçici reaksiyonlar verir. (Eren ve Aniş, 2006)



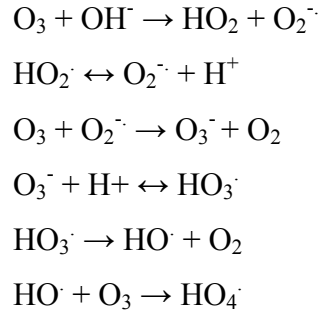
Şekil 2.11. Ozonun Direkt Reaksiyonu (Eren ve Aniş, 2006)

2-İndirekt reaksiyon: (Serbest radikal oluşumu) pH 7 ve üzerinde oluşur, aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir. Yüksek pH'larda ozon daha hızlı dekompoze olur ve baskın olarak hidroksil radikali oluşturur. (Eren ve Anış, 2006)



Şekil 2.12. Ozonun İndirekt Reaksiyonu (Eren ve Anış, 2006)

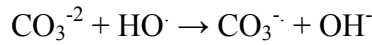
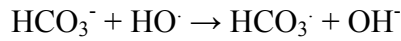
Hidroksil radikallerinin oksidasyon potansiyeli moleküler ozona göre daha yüksek olduğundan indirekt reaksiyonlarda oksidasyon daha hızlıdır. Bununla birlikte yüksek pH'larda oluşan tek radikal türü HO· radikali değildir. HO· Radikali 2,8 V'luk oksidasyon potansiyeli ile en kuvvetli radikal olsa da aşağıdaki denklemlerde gösterildiği şekilde HO₂·; HO₃· ve HO₄· radikalleri de oluşmaktadır. (Szpyrkowicz ve diğ., 2001)



Şekil 2.13. Ozonun Serbest Radikal Reaksiyonları (Eren ve Anış, 2006)

Genel olarak, nötr pH'larda ozonun çözünürlüğü düşük olduğundan reaksiyon hızı da düşüktür, düşük pH'larda moleküler ozon reaksiyon verirken yüksek pH'larda oluşan radikaller reaksiyon verir, yine de düşük pH'lardaki reaksiyon hızı daha yüksektir. (Muthukumar ve Selvakumar, 2004)

Ortam alkalinitesinin yanında kullanılan alkalinin cinsi de önemlidir. Ozonla dekolorizasyon düşünüldüğünde tekstil boyamacılığında yaygın olarak soda (Sodyum karbonat – Na₂CO₃) ve kostik (sodyum hidroksit – NaOH) kullanılır. Sodyum karbonat kullanılması durumunda ortamdaki bikarbonat (HCO₃⁻) ve karbonat iyonlarının (CO₃⁻²) HO· radikalleri ile reaksiyon verdiği tespit edilmiştir.(Arslan ve Balcıoğlu, 2000) Oluşan reaksiyonlar aşağıdaki denklemlerde verilmiştir. (Alaton ve diğ., 2002)



Şekil 2.14. Ozonun Karbonatla Reaksiyonu (Alaton ve diğ., 2002)

Bununla birlikte Alaton ve ark. dekolorizasyon üzerine yaptıkları bir çalışmada karbonat ilavesinin pH 7 ve pH 12’de ozonlama etkinliğini artırdığını rapor etmişlerdir. Bunun nedeni olarak karbonat mevcudiyetinde oluşan bikarbonat ve karbonat radikallerinin reaksiyonlara girmesi gösterilmiştir. Karbonat ilavesi ile renk gideriminde oluşan artış KOİ gideriminde de gözlenmiştir. (Alaton ve diğ., 2002)

Ozonlama ile pH arasındaki diğer ilişki ozonlama süresince pH’ta oluşan değişimlerdir. Neamtu ve diğ. dispers boyama atık suyu ile yaptıkları bir çalışmada başlangıçta pH 6,7 olan banyo pH’ının 30 dakikalık ozonlama sonunda pH 3,76’ya düştüğü, Zang ve diğ.’nin reaktif boyarmaddelerle yaptıkları bir çalışmada ise 30 dakikalık ozonlama sonunda banyo pH’ının 10’dan pH 3,96’ya düştüğü rapor edilmiştir. (Eren ve Anış, 2006)

Ozonun çözünürlüğünde temperaturün etkisi önemlidir, artan temperaturle ozon çözünürlüğü düşer. Bununla birlikte çözünürlüğün düşmesi nedeniyle ozonlama etkinliğinin azaldığı söylenemez çünkü temperatur artışı reaksiyon hızını da arttırmaktadır. (Eren ve Anış, 2006)

Oğuz ve diğ. (2005) yaptıkları bir çalışmada temperaturün arttırılmasıyla başlangıçta (5 dk.) ozonlama etkinliğinin azaldığı ancak artan işlem süresiyle birlikte (15 dk.) ozonlama etkinliğinin düşük temperaturdeki etkinlikle eşitlendiği rapor edilmiştir. Wu ve Eang (2001) yaptıkları bir diğer çalışmada da artan temperaturle (10 – 40°C) birlikte ozonlama etkinliğinin arttığını rapor etmişlerdir. Her iki çalışmada da değişimin nedeninin artan temperaturle birlikte ozon çözünürlüğündeki düşme buna karşın reaksiyon hızındaki artış olduğu rapor edilmiştir. (Eren ve Anış, 2006)

Ozonlama etkinliğini sınırlandırıcı faktörlerin başında ozonun gaz fazından sıvı faza transferindeki kütle transferi gelmektedir. (Wu ve Wang, 2001; Lin ve Liu, 2003) çalışmalarında artan rotor hızı ile birlikte ozonlama ile renk giderimi etkinliğinin arttığını rapor etmişlerdir. Etkinlikteki bu artışın nedeni olarak boyarmadde oksidasyonunun hızlı gerçekleşen bir reaksiyon olması ve kütle transferinin tüm prosesler için sınırlandırıcı bir faktör olması gösterilmiştir. Çalışmada bir rotor vasıtasıyla mekanik ajitasyon gerçekleştirilmiş ve oluşan santrifüj kuvvetin ozonun gaz fazından sıvı faza geçiminde kütle transfer katsayısını düşürdüğü belirtilmiştir. Aynı çalışmada çözelti sirkülasyonunun etkisi de incelenmiş ve çözelti sirkülasyonundaki artışın ozonlama etkinliğini düşürdüğü, bunun muhtemel nedeninin de ozon ile çözeltinin etkileşim süresinin kısılması olduğu rapor edilmiştir. (Lin ve Liu, 2003)

Ozonlama işlemlerinde çözelti bileşimleri olarak hem boyarmadde içeren çözeltiler hem de yardımcı kimyasal içeren çözeltilerin ozonlamaya etkisi söz konusudur.

Dekolorizasyon işlemlerinde boyama konsantrasyonunun artmasıyla ozonlama etkinliğinin düştüğü birçok araştırmada rapor edilmiştir. (Hsu ve diğ., 2001; Arslan ve Balcıoğlu, 2000; Sevimli ve Sarıkaya, 2002; Lin ve Liu, 2003; Konsowa, 2003) Ozon suda kısmen çözüldüğü için boyarmadde konsantrasyonu arttığında ortamdaki boyarmadde ile reaksiyona girecek yeterli ozon bulunmayacağından ozonlama verimi düşmektedir. Ozonlama etkinliğinin düşmesinin diğer açıklaması ise başlangıç boyarmadde konsantrasyonu yüksek tutulduğunda oluşan ara ürünlerin ozonu tüketerek verimi düşürdüğü şeklindedir. (Wu ve Wang, 2001; Sevimli ve Sarıkaya, 2002)

Banyoda bulunabilecek diğerkimyasalların oluşturabileceği başlıca sorun ozonlamada etki sağlayan moleküler ozonun ya da yüksek pH'larda hidroksil radikallerinin bu safsızlıklar tarafından tüketilmesidir. Ozon moleküllerinin klor, karbonat ve bikarbonatın hidroksil radikalleri ile reaksiyona girdiği literatürde rapor edilmiştir. (Alaton ve diğ., 2002) Muhtukumar ve Selvakumar, (2004) asit boyarmaddelerin dekolorizasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada tuz mevcudiyetinin gerekli dekolorizasyon süresini uzattığını, bu bağlamda süreyi sodyum klorürün sodyum sülfattan daha çok uzattığını rapor etmişlerdir.

Neamtu ve diğ., (2004) nin dispers boyarmaddelerle yaptıkları bir çalışmada yardımcı kimyasal olarak kullanılan dispergatorün dekolorizasyon ve KOİ giderimi etkinliklerini önemli oranda düşürdüğü rapor edilmiştir. Ozonlanacak banyoda boyarmaddenin yanında bulunabilecek diğerkimyasallar ozonlama etkinliğini değiştirmekte, genelde azaltmaktadırlar. Pratikte rengi giderilebilecek 'saf' atık su içerisinde boyama banyosu yardımcıları bulunan boyama banyosu atığıdır, bu atık su kanala boşaltıldığında diğerkimyasallarla karışmakta ve daha kompozit bir yapı meydana getirmektedir. (Eren ve Anış, 2006)

Ozonlama etkinliğinin arttırılmasında ozon dozajının da önemi vardır. Oksidasyon reaksiyonlarını moleküler ozon ya da ozonun reaksiyonlarıyla oluşan radikal türleri verdiğinden ozon dozajı ya da ozonlama süresi arttıkça ozonlama etkinliğinin arttığı açıktır. (Wu ve Wang, 2001; Sevimli ve Sarıkaya, 2002; Koch ve diğ., 2002; Konsowa, 2003; Ciardelli ve Ranieri, 2001; Oğuz ve diğ., 2005)

2.7. Ozonun Kullanım Alanları

Ozon ilk olarak 1893 yılında Hollanda'da içme suyunun arıtılmasında kullanılmıştır. Daha sonra Avrupa'da yaygınlaşan içme suyu arıtımında su kullanımı sonrasında Amerika Birleşik Devletleri'nde de kullanılmaya başlanmıştır. Bugün ozon; havuz hijyeni, içme ve atık suların temizlenmesi, gıda işleme ve depolama, hayvancılık, tarım, bina dezenfeksiyonu, tedavi ve koruma amaçlı tıbbi alanlarda kullanılmaktadır.

Atık su arıtmada ozon, zehirli kimyasallar ihtiva eden atık ve atık sularda etkili bir dezenfeksiyon sağlarken, insan ve doğa için koruyucu bir görev üstlenmektedir. Belirli süre sonunda hiçbir atık bırakmadan ana hammaddesi olan oksijene dönüşen ozon gazının özelliğinden dolayı ozon dezenfeksiyonu, su dolum tesislerinde öncelikle tercih edilen etkili bir yöntemdir. Su dezenfeksiyonunda ozon kullanımı sayesinde sudaki bulanıklık giderilebilmekte, ağır metaller uzaklaştırılabilmekte, suda bulunan nitrit ve amonyak uzaklaştırılabilmekte, siyanid ve organik maddeler temizlenebilmektedir.

Ozon, suyun genel özelliklerinin iyileştirilmesi, demir ve mangan giderilmesi, kalıcı kirleticilerin ileri oksidasyonu, flokleştirmayı kolaylaştıran bir reaktan olarak çeşitli endüstriyel proseslerde etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. (Eren ve Anış, 1998)

Havada ve suda oluşan kötü kokuların kaynağı olan sentetik ya da organik bileşikler, ozon ile okside olarak koku giderme alanında ozonun üstün bir temizleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Yüksek oksidasyon kuvveti, ozonun bakterilerin dezenfeksiyonunda tam etkin bir rol oynamasına sebep olur. Ozonun dezenfeksiyon süresi, aynı şartlar altında klorunkinden 3125 defa daha fazladır. Suların virüslerle kirlenmesi, virütik hastalıkların yaygınlaşmasına sebep olmakta, mevcut su arıtım yöntemleri virüslerin su şebekelerine taşınmalarını engellemede yeterli olmayabilmektedir. Bu konuda ozonun kullanılması, ileriki aşamalarda bu sorunun çözülmesinde ciddi bir gelişme adımı olarak düşünülebilir.

Ozon gıda endüstrisinde et ve balık işleme tesislerinde yıkama, soğutma ve ekipmanların temizliğinde kullanılan suların dezenfeksiyonunda ve gıdaların üretim süreçleri ve depolanması sırasında ortamdan bulaşan küf v.b. mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında ve istenmeyen kokuların giderilmesinde kullanılmaktadır.

Sebze ve meyve işleme tesislerinde; ıspanak, marul, pırasa, kiraz ve çilek benzeri meyve ve sebzelere topraktan istenmeyen mikroorganizmalar bulaşarak ürünün

kalitesini düşürmektedirler. Ozon gazının yıkama, soğutma ve taşıma sularında uygulanması, suların ve aynı zamanda sebze ve meyvelerin de dezenfeksiyonunu sağlamaktadır. Bunlara ilaveten yemek fabrikalarında, gıdaların renklerinin düzeltilmesinde ve tarımsal ilaç kalıntılarının giderilmesinde kullanılmaktadır.

Ozon, yüzme havuzlarında kimyasalların kullanımında % 80-90'lık bir azalma sağlar. Bu oran, işletmeler açısından büyük miktarlarda maliyet düşüşü demektir. Aynı zamanda, kimyasal kullanımını azaltmak, insan ve çevre sağlığı açısından da oldukça önemlidir.

Ozon doğal bir flokülatör olduğundan, sudaki filtreye takılamayan maddeleri, takılabilecek büyüklüğe getirerek suya kristal berraklık kazandırır. Üstelik klorun sebep olduğu deri ve solunum yolları tahrişlerini ortadan kaldırır. (Duran ve diğ., 2006)

2.8. Ozonun Tekstilde Kullanımı

Tekstil sanayinde ozon gazının kullanımı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Ozon gazı, genel olarak denim yıkama sektöründe eskitme ve desen oluşturma amacıyla merkezi olarak boyanın sökölme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu tür kullanım haricinde rutin ve yaygın bir kullanımı yoktur. Bu nedenle literatürde yer alacak ozonla ilgili çalışmalar, ozonun endüstriyel kullanımını yaygınlaştırma açısından çok büyük önem taşımaktadır.

2.9. Tekstilde Ozonlama İle Boyama Atık Sularının Renk Giderimi

Tekstil endüstrisi; atık su hacmi ve çözeltideki madde bileşimi göz önüne alındığında çevresel açıdan değerlendirildiğinde en kirletici endüstrilerden biridir. 1990'ların sonunda birçok ülkede atık su deşarjları ile ilgili daha sıkı standartlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yeni yönetmeliklerin yanında uluslar arası ticaretin her geçen gün daha rekabetçi hale gelmesi, Avrupa ve Amerika pazarlarında tekstil mamüllerinde eko etiket uygulamalarının başlaması tekstil sektörünün geleceği hakkında kaygı uyandırmaktadır.

Temel atık su arıtımının yanında tekstil boyama endüstrisi atık suyunun başlıca özelliği olan rengin giderilmesi için ilave önlemler gerekmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biride klasik arıtma tesislerinin bu konuda başarılı olamayışlarıdır. (Aniş ve Eren,1998)

Tekstil boyama atık sularındaki rengin giderilmesindeki en temel yaklaşım rengi oluşturan kromoforların ve çift bağların oksidatif yollarla parçalanması ve renksizleştirilmesidir. (Aniş ve Eren, 2006)

Tekstil ürünlerindeki rengin öneminin yanında; rengin, yıkama; ışık; kuru temizleme; ter v.b.dış faktörlere dayanımının yani haslıkların yüksek olması amacıyla boyarmadde yapılarında modifikasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bu durumda boyarmaddelerin geleneksel atık su arıtım sistemlerine karşı dayanımları artmıştır. (O' Neill ve diğ, 1999, Cooper, 1993)

Artan çevresel duyarlılık ve yeni standartların oluşturulmasıyla atık su arıtımında, atık suyun renginin de azaltılması üzerine bir görüş oluşmuştur. Atık suda kalan boyarmadde düşük bir toksite gösterir, gerçekte atık sulara uygulanan renk limitleri toksite kaygılarından değil, estetik kaygılardan doğmuştur. (O' Neill ve diğ, 1999) Bununla birlikte atık sulardan nehirlere geçen rengin gün ışığını filtrelemesi ve besin zincirinde kırılmalara neden olması muhtemel riskler arasındadır. (Aniş ve Eren, 1998)

Boyarmaddelerin tamamı değerlendirildiğinde, hepsinin aynı oranda problem oluşturmadığı görülmektedir. Boyarmaddelerin yapıları hem arıtım işlemlerine karşı davranışı belirler hem de liflere bağlanma yeteneklerini, dolayısıyla atık sudaki kalan boyarmadde miktarları tüm bunlar değerlendirildiğinde, farklılıklar göstermektedir. (Cooper, 1993)

Dünyadaki tekstil elyafına duyulan talepler 1996-2000 yılları arasındaki periyotta incelendiğinde, yapay elyaf talebinin bu süre içerisinde % 52 den % 57' ye çıktığı ve 2000 yılında 60443000 tonluk yapay elyaf üretiminin % 73' ünün poliester elyafı olduğu bildirilmiştir. Dispers boyarmaddeler için de 1988'de 95000 ton olan üretim

miktarının 1998 yılında 150000 ton olduğu belirlenmiştir. Poliester elyaf talebindeki artış trendinin bu yüzyılın ilk yarısında da devam edeceği ve poliester elyaf üretimindeki artışa bağlı olarak dispers boyarmadde tüketimi miktarının da önemli ölçüde artacağı öngörülmektedir. Poliester elyafların üretiminde çevresel etki oluşturma potansiyelleri yüksektir ve dünya çapındaki üretim kapasitesi kuvvetli bir şekilde artış göstermeye devam etmektedir. Bu nedenle poliester elyaf kullanımı için daha fazla sürdürülebilir yollar belirlenmesi önemlidir.

Tekstil atık suları boyarmaddeler haricinde çok çeşitli organik madde, ağır metal, çözülmüş tuzlar, bulanıklık içerir, değişen pH' larda dış ortama verilir ve birinci derece arıtma ihtiyacı duyulan atıklardandır. Boyarmadde moleküllerine, kumaşın türüne ve boyarmaddenin özelliğine göre çeşitli yardımcı maddelerin ilave edilmesi, arıtma işlemlerini daha da güçleştirmektedir. (Aniş ve Eren, 2006)

Tekstil atık sularında yer alan bu maddeler uzun, aromatik halka, çift bağ ve değişik fonksiyon grupları taşımaları nedeniyle biyolojik bozunabilirlikleri az olan, dayanıklı ve kalıcı kimyasal maddelerdir. Çevresel açıdan toksik olup, pek çoğu da kanserojendir. Tekstil endüstrisinde oluşan atıkların giderilmesi üretimde ve deşarj noktasında alınacak önlemlerle gerçekleştirilebilir. Bu önlemler; üretim içinde atık suların azaltılması ve geri kullanımı; deşarj noktasında atık suların gereken derecede arıtılarak kanalizasyona ya da ortama verilmesidir.

Tekstil atık sularının renk giderimi çalışmaları için önerilen başlıca metotlar; aktif kömür kullanımı, flokulasyon, klorlama, ozonlama, hidrojen peroksit kullanımı ve membran kullanımı şeklindedir. (Aniş ve Eren, 1998) Bu yöntemler arasında özellikle ozonlama ümit verici bir yöntem olup üzerinde son yıllarda oldukça yoğun çalışmalar yapılmıştır.

Bir ozonlama sistem kurulum maliyeti yüksek olsa da koagülan kullanılan geleneksel sistemlerin de işletme maliyetleri (koagülan maliyeti ve atık yönetimi) daha yüksektir. Bu durum miktar ve spesifik özelliklere bağlı olsa da genel olarak bir ozonlama

yatırımının 3-5 yılda kendini amorti edebileceği düşünülmektedir. (www.ozoneapplications.com, 2007)

Boyarmadde dekolorizasyonu ve tekstil atık sularının geri kazanımı konusunda ozon gazı ile yapılan çoğu çalışma; ozonun renk giderimi ve atık suyun temizlenmesi açısından yüksek oranda etkin olduğunu göstermekte ve ozonla uygulama sistemlerinin endüstriyel alanlarda optimizasyonuna olanak sağlamaktadır.

Tekstil bitim işlemi sonucunda elde edilmiş iki farklı atık suyun içerdiği, çözülebilir KOİ parçacıklarının uzaklaştırılabilmesi, renk, toksite ve KOİ' nin giderilmesi için ön ozonlama uygulaması değerlendirildiğinde; biyobozunurluğun ve toksitenin azaldığı görülmüş; renk ve KOİ değerlerinde düşmeler meydana geldiği ve inert KOİ parçacıklarının ön ozonlama nedeniyle azaldığı tespit edilmiştir. (Selçuk, Eremektar ve Meriç; 2006)

Ozon uygulamasında gerçekleştirilen bir diğer çalışma da; aktif bileşen olarak 2,4,4-triklor-2-Hidroksidifenil Eter içeren ticari tekstil biyosit formülasyonunun bozunumu ve toksitesinin giderimi için yapılan gelişmiş oksidasyon prosesleri Fenton, Foto-Fenton, TiO₂/UV-A, TiO₂/UV-A/H₂O₂ ve ozonlama işlemleri karşılaştırılmıştır. Biyosit solüsyonu, tipik antimikrobiyal tekstil bitim işlemi baz alınarak hazırlanmıştır. Denemeler farklı ozon dozlarında ve başlangıç pH'ı (7-12) alınarak ozonun, atık sudaki bileşiklerin bozunurluğuna, bileşenlerdeki aromatik halkaların bozunurluğuna, klorinin ve toksitenin giderimine olan etkisi araştırılmıştır. Veriler değerlendirildiğinde; ozonun bütün çalışılan pH' larda, bileşenlerdeki aromatik halkaların parçalanmasına olan etkinliğinin, klasik yöntemlere eşit olduğu tespit edilmiştir. Biyosit içerikli tekstil atık suyunun ozonlanması sırasında, klorinin gideriminin aromatik halka parçalanmasına kıyasla önemli bir hızla arttığı ve 20 dakikalık ozonlama işleminden sonra tamamlandığı görülmüştür. Diğer taraftan, toksitenin tamamen giderilmesi için ozonlamanın en az 30 dakika olması gerektiği belirtilmiştir. (Alaton, 2007)

Tekstil atık sularında rengin giderilmesinin yanında; tekstil atık sularında yer alan kimyasal maddelerin de ozonla, uzaklaştırılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Bununla ilgili yapılan çalışmada; atık suyun içerdiği organik bileşiklerin kabul edilebilir oranda uzaklaştırılabilmesi için; kolay uzaklaştırılmayan bileşenler içeren atık suyun çevreyle biyo uyumluluğunun geliştirilmesi araştırılmıştır. Tekstil preparasyonunda kullanılan noniyonik surfaktan, poliamid boyama aşamasında kullanılan sentetik tanin ve biyosit içeren bitim çözeltisiyle oluşturulan tipik tekstil bitim işlemi atık suyu ile ozonlama yönteminin farklı pH değerlerinde ve gelişmiş oksidasyon prosesleri olarak farklı oksidasyon materyallerinin ($H_2O_2/UV-C$ ve H_2O_2) konsantrasyon oranlarında çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda; noniyonik surfaktanın neden olduğu atık yükü pH 9 da gerçekleştirilen $H_2O_2/UV-C$ uygulamasıyla % 50 olarak azaltılabildiği, sentetik taninin etkilerinin pH 3,5 da ozonlamayla tamamen engellendiği ve biyosit etkinliğinin pH 7,2 de yapılan ozonlamayla giderildiği bildirilmiştir. (Alaton, 2007)

Yapılan bir diğer çalışmada; ozonlama işleminin atık sudaki inert parçalanması zor parçacıkların atık suyun toksitesiyle arasındaki ilişkiye etkisinin araştırılması hedeflenmiştir.

Deneme sonuçlarına göre; ön ozonlama işlemiyle inert bileşenlerin önemli oranda azaldığı, atık mikrobiyal ürünün azalan bir oranda arttığı ve atık sudaki toksitenin azaldığı görülmüştür. (Eremektar ve diğ., 2007)

Yapılan farklı bir çalışmada da; deri boyamacılığında, deri boyama işleminin ardından elde edilen artık boyarmaddelerin, suyun geri kazanımının sağlanması amacıyla atık sudan ozonlamayla giderilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda pH ve boya konsantrasyonunun dekolorizasyona olan etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda; pH (4, 7, 9 ve 11) ve boya konsantrasyonunun (30, 65, 180 ve 360 mg/l) olduğu şartlarda, maksimum dekolorizasyon etkinliğinin % 97' ye ulaştığı gözlenmiştir. Böylece, ozonlamanın deri boyarmaddelerinin dekolorizasyonun efektif bir yöntem olduğu, pH ve boyarmadde konsantrasyonunun dekolorizasyonda önemli bir rolü olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Çalışma, üç iş paketi şeklinde gerçekleştirilmiştir. İlk iş paketinde seçilen bir dispers boyarmadde ozonlanmasıyla sürecin etkileri incelenmiştir. İkinci iş paketinde farklı üç dispers boyarmaddenin ozonlanması sonucu davranışları incelenmiştir. Üçüncü iş paketinde ise, ozonla geri kullanım tekrar kazanım çalışmaları yürütülmüştür.

3.1. Birinci İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem

Bu çalışmada, dispers boyarmaddenin ozonla renk giderimi ve boyama işlemlerinde boya çözeltisi içindeki organik asidin, alkalinin, dispergatör ve köpük kesicinin ozonlama işlemine etkisi deneysel çalışmalarla incelenmiştir. Asidik ortam için asetik asit; bazik ortam için NaOH kullanılmıştır. Deneysel çalışma da kullanılan dispers boyarmadde ise, Dianix Scarlet XF olarak seçilmiştir.

3.1.1. Birinci İş Paketi İçin Materyal

3.1.1.1. Deneysel Çalışma Düzenegi

Hazırlanan çözeltiler, 1L hacminde ve 6 cm çapındaki beherlerde, ozon cihazına bağlı plastik borunun çözeltilerin içine direk daldırılmasıyla ozonlanır. Plastik boru ucuna difüzör takılarak çözeltileriye homojen ozonlama etkisi kazandırılır.

3.1.1.2. Deneyde Kullanılan Ozon Cihazı

Ozon kaynağı olarak, Ozonist marka OZN 107 model hava ile beslenen bir jeneratör kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, ozon jeneratörü ile bağlantılı plastik borular kullanılmıştır. Plastik boru ucundaki difüzörle, çözeltilerin homojen olarak ozonlama etkisi sağlanmıştır.

Ozon verimliliğinin anlaşılabilmesi için denemeler sonunda farklı zamanlarda ozon konsantrasyon ölçümü yapılmıştır.(Standart Methods 2350 E, APHA)

Ozon jeneratörü, ozon konsantrasyon ölçümü için, içerisinde % 2 ve 200 ml potasyum İyodür (KI) çözeltisi bulunan gaz yıkama şişelerine seri olarak bağlanarak ve 3 dakika boyunca 1000 ml/dk ozon gazı beslenerek ozon konsantrasyon ölçümünün birinci aşaması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşama olarak gaz yıkama şişelerinden alınan çözeltiler karıştırılıp bir beherde toplanarak ve içerisine nişasta ve 2 N sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi ilave edilerek 0,1 N sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) çözeltisiyle titrasyonu yapılmıştır. Üç tekrarlı olarak yapılan bu işlem sonucunda elde edilen değer, denklem (1) de yerine konarak ozon konsantrasyonu hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, 1000 ml/dk gaz akış oranında 24,4 ± 2,2 mg/dk ozon dozu kullanılmıştır.

$$((A + B) * N * 24) / T \quad (1)$$

A: 1. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

B: 2. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

N: 3. Sodyum tiyosülfatın normalitesi

T: 4. Ozonlama süresi (dakika)

3.1.1.3. Renk Ölçüm Cihazı

Deneysel çalışmada, ozon ile oksidasyon işleminin sonucunda boya çözeltilerinde gözlenen renk değişiminin ölçümü için Spectroquant NOVA 60 model renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için, metot 32 kullanılarak, cihaza ait 1 cm ışık yoluna sahip küvetle çalışmıştır. Cihaz, 0- 1000 Hazen dalga boyu aralığında sonuçlar vermektedir.

3.1.2. Birinci İş Paketi İçin Yöntem

3.1.2.1. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltisiyle Çalışma

Deneysel çalışmada 0,1 g/l konsantrasyonda boya ile çalışılmıştır. 0,1 g boya ile 1 litre olarak hazırlanan çözeltinin pH ve sıcaklık kontrolleri yapılarak sıcaklık 20°C; pH 6 -7 aralığında çalışılmıştır. Hazırlanan çözelti, ozon cihazıyla bağlantılı olan borunun

çözelti içine daldırılmasıyla direk olarak ozonlanmıştır. Ozonlama işlem süresi 30 dakika olarak belirlenmiştir. 30 dakika boyunca her 2 dakikada bir numune alınarak renk ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.2. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,1 g/l boyarmadde konsantrasyon ile asidik ortamda çalışılmıştır. pH değeri 4- 4,5 aralığında ayarlanmıştır. Çözelti hacmi 1 litreye tamamlanarak sıcaklık 20°C olarak kaydedilmiştir. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.3. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,1 g/l boyarmadde konsantrasyonu ile alkali ortamda çalışılmıştır. Alkali ortam için NaOH çözeltisinden alınarak pH 11- 12 olacak şekilde çözelti pH'ı ayarlanmıştır. Çözeltinin sıcaklığı 20°C olarak kaydedilmiştir. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.4. 0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergatör ve Köpük Kırıcı İle Asidik Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,1g/l boyarmadde konsantrasyonunda hazırlanan çözeltiliye dispergatör ilave edilerek ozon ile oksidasyon etkisi incelenmiştir. Dispergatörün yüksek derecede köpürme özelliğinden dolayı çalışmanın daha verimli koşullarda gerçekleşmesi için, çözeltiliye köpük kırıcı ilave edilmiştir. Çözeltiliye 1 g/l konsantrasyonunda dispergatör; 0,5 g/l konsantrasyonunda köpük kırıcı ilave edilmiştir.

Asidik ortamda çalışma yapmak için çözelti pH'ını 4-4,5 değerlerinde ayarlayabilmek için ortama Asetik asit ilave edilmiştir. Çözelti sıcaklığı 20°C olarak kaydedilmiştir. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.5. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Katkısız Boya Çözeltisiyle Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,2 g/l konsantrasyonunda 1 litre boyarmadde çözeltisiyle çalışılmıştır. Çözeltinin pH ve sıcaklık kontrolleri yapılarak sıcaklık 20°C; pH 6-7 aralığında kaydedilmiştir. Hazırlanan çözeltinin, ozon cihazına bağlı olan boru ucundaki difüzörün çözeltiye daldırılmasıyla oksidasyonu sağlanmıştır. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.6. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Asidik Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,2 g/l boyarmadde konsantrasyonu ile asidik ortamda çalışılmıştır. Ortama Asetik Asit ilave edilerek pH 4-4,5 aralığında ayarlanmıştır. Sıcaklık değeri de 20°C olarak kaydedilmiştir. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.7. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Alkali Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,2 g/l boyarmadde konsantrasyonu ile alkali ortamda çalışılmıştır. Alkali ortam; pH 11-12 olacak şekilde NaOH çözeltisiyle ayarlama yapılmıştır.

Çözeltinin sıcaklığı 20°C olarak kaydedilmiştir. Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.1.2.8. 0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Dispergator ve Köpük Kırıcı ile Asidik Ortamda Çalışma

Deneysel çalışmada, 0,2 g/l boyarmadde konsantrasyonunda hazırlanan çözeltiliye dispergator ilave edilerek ozon ile oksidasyon etkisi gözlenmiş; çalışma sonuçlarının olumsuz etkilenmemesi için dispergatorün sıcaklıkla yükselen köpürme özelliğini azaltmak için 1,5 g/l konsantrasyon değerinde köpük kırıcı ilave edilmiştir. Asidik ortamdaki çalışma için, Asetik Asit ilave edilmiştir. Çözelti sıcaklığı 20°C; pH ise 4-4,5 aralığında kaydedilmiştir.

Ozonlama işleminde oksidasyon süresi 30 dakika olarak belirlenmiş ve her 2 dakikada bir olmak üzere toplamda 15 numune örneğinin renk ölçüm sonuçları iki tekrarlı olarak değerlendirilmiştir. Ortalama değerler alınarak deneysel çalışma sonuçları elde edilmiştir.

3.2. İkinci İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem

Bu çalışmada 0,1 g/l konsantrasyonda üç farklı moleküler yapıdaki antrokinon kromofor grubuna sahip düşük enerji seviyeli Dispers Blue 56; Antrokinon kromofor grubuna sahip orta enerji seviyesindeki Dispers Blue 60 ve azo kromofor grubuna sahip yüksek enerji seviyesindeki Dispers Blue 79 boyarmaddeleri kullanılarak ozonlama işleminin etkinliği deneysel çalışmalarla incelenerek bu boyarmadde çözeltilerinin ozonla renk giderimi etkileri değerlendirilmiştir.

3.2.1. İkinci İş Paketi İçin Materyal

3.2.1.1. Deneysel Çalışma Düzenegi

Hazırlanan çözeltiler, 1 litre hacminde ve 6 cm çapındaki beherlerde, ozon jeneratörüne bağlı plastik borunun çözeltinin içine direk daldırılmasıyla ozonlanmıştır. Plastik boru ucuna difüzör takılarak çözeltiliye homojen ozonlama etkisi kazandırılmıştır.

3.2.1.2. Deneyde Kullanılan Ozon Cihazı

Ozon kaynağı olarak, ozon üretim kapasitesi saatte 3 gr olan Opal OS1 model (Opal Ltd., Ankara, Türkiye) ozon jeneratörü kullanılmıştır.

Ozon verimliliğinin anlaşılabilmesi için denemeler sonunda farklı zamanlarda ozon konsantrasyon ölçümü yapılmıştır. (Standart Methods 2350 E, APHA)

Ozon jeneratörü, ozon konsantrasyon ölçümü için, içerisinde %2 ve 200 ml potasyum İyodür (KI) çözeltisi bulunan gaz yıkama şişelerine seri olarak bağlanarak ve 3 dakika boyunca 800 ml/dk ozon gazı beslenerek ozon konsantrasyon ölçümünün birinci aşaması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşama olarak gaz yıkama şişelerinden alınan çözeltiler karıştırılıp bir beherde toplanarak ve içerisine nişasta ve 2 N sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi ilave edilerek 0,1 N sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) çözeltisiyle titrasyonu yapılmıştır. Üç tekrarlı olarak yapılan bu işlem sonucunda elde edilen değer, denklem (1) de yerine konarak ozon konsantrasyonu hesaplanmıştır.

$$((A + B) * N * 24) / T \quad (1)$$

A: 1. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

B: 2. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

N: 3. Sodyum tiyosülfatın normalitesi

T: 4. Ozonlama süresi (dakika)

Çalışılan şartlardaki 800 ml/dak gaz akış oranındaki ozon konsantrasyonu $8,1 \pm 0,3$ mg/dak olarak ölçülmüştür.

3.2.1.3. Renk Ölçüm Cihazı

Deneysel çalışmada, ozon ile oksidasyon işleminin sonucunda boya çözeltilerinde gözlenen renk değişiminin ölçümü için Spectroquant NOVA 60 model spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için, metot 32 kullanılarak, cihaza ait 1 cm ışık yoluna sahip küvetle çalışmıştır. Cihaz, 0-1000 Hazen dalga boyu aralığında sonuçlar vermektedir.

Aynı cihazla, KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ölçümleri standart Metot 5220 : C' ye göre yapılmıştır. Atıksu numunelerinden standart 1-2 ml alınarak (KOİ kiti'ne göre önerilen miktarda) KOİ kitlerine eklenmiştir. Hazırlanan tüpler, 150°C ' da 2 saat bekletildikten sonra soğutulmuş, daha sonra Merck Spectroquant NOVA 60 model spektrofotometrede okunarak KOİ değerleri elde edilmiştir.

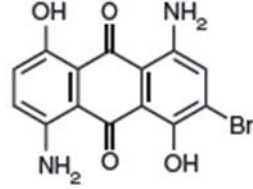
3.2.1.4. HPLC Analiz Cihazı

Yapılan çalışmalarda, Agilent 1200 markalı HPLC (High Performance Liquid Chromatography); yüksek performanslı sıvı kromatografisi kullanılmıştır. Sabit faz için kolon içinde bulunan C18 maddesi kullanılırken, hareketli faz için de formik asit ve asetonitrilin karışım maddesi kullanılmıştır. Hareketli faz akış hızı 0,5 ml/dak olarak, çalışma metoduyla belirlenmiştir. Dedeksiyon (belirleme) dalga boyu 254 nm olarak belirlenmiştir. Sonuçlar zamana karşı mili absorbans (mAU) değerleri olarak ölçülmüştür.

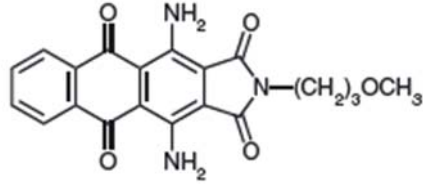
3.2.1.5. Deneyde Kullanılan Boyarmaddeler

Bu çalışmada 0,1 g/l konsantrasyonda üç farklı moleküler yapıdaki antrokinon kromofor grubuna sahip düşük enerji seviyeli Dispers Blue 56; Antrokinon kromofor grubuna sahip orta enerji seviyesindeki Dispers Blue 60 ve azo kromofor grubuna sahip yüksek

enerji seviyesindeki Dispers Blue 79 boyarmaddeleri kullanılarak ozonlama işleminin etkinliği deneysel çalışmalarla incelenerek bu boyarmadde çözeltilerinin ozonla renk giderimi etkileri değerlendirilmiştir.

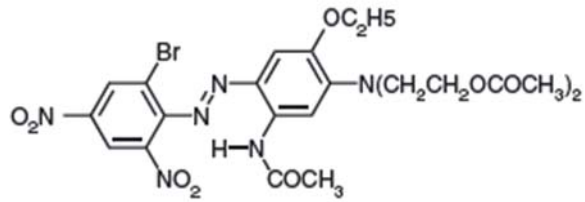


Şekil 3.1. Dispers Blue 56 (Bird ve Boston, 1975)



2

Şekil 3.2. Dispers Blue 60



Şekil 3.3. Dispers Blue 79 (Peters,1975)

3.2.2. İkinci İş Paketi İçin Yöntem

3.2.2.1. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56 Boyarmaddesiyle Çalışma

Hazırlanan 0,1 g/l konsantrasyondaki küçük moleküler yapıdaki Dispers Blue 56 boyarmaddesine ozon jeneratöründe üretilen ozon gazı difüzör yardımıyla gönderilerek reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Renk giderimi işlemi, çözeltinin rengi görsel olarak azaltılıncaya kadar ozonlamaya devam edilmiştir. Azalan renk değerleri zamana karşı ölçülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2.2.2. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 60 Boyarmaddesiyle Çalışma

Hazırlanan 0,1 g/l konsantrasyondaki orta büyüklükteki moleküler yapıdaki Dispers Blue 60 Boyarmaddesine ozon jeneratöründe üretilen ozon gazı difüzör yardımıyla gönderilerek reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Renk giderimi işlemi, çözeltinin rengi görsel olarak azaltılıncaya kadar ozonlamaya devam edilmiştir. Azalan renk değerleri zamana karşı ölçülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2.2.3. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79 Boyarmaddesiyle Çalışma

Hazırlanan 0,1 g/l konsantrasyondaki büyük moleküler yapıdaki Dispers Blue 79 Boyarmaddesine ozon jeneratöründe üretilen ozon gazı difüzör yardımıyla gönderilerek reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Renk giderimi işlemi, çözeltinin rengi görsel olarak azaltılıncaya kadar ozonlamaya devam edilmiştir. Azalan renk değerleri zamana karşı ölçülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.3. Üçüncü İş Paketi İçin Materyal Ve Yöntem

Bu çalışmada, CI Dispers Blue 60 boyarmaddesiyle boyamalar gerçekleştirilmiş ve boyama atık sularının ozonlanmasıyla tekrarlı boyamalar yapılarak geri kazanım çalışmaları yürütülmüştür. Oluşturulan konsantrasyon ölçüm ve tam doz uygulama gruplarıyla da geri kazanım tekrar kullanım çalışmaları referans edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.3.1. Üçüncü İş Paketi İçin Materyal

3.3.1.1. Deneyde Kullanılan Kumaşlar

Yapılan çalışmalarda, 108 g/m², 16 atk/cm, 15 çözgü/cm ve 300/72 denye tekstüre filamen puntolu poliester kumaşlar kullanılmıştır.

3.3.1.2. Deneyde Kullanılan Boyarmaddeler ve Kimyasallar

Yapılan deneyde, % 1'lik orta enerji seviyeli ve antrokinon kromoforlu CI Dispers Blue 60 (Terasil Blue BGE) boyarmaddesi kullanılmıştır.

Yürütülen deneysel çalışmada belirtilen poliester kumaşın, belirtilen dispers boyarmaddesiyle düzgün bir boyama gerçekleştirilebilmesi için 1 ml/l konsantrasyonda dispergator boyama kimyasalı ve yine dispers boyama için gerekli olan pH değerinin (pH 4-4,5) sağlanabilmesi için de asetik asit kullanılmıştır. Yapılan deneylerin tümünde saf su kullanılmıştır.

3.3.1.3. Ozonlama Cihazı

Ozon kaynağı olarak, laboratuvar tipi Opal OS1 model (İstanbul) ozon jeneratörü kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, ozon jeneratörü ile bağlantılı plastik boru ve bu boruya bağlı difüzör kullanılmıştır. Plastik boru ucundaki difüzörle, çözeltinin homojen olarak ozonlama etkisi sağlanmıştır.

Ozon verimliliğinin anlaşılabilmesi için denemeler sonunda farklı zamanlarda ozon konsantrasyon ölçümü yapılmıştır.(Standart Methods 2350 E, APHA)

Ozon jeneratörü, ozon konsantrasyon ölçümü için, içerisinde %2 ve 200 ml potasyum İyodür (KI) çözeltisi bulunan gaz yıkama şişelerine seri olarak bağlanarak ve 3 dakika boyunca 800 ml/dk ozon gazı beslenerek ozon konsantrasyon ölçümünün birinci aşaması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşama olarak gaz yıkama şişelerinden alınan çözeltiler karıştırılıp bir beherde toplanarak ve içerisine nişasta ve 2 N sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi ilave edilerek 0,1 N sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) çözeltisiyle titrasyonu yapılmıştır. Üç tekrarlı olarak yapılan bu işlem sonucunda elde edilen değer, denklem (1) de yerine konarak ozon konsantrasyonu hesaplanmıştır.

$$((A + B) * N * 24) / T \quad (1)$$

A: 1. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

B: 2. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

N: 3. Sodyum tiyosülfatın normalitesi

T: 4. Ozonlama süresi (dakika)

3.3.1.4. Renk Ölçüm Cihazı

Ozon ile oksidasyon işleminin sonucunda boya çözeltilerinde gözlenen renk giderimi değerinin ölçümü için Spektroquant NOVA 60 model renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz 0-1000 Hazen dalga boyu aralığında sonuçlar vermektedir. Ölçümler için cihaza ait 1 cm ışık yoluna sahip küvetle çalışmıştır.

3.3.1.5. Boyarmadde Konsantrasyon Ölçümü İçin Kullanılan Spektrofotometre Cihazı

Boya banyolarının renk değerleri ölçümü için, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı'nda bulunan Macbeth Color Eye MS2020 Reflektans Spektrofotometresi kullanılmıştır.

3.3.1.6. Boyanan Kumaşların Renk Değerlendirmesi İçin Kullanılan Spektrofotometre Cihazı

Konica Minolta Spektrofotometer CM 3600 D laboratuvar test cihazında tüm boyanmış numunelerin renk haslığı testi gerçekleştirilmiştir.

3.3.1.7. Yıkama Haslığı Test Cihazı

Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Test Laboratuvar Cihazları 412 NBHT marka ve modelindeki 12 tüp kapasiteli, programlanabilir ve su ısıtmalı yıkama makinesinde yıkama haslığı testleri yapılmıştır.

3.3.1.8. Sürtme Haslığı Test Cihazı

Sürtme haslığı için, manuel tipi, çapı 25 mm uçlu ve kumaşa 22 N'luk basınç uygulama özelliğine sahip sürtme haslığı ölçme test cihazı kullanılmıştır.

3.3.2. Üçüncü İş Paketi İçin Yöntem

3.3.2.1. Poliester Kumaşlardan Numune Hazırlanması Ve Ölçümler

Yapılan çalışmada, poliester kumaşlar yaklaşık olarak 47-10 cm boyutlarında 5 gr'lık numuneler olarak kesilip hazırlanmışlardır. Ön işlemi aşağıda belirtilen reçeteye yapılarak dispers boyamaya hazır hale getirilmiş olan poliester kumaşlar kullanılmıştır.

Ön işlem reçetesi;

1 g/l Anyonik / Noniyonik Deterjan

1 g/l Kostik (NaOH)

60 °C de 30 Dakika

(1: 15)

Hazırlanan numuneler 100 ml' lik boyama banyolarında dispers boyanarak boyama sonrası renk haslığı ve sürtme haslığı testlerinde kullanılmışlardır.

3.3.2.2. Boyama Banyolarına Uygulanan Ozonlama Yöntemi

Ozonlama işlemi boyunca ozon gazı, 800 ml/dk akış hızıyla ortama verilerek boyama banyoları dispers boyama sonrasında ozonlanmışlardır. Ozon üretimi için kullanılan oksijen gazı yaklaşık olarak % 99,5 saflıktadır.

Ozon verimliliğinin anlaşılabilmesi için denemeler sonunda farklı zamanlarda ozon konsantrasyon ölçümü yapılmıştır.(Standart Methods 2350 E, APHA)

Ozon jeneratörü, ozon konsantrasyon ölçümü için, içerisinde %2 ve 200 ml potasyum İyodür (KI) çözeltisi bulunan gaz yıkama şişelerine seri olarak bağlanarak ve 3 dakika boyunca 800 ml/dk ozon gazı beslenerek ozon konsantrasyon ölçümünün birinci aşaması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşama olarak gaz yıkama şişelerinden alınan çözeltiler karıştırılıp bir beherde toplanarak ve içerisine nişasta ve 2 N sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi ilave edilerek 0,1 N sodyum tiyosülfat (Na₂S₂O₃) çözeltisiyle titrasyonu yapılmıştır. Üç tekrarlı olarak yapılan bu işlem sonucunda elde edilen değer, denklem (1) de yerine konarak ozon konsantrasyonu hesaplanmıştır.

$$(A * B * N * 24) / T \quad (1)$$

A: 1. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

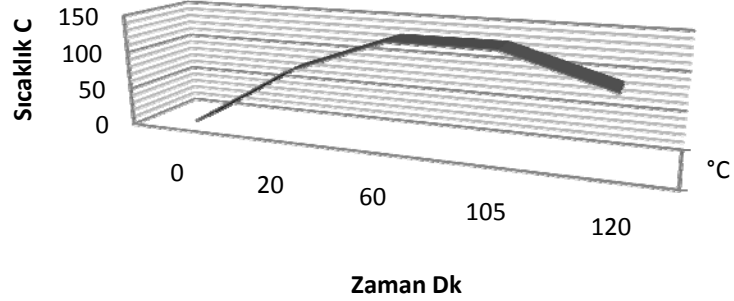
B: 2. Gaz yıkama şişesindeki çözelti miktarı (ml)

N: 3. Sodyum tiyosülfatın normalitesi

T: 4. Ozonlama süresi (dakika)

3.3.2.3. Uygulamalardaki Dispers Boyama Yöntemi

Yapılan deneysel çalışmada, hazırlanan 5 gramlık numuneler dispers boyama yöntemiyle Şekil 3.4 de gösterilen prosesle CI Dispers Blue 60 (Terasil Blue BGE) dispers boyarmaddesi ile çalışma oranının 1:20 olduğu değerle boyanmışlardır. Yürütülen dispers boyamalarda; %1 oranında boyarmadde, boyama düzgünlüğü sağlanması için 1 ml/l oranında dispergator ve istenen pH değerinin (pH 4-4,5) oluşturulabilmesi için de asetik asit ilavesi yapılarak boyamalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Poliester Kumaşların Dispers Boyama Grafiği

3.3.2.4. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Yürütülen Deney Sistemi

Yapılan deneysel çalışmada, belirtilen prosesle boyanmak üzere dört temel grup oluşturulmuştur. Oluşturulan ilk grup, kontrol grubu olarak belirlenip tekrarlı boyamalara dahil edilmemiş ve temel referans grubu olarak seçilmiştir.

Belirlenen ikinci grupta, boyama atık suyunun ozonlanarak renk giderimi ile geri kazanımı sağlanması hedeflenmiş ve her boyama sonrası boyama atık suyu ozonlanarak tekrarlı boyamalara devam edilmiştir.

Belirlenen üçüncü grupta, boyama atık suyuna ozonlama işlemi yapılmadan, boya banyosundaki eksilen miktar kadar boya banyosu, boyarmadde ve yardımcı kimyasallarıyla tamamlanarak tekrarlı boyamalara devam edilmiştir.

Belirlenen dördüncü grupta, boyama atık suyuna ozonlama işlemi yapılmadan, boya banyosundaki eksilen miktar, konsantrasyon ölçümü yöntemiyle belirlenmiş ve eksilen miktar kadar boya banyosu (boyarmadde ve yardımcı kimyasallar) hazırlanarak tekrarlı boyamalara devam edilmiştir.

Tekrarlı boyamalara beşinci boyamada son verilerek aynı boya banyosuyla dört tekrarlı boyamalar gerçekleştirilmiştir. Belirlenen her grup, üç numuneden oluşturularak kendi içinde üç tekrarlı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3.3.2.5. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Ozonlama Grubu İle Yapılan Uygulama

Belirlenen grupta ozonlama işlemlerine renk görünürde kaybolana kadar (16 dakika) devam edilmiştir. Ozonlama sonrasında eksilen boya banyosu miktarı ölçülerek bu miktar kadar saf su ve eksilen miktarla orantılı olarak dispergator ilavesi yapılmıştır. Boya banyosunun ozonlanmasıyla, banyo içindeki tüm boyarmaddenin ozonla oksidasyon işleminin gerçekleştiği düşünülerek boyama için gerekli olan boyarmaddenin tamamı (% 1) banyoya her boyama işlemi öncesinde ilave edilmiştir.

Dispers boyama için gerekli olan pH değerinin sağlanmış olmasından dolayı tekrarlı boyamalara başlamadan önce ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci boyamalarda ortama asetik asit ilavesinin yapılmasına gerek duyulmamıştır.

3.3.2.6. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Tam Doz Ekleme Grubu İle Yapılan Uygulama

Belirlenen grupta, yapılan her boyama sonrasında boya banyosunda bir miktar azalma meydana gelmiştir. Banyo, azalan miktar kadar saf su ile tamamlanmıştır. Boyama

sonrası, banyoda hiç boyarmadde kalmadığı düşünülerek boyama reçetesinde yer alan değer kadar (%1) boyarmadde ilave edilmiştir. Dispergatorün banyoda kaldığı düşünülerek, sadece eksilen banyo miktarıyla orantılı olarak dispergator ilavesi yapılmıştır. Yapılan boyamalar öncesinde ortam pH' ını (pH 4-4,5) sağlamak için banyoya asetik asit ilave edilmiştir.

3.3.2.7. Boyama Atık Suyunun Ozonla Geri Kazanımı Çalışmasında Boyama Banyosundaki Boyarmadde Konsantrasyon Ölçümü Yöntemiyle Boyarmadde İlavesinin Yapıldığı Grup İle Uygulama

Belirlenen grupta, yapılan tekrarlı boyamalar sonrasında boya banyosundan alınan örnekler, spektrofotometredeki küvete yerleştirilerek banyodaki boyarmadde konsantrasyonları 680 nm, 400 nm ve 700 nm spektral bölge aralıklarında, hazırlanan stok çözeltilerle referans edilerek ölçülmüştür.

Ölçülen değerler, belirlenen 680 nm aralığında, denklem (2) de yerine konularak kumaş tarafından alınan boyarmadde miktarları her bir numune için hesaplanmıştır. Böylece tekrarlı boyamalarda, banyoya sadece hesaplanan yani, kumaş tarafından çekilen miktar kadar boyarmadde ilave edilmiştir.

λ_{\max} 680 nm için;

Absorbans (A) = - log T

$$\% E = (A_0 - A_1) / A_1 \quad (2)$$

A₀: Stok çözeltinin ölçülen absorbans değeri

A₁: Boya banyosu çözeltisinin ölçülen absorbans değeri

3.3.2.8. Boyanmış Kumaşlara Uygulanan Redüktif Ard Yıkama Yöntemi

Poliester kumaşların dispers boyamalarının ardından konvansiyonel redüktif yıkama prosesi tüm boyanmış numunelere uygulanmıştır.

Poliester kumaşların konvansiyonel ard yıkaması için kullanılan redüktif yıkama reçetesi;

2 g/l sodyum hidroksit, 2 g/l hidrosülfid olup, işlem süresi 20 dakika, işlem sıcaklığı ise 80°C olarak belirlenmiştir. Redüktif ard yıkama işleminden sonra kumaşlar önce kaynar sıcaklıktaki suyla daha sonra soğuk suyla durulanmıştır.

3.3.2.9. Ozonlanmış Boya Banyolarına Uygulanan Renk Ölçümü

Ozon ile oksidasyon işleminin sonucunda boya çözeltilerinde gözlenen renk giderimi değerinin ölçümü için Spektroquant NOVA 60 model renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz kalibrasyonu cihaz bilgisinde yer alan metod 32 yöntemiyle, cihaza ait 10 mm genişliğindeki küvet içine saf su konularak ve saf su rengi referans alınarak yapılmıştır. Küvet içine konulan çözelti numunesi cihazın 10mm'lik bölmesine yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Uygulanan deneysel yöntemde, her dört dakikada bir renk giderimi değeri ölçülerek elde edilen veriler, başlangıç değerleriyle karşılaştırılmıştır.

3.3.2.10. Boya Banyolarına Uygulanan Boyarmadde Konsantrasyonu Ölçümü Ve Kumaş Tarafından Absorbe Edilen Boyarmadde Miktarının Hesaplanması

Boyama atık suyunun ozonla geri kazanımı çalışmasında boyama banyosunda kalan boyarmaddenin konsantrasyonunu belirlemek için; konsantrasyon ölçümünün yapılacağı grup için stok çözeltiler hazırlanmıştır. Spektrofotometrede yer alan bölmelere hazırlanmış olan stok ve boyama banyoları çözeltileri küvetlere yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin kalibrasyonunu sağlamak için hazırlanan 500 ml aseton ve 500 ml saf sudan oluşan 1 litrelik karışım çözeltilerinden alınan numuneler küvete konularak kalibre işlemi her ölçüm için tekrarlanmıştır. Stok

çözeltilerin hazırlanması için de, % 1'lik boyama çözeltisinden 5 ml alınarak daha önce hazırlanmış olan aseton-su çözeltisiyle 50 ml'ye tamamlanan çözelti kullanılmıştır. Boyama sonrası çözelti ölçümü için de; boyama işleminin bittiği banyodan alınan 25 ml'lik çözeltinin aseton-su karışımıyla 50 ml'ye tamamlandığı çözelti kullanılmıştır.

Spektrofotometre, 680, 400 ve 700 nm spektral aralıklarda, üç numunenin boya banyosundan hazırlanan stok çözelti ve boya banyosu çözeltilerinden değerler vermektedir.

Belirlenen değerlerle birlikte aşağıda verilen örnek hesaplama metoduyla, kumaş numunelerinin boya banyosundan absorbe ettiği boyarmadde miktarlarının yüzde değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan yüzde değerleri yardımıyla, kumaşın absorbe ettiği boyarmadde miktarları ya da banyoda kalan boyarmadde miktarları belirlenerek banyoya ilave edilecek miktarlar tespit edilmiştir.

3.3.2.11. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Renk Ölçümü

Dispers boyanmış ve ardından redüktif yıkamaları yapılan bütün kumaş numunelerinin renk ölçümü, Konica Minolta CM3600D model spektrofotometrede yapılmıştır.

3.3.2.12. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Yıkama Haslığı Testleri

Yıkama haslığı testleri ISO 105 C06-C2S metoduna göre yapılmıştır. Metoda göre; 1litrelik saf su 60°C' ye ısıtılmıştır. Isıtılmış olan suyun içerisine 4 g ECE deterjan, 1 g Sodyum Perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), 1 g Soda (Na_2CO_3) maddeleri konularak magnetik karıştırıcı yardımıyla çözünmeleri sağlanmıştır. Çözelti pH'ı 10,5'a ayarlanmıştır.

Test edilecek numuneler ve multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) 4*10 cm ebadında kesilerek tek uçlarından dikilmiştir. Yıkama haslığı test cihazı tüpleri takılarak

60°C' ye ısıtılmıştır. Hazırlanan çözeltiden 50 ml alınarak cihaz tüplerinin içerisine 25 adet çelik bilye ile konulmuştur. Cihaz 30 dakika çalıştırılarak işlem bittikten sonra test numunesi deney tüpünden çıkarılarak durulanmıştır, 10 dakika akan suyun altında bırakılmıştır. Yıkama işlemi tamamlanan test numunesi birbirine temas etmeyecek şekilde kurutulmuştur. Test numunelerinden değerlendirme yapılacak kadar bir parçası ve aynı ebatta orijinal numune beyaz bir kart üzerine kullanılan multifibre ile birlikte tutturularak değerlendirme ışık kabiniinde D65 ışığı altında kullanılmış multifibre referans alınarak gri skala yardımıyla yapılmıştır.

3.3.2.13. Boyanmış Poliester Kumaş Numuneleri Üzerine Uygulanan Sürtme Haslığı Testleri

Teste tabi tutulacak parça sürtme haslığı test cihazının üzerine yerleştirilmiştir. Numune ebadı sürtme başlığının rahat gelip gidebileceği boyutta olmasına dikkat edilmiştir. Kuru sürtme haslığı için sürtme başlığına standart sürtme bezi kuru olarak yerleştirilerek üzerine halka geçirilmiştir. Saniyede 1 tur atacak şekilde 10 tur kumaş yüzeyine sürtme işlemi yapılmıştır.

Testte kullanılan sürtme bezleri beyaz bir kart üzerine tutturulmuştur. Değerlendirme ışık kabiniinde D 65 ışığı altında sürtme bezinin kirlenmemiş bölgeleri referans alınarak gri skala yardımı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Birinci İş Paketi Sonuçları

Çizelge 4.1. Dianix Scarlet XF (0,1 g/l) Boyarmaddesinin Belirlenen Ortamlardaki Ozonla Renk Giderimi Değerleri Çizelgesi (Hz: Hazen renk birimi; BM: Boyarmadde)

Süre (Dk)	0,1 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Çalışma					
	Katkısız BM Banyosu			Asidik BM Banyosu		
	1.ölçüm(Hz)	2. ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)	1.ölçüm(Hz)	2.ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)
Başlangıç	216	142	179	192	196	194
2	153	107	130	113	153	133
4	73	63	68	52	103	78
6	44	30	37	36	65	51
8	14	15	15	28	42	35
10	2	4	3	23	28	26
12	<1	5	3	15	22	19
14	<1	3	2	18	13	16
16		<1	<1	17	14	16
18		<1	<1	15	10	13
20				11	13	12
22				8	10	9
24				7	8	8
26				7	9	8
28				5	6	6
30				3	4	4
Süre (Dk)	Bazık BM Banyosu			Dispergatör ve Köpük Kırıcı BM Banyosu		
	1.ölçüm(Hz)	2. ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)	1.ölçüm(Hz)	2.ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)
Başlangıç	302	307	305	388	278	333
2	281	246	264	310	223	267
4	258	204	231	280	212	246
6	229	112	171	267	208	238
8	119	68	94	257	196	227
10	175	54	115	472	180	326
12	155	50	103	320	160	240
14	134	42	88	287	144	216
16	121	45	83	285	132	209
18	105	45	75	263	121	192
20	88	36	62	279	103	191
22	70	41	56	292	88	190
24	62	31	47	262	86	174
26	59	28	44	299	76	188
28	51	28	40	281	64	173
30	45	22	34	235	62	149

Çizelge 4.2. Dianix Scarlet XF (0,2 g/l) Boyarmaddesinin Belirlenen Ortamlardaki Ozonla Renk Giderimi Değerleri Çizelgesi (Hz: Hazen renk birimi; BM: Boyarmadde)

Süre (Dk)	0,2 g/l Boyarmadde Konsantrasyonunda Çalışma					
	Katkısız BM Banyosu			Asidik BM Banyosu		
	1.ölçüm(Hz)	2. ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)	1.ölçüm(Hz)	2.ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)
Başlangıç	541	564	553	234	443	338
2	401	532	467	200	359	279
4	316	427	372	195	254	224
6	252	324	288	109	139	124
8	173	301	237	60	79	69
10	116	263	190	31	47	39
12	70	172	121	25	39	32
14	48	94	71	22	30	26
16	31	63	47	20	29	24
18	20	41	31	18	29	47
20	30	37	34	17	24	21
22	35	33	34	15	16	16
24	44	35	40	14	15	15
26	42	39	41	13	13	13
28	45	24	35	11	11	11
30	27	19	23	11	9	10
	Bazik BM Banyosu			Dispergatör ve Köpük Kırıcı BM Banyosu		
	1.ölçüm(Hz)	2. ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)	1.ölçüm(Hz)	2.ölçüm(Hz)	Ortalama(Hz)
Başlangıç	520	556	538	466	646	556
2	445	411	428	454	606	530
4	325	275	300	514	577	546
6	314	223	268	538	544	541
8	248	166	207	420	527	474
10	198	150	174	483	486	484
12	166	131	148	423	476	449
14	131	126	128	366	423	394
16	161	106	133	333	416	374
18	76	108	92	353	352	352
20	51	105	78	326	352	339
22	28	107	67	300	337	318
24	27	96	61	249	336	292
26	33	103	68	242	333	287
28	33	103	68	245	308	276
30	33	100	66	240	305	272

Yapılan deneysel çalışmada, 0,1 g/l konsantrasyondaki boyarmadde çözeltisinin ozonlanma sonrası verdiği renk ölçüm sonucunun iyi olduğu görülmüştür. Yapılan iki tekrarlı ölçüm sonuçlarında, 30. dakikaya gelmeden kısa sürede rengin % 100 giderilerek çeşme suyu beyazlığına ulaşıldığı gözlenmiştir. 0,1 g/l konsantrasyondaki Asetik Asitle pH' ın 4-4,5 değerine getirildiği çözeltinin, ozonlama sonrası renk giderimi değerinin 30. dakikada % 98 oranında gerçekleştiği gözlenmiştir. Dolayısıyla, sonuçlar Asetik Asit gibi organik bir kirleticinin boyama banyolarına uygulanacak ozonla dekolizasyon işleminde önemli bir sorun oluşturmayacağını göstermiştir.

0,1 g/l konsantrasyondaki alkali ortamda (pH 11-12) yapılan deneysel çalışmada, 30. dakikadaki ozonla renk giderimi değerinin % 89 olduğu tespit edilmiştir. Boyarmadde çözeltisine konulan NaOH maddesinin çözeltiyi kirlettiği ve bu durumun istenilen renk giderimi değerine ulaşmada ozonlama süresini arttıracığını göstermiştir.

Boyama banyolarına ilave edilen dispergator, boyarmaddenin çözelti içinde homojen bir şekilde dağılımını sağlamaktadır. Dispergatorün yüksek köpürme özelliğinden dolayı çözelti içine köpük kırıcı eklenerek çözelti hacminin stabil kalması sağlanır. Ancak bu kimyasal maddeler, çözeltinin yüksek oranlarda kirlenmesine neden olurlar. Dispergator ve köpük kırıcı maddelerinin ilave edildiği 0,1 g/l konsantrasyondaki boyarmadde çözeltisinin ozonlanması sonucunda 30. dakikadaki renk giderimi değerinin % 55 olduğu görülmüş ve bu kimyasalların ozonlama süresini arttırdığı tespit edilmiştir.

0,2 g/l konsantrasyondaki katkısız boyarmadde çözeltisiyle yapılan deneysel çalışmada ise, boyarmadde konsantrasyon değerinin yüksek olmasına bağlı olarak ozonlama süresinin uzadığı ve 30. dakikadaki renk giderimi değerinin % 95 olduğu görülmüştür.

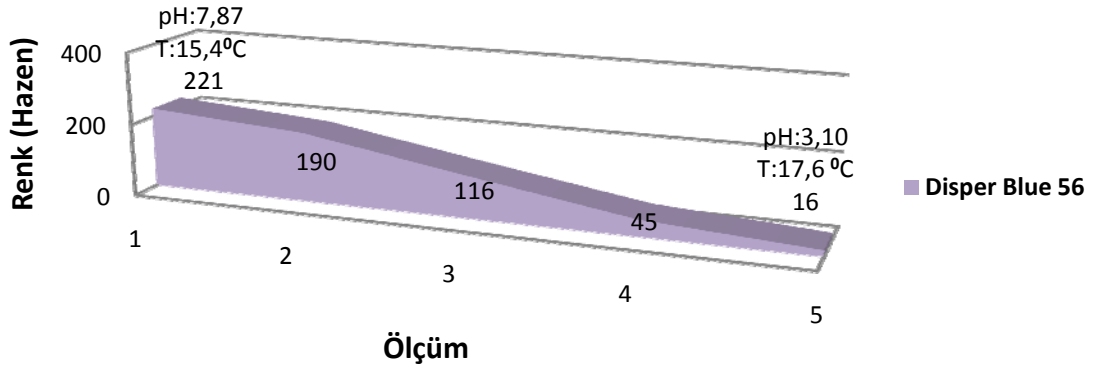
0,2 g/l konsantrasyondaki Asetik Asit ilavesinin yapıldığı, pH 4-4,5 değerindeki çözeltinin ozonlanmasıyla 30. dakikada elde edilen renk giderimi değerinin % 97 olduğu tespit edilmiştir.

0,2 g/l konsantrasyondaki alkali ilavesinin yapıldığı, pH 11-12 değerindeki çözeltinin ozonlanmasıyla 30. dakikada elde edilen renk giderimi değerinin % 87 olduğu ve konsantrasyon artışının aynı çözeltideki ozonlama süresini arttırdığı görülmüştür.

0,2 g/l konsantrasyondaki dispergator ve köpük kırıcı ilavesinin yapıldığı çözeltinin ozonlama sonrası 30. dakikadaki renk giderimi değerinin % 51 olduğu görülmüştür. Bu durum, konsantrasyon ve bazı kirletici kimyasalların ozonlama süresini arttırdığını göstermiştir.

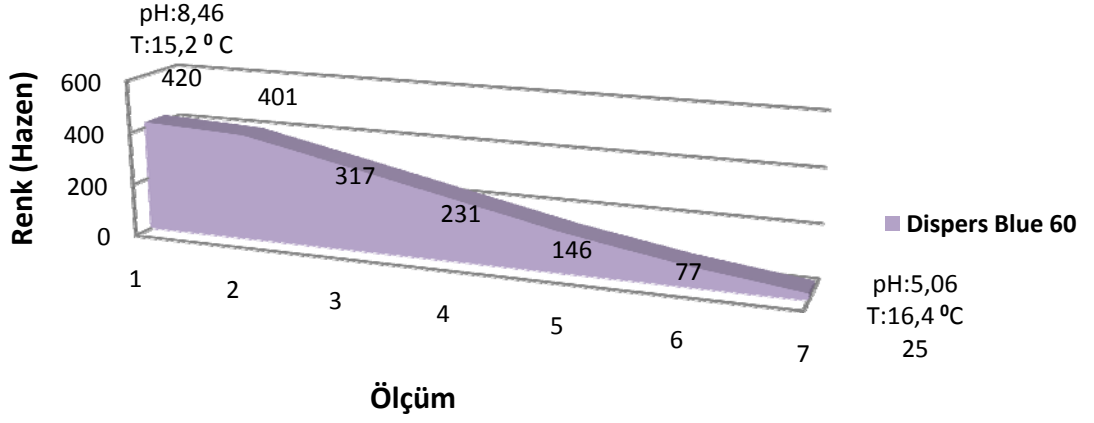
4.2. İkinci İş Paketi Sonuçları

4.2.1. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56 Boyarmaddesiyle Çalışma Sonuçları



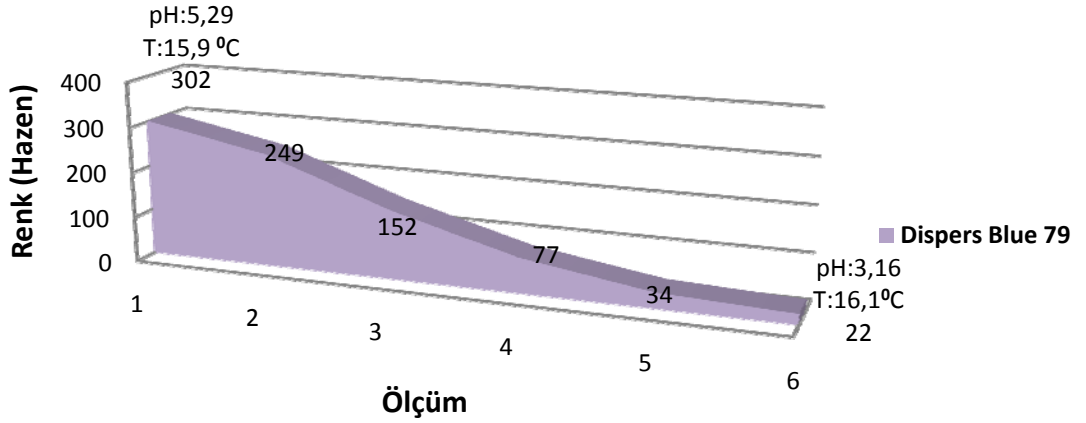
Şekil 4.1. 0,1 g/l konsantrasyonda Dispers Blue 56 boyarmaddesinin zamana karşı ozonla renk giderimi değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır)

4.2.2. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 60 Boyarmaddesiyle Çalışma Sonuçları



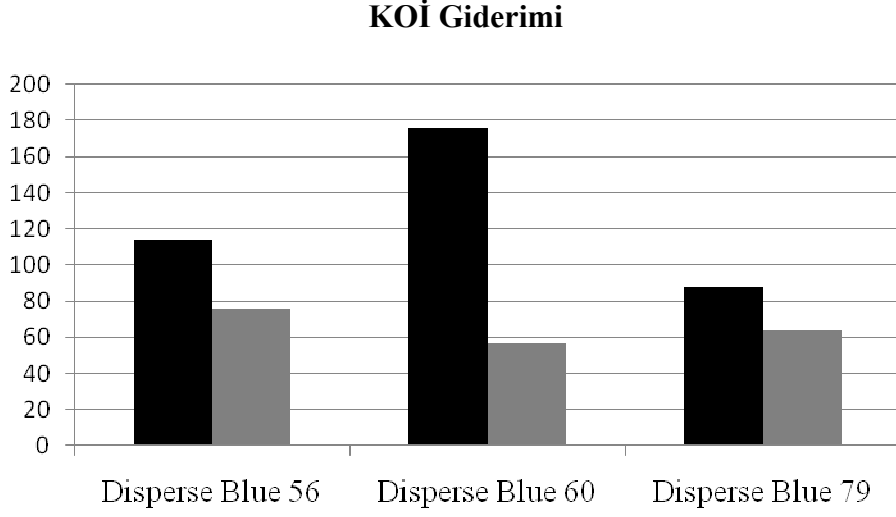
Şekil 4.2. 0,1 g/l konsantrasyonda Dispers Blue 60 boyarmaddesinin zamana karşı ozonla renk giderimi değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır)

4.2.3. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79 Boyarmaddesiyle Çalışma Sonuçları



Şekil 4.3. 0,1 g/l konsantrasyonda Dispers Blue 79 boyarmaddesinin zamana karşı ozonla renk giderimi değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır)

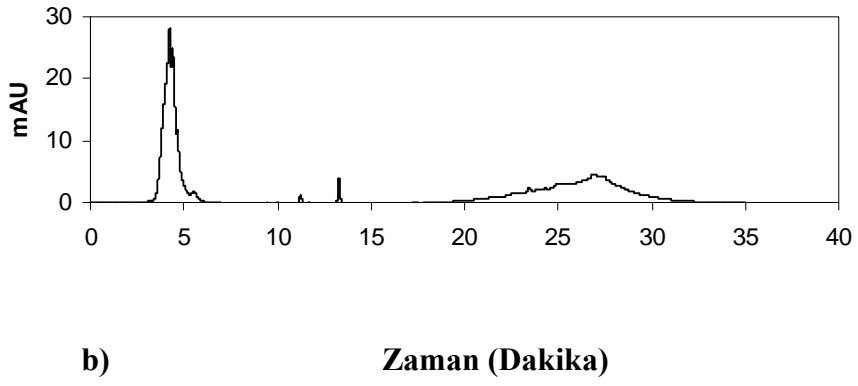
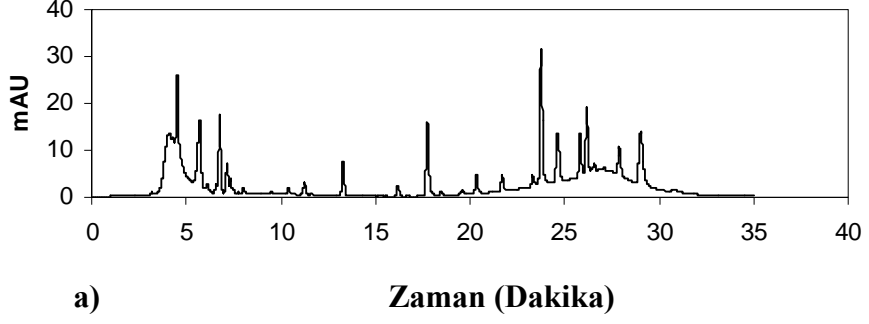
4.2.4. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 79, Dipers Blue 60 ve Dispers Blue 56 Boyarmaddelerinin KOİ Giderimi Sonuçları



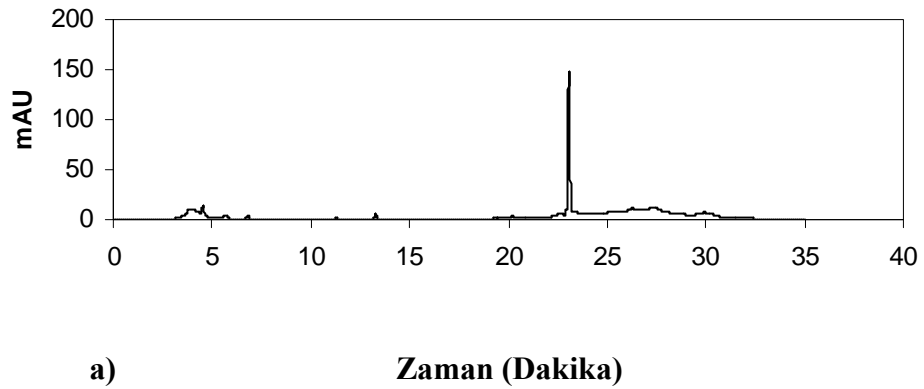
Şekil 4.4. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dipers Blue 60 ve Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin KOİ Giderimi Grafiği (Siyah sütunlar: Ozonlama öncesi KOİ değerleri; Gri sütunlar: Ozonlama sonrası KOİ değerleri)

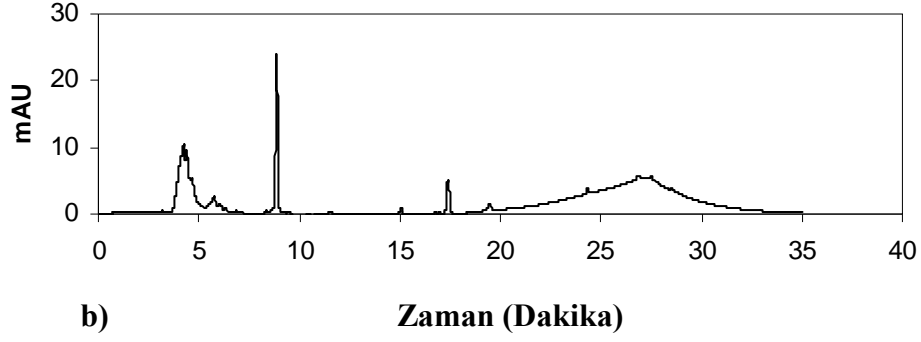
Yapılan KOİ giderimi çalışmasında ozonlama işleminin KOİ değerlerini önemli ölçüde giderdiği belirlenmiştir. Böylece ozonlamanın renk giderimi üzerindeki etkisinin yanında atık yükünde de önemli oranda azalmaya neden olduğu yapılan çalışmalarla görülmüştür.

4.2.5. 0,1 g/l Konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dipers Blue 79 ve Dispers Blue 60 Boyarmaddelerinin Ozonlama öncesi ve sonrası HPLC Analiz Sonuçları

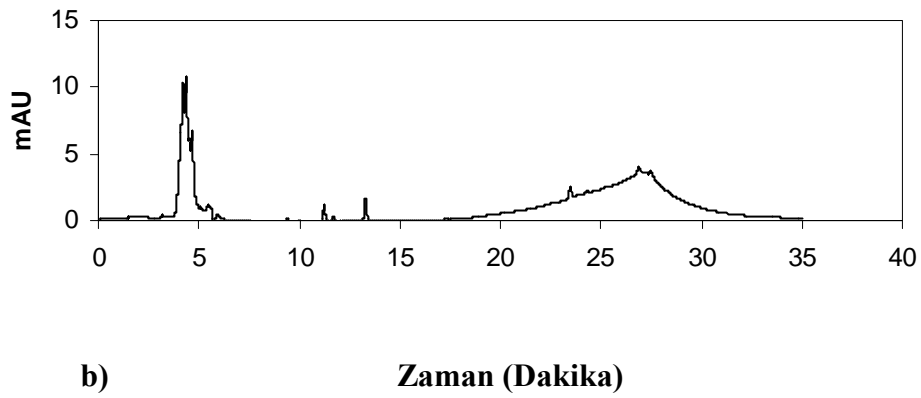
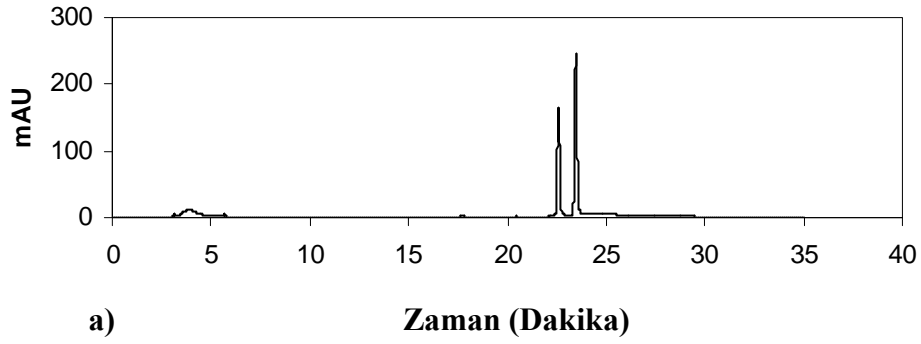


Şekil 4.5. Dispers Blue 56 Boyarmaddesinin **a)** Ozonlama Öncesi; **b)** Ozonlama Sonrası (16. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi (mAU: mili Absorbans)





Şekil 4.6. Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin **a)** Ozonlama Öncesi; **b)** Ozonlama Sonrası (20. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi (mAU: mili Absorbans)



Şekil 4.7. Dispers Blue 60 Boyarmaddesinin **a)** Ozonlama Öncesi; **b)** Ozonlama Sonrası (28. Dakikadaki ozonlama sonrası) HPLC Kromotografisi (mAU: mili Absorbans)

4.3. Üçüncü İş Paketi Sonuçları

4.3.1. Ozonlama Grubu İle Yapılan Çalışma Sonuçları

Her boyama sonrası, boya banyoları, ozonla dekolorizasyon işlemine tabi tutulup standart boyama sonuçlarıyla karşılaştırılarak renk, haslık gibi değerlendirmeler yapılmıştır.

Ozonlama çalışmasıyla her bir boyanın ayrı ayrı renk giderim değerleri grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan grafiklerde her bir ölçüm arası 4 dakika olarak belirlenmiştir.

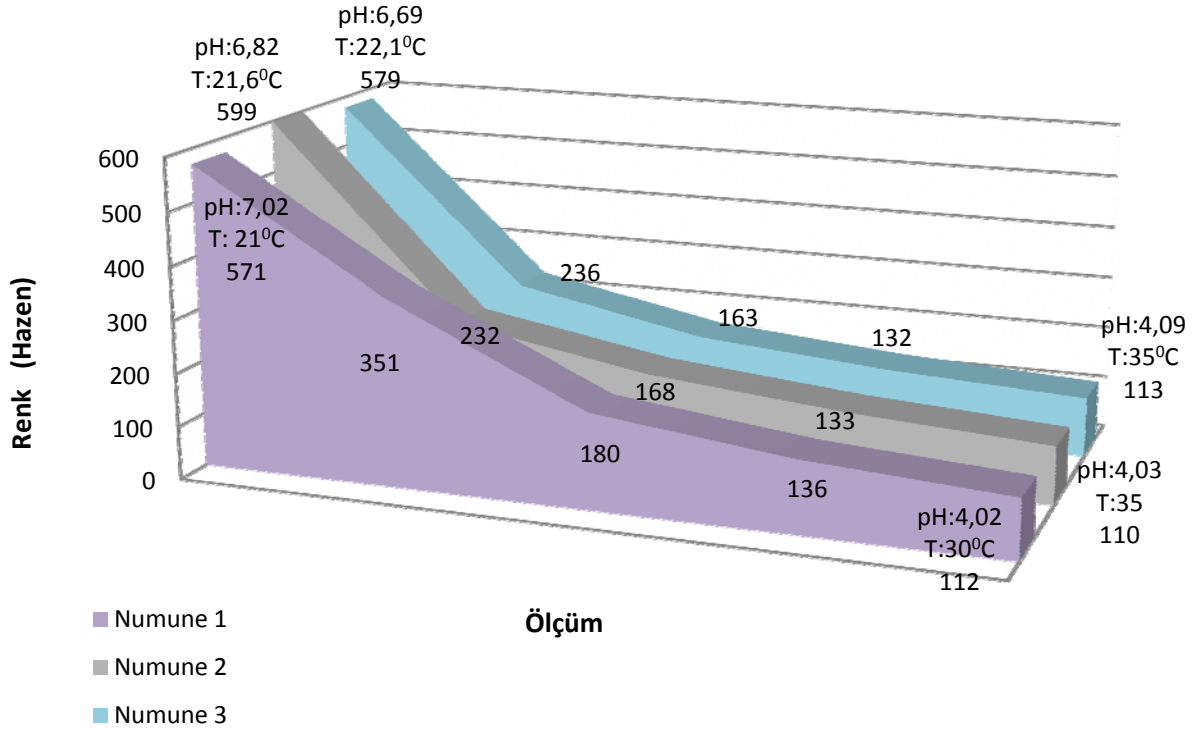
Boyamalar 3 farklı kumaş numunesiyle yapılarak deneyler kendi içinde üç tekrarlı olarak yürütülmüşlerdir.

Tekrar eden boya banyolarının ölçülen Hazen renk değerleri birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü boya banyolarında orantılı bir artış göstermiştir. Renk gözle görülemeyecek kadar giderilmiş olmasına rağmen tekrar eden banyolardaki bulanıklık nedeniyle hazen değerlerinin yükseldiği yapılan ölçümler sonucunda açıkça görülmüştür.

4.3.1.1. Tekrarlı Boya Banyolarına Uygulanan Ozonla Renk Giderimi Çalışma Sonuçları

Çizelge 4.3. Birinci boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri tablosu

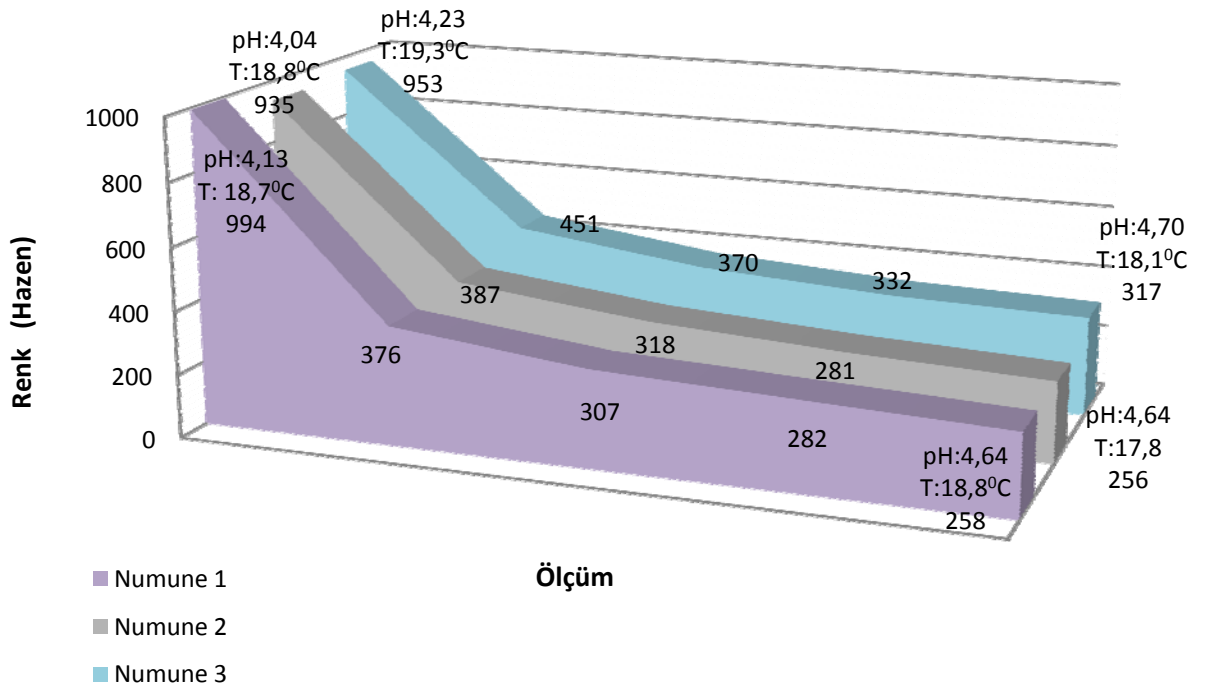
SÜRE	RENK (HAZEN)		
	1.Boyama Atık Suyu	2. Boyama Atık Suyu	3. Boyama Atık Suyu
Başlangıç	571	599	579
4.dakika	351	232	236
8.dakika	180	168	163
12.dakika	136	133	132
16.dakika	112	110	113
Ozonlama öncesi	pH: 7,02 Sıcaklık: 21 ⁰ C	pH: 6,82 Sıcaklık: 21,6 ⁰ C	pH: 6,69 Sıcaklık: 22,1 ⁰ C
Ozonlama sonrası	pH: 4,02 Sıcaklık: 30 ⁰ C	pH: 4,03 Sıcaklık: 35 ⁰ C	pH: 4,09 Sıcaklık: 35 ⁰ C



Şekil 4.8. Birinci boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır.)

Çizelge 4.4. İkinci boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri tablosu

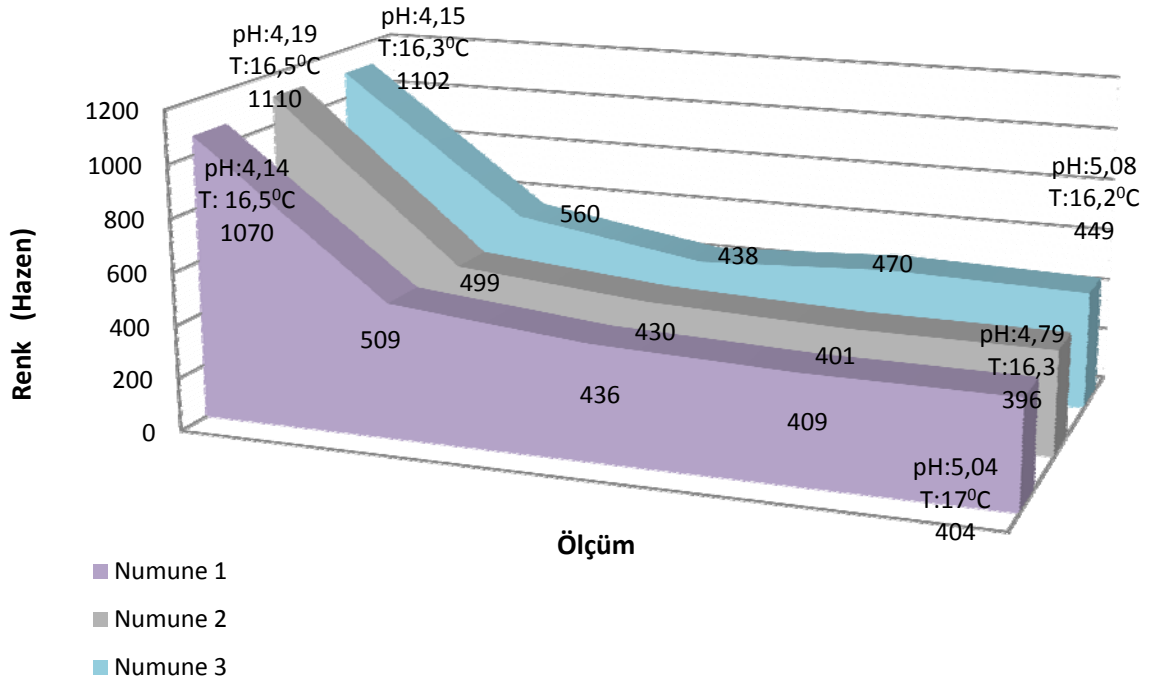
SÜRE	RENK (HAZEN)		
	1.Boyama Atık Suyu	2. Boyama Atık Suyu	3. Boyama Atık Suyu
Başlangıç	994	935	953
4.dakika	376	387	451
8.dakika	307	318	370
12.dakika	282	281	332
16.dakika	258	256	317
Ozonlama öncesi	pH: 4,13 Sıcaklık: 18,7 C ⁰	pH: 4,04 Sıcaklık: 18,8 C ⁰	pH: 4,70 Sıcaklık: 19,3 C ⁰
Ozonlama sonrası	pH: 4,89 Sıcaklık: 17,4 C ⁰	pH: 4,64 Sıcaklık: 17,8 C ⁰	pH: 4,70 Sıcaklık: 18,1 C ⁰



Şekil 4.9. İkinci boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır).

Çizelge 4.5. Üçüncü boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri tablosu

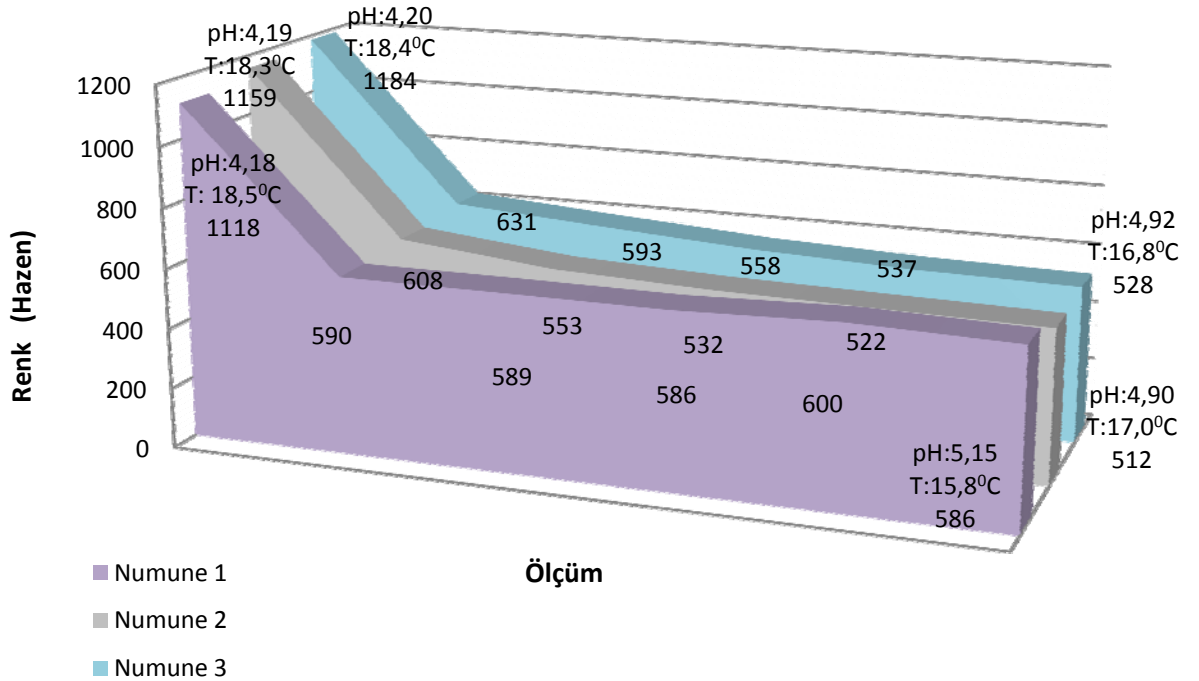
SÜRE	RENK (HAZEN)		
	1.Boyama Atık Suyu	2. Boyama Atık Suyu	3. Boyama Atık Suyu
Başlangıç	1070	1110	1102
4.dakika	509	499	560
8.dakika	436	430	438
12.dakika	409	401	470
16.dakika	404	396	449
Ozonlama öncesi	pH: 4,14 Sıcaklık: 16,5 C ⁰	pH: 4,19 Sıcaklık: 16,5 C ⁰	pH: 4,15 Sıcaklık: 16,3 C ⁰
Ozonlama sonrası	pH: 5,04 Sıcaklık: 17 C ⁰	pH: 4,79 Sıcaklık: 16,3 C ⁰	pH: 5,08 Sıcaklık: 16,2 C ⁰



Şekil 4.10. Üçüncü boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır).

Çizelge 4.6. Dördüncü boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri tablosu

SÜRE	RENK (HAZEN)		
	1. Boyama Atık Suyu	2. Boyama Atık Suyu	3. Boyama Atık Suyu
Başlangıç	1118	1159	1184
4.dakika	590	608	631
8.dakika	589	553	593
12.dakika	586	532	558
16.dakika	600	522	537
20. dakika	586	512	528
Ozonlama öncesi	pH: 4,18 Sıcaklık: 18,5 C ⁰	pH: 4,19 Sıcaklık: 18,3 C ⁰	pH: 4,20 Sıcaklık: 18,4 C ⁰
Ozonlama sonrası	pH: 5,15 Sıcaklık: 15,8 C ⁰	pH: 4,90 Sıcaklık: 17,0 C ⁰	pH: 4,92 Sıcaklık: 16,8 C ⁰

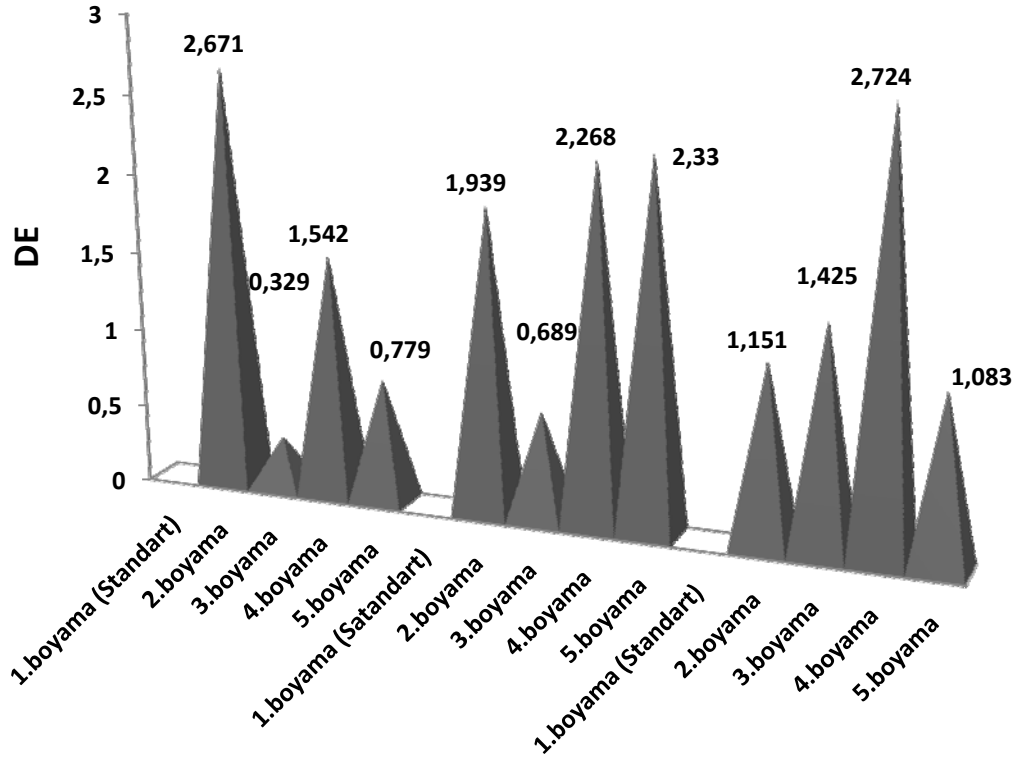


Şekil 4.11. Dördüncü boyama sonrası ozonlanan grup renk değerleri grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır).

4.3.1.2. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.7. Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki kumaş renk ölçüm sonuçları tablosu

		D L*	D a*	D b*	DE
	1.Boyama (standart)	54,742	-20,346	-32,717	
	2.Boyama	-2,469	0,822	-0,603	2,671
1.Numune	3.Boyama	0,27	0,128	-0,137	0,329
	4.Boyama	-1,354	0,729	-0,112	1,542
	5.Boyama	-0,464	0,322	-0,537	0,779
	1.Boyama (standart)	54,84	-20,369	-32,995	
	2.Boyama	-1,837	0,609	-0,13	1,939
2.Numune	3.Boyama	0,184	0,171	0,642	0,689
	4.Boyama	-1,941	1,002	-0,61	2,268
	5.Boyama	-1,981	0,891	-0,844	2,33
	1.Boyama (standart)	54,358	-20,271	-32,782	
	2.Boyama	-1,03	0,366	-0,36	1,151
3.Numune	3.Boyama	1,27	-0,081	0,641	1,425
	4.Boyama	-2,099	1,063	-1,373	2,724
	5.Boyama	-0,674	0,435	-0,728	1,083



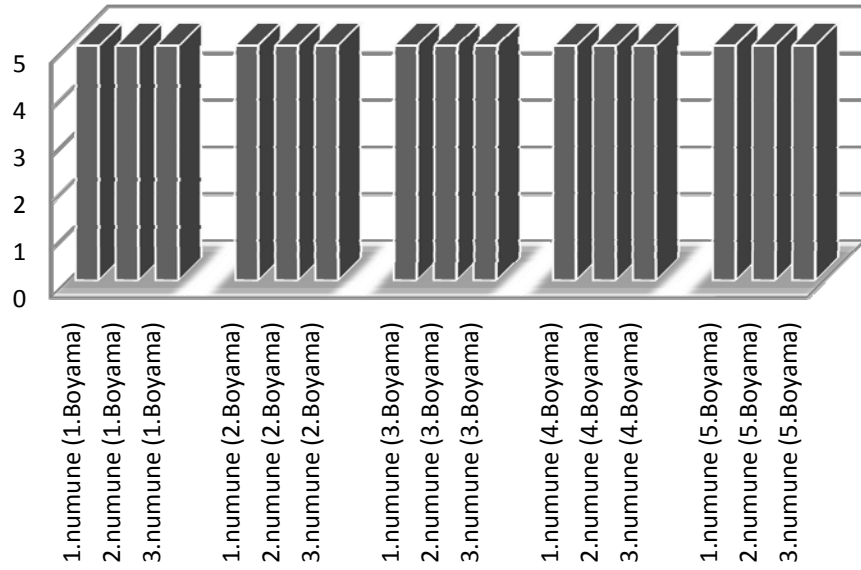
Şekil 4.12. Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri grafiği

Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri incelendiğinde açıklık koyuluk (DL*) değerinde önemli sapmalar görülmüştür. Bu nedenle de kumaşların DE değerleri açıklık koyuluk faktörünün etkisiyle 1'den büyük değerler vermiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, Da* ve Db* değerlerinin 1' in altında olduğu görülmüştür.

Tekrarlı boyama sıraları incelendiğinde DE değerleri arasındaki farklılıkların deneysel çalışma ortamında oluşabilecek olumsuzluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyama için önemli olan ortam pH' ında oluşabilecek değişiklikler ya da, banyolara eklenen dispergatorün ozonla parçalanma olasılığı gibi nedenler, yaşanabilecek olumsuzlukların içinde gösterilebilir.

4.3.1.3. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Yıkama Haslıği Sonuçları

**Asetat(CTA),Pamuk(CO),
Nylon(PA),Poliester(PES),
Akrilik(PAC),Yün(WO)**

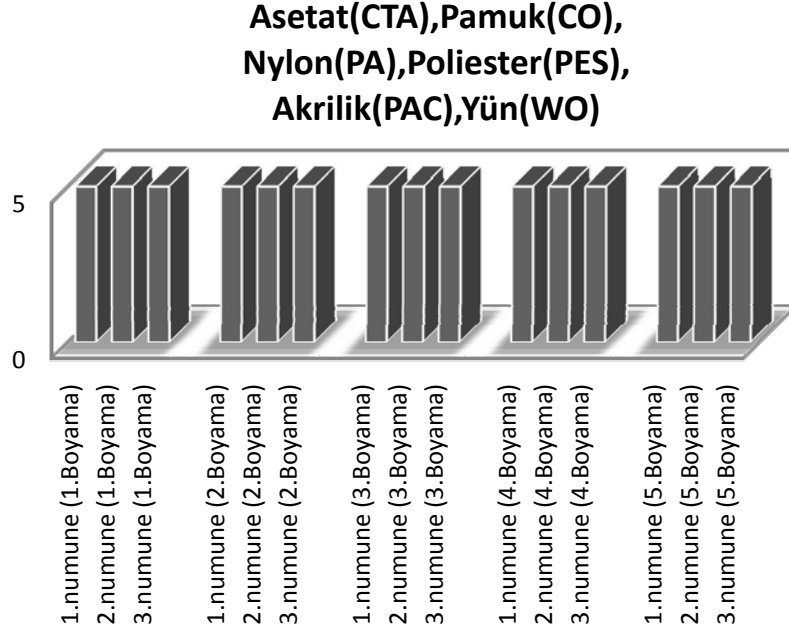


Şekil 4.13. Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirme sonuçları grafiği

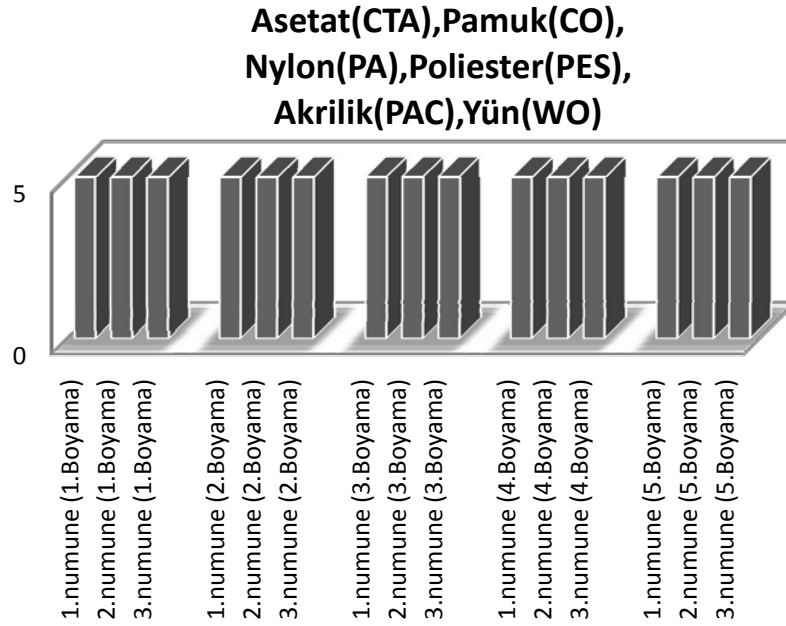
Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirmesi yapılmıştır. Ozonla atık suların renksizleştirilerek beş tekrarlı boyamalar sonucunda boyanan numunelere yıkama haslıği testi uygulanmıştır.

Yapılan testler sonucunda, ozonlamanın kumaş yıkama haslıklarını etkilemediği ve sonuçların gri skala değerlendirmesinde 5 değerini aldığı görülmüştür.

4.3.1.4. Ozonla Renk Giderimi Uygulamasının Yapıldığı Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru Sürtme-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları



Şekil 4.14. Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin kuru sürtme haslık sonuçlarının gri skalada değerlendirme grafiği



Şekil 4.15. Ozonla renk giderimi uygulamasının yapıldığı tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin yaş sürtme haslık sonuçlarının gri skalada değerlendirme grafiği

4.3.2. Tam Doz Uygulama Grubu İle Yapılan Çalışma Sonuçları

4.3.2.1. Tam Doz Uygulama Grubunun Tekrarlı Boyamalardaki pH Ve Sıcaklık Değerleri

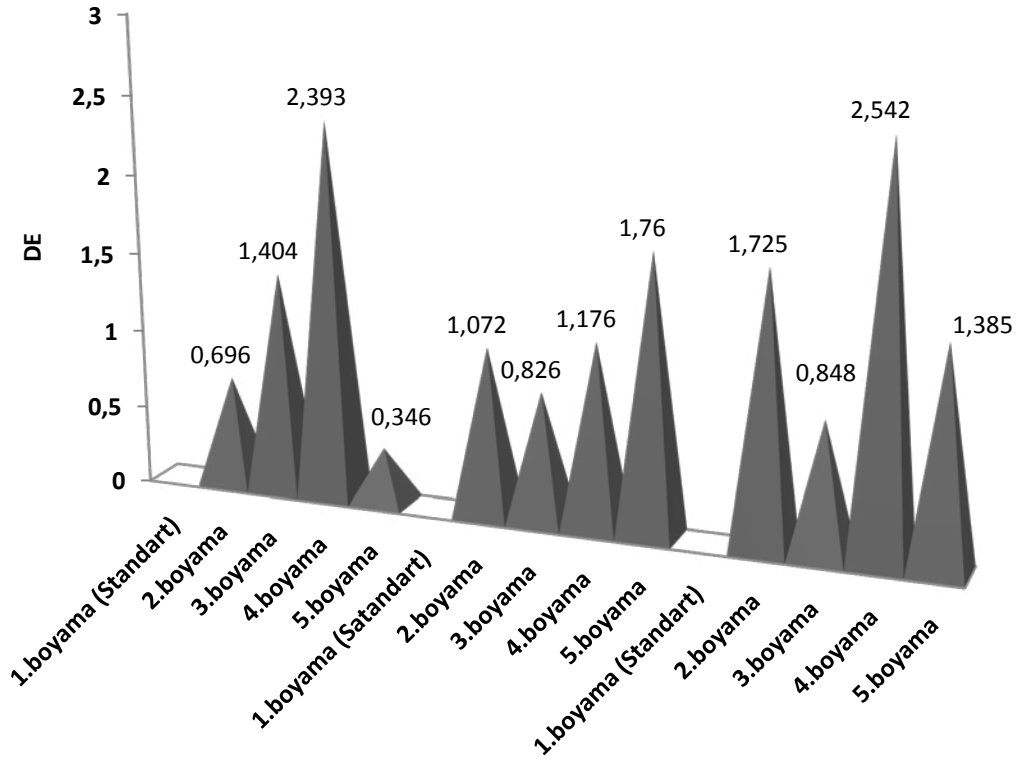
Çizelge 4.8. Tam doz uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki pH ve sıcaklık sonuçları tablosu

Birinci boyama sonrası çözelti atık suyu pH ve sıcaklıkları			
	1. boyama atık suyu	2. boyama atık suyu	3. boyama atık suyu
pH	4,87	4,73	4,76
Sıcaklık (°C)	34,1	30,7	34,1
İkinci boyama sonrası çözelti atık suyu pH ve sıcaklıkları			
	1. boyama atık suyu	2. boyama atık suyu	3. boyama atık suyu
pH	5,95	5,58	5,69
Sıcaklık (°C)	18,1	17,7	17,5
İlave edilen A.Asit Miktarı	0,3 ml Asetik Asit	0,5 ml Asetik Asit	0,5 ml Asetik Asit
Asit İlavesi Sonrası pH	4,77	4,73	4,73
Üçüncü boyama sonrası çözelti atık suyu pH ve sıcaklıkları			
	1. boyama atık suyu	2. boyama atık suyu	3. boyama atık suyu
pH	6,11	5,16	5,27
Sıcaklık (°C)	17,3	16,9	16,2
İlave Edilen A.Asit Miktarı	0,25 ml asetik asit	İlave edilmemiştir	İlave edilmemiştir
Asit İlavesi Sonrası pH	4,17		
Dördüncü boyama sonrası çözelti atık suyu pH ve sıcaklıkları			
	1. boyama atık suyu	2. boyama atık suyu	3. boyama atık suyu
pH	5,65	5,99	5,85
Sıcaklık (°C)	17	17	17,4
İlave Edilen A.Asit Miktarı	0,3 ml asetik asit	0,3 ml asetik asit	0,3 ml asetik asit
Asit İlavesi Sonrası pH	4,48	4,36	4,36

4.3.2.2. Tam Doz Uygulama Grubunda Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Renk Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.9. Tam doz uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki kumaş renk ölçüm sonuçları tablosu

		DL*	Da*	Db*	DE
	1.Boyama (standart)	54,177	-20,297	-32,737	
	2.Boyama	-0,476	0,432	-0,267	0,696
1.Numune	3.Boyama	1,395	0,098	0,130	1,404
	4.Boyama	-1,868	1,099	-1,015	2,393
	5.Boyama	0,100	0,298	-0,144	0,346
	1.Boyama (standart)	54,502	-20,230	-32,856	
	2.Boyama	-1,040	0,204	0,158	1,072
2.Numune	3.Boyama	0,757	0,182	0,275	0,826
	4.Boyama	-1,077	0,389	0,266	1,176
	5.Boyama	-1,695	0,454	0,140	1,76
	1.Boyama (standart)	54,891	-20,622	-32,338	
	2.Boyama	-1,551	0,654	-0,375	1,725
3.Numune	3.Boyama	0,073	0,643	-0,548	0,848
	4.Boyama	-2,032	1,019	-1,138	2,542
	5.Boyama	-1,188	0,676	-0,222	1,385



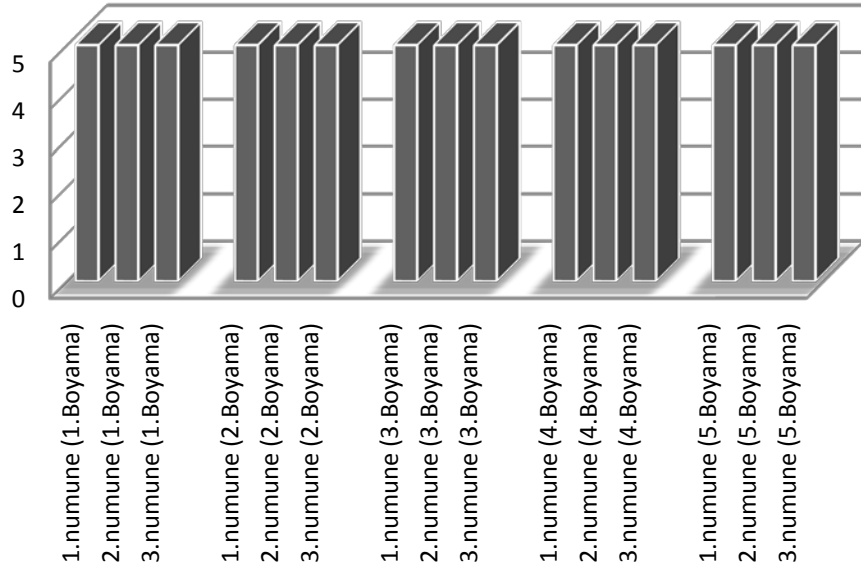
Şekil 4.16. Tam doz uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri grafiği

Tam doz uygulama grubunda yapılan tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri incelendiğinde açıklık koyuluk (DL^*) değerinde önemli sapmalar görülmüştür. Bu nedenle de kumaşların DE değerleri açıklık koyuluk faktörünün etkisiyle genel olarak 1'den büyük değerler vermiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, Da^* ve Db^* değerlerinin 1' in altında olduğu görülmüştür.

Tekrarlı boyama sıraları incelendiğinde DE değerleri arasındaki farklılıkların deneysel çalışma ortamında oluşabilecek olumsuzluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyama için önemli olan ortam pH' ında oluşabilecek değişiklikler ya da, banyolara eklenen dispergatorün ozonla parçalanma olasılığı gibi nedenler yaşanabilecek olumsuzlukların içinde gösterilebilir.

4.3.2.3. Tam Doz Uygulama Grubunda Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Yıkama Haslığı Sonuçları

**Asetat(CTA),Pamuk(CO),
Nylon(PA),Poliester(PES),
Akrilik(PAC),Yün(WO)**

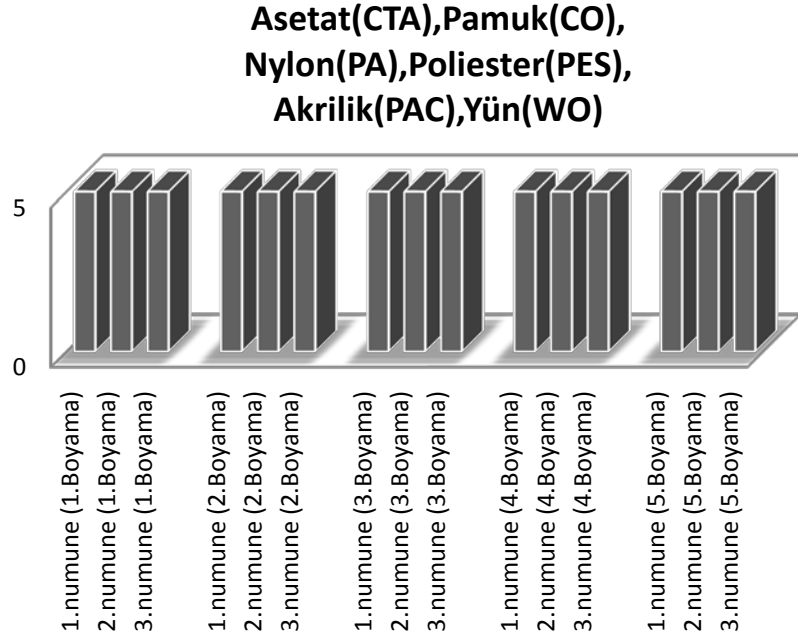


Şekil 4.17. Tam doz uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirme sonuçları grafiği

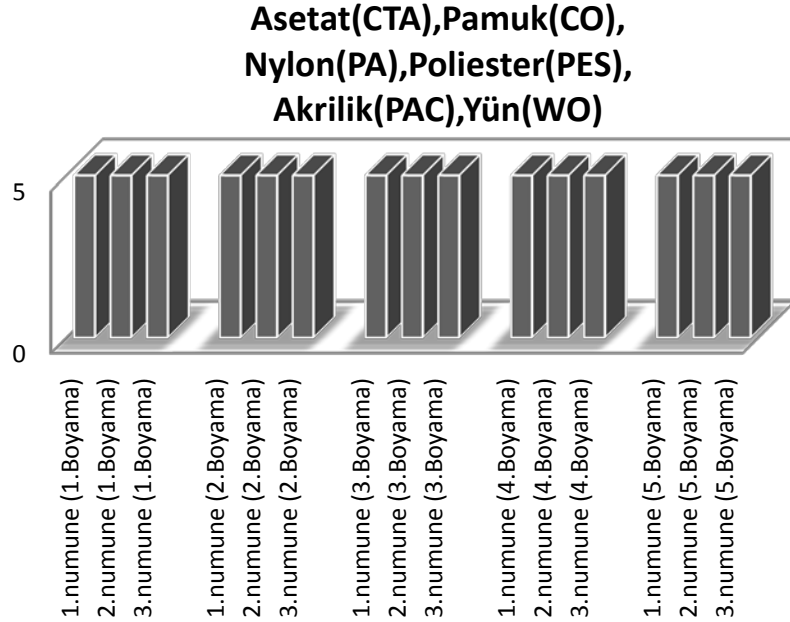
Tam doz uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirmesi yapılmıştır. Ozonla atık suların renksizleştirilerek beş tekrar eden boyamalar sonucunda, boyanan numunelere yıkama haslığı testi uygulanmıştır.

Yapılan testler sonucunda, ozonlamanın kumaş yıkama haslığlarını etkilemediği ve sonuçların gri skala değerlendirmesinde 5 değerini aldığı görülmüştür.

4.3.2.4. Tam Doz Uygulama Grubunda Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru Sürtme-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları



Şekil 4.18. Tam doz uygulama grubuna yapılan tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin kuru sürtme haslık sonuçlarının gri skala değerlendirme grafiği



Şekil 4.19. Tam doz uygulama grubuna yapılan tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin kuru sürtme haslık sonuçlarının gri skala değerlendirme grafiği

4.3.3. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grup İle Yapılan Çalışma Sonuçları

4.3.3.1. Tekrarlı Boyamalar Sonrası Spektrofotometrede Belirlenen Değerlerle Hesaplanan Banyodaki Boyarmadde Miktarları

Birinci boyama atık suyu için konsantrasyon hesaplamaları yöntemde belirtilen formülde yerine konulduğunda;

λ_{\max} 680 nm için;

Absorbans (A) = - log T

% E = (A₀ - A₁) / A₁

A₀: Stok çözeltinin ölçülen absorbans değeri

A₁: Boya banyosu çözeltisinin ölçülen absorbans değeri

Başlama %T= 39.320 T_b = 0,39320 A_{ob} = 0,40538

Çıkış %T= 86.210 T_ç = 0,86210 A_{oç} = 0,06444

$$A_0 = 0,40538 * 10 = 4,0538$$

$$A_1 = 0,06444 * 2 = 0,12888$$

$$\%E = \frac{4,0538 - 0,12888}{4,0538} * 100 = \%96,8207 \text{ kumaş tarafından alınan boyarmadde oranı}$$

Boyama reçetesine göre % 1' lik boyama oranında 5 gr kumaş için 0,05 gr boyarmadde kullanılmıştır.

Eklenen boyarmaddenin % 96,8207'nin kumaş tarafından absorbe edildiği yapılan hesaplamalar sonucu gözlemlenmiş ve hazırlanan yeni boyama çözeltisine eksilen boyarmadde miktarı kadar boyarmadde aşağıdaki hesaplama göre boya banyosuna ilave edilmiştir.

$$\frac{0,05 \times 96,8207}{100} = 0,048411 \text{ gr boyarmadde eklenmiştir.}$$

Diğer boyama atık sularına eklenmesi gereken boyarmadde miktarı da yapılan örnek hesaplama ile belirlenmiş ve tablolarda belirtilmiştir.

Çizelge 4.10. Birinci boyama sonrası boyama atık suyunun konsantrasyon ölçüm değerleri

Nm	1.Boyama Atık Suyu %T	1.Boyama Atık Suyu %T	1. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,320	86,210	
400	48,550	40,110	0,048411 gr
700	39,900	87,300	
Nm	2.Boyama Atık Suyu %T	2.Boyama Atık Suyu %T	2. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,480	82,670	
400	48,710	38,200	0,0479523 gr
700	48,010	83,790	
Nm	3.Boyama Atık Suyu %T	3.Boyama Atık Suyu %T	3. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,350	84,680	
400	48,550	40,510	0,0482171 gr
700	39,910	85,620	

Çizelge 4.11. İkinci boyama sonrası atık suyunun konsantrasyon ölçüm değerleri

Nm	1.Boyama Atık Suyu %T	1.Boyama Atık Suyu2 %T	1. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	41,660	64,740	
400	54,660	18,660	0,045034 gr
700	43,030	66,600	
Nm	2.Boyama Atık Suyu %T	2.Boyama Atık Suyu %T	2. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	41,440	62,410	
400	54,950	16,990	0,044648 gr
700	42,960	64,380	
Nm	3.Boyama Atık Suyu %T	3.Boyama Atık Suyu %T	3. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	41,660	67,160	
400	55,120	19,290	0,045454 gr
700	43,120	69,120	

Çizelge 4.12. Üçüncü boyama sonrası boyama atık suyunun konsantrasyon ölçüm değerleri

Nm	1.Boyama Atık Suyu %T	1.Boyama Atık Suyu %T	1. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	35,560	57,140	
400	45,570	14,720	0,0445871 gr
700	35,010	58,650	
Nm	2.Boyama Atık Suyu %T	2.Boyama Atık Suyu %T	2. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	35,050	73,160	
400	45,200	17,000	0,04701904 gr
700	35,530	75,120	
Nm	3.Boyama Atık Suyu %T	3.Boyama Atık Suyu %T	3. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	35,030	78,460	
400	45,360	19,270	0,0476874 gr
700	35,570	80,490	

Çizelge 4.13. Dördüncü boyama sonrası boyama atık suyunun konsantrasyon ölçüm değerleri

Nm	1.Boyama Atık Suyu %T	1.Boyama Atık Suyu %T	1. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,610	40,510	
400	47,680	4,860	0,0402426 gr
700	39,770	42,390	
	2.Boyama Atık Suyu %T	2.Boyama Atık Suyu %T	2. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,980	35,520	
400	48,000	3,510	0,03870981 gr
700	40,130	37,520	
	3.Boyama Atık Suyu %T	3.Boyama Atık Suyu %T	3. Boyama Atık Suyuna Eklenen Boyarmadde Miktarları
	Stok Çözelti	Boya Banyosu Çözeltisi	
680	39,290	39,460	
400	47,380	3,560	0,04004621 gr
700	39,430	41,540	

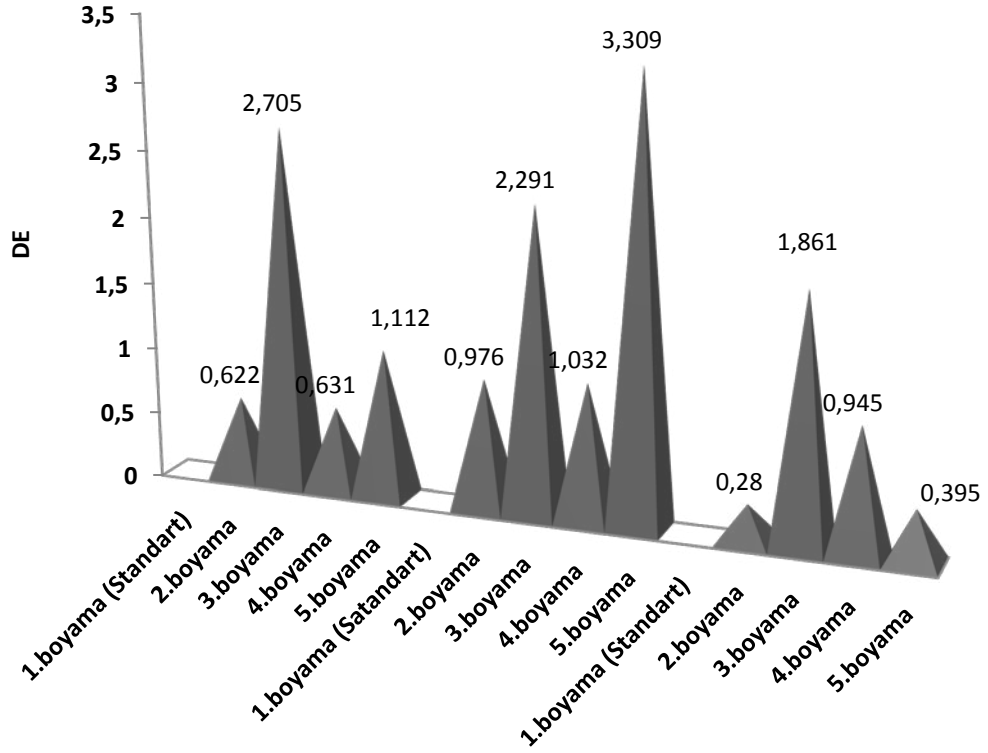
Konsantrasyon ölçümlerinin yapıldığı beş tekrar eden boya banyolarındaki boyarmadde miktarları konsantrasyon ölçmede kullanılan metotla belirlenmiştir. Hesaplamaların sonucunda yaklaşık olarak ortalama % 93 oranında dispers boyarmaddenin kumaş tarafından absorbe edildiği belirlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda literatürde de belirtildiği gibi; dispers boyarmaddelerin yüksek fikse oranlarına paralel sonuçlar elde edilmiştir.

4.3.3.2. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grupta Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Renk Ölçüm Sonuçları

Çizelge 4.14. Konsantrasyon ölçümünün uygulandığı grubunun tekrarlı boyamalardaki kumaş renk ölçüm sonuçları tablosu

		L^*	a^*	b^*	DE
	1.Boyama (standart)	54,439	-20,256	-32,807	
	2.Boyama	-0,569	0,154	0,199	0,622
1.Numune	3.Boyama	2,461	-0,385	1,054	2,705
	4.Boyama	0,268	0,521	0,234	0,631
	5.Boyama	0,974	0,147	0,516	1,112
	1.Boyama (standart)	54,083	-20,622	-32,060	
	2.Boyama	-0,157	0,532	-0,803	0,976
2.Numune	3.Boyama	2,286	0,125	0,084	2,291
	4.Boyama	-0,343	0,664	0,711	1,032
	5.Boyama	-2,108	1,467	-2,087	3,309
	1.Boyama (standart)	54,327	-20,325	-32,538	
	2.Boyama	0,084	0,042	0,264	0,280
3.Numune	3.Boyama	1,842	0,025	0,262	1,861
	4.Boyama	-0,445	0,628	0,549	0,945
	5.Boyama	0,250	0,120	-0,281	0,395



Şekil 4.20. Konsantrasyon ölçüm uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri grafiği

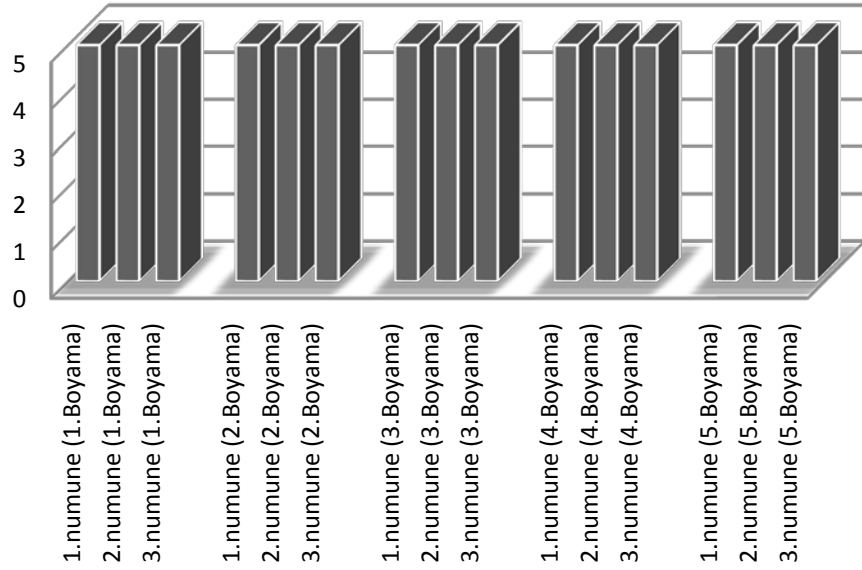
Konsantrasyon ölçüm uygulama grubunun tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin DE değerleri incelendiğinde açıklık koyuluk (DL*) değerinde önemli sapmalar görülmüştür.

Bu nedenle de kumaşların DE değerleri açıklık koyuluk faktörünün etkisiyle genel olarak 1' den büyük değerler vermiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, Da* ve Db* değerlerinin 1' in altında olduğu (2. numunedeki beşinci boyama hariç) görülmüştür.

Tekrarlı boyama sıraları incelendiğinde DE değerleri arasındaki farklılıkların deneysel çalışma ortamında oluşabilecek olumsuzluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyama için önemli olan ortam pH' ında oluşabilecek değişiklikler ya da, banyolara eklenen dispergatorün ozonla parçalanma olasılığı gibi nedenler bu tür olumsuzlukların içinde gösterilebilir.

4.3.3.3. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grupta Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Yıkama Haslığı Sonuçları

**Asetat(CTA),Pamuk(CO),
Nylon(PA),Poliester(PES),
Akrilik(PAC),Yün(WO)**

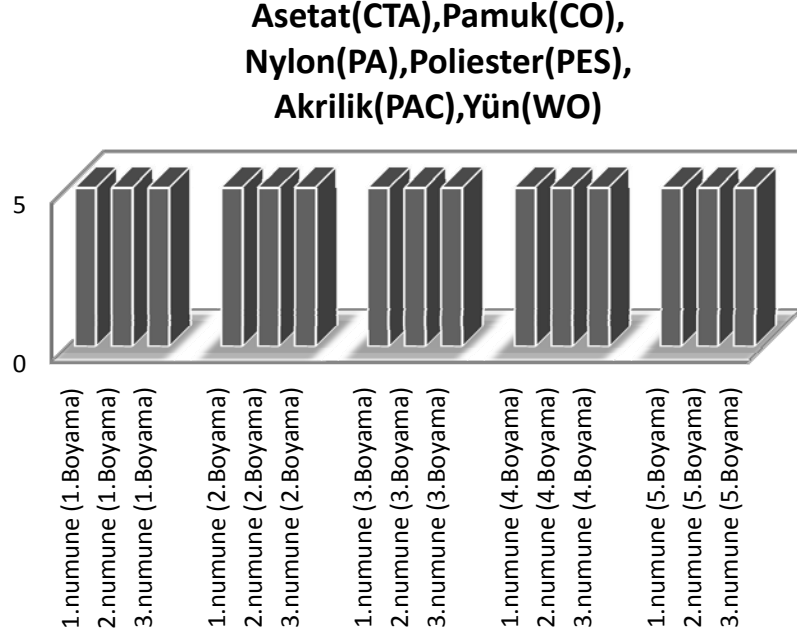


Şekil 4.21. Konsantrasyon ölçüm yönteminin uygulandığı grupta yapılan tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin, multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirme sonuçları grafiği

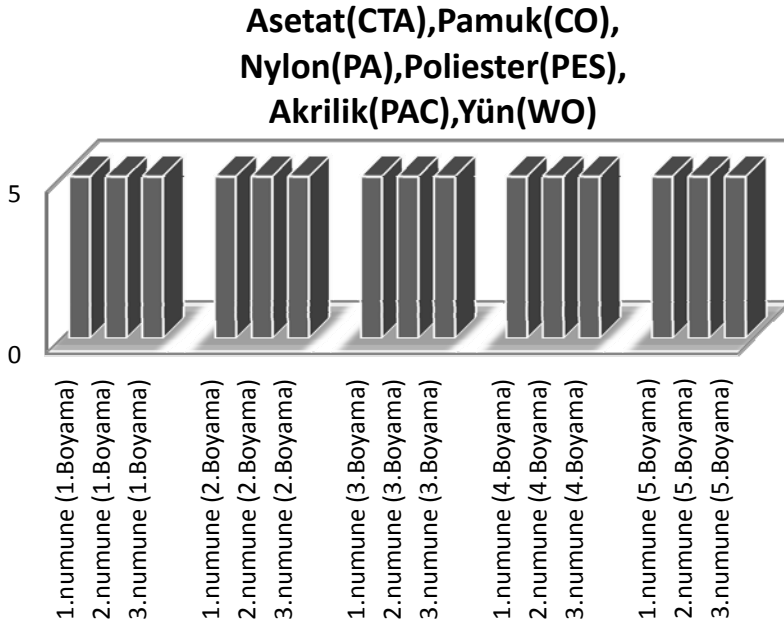
Konsantrasyon ölçüm yönteminin uygulandığı grupta yapılan tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin multifiber (CTA, CO, PA, PES, PAC, WO) kumaştaki gri skala değerlendirmesi yapılmıştır. Ozonla atık suların renksizleştirilerek beş tekrar eden boyamalar sonucunda, boyanan numunelere yıkama haslığı testi uygulanmıştır.

Yapılan testler sonucunda, ozonlamanın kumaş yıkama haslıklarını etkilemediği ve sonuçların gri skala değerlendirmesinde 5 değerini aldığı görülmüştür.

4.3.3.4. Konsantrasyon Ölçümünün Uygulandığı Grupta Yapılan Tekrarlı Boyamalardaki Kumaş Numunelerinin Kuru Sürtme-Yaş Sürtme Haslık Sonuçları



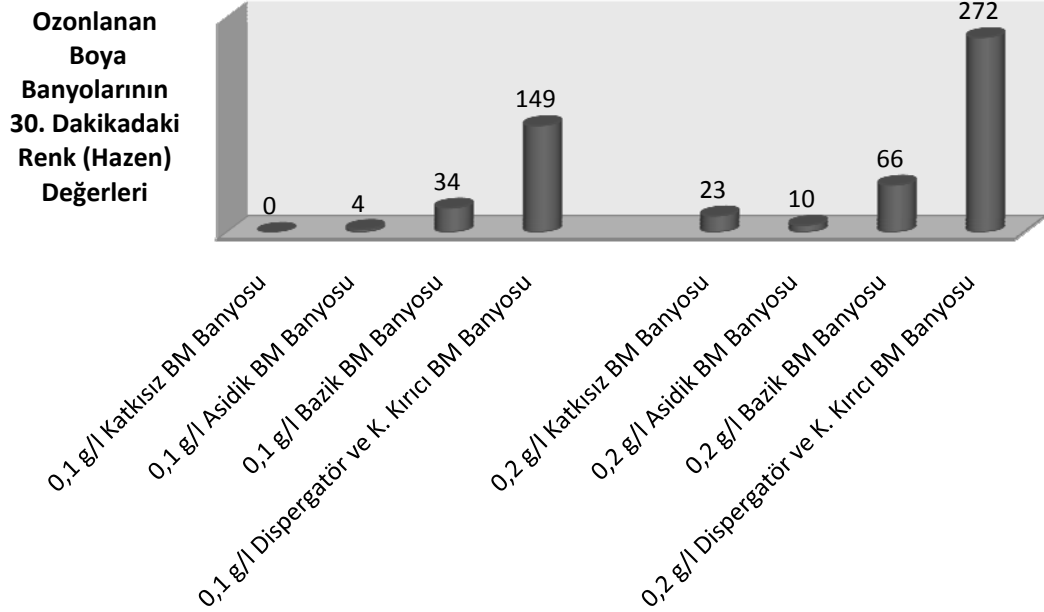
Şekil 4.22. Konsantrasyon ölçümünün uygulandığı gruptaki tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin kuru sürtme haslık sonuçlarının gri skala değerlendirme grafiği



Şekil 4.23. Konsantrasyon ölçümünün uygulandığı gruptaki tekrarlı boyamalardaki üç kumaş numunesinin yaş sürtme haslık sonuçlarının gri skala değerlendirme grafiği

5. TARTIŞMA

5.1. Dianix Scarlet XF Dispers Boyarmaddesiyle Çalışma Değerlendirmesi



Şekil 5.1. Farklı Ortamlardaki Boya Banyolarının Ozonlanma Sonucu 30. Dakikadaki Renk Değerleri (Hazen) Grafiği

Yapılan bu ilk çalışmada, tekstil atık sularının ozonlama ile renk giderimi işleminde etkili bazı parametreler deneysel olarak araştırılmış ve ozonlama etkileri değerlendirilmiştir. Ozon etkinliğinin değerlendirilmesi için 30 dakika tercih edilmiştir. İncelenen literatürde ozonlama süresi olarak en çok 30 dakikanın tercih edildiği görülmüştür. (Strickland ve Perkins, 1995, Neamtu ve diğ., 2004, Oğuz ve diğ., 2005, Wu ve Wang, 2001, Selçuk, 2005) Bazı araştırmacılar tam renk giderimine kadar işleme devam etmeyi tercih ederken (Muthukumar ve Selvakumar, 2004, Hsu ve diğ., 2001), ozonlamaya 60 dakika (Arslan ve Balcıoğlu, 2000, Ciardelli ve Ranieri, 2001), 90 dakika (Koch ve diğ., 2002) ve hatta 210 dakikaya kadar (Szpyrkowicz ve diğ., 2001) devam eden araştırmacılar olmuştur.

Boyarmadde konsantrasyonunun artmasıyla, ozonlama sonucu elde edilecek etkinin daha uzun sürede gerçekleşebileceği tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyonlarda, nötr ortamda çok etkili sonuçlar elde edilirken düşük ve yüksek pH değerlerinde nötrden daha düşük etkiler elde edilmiştir.

Konsantrasyonun artmasıyla birlikte nötr ortam ve düşük pH değerlerinde, yüksek pH değerine göre daha etkin sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında, tekstil atık sularında bulunabilecek bazı boyama yardımcı kimyasallarının ozon etkinliğini düşürerek ozonlama verimini azalttığı görülmüştür.

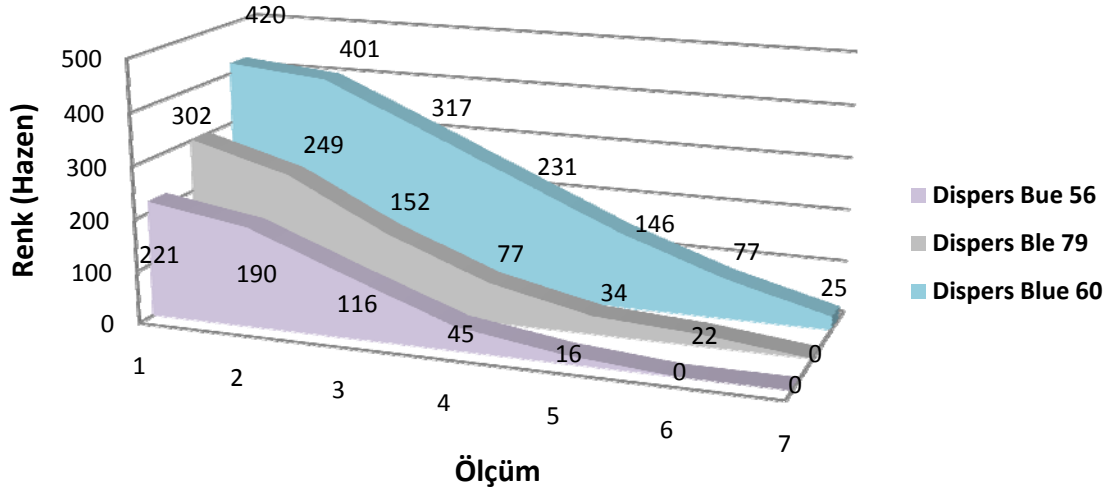
Deneysel çalışmaların sonuçları incelendiğinde, 0,1 g/l konsantrasyonda boyarmadde ile katkısız çalışma sonucunda, ozonlama işleminin 16. dakikasında rengin tamamen kaybolduğu görülmüştür. Renk giderimi asidik ortamda % 98'e düşerken bazik ortamda % 89'a düşmektedir. Dispergator ve köpük kırıcı ilavesinin yapıldığı çözeltide ise, renk giderimi değerinin % 55 gibi düşük değerlerde olduğu görülmüştür.

Konsantrasyonun artırılmasıyla (0,2 g/l) yapılan katkısız çözeltide, aynı renk giderimi değerine daha uzun sürede ulaşıldığı (30. dakikada % 95) görülmüş; asidik ve bazik ortamdaki çalışmalarda da, aynı süre sonunda elde edilen verimin, düşük konsantrasyonda ki değerine yakın olduğu görülmüştür.

5.2. Dispers Blue 56, Dispers Blue 60 Ve Dispers Blue 79 Boyarmaddesiyle Çalışma Değerlendirmesi

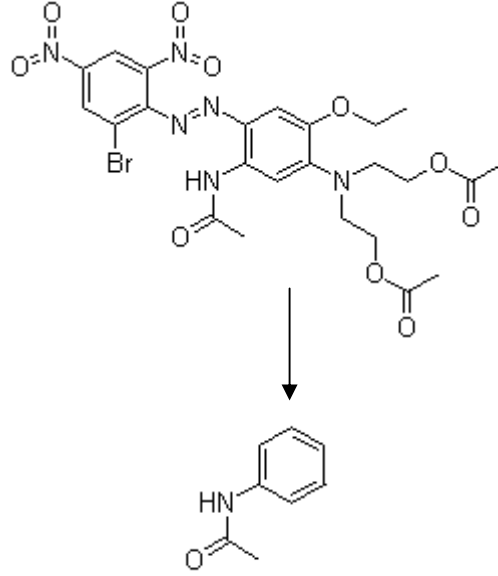
Yapılan ikinci deneysel iş paketinde yürütülen deneylerde, aynı konsantrasyonda (0,1 g/l) farklı moleküler büyüklük ve yapıdaki CI Dispers Blue 56; CI Dispers Blue 60 ve CI Dispers Blue 79 boyarmaddelerinin ozonlanma etkileri gözlenmiştir. Yürütülen deneysel çalışma sonucunda, antrakinin kromofor grubuna sahip düşük enerji seviyeli CI Dispers Blue 56; Antrokinon yapıları orta enerji seviyeli CI Dispers Blue 60 ve azo kromofor grubuna sahip yüksek enerji seviyeli CI Dispers Blue 79 boyarmaddelerinin ozonlama süresi ve renk giderimi sonuçlarında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. CI Dispers Blue 56 boyarmaddesi 16. dakika sonunda içme suyu berraklığına ulaşırken;

CI Dispers Blue 60 boyarmaddesi 28. dakikada ve CI Dispers Blue 79 boyarmaddesi 20. dakikada içme suyu berraklığına ulaşmıştır.



Şekil 5.2. 0,1 g/l konsantrasyonda Dispers Blue 56, Dispers Blue 60, Dispers Blue 79 boyarmaddelerinin zamana karşı ozonla renk giderimi değerleri karşılaştırması grafiği (Her ölçüm aralığı 4 dakikadır)

Yapılan çalışmaya ek olarak ozonlanan dispers boyarmadelerinin KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerindeki düşüşleri incelenmiş ve % 68 oranında KOİ giderimi sağlanmıştır. Ayrıca her üç dispers boyarmaddenin ozonlamayla birlikte moleküler yapılarındaki değişimleri ve parçalanma ürünlerini incelemek için HPLC (High Performanse Liquid Chromotography) ; yüksek performanslı sıvı kromatografisinden yararlanılmıştır. Ozonlama öncesi ve ozonlama sonrası pik değerleri incelendiğinde CI Dispers Blue 79 boyarmaddesinin ozonlama prosesi sonucundaki parçalanma ürünleri gözlenirken CI Dispers Blue 56 ve CI Dispers Blue 60 boyarmaddelerinde parçalanma ürünleri görülmemiş ozonlama sürecinde devam eden bir takım reaksiyonlarla oluşması düşünülen bu ürünlerin tekrar parçalandığı ve bu yüzden analiz yönteminde pik değerleri vermediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.3. Dispers Blue 79 Boyarmaddesinin Ozonla Paçalanması Ve Oluşan Ürün

5.3. Dispers Blue 60 Boyarmaddesinin Ozonla Dekolorizasyonu Ve Geri Kazanımı Çalışma Değerlendirmesi

Yapılan deneysel çalışmalarda, dispers boyama tekstil atık sularının geri kazanımı için ozonlama yöntemi uygulanmıştır. Uygulanan yöntemle, boyama atık sularının tekrar kullanımını incelenerek deneysel çalışmalardaki sonuçlar değerlendirilmiştir. Tekrarlı boyamalarda ozonlama grubu, tam doz ekleme ve konsantrasyon ölçümünün sonucuna göre boyarmadde ilavesinin yapıldığı gruplarla refere edilmiştir.

İlk deneysel çalışmada, ozonlama yapılarak dispers boyama atık suyunun renk giderimi sağlanmış ve beş tekrarlı boyamalar yapılabildiği görülmüştür. Bu çalışma için oluşturulan üç numune örneğiyle, deneylerin kendi içinde üç kez denemesi sağlanmıştır. Birinci kumaş numunesinin 3. ve 5. boyamalarındaki DE değerlerinin 1' in altında olduğu; 2. ve 4. boyama tekrarlarındaki DE değerlerinin ise 1' in üzerinde olduğu görülmüştür. İkinci kumaş numunesinin tekrarlı boyamalarda 3. boyamasında DE değeri 1' in altında görülürken, 2., 4. ve 5. boyama tekrarlarındaki DE değerlerinin ise 1' in üzerinde olduğu görülmüştür. Üçüncü kumaş numunesinin tekrarlı

boyamalarındaki 2., 3. ve 5. boyamalarındaki DE sonuçlarının 1 değerini çok az bir farkla geçtiği; 4. boyama sonucundaki DE değerinin de 1' in üzerinde olduğu görülmüştür.

Tam doz uygulama grubunda yapılan çalışmalar sonucunda ilk numunenin 2. ve 5. boyamalarındaki DE değerlerinin 1' in altında olduğu görülürken 3. ve 4. boyama sonucundaki DE değerleri 1' in üzerinde ölçülmüştür. İkinci ve üçüncü kumaş numune örneğinde ise sadece 3. boyamadaki DE değerinin 1' in altında olduğu görülmüştür.

Konsantrasyon ölçümünün uygulanarak boyarmadde ilavesinin yapıldığı çalışmalar sonucunda, ilk numunenin 2. ve 4. boyamaları 1' in altında; 3. ve 5. boyama sonuçları ise 1'in üzerinde ölçülmüştür. İkinci numunede ise, sadece 2. boyamadaki DE değeri 1'in altında ölçülürken üçüncü numunede 2., 4. ve 5. boyamalarındaki DE değerleri 1'in altında ölçülmüş, 3. boyamadaki DE değerinin de 1' in üzerinde olduğu görülmüştür.

Yapılan deneylerde ozonla renk giderimi sağlanan banyolardaki tekrarlı boyamalarda, aynı şartlardaki tüm işlem süreçlerinden geçirilen 3 numuneden ikisinin 5. boyamalarındaki DE değerlerinin 1' in altında çıkması, yöntemin kullanılabilirliğinin araştırmalara örnek oluşturabilecek nitelikte olduğunu düşündürmektedir.

Tekrarlı boyama sıraları incelendiğinde DE değerleri arasındaki farklılıkların deneysel çalışma ortamında oluşabilecek olumsuzluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyama için önemli olan ortam pH' ında oluşabilecek değişiklikler ya da, banyolara eklenen dispergatorün ozonla parçalanma olasılığı gibi nedenler oluşabilecek olumsuzlukların içinde gösterilebilir.

Tekrarlı boyamalarındaki renk değerlendirmesinin ardından boyalı kumaşlara yıkama ve yaş-kuru sürtme haslık testleri uygulanmıştır. Yapılan çalışmalarda tüm tekrarlı boyamalar sonucundaki kumaşların, yıkama ve yaş-kuru sürtme haslıkları gri skala değerlendirmesinde 5 değer aralığı belirlenmiştir. Böylece ozonla geri kazanımdaki tekrarlı boyamaların, haslık sonuçlarını etkilemediği ve değerlendirmede çok iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

6. SONUÇ

İlk iş paketindeki deneysel çalışmalarda, tekstil atık sularının ozonlama ile renk giderimi uygulamaları yürütülmüştür. Belirlenen dispers boyarmaddesinin ozonla dekolorizasyonun da konsantrasyon, pH ve diğer yardımcı kimyasallar gibi farklı parametrelerin ozonlama verimine etkileri incelenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Boyarmadde konsantrasyonunun artmasıyla ozonlama ile elde edilecek etkinin daha uzun sürede gerçekleştiği yapılan deneyler sonucunda gözlenmiştir. Boyarmadde konsantrasyonunun artmasıyla ozonlama etkinliğinin düştüğü birçok literatürde belirtilmiştir. (Sevimli ve Sarıkaya, 2002, Arslan ve Balcıoğlu, 2000, Lin ve Liu, 2003, Hsu ve diğ., 2001)

Ozon suda kısmen çözüldüğü için boyarmadde konsantrasyonu arttığında ortamdaki boyarmadde ile reaksiyona girecek yeterli ozon bulunmayacağından ozonlama verimi düşmektedir. Ozonlama etkinliğinin düşmesinin diğer açıklaması ise; başlangıç boyarmadde konsantrasyonu yüksek tutulduğunda oluşan ara ürünlerin ozonu tüketerek verimi düşürdüğü şeklindedir. (Sevimli ve Sarıkaya, 2002, Wu ve Wang, 2001)

Neamtu ve diğ. (2004) dispers boyarmaddelerle yaptıkları çalışmada da yardımcı kimyasal olarak kullanılan dispergatorün renk giderimi ve KOİ giderimi etkilerini önemli oranda düşürdüğü rapor edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada da, boya banyolarına ilave edilen dispergator ve köpük kırıcı kimyasallarının ozon verimini düşürdüğü görülmüştür.

Ayrıca yapılan deneylerde, alkali ve asidik ortamlarda ozon etkinliğinin değiştiği görülmüştür. Aynı sürede ve aynı dozda uygulanan ozon etkisinin asidik ortamlarda alkali ortamlara kıyasla daha verimli sonuçlar verdiği görülmesine rağmen literatürde; alkali pH değerlerinde ozonlama prosesinin boyalı atık suların arıtımında önemli etkilerde bulunduğu (Arslan ve ark., 2002) ve ozonun oldukça yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması nedeniyle yüksek pH değerlerinde yüksek giderimin sağlandığı belirtilmiştir. Deney sonuçlarında görülen bu durumun, oluşan bazı yan

ürünlerin ozon verimini değiştirebileceği olasılığıyla meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan ikinci deneysel iş paketi çalışmalarında, aynı konsantrasyondaki (0,1 g/l) farklı moleküler büyüklük ve yapıdaki dispers boyarmaddelerin ozonlanma etkileri incelenmiştir. Renk giderimi verimleri değerlendirildiğinde, aynı süre ve aynı dozda ozon karşısında farklı sonuçlar verdikleri görülmüştür. Ancak, ozon denen 3 boyarmaddenin tümünde tam renk giderimi sağlamıştır. Yapılan HPLC analizleriyle CI Dispers Blue 79 boyarmaddesi için ozon sonucu oluşan ara ürünler önerilmiştir.

Yapılan üçüncü deneysel iş paketi çalışmalarında, antrokinon yapılı dispers boyarmaddesinin (CI Dispers Blue 60) kullanıldığı boyamalarda ki boyama atık suyu ozonla dekolorize edilerek beş tekrarlı boyamalar gerçekleştirilmiştir. Tekrarlı boyamalar sonucunda elde edilen kumaş numunelerinin renk değerlendirmesinde, DE değerlerinin genel olarak istenen aralıklarda ($DE < 1$) olmadığı görülmüştür. Ancak DE değerleri yine de çok yüksek olmayıp orijinal banyoya oldukça yakın renk değerlerine ulaşmıştır.

Tekrarlı boyama sıraları incelendiğinde DE değerleri arasındaki farklılıkların deneysel çalışma ortamında oluşabilecek olumsuzluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyama için önemli olan ortam pH' ında oluşabilecek değişiklikler ya da, banyolara eklenen dispergatorün ozonla parçalanma olasılığı gibi nedenler bu tür olumsuzlukların içinde gösterilebilir.

Tekrarlı boyamalarda boyanan tüm kumaş numunelerine uygulanan yıkama ve sürtme haslık testlerinin sonuçlarının çok iyi olduğu görülmüştür. Böylece ozonla dekolorize edilen dispers boya banyosuyla yapılan tekrarlı boyamalarda haslık değerlerinin etkilenmediği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmalarda; ozonla tekstil atık sularının dekolorizasyon işleminde atık yükünde azalma (Eren, 2006) meydana getirilirken renk giderimi çalışmalarıyla da atık suların renksizleştirilmesi ve bu yolla çevresel kirliliğin neden

olduğu doğal dengesizliklerin azaltılması hedeflenebilir. Ayrıca, ozon kullanımı ile doğal kaynaklardan en önemlisi olan suyun tekrar kullanımı fikri ve uygulamaları ile önemli tasarruflar ve ekolojik prosesler geliştirilebileceği ön görülebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alaton I. 2007a.** Degradation of a Commercial Textile Biocide With Advanced Oxidation Processes And Ozone, *Journal of Environmental Management*,82,145-154.
- Aniş P. , Eren H.A. 1998.** Boyahane Atıksularından Rengin Uzaklaştırılmasında Uygun Teknolojilerin Gözden Geçirilmesi. *Tekstil Terbiye & Teknik* ,31(3): 74-79
- Aniş P. 2004.** Tekstil Ön Terbiyesi, Aktüel Alfa Akademi Yayınları, Bursa.
- Arslan, I. ve Balcıoğlu, A. 2000.** Effect of Common Reactive Dye Auxiliaries on the Ozonation of Dyehouse Effluents Containing Vinylsulphone and Aminochlorotriazine Ring, *Desalination*, 130,61-67.
- Aspland J.R. 1992.** Disperse Dyes and Their Application to Polyester. *Textile Chemist and Colorist*, 24 (2).
- Aspland ,JR. 1993.** Chapter 13: Dyeing Blends: Polyester Cellulose, *Textile Chemist and Colorist* ,25(8),21-26.
- Bahiyari M.I. 2009.** Çevre dostu Yeni Yöntemlerin Tekstil Ön Terbiyesindeki Bazı Kullanım Alanlarının Araştırılması, Doktora Tezi.
- Baser I. 1992.** Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi, 524, 136, İstanbul.
- Ciardelli, G. and 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.
- Cooper, P. 1993.** Removing Colour From Dyehouse Wastewaters , A Critical Review of Tecnology Available , *JSDC* ,109(3),97-100.
- Cunningham A.D. 1996.** Identifying Critical Machinery and Dye Parameters or Successful Rapid Dyeing of Polyester. *Textile Chemist and Colorist*, 28(2).
- Duran K., Bahtiyari M.I., Körlü A. E., Perinçek S., Özdemir D. 2006a.**Doğal Mucize Ozon. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2:75-79.
- Duran K., Bahtiyari M.I., Körlü A. E., Perinçek S., Özdemir D. 2006b.** Ozonun Tekstilde Kullanım Olanakları. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(4): 258-261.
- Eren H.A., Aniş P. 2006a.** Tekstil Boyama Atıksularının Ozonlama İle Renk Giderimi.*Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1) :83-91.
- Eren H.A. 2006.** Afterclearing by ozonation : A Novel Approach for Dispers Dyeing of Polyester. *Coloration Technology*, 122(6), 329-333.

Govers T., Homer G. and Scheeff D. 1995. Te Cost of Ozone-Based ECF and TCF Bleaching , Air Liquid/Ozonia Ozone Symposium, Helsingör, Denmark.

Harmancioglu M. 1991. Tekstil Maddeleri II, Rejenere ve Sentetik Lifler. Ege Üniversitesi, 379, Bornova/Izmir.

Hsu, Y.C.,Chen, JT., and Yang , H.C. 2001. Decolorization of Dyes Using Ozone in a Gas-Induced Reactor, *AICHE Journal*, 47(1),69-176.

Iglesias S.C. 2002. Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2,4- Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Proseses Based on Ozone. PhD Thesis,Universitat de Barcelona,37-48p.

Koch,M.,Yediler ,A.,Lienert, D.,Insel, G.,and Kettrup,A. 2002. Ozonation of Hydrolysed Azo Reactive Yellow 84. *Chemosphere*,46,109-113.

Konsawa, A.H. 2003. Decolorisation of Wastewater Containing Direct Dye by Ozonation in a Batch Bubble Column Reactor. *Desalination*, 158,233-240.

Lin, C.C. and Liu, W.T. 2003. Ozone Oxidation in a Rotating Packed Bed. *J.Chem. Tecnl. Biotechnol*, 78, 138-141.

Muthukumar, M. and Selvakumar, N. 2004. Studies on the Effect of Inorganic Salts on Decolouratin of Acid Dye Effluents by Ozonation, *Dyes and Pigments*, 62,221-228.

Neamtu, M., Yediler, A.,Siminiceanu, I. Macoveanu, M. and Kettrup, A. 2004. Decolorizatin of Disperse Red 354 Azo Dye in Water by Several Oxidation Processes-A Comperative Study, *Dyes and Pigments*,60,61-68.

Oğuz, E. Keskinler, B. and Çelik Z. 2005. Ozonation of Aqueous Bomaplex Red Cr-L Dy in a Semi-Batch Reactor, *Dyes and Pigments*, 64,101-108.

O'Neill, C., Hawkes, F.R. Hawkes, D.L.,Lourenço, N.D., Pinheiro, H.M. and Dele, W. 1999. Colour in Texile Effluents-Sources, Measurement, Discharge Consents and Simulation: A Review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 74,1009-1018.

Perkins W., Walhs W., Reed E., Namboodri G. 1995. A Demonstraion of Reuse of Spent Dyebath Water Following Color Removal with Ozone. *Tekstile Chemist and Colorist* ,28(1):31-37.

Peters R.H. 1975. Textile Chemistry, Elsevier Scientific Publication Company, Amsderdam-Holland, 861p.

Selçuk, H. 2005. Decolorization and Detoxifcation of Textile Wastewater y Ozonation and Cogulation Proseses. *Dyes and Pigments*, 64,217-222.

Selçuk H., Eremektar G., Meriç S. 2006. The Effect of Pre-Ozone Oxidation on Acute Toxicity and Inert Soluble COD Fractions of a Textile Finishing Industry Wastewater *Journal of Hazardous Materials*, B137, 254-260.

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.

Strickland F., Perkins W. S. 1995. Decolorization of Continious Dyeing Wastewater by Ozonation . *Textile Chemist and Colorist*, 27(5):11-15.

Strickland, A.F. and Perkins, W.S. 1995. Decolorization of Continious Dyeing Wastewater Ozonation. *Textile Chemist and Colorist*, 27(5), 11-15.

Szpyrkowicz, L., Juzzolino, C. And Kaul, S.N 2001. A Comparative Study on Oxidation of Dispers Dyes by Electrochemical Processes, Ozone , Hypchlorite and Fenton Reagent, *Wat. Res.*, 35(9), 2129-2136.

Tarakçıoğlu, I. 1986. Tekstil Terbiyesi ve Makinaları Cilt:3, Aracılar Matbaacılık, İzmir, 554s.

Wu, J. And Wang, T 2001. Ozonation of Aueou Azo Dye in a Semi-Batch Reactor. *Wat. Res.*, 35(4), 10931099.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Dilek Yıldız
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 15.11.1979
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) Lise : Bursa Çelebi Mehmet Lisesi (1995-1999)
Yabancı Dil :İngilizce
Lisans : Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya
Bölümü ve 1 yıl İngilizce Hazırlık (1999-2004)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Anabilim Dalı (2008-...)
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Harput Holding Tekstil A.Ş.(2006-2009)
İletişim (e-posta) : di.yildiz@hotmail.com