



**HATALI BOYAMALAR SONRASI BOYAR MADDE
SÖKÜMÜNDE OZON PROSESLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Buse GÜMÜŞ



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HATALI BOYAMALAR SONRASI BOYAR MADDE SÖKÜMÜNDE OZON
PROSESLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Buse GÜMÜŞ

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2016

TEZ ONAYI

Buse GÜMÜŞ tarafından hazırlanan “Hatalı Boyamalar Sonrası Boyar Madde Sökümünde Ozon Proseslerinin Geliştirilmesi” 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 : (Prof. Dr. Hüseyin Aksel Eren)

Başkan : Prof. Dr., Dilek Kut
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr., İdris Çerkez
Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri,
Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi,
Lif ve Polimer Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr., Hüseyin Aksel Eren
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

26.10.2016
...../...../.....

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 yararlanılması 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.

21/10/2016

Buse Gümüş

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HATALI BOYAMALAR SONRASI BOYAR MADDE SÖKÜMÜNDE OZON PROSESLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Buse GÜMÜŞ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Klasik yöntemlerle boyarmadde sökümünde yüksek kimyasal madde oranlarının kullanılmasıyla hem maliyet hem de çevresel yük açısından ciddi sorunlar oluşmakta, kumaş zarar görebilmekte ve ayrıca yüksek uygulama sıcaklıkları enerji tüketiminin artmasına sebep olabilmektedir. Bu tez kapsamında boyarmadde sökümünde ozon gazı kullanılması ile çevre ve maliyet açısından faydalar sağlanması hedeflenmiştir. Klasik yöntemlerle yapılan boyarmadde söküm işlemlerine alternatif olarak ozon gazı ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Tez sonucu yapılan denemeler ile çevresel etkinin azalması, enerji tasarrufu, verimlilik artışı ve maliyetlerde azalma gibi avantajlar sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Boyama, reaktif boyarmadde, ozon, renk sökme, pamuk.

2016, viii + 116 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

RESEARCH ON OZONE PROCESSES FOR COLOR STRIPPING OF OFF-SHADE DYED TEXTILES

Buse GÜMÜŞ

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

While stripping the dyestuff by classic methods, using chemicals on excessive rate has been caused serious problems in terms of both the cost and the environmental load and also this can be damaged to the fabric. Furthermore, the high application temperatures can be brought on the increase of energy consumption. Within the context of this thesis, having advantages of environment and cost has been aimed by using ozone gas in stripping the dyestuff. Alternatively the stripping the dyestuff treatment with classic ways, on this study ozone gas experiments have been carried out. From the results of the experiments on this study, some advantages have been appeared in terms of environmental load reduction, energy consumption, increase of efficiency and the decrease of cost.

Key Words: Dyeing, reactive dye, ozone, color stripping, cotton.

2016, viii + 116 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi ve tez çalışmam boyunca bana sonsuz destek veren, her aşamada bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını benimle paylaşan, tezin oluşumunda, düzenlenmesinde ve değerlendirilmesinde her türlü katkıda bulunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN' e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Okulumuzun laboratuvarında tez süresince yaptığım çalışmalar esnasında değerli bilgileriyle bana yardımcı olan Sayın Kimya Mühendisi Haluk YÜCE ve Tekstil Mühendisi Elif Yonca ŞAHİN' e teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimimde her aşamada bilgisini ve desteğini benden asla esirgemeyen çok sevdiğim değerli dostum ve ablam Tekstil Yüksek Mühendisi İdil YİĞİT' e çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana her türlü desteği veren, bu günlere gelmemi sağlayan değerli annem Müzeyyen GÜMÜŞ' e, babam Tahsin GÜMÜŞ' e ve ablam Burcu SEVDİ' ye, her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Tekstil Mühendisi İpek DİLEK' e, Tekstil Mühendisi Semih SORUÇ' a ve Veteriner Hekim Burak TÜRK' e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez OUAP(MH) 2014/11 No' lu Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilimsel Araştırma Projesine paralel yürütülmüştür.

Buse Gümüş
21/10/2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Pamuk Lifinin Yapısı ve Özellikleri.....	2
2.2. Pamuklu Mamullerin Ön Terbiyesi.....	8
2.3. Pamuklu Mamullerin Boyanması.....	10
2.3.1. Reaktif boyarmaddeler ve sınıflandırılmaları.....	11
2.3.2. Reaktif boyarmaddelerin reaktifliği.....	22
2.3.3. Reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama işlemi.....	26
2.3.4. Reaktif boyarmaddelerle emdirme yöntemine göre boyama işlemi.....	27
2.3.5. Örnek boyama diyagramları.....	28
2.3.6. Boyama reaksiyonu.....	31
2.4. Boyamalarda Karşılaşılan Hatalar.....	33
2.5. Boyarmadde Sökümü İşlemleri.....	40
2.5.1. Boyarmadde sökümünde klasik yöntemler.....	42
2.5.2. Boyarmadde sökümünde ozonlama işlemleri.....	46
2.5.2.1. Ozon gazının özellikleri ve verdiği reaksiyonlar.....	46
2.5.2.2. Ozonlama işleminde etkili faktörler.....	52
2.5.2.3. Ozonun tekstil terbiyesinde kullanımı.....	57
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	63
3.1. Materyal.....	63
3.1.1. Kumaş.....	63
3.1.2. Kullanılan boyarmaddeler ve kimyasallar.....	63
3.1.3. Kullanılan cihazlar.....	64
3.2 Yöntem.....	67
3.2.1. Reaktif boyarmaddelerle boyama.....	67
3.2.2. Klasik boyarmadde sökümü işlemleri.....	68
3.2.3. Ozonlama ile renk sökme işlemleri.....	70
3.2.4. Tüm numuneleri siyaha boyama işlemleri.....	76
4. BULGULAR.....	77
4.1. Spektrofotometre Ölçümleri.....	77
4.2. Yıkama Haslığı.....	95
4.3. KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Ölçümleri.....	96
4.4. Mukavemet Ölçümleri.....	98
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	103
5.1. Tartışma.....	103
5.2. Sonuçlar.....	108
KAYNAKLAR	109
ÖZGEÇMİŞ	115

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
β	Beta
dk	Dakika
eV	Elektrovolt
gr	Gram
gr/lt	Gram/Litre
gr/m ²	Gram/metrakare
gr/m ³	Gram/metreküp
gr/mol	Gram/mol
gr/cm ³	Gram/santimetreküp
kN	Kilonewton
lt	Litre
lt/dk	Litre/dakika
ml	Mililitre
mg/dk	Miligram/dakika
mg/lt	Miligram/litre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
N	Normal
°C	Santigrad Derece
cm	Santimetre
cN/Tex	Santinewton/teks
V	Volt

Kısaltmalar	Açıklama
Bm	Boyarmadde
C.I.	Color Index
DCT	Diklortriazin
pH	Hidrojen Gücü (Power of Hydrogen)
OH	Hidroksil
CMC	Karboksimetil Selüloz
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (Chemical Oxygen Demand)
MFT	Monoflortriazin
MCT	Monoklortriazin
CO	Pamuk
PA	Poliamid
PES	Poliester
KI	Potasyum İyodür
TUDO	Tioüredioksit
UV	Ultraviyole
VS	Vinil Sülfon
HT	Yüksek Sıcaklık (High Temperature)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Selüloz molekülü.....	4
Şekil 2.2. Bir reaktif boyarmaddenin yapısı.....	12
Şekil 2.3. Örnek reaktif boya molekülü.....	14
Şekil 2.4. Heteroçiklik halkalı yapıdaki reaktif boyarmaddelerin selüloz lifine bağlanma mekanizması.....	15
Şekil 2.5. Korunmuş vinilsülfon yapısındaki reaktif boyarmaddelerin selüloz lifine bağlanma mekanizması.....	16
Şekil 2.6. Azo grubuna ait farklı çeşitlerde reaktif boyarmadde yapıları.....	18
Şekil 2.7. Kromofor yapılarında antrokinon grubu bulunduran reaktif boyarmadde örneği.....	18
Şekil 2.8. Fitalosiyanın grubuna sahip reaktif boyarmadde örneği.....	19
Şekil 2.9. Kromofor yapılarında metal-kompleks azo grubu barındıran reaktif boyarmadde örneği.....	19
Şekil 2.10. Monofonksiyonel (1) ve bifonksiyonel (2) reaktif boyarmadde yapısına ait örnek.....	21
Şekil 2.11. Çeşitli reaktif boyarmaddelerin selüloza karşı reaktifliği.....	23
Şekil 2.12. Reaktif boyar maddeler ile sıcakta (60°C) boyama grafiği.....	29
Şekil 2.13. Reaktif boyar maddeler ile sıcakta (80°C) boyama grafiği.....	29
Şekil 2.14. Reaktif boyar maddeler ile soğukta (40°C) boyama grafiği.....	30
Şekil 2.15. Reaktif boyarmaddenin selüloza fikse edilmesi.....	32
Şekil 2.16. İplik ve kumaş abrajı.....	35
Şekil 2.17. Boya çökmesi.....	38
Şekil 2.18. Ozonun çift yönlü reaksiyonu.....	46
Şekil 2.19. Ozonun etki edebileceği organik gruplar.....	49
Şekil 2.20. Ozonun indigo karmin molekülünü parçalaması.....	50
Şekil 2.21. Mekanik karıştırmanın ve sıvı sirkülasyonunun ozonlama verimine etkisi.....	55
Şekil 3.1. Konika Minolta spektrofotometresi.....	65
Şekil 3.2. Test Laboratuvar Cihazı – Yıkama Haslığı Makinesi.....	65
Şekil 3.3. Termoreaktör ve Pharo300 Spektroquant.....	65
Şekil 3.4. Instron mukavemet ölçüm cihazı.....	66
Şekil 3.5. Termal marka HT tip boyama makinesi.....	67
Şekil 3.6. Ozon doz ölçümü düzeneği ve ozon jeneratörü.....	71
Şekil 3.7. Sodyum tiosülfat ile titrasyon.....	72
Şekil 3.8. Çözelti iletim hattı üzerinde venturi bağlantısı ile ozon gazı enjeksiyonu.....	72
Şekil 3.9. Kumaşa ozonlama yapılan numune bobin boyama makinesi.....	73
Şekil 3.10. Ozon enjeksiyon sistemi ile numune boyama makinesi.....	74
Şekil 3.11. Ozon jeneratörü ve ozon gaz debisi ayarı (debimetre).....	74
Şekil 4.1. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, tudolu renk sökme, 15 dk ve 45 dk ozonlama ile renk sökme işlemleri gören numunelerin % renk giderimleri grafiği.....	89
Şekil 4.2. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin siyaha boyanması sonucu 10 farklı yerinden alınan ölçümlerin 1 referans noktaya göre karşılaştırılmasıyla elde edilen değerlerin ortalama renk farkları.....	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Olgun ve olgun olmayan pamuğun bileşimi.....	3
Çizelge 2.2. Pamuk liflerinin önemli fiziksel özellikleri.....	6
Çizelge 2.3. Pamuk liflerinin önemli kimyasal özellikleri.....	7
Çizelge 2.4. Bazı reaktif boyarmaddelerin reaksiyon koşulları ve reaktiflikleri..	17
Çizelge 2.5. Önemli reaktif boyarmadde grupları.....	25
Çizelge 2.6. Ozonun fiziksel özellikleri.....	47
Çizelge 2.7. Karbonat ve pH' ın ozonlamaya etkisi.....	53
Çizelge 3.1. Kullanılan reaktif boyarmaddeler.....	63
Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasal maddeler.....	64
Çizelge 3.3. Kullanılan cihazlar.....	64
Çizelge 4.1. 7 adet boyarmadde ile boyanmış orijinal numuneler ile klasik renk sökme işlemleri yapılan numunelerin L*, a*, b* ve Stensby değerleri.....	78
Çizelge 4.2. 7 adet boyarmadde ile boyanmış ve 15, 30, 45, 60 dk ozonlanmış ard işlemsiz ve ard işlemlili numunelerin L*, a*, b* ve Stensby Değerleri.....	79
Çizelge 4.3. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Tudolu renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalara karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri.....	81
Çizelge 4.4. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Tudolu renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalı ard işlemlili numunelere karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri.....	82
Çizelge 4.5. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, 15, 30, 45, 60 dk ozonlama yapılmış numuneler (ard işlemsiz) standart kabul edilip, aynı işlemler sonu ard işlem gören numuneler numune seçilerek aradaki DE, DL*, Da* ve Db* değerleri.....	83
Çizelge 4.6. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Hidrosülfid ile renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalara karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri.....	84
Çizelge 4.7. Sumifix Br. Yellow 2GL için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	85
Çizelge 4.8. Sumifix Turkuaz Blue G için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	86
Çizelge 4.9. Procion Red HE3B için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	86
Çizelge 4.10. Procion Turkuaz HA için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	87
Çizelge 4.11. S. Supra Br. Red GF için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	87
Çizelge 4.12. S. Supra Blue BRF için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	88
Çizelge 4.13. Remazol Blue R için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.14. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, tudolu renk sökme, 15 dk ve 45 dk ozonlama ile renk sökme işlemleri gören numunelerin % renk giderimleri.....	89
Çizelge 4.15. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numuneler için ham kumaş, orijinal boyalı, klasik ve ozonla renk sökme işlemlerinin K/S değerleri.....	90
Çizelge 4.16. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin siyaha boyanması sonucu 10 farklı yerinden alınan ölçümlerin 1 referans noktaya göre karşılaştırılmasıyla elde edilen değerlerin ortalama renk farkları (DE).....	90
Çizelge 4.17. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin tudolu ve siyaha boyanmış numuneleri standart alınarak yapılan renk sökme işlemlerinin siyaha boyalı numuneleri arasındaki DE renk farkı değerleri.....	91
Çizelge 4.18. Ham kumaşın siyaha boyanan örneğine karşılık 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunenin tudolu, 45 dk ozonlu ve orijinal - siyaha boyalı numuneler arasındaki DE renk farkı değerleri.....	93
Çizelge 4.19. Ozonlanan numunelerin işlem sonrası ve 3 ay depolama süresi sonrası sarılık değerleri.....	94
Çizelge 4.20. Tudolu ve 45 dk ozonlu numunelerin siyaha boyalı örneklerinin yıkama haslığı değerleri.....	95
Çizelge 4.21. 7 adet boyarmadde için alınan boyama suyu örneklerinin KOİ değerleri.....	96
Çizelge 4.22. 7 adet boyarmadde için klasik renk sökme işlemlerinde alınan su numunelerinin KOİ değerleri.....	97
Çizelge 4.23. 7 adet boyarmadde için 45 ve 60 dk. Ozon gazı ile renk sökme işlemlerinde alınan su numunelerinin KOİ değerleri.....	97
Çizelge 4.24. TUDO ve 45 dk ozonlama sonucu KOİ değerleri karşılaştırması.....	97
Çizelge 4.25. S. Yellow 2GL boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	98
Çizelge 4.26. S. Turkuaz Blue G boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	99
Çizelge 4.27. P. Red HE3B boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	99
Çizelge 4.28. Procion Turkuaz HA boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	100
Çizelge 4.29. S. Supra Red GF boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	100
Çizelge 4.30. S. Supra Blue BRF boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	101
Çizelge 4.31. Remazol Blue R boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri.....	101
Çizelge 4.32. 7 adet reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin TUDO ve 45 dk. Ozonla gördükleri işlemler sonucu maksimum yükleme mukavemet değerleri.....	102



1. GİRİŞ

Hata, ürüne veya üretim parametrelerine bağlı olarak oluşan istenmeyen olgudur. Tekstil terbiyesi, ürüne nihai özelliklerinin verildiği proses olması sebebiyle birçok karışık çalışma parametresini bünyesinde barındırmakta ve buna bağlı olarak üretim prosesleri sırasında mamulde hata oluşma riski artmaktadır. Balcı ve Oğulata (2005)'nin yaptığı bir çalışmada terbiye prosesleri diğer proseslerle karşılaştırıldığında en büyük hata yüzdesi genellikle terbiye proseslerinde gözlenmiştir. Boyama işlemleri sonucunda sıklıkla görülen bazı düzgünsüzlükler ve hatalar; yanlış yapılan boyama işlemlerinden, boyama ya da fiksaj makinesinde eşit olmayan işlem koşullarından, kumaşın boyanmadan önce doğru hazırlanmamasından, materyalin kendi yapısında olan düzgünsüzlüklerden kaynaklanabilir.

Karşılaşılan bu hatalar için bir takım düzeltme yöntemleri yapılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları (özellikle boya hataları için):

- Direkt, yeniden boyama yöntemiyle renk düzeltmesi,
- Sodayla rengin düzeltilmesi,
- Rengin kısmen soldurulup, üzerine yeni reçete applike ederek renk düzeltmesi,
- Rengin (boyarmaddenin) tamamen sökülüp, yeni bir reçete ile yeniden boyama olarak özetlenebilmektedir (Balcı ve Oğulata 2005).

Bu projede karşılaşılan hataların giderilmesi için uygulanan klasik boyarmadde söküm uygulamalarına alternatif olarak ozon kullanımı araştırılmıştır. Klasik yöntemlerle boyarmadde sökümünde yüksek kimyasal madde oranlarının kullanımıyla hem maliyetler artmakta hem de çevresel yük oluşmaktadır. Ayrıca kumaş zarar görebilmekte ve yüksek uygulama sıcaklıkları enerji tüketimine de sebep olmaktadır. Boyarmadde sökümünde ozon kullanılması ile ekolojik ve ekonomik faydalar sağlanması hedeflenmiştir. Tez kapsamında öncelikle pamuk lifinin yapısı, ön terbiye ve boyama işlemleri, reaktif boyarmaddeler anlatılmış, sonra karşılaşılan hatalar ve hatalara karşı klasik yöntemler ile renk sökme işlemleri ve ozonlamayla renk sökme işlemlerine değinilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Pamuk Lifinin Yapısı ve Özellikleri

Pamuk, günümüzde kullanımı en yaygın doğal lifdir. Yüksek oranda selüloz ve az miktarda pektin ve lignin; doğal olarak yağ ve vaks içerir (Yazıcıoğlu 1999).

Her pamuk lifi, pamuk bitkisinin tohumlarından toplanan tek hücreli bir tüycüktür. Her hücrede lifin dış çeperlerini meydana getiren ve primer zar denilen bir zar vardır. Hücre olgunlaştıkça bunun üzeri vaks ve pektin maddelerden oluşan kütikül tabakası ile örtülür. Primer zarın altında sekonder zar adı verilen selülozik bir kısım daha vardır. Olgunlaşma sırasında bu kısım daha da kalınlaşır. Şişmiş bir lifin enine kesitinde sekonder zar, ard arda sıralanan ve günlük büyümelere eş halkalar şeklinde görülür. Hücrenin ortasında lümen denilen hücre kanalının içerisinde canlı protoplazma ve hücre özsuğu bulunur. Protoplazma proteinlerden meydana gelmiş, jelatinimsi bir yapıya sahiptir. Hücre öz suğu çok sayıda organik tuzların çözeltilerinden meydana gelmiştir. Büyüyen ve genç bir hücrede hücre içi; yani hücre kanalı (lümen) protoplazma ve hücre özsuğu ile doludur. Bu nedenle hücre zarı gergin, hücre ise şişkin durumda ve kesiti daireseldir. Hücre olgunlaşınca protoplazma ölür ve hücre özsuğu kurumaktadır. Lümen ince bir yarıık şeklinde iken, lif kesiti böbrek şeklini alır (Özcan 1984).

Olgunlaşmamış ve ölü pamukta bükümler ya çok azdır ya da hiç yoktur. Normal pamuk lifinde her bir santimetrede 100-125 boğum bulunurken, ölü ve olgunlaşmamış pamukta boğumlar görülmemektedir. Ölü ve olgunlaşmamış pamuğun boyama özellikleri normal pamuktan farklıdır. Bunlar boyarmaddelerin pek çoğuyla normal pamuğa göre daha açık, bazılarıyla da daha koyu renge boyanırlar. Boyama özelliklerindeki bu farklılık merserizasyonla az çok giderilebilir (Özcan 1984).

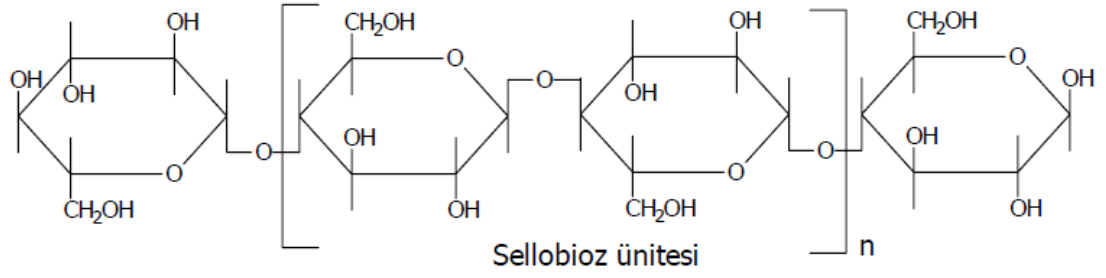
Olgun pamuğun yapısı, uzunluğu 10-50 mm ve çapı 10-20 mikron arasında değişen biyolojik tek hücre olarak tanımlanmıştır. Lifin en dış kısmında selüloz olmayan maddelerin bulunduğu kütikula mevcuttur. Bu tabakanın hemen altında sargı şeklindeki primer çeper, ardından sekonder çeper yer almaktadır. Bu iki tabaka yoğun olarak selülozdan oluşmaktadır. Bu tabakalardaki selüloz fibrillerinin eksene göre yerleşim yönünün farklılık göstermesi, her tabakanın kristalite durumunu etkilemektedir (Li 1998).

Ham pamuk ve bu pamuktan üretilen ham pamuklu kumaş bünyesinde çok sayıda yabancı madde barındırır.

Çizelge 2.1. Olgun ve olgun olmayan pamuğun yapısında bulunan maddeler (Aniş 1998)

	Olgun pamuk (%)	Olgunlaşmamış pamuk (%)
Selüloz	90 – 95	Azalır
Pektin	0,7 – 1,2	-
Şeker	0,3	-
Yağlar ve Vakslar	0,4 – 1	Artar
Protein	1,1 – 1,9	Artar
Kül	0,7 – 1,6	-
Diğer Organik Maddeler	0,5 – 1	Artar
Renkli Maddeler	Eser miktarda	Artar

Selüloz: $C_6H_{10}O_5$ genel formüllü bir polisakkarittir. Makromoleküller, β -D glikoz yapı taşı üzerinde bulunan 1. ve 4. Karbon atomuyla oksijen köprüleri oluşturarak birbirlerine bağlanması sonucu meydana gelmiştir.



Şekil 2.1. Selüloz molekülü (Kırcı, Ateş ve Akgül 2001)

Selüloz, ana kullanım alanı olan kâğıt ve karton hammaddesi olmasının yanı sıra polimerik bir ürün olması dolayısıyla çok fazla farklı kullanım alanına sahiptir. Selüloz molekülü doğrusal ve doğal bir polimerdir. Her bir monomer ünitesi üzerinde bulunan üç adet hidroksil (OH) grubu oksitlenmeye karşı hassastır (Şekil 2.1). Bu OH grupları başka bir selüloz zincirinin OH gruplarıyla bağlanmaktadır. Bu bağlanma ile oluşan ve Hidrojen bağları denilen bağlar selüloz moleküllerine hidrofил (suyu seven) özellik kazandırır (Kırcı, Ateş ve Akgül 2001).

Pektin: Selülozun hücre çeperinde bulunan kalsiyum, magnezyum ve demirin suda erimemiş tuzları şeklindedir.

Yağlar ve Vakslar: Gliserinin yağ asitleri ile esterleşmesi sonucu yağlar oluşurlar. Yağ asitlerinin uzun zincirli monohidrik alkoller ile esterleşmesi sonucu ise vakslar meydana gelirler.

Proteinler: Asparik ve Glutamik Asit'tir.

Organik Maddeler: Maleik asit ve Sellebios'dur (Eren 1999).

Kül: Pamuğun yapısındaki kül miktarı pamuğun oluşumuna bağlıdır. Çeşitli pamuk örneklerinin yakılması ile elde edilen değerler aşağıda sıralanmıştır.

- Potasyum Karbonat % 45
- Potasyum Fosfat % 11
- Potasyum Klorür % 10
- Potasyum Sülfat % 9
- Kalsiyum Fosfat % 9
- Magnezyum Fosfat % 8
- Demir Oksit % 3
- Diğer artıklar % 1

Düşük kaliteli pamuklar fazla miktarda kalsiyum ve demir bulundurmasının yanında ölü ve olgunlaşmamış lifler de içermektedir. Bu nedenle terbiyecinin düzgün (üniform) bir mal elde etmesi güçleşmektedir. Ölü ve olgunlaşmamış liflerin fazla olması neps ve düğümlere neden olmaktadır (Eren 1999).

Görüldüğü gibi, pamuk bünyesinde çok sayıda yabancı madde barındırmaktadır. Liflerin arasında, lifler toplanırken ve çırçırılırken karışmış olabilen yaprak, koza, çekirdek kabuğu gibi artık maddeler bulunmaktadır. Ayrıca çözgü ipliklerine uygulanan ve dokuma performansını arttıran haşıl da selülozdan uzaklaştırılması gereken safsızlıklardandır. Haşıl miktarı ham kumaş ağırlığının % 8 - 10' u kadar iken bu oran % 15' e kadar çıkabilmektedir. Tekstil mamulleri üretim sırasında bulaşan kir ve makine yağlarını da içermektedirler. Böylece ön terbiye işlemleri ile uzaklaştırılması gereken safsızlıklar ortalama % 20' yi bulmaktadır (Eren 1999).

Çizelge 2.2. Pamuk liflerinin önemli fiziksel özellikleri (Mangut ve Karahan 2008)

Pamuk Liflerinin Fiziksel Özellikleri	
Özellik	Açıklama
İncelik	Genel olarak 12-45 mikron arasında değişir.
Uzunluk	Lifin boyu 1 cm'den 6 cm'ye kadar olabilir. Boyu 1 cm'den kısa olan liflere linter denilir. 1-2,5 cm arasında uzunluğa sahip olanlara kısa ştapelli lifler, 2,5-3,5 cm arasında olanlara orta ştapelli lifler, 3,5 cm'den uzun olanlara ise uzun ştapelli lifler denilir.
Mukavemet	Merserize edilmemiş pamuk lifi orta dayanıma sahiptir. Merserize yapıldığında pamuk lifinin mukavemeti artar. Mukavemeti genel olarak 19-45 cN/tex'dir. Diğer doğal liflerden farklı olarak yaş haldekimukavemeti kuru mukavemetine göre daha yüksektir.
Uzama yeteneği	Keten lifinden daha elastik, yün ve ipekten daha az elastiktir. Lifin yapısındaki torsiyon adı verilen doğal bükümler elastikiyeti artırır. Bunlar aynı zamanda lifin bükülebilirliğini de artırarak iplik yapımını kolaylaştırırlar. Uzama yeteneği %3-10 arasındadır.
Nem alma kabiliyeti	Ham pamuk yapısındaki hidrofob safsızlıklar nedeniyle suyu emmez. Bu maddeler liften giderildikten sonra pamuk lifi hidrofil olur ve standart nem içeriği % 8,5 civarındadır.
Sıcaklığın etkisi	Yüksek sıcaklıklara karşı dayanımı iyidir. 100°C sıcaklıktaki suya dayanabilir. 70-90°C'de kurutulabilir. Ancak özellikle beyaz renk çalışılıyorsa apre sıcaklığı 100°C'yi geçmemelidir. Çünkü lifte sararmalar başlar. Diğer renklerde sıcaklık 150 °C civarında olabilir.
Yoğunluk	1,55 gr/cm ³ 'tür.
Enine ve boyuna kesit görünüşü	Yassı, bükümlü, hortum veya şeride benzeyen bir yapıdadır. Bükümler, düzgünsüzlük yaratırlar. Kesiti böbrek veya fasulyeye benzerdir. En dışta primer çeper, ortada lifin karakteristik özelliklerini belirleyen sekonder çeper, merkezde ise lümen adı verilen merkezi bir kanal vardır.
Parlaklık	Yapısındaki bükümler nedeniyle parlak değildir, doğal mattır. Gerilim altında yapılan merserizasyon işlemiyle parlaklık kazanır.
Renk	Genellikle beyazdır. Krem rengi, kahverengi renklerde de bulunabilir.
Yaylanma yeteneği	En düşük liftir. Bu nedenle kullanım sırasında çok kolay buruşur. Bunu engellemek için buruşmazlık apresi yapılmaktadır.
Pilling (boncuklanma)	Sorun yoktur.
Statik elektriklenme	Sorun yoktur.
Alev alma yeteneği	Hemen alev alır, erimez, kor gibi ve çabuk yanar. Kağıt kokusu bırakır.

Çizelge 2.3. Pamuk liflerinin önemli kimyasal özellikleri (Mangut ve Karahan 2008)

Pamuk Liflerinin Kimyasal Özellikleri	
Kimyasal Etkenler	Açıklama
Boyama Şartları	Pamuk lifleri reaktif, küp ve direkt boyarmaddeleri ile boyanabilir. Reaktif boyalar life kovalent bağ ile bağlandıklarından yüksek haslık değerleri verirler. Küp boyarmaddelerle çalışıldığında ise çok daha yüksek haslık değerleri elde edilir.
Suyun etkisi	Lifte suyun etkisi ile enine yönde şişme oluşur. Hidrofob yapıdaki safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra lif hidrofil özellik kazanır. %8,5 standart nem içeriğidir.
Işık ve atmosfer şartları	Güneşin ultraviyole ışınları pamuk lifini zamanla oksiselüloza dönüştürür. Bu da lifin mukavemetinin azalmasına neden olur. Güneş altında 14 gün kalan pamuk lifi, mukavemetinin %50'sini kaybeder.
Asitler	Derişik inorganik asitler (H_2SO_4 ve HCl) life kolayca zarar verirler. % 98'lik H_2SO_4 $38^\circ C$ 'de 10 dakikada pamuğu çözer. Asetik asit (CH_3COOH) ve sitrik asit gibi zayıf organik asitler, derişik halde bile life zarar vermezler. Asit kullanılacaksa organik asitler tercih edilmelidir.
Alkaliler	Bazlara karşı dirençleri oldukça iyidir. Zarar görmeden baz çözeltileri ile işlem yapılabilir. Ancak pamuğu havanın oksijenine karşı duyarlı hale getirdiğinden oksiselüloz oluşumuna neden olurlar.
Organik çözücüler	Kuru temizleme çözücülerini dahil bir çok organik solvante karşı dayanımları oldukça iyidir.
Ağartma maddeleri	Dayanımı iyidir. Ancak hipoklorit gibi kuvvetli yükseltgen yapıdaki ağartma maddeleri ile yavaş yavaş oksiselüloza dönüştürebilir. Bu durumda mukavemet kaybı olur. Ağartmada proses dengeleri korunmazsa dayanım azalması artar ve doku yırtılır.
Küf ve mantar	Eğer dayanımı arttırmak için bir işlem yapılmamışsa küften etkilenir. Nemli nişasta haşılı küflenmeyi arttırır.

2.2 Pamuklu Mamullerin Ön Terbiyesi

Pamuk liflerinin üzerinde bulunan bütün yabancı maddelerin ön terbiye işlemleri ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Çünkü bu kirlilikler pamuk terbiyesinin verimini olumsuz etkilemekte, hatta terbiyeyi imkânsız kılmaktadırlar (Öztürk 2010).

Pamuklu mamullerin ön terbiye işlemlerinin mutlaka belli bir sırayla veya hepsinin yapılacağı yolunda kesin bir kural yoktur. Mamulden beklenen özelliklere, uygulanacak diğer terbiye işlemlerinin cinsine, malın kalitesine, işletmenin makine parkı ve imkanlarına göre değişik işlem sıraları uygulanabilir. Genellikle işlem sırası; hav yakma, haşıl sökme, hidrofilleştirme (bazik işlem), merserizasyon ve ağartma şeklindedir (Eren 1999).

Hav Yakma İşlemi; kumaşın yüzeyindeki hav tüycüklerinin uzaklaştırılmasıyla kumaş yüzeyinin ilerleyen işlemler için daha düzgün bir yapıya dönüştürülmesi işlemidir. Haşılların bu işlem süresince problem teşkil etmesi nedeniyle, haşıl sökme işleminden sonra da yapılabilir (Aniş 1998).

Haşıl Sökme İşlemi; çözgü ipliklerinin dokuma sırasında çeşitli mekanik zorlamalara dayanımını artırma amacıyla yapılan haşıllama işleminden kalan safsızlıkların giderilmesi işlemidir. Bir çok haşıl çeşidi olduğu gibi, haşıl maddesinin çözgü iplikleri üzerinden uzaklaştırılması için de bir çok yöntem vardır. Haşıllama maddesi olarak nişasta ve türevleri, karboksi metil selüloz (CMC) haşılı ve polivinilalkol haşılı gibi maddeler kullanılmaktadır.

Bu haşılların sökülebilmesi için de, asidik ve bazik haşıl sökme işlemi, enzimatik ve oksidatif haşıl sökme yöntemleri bulunmaktadır (Aniş 1998).

Hidrofilleştirme İşlemi; pamuk liflerinde bulunan doğal yağ, vaks, pektin, hemiselüloz ve protein gibi materyallerin uzaklaştırılması, pamuk liflerinin ıslanabilirliğinin artırılması ve yapılacak diğer işlemlerin kolaylaşması için pamuklu mamullerin yüksek sıcaklıkta deterjan ve alkali varlığında gerçekleştirilen yıkama işlemidir. Yüksek sıcaklık ve alkali vasıtasıyla bitçik gibi odunsu maddeler yumuşayarak uzaklaştırılması kolay bir hale gelirler. Yağ ve vaks gibi materyaller ise deterjanın ve kostiğin etkisiyle sabunlaşma reaksiyonuna (alkali hidroliz) girerek suda çözünmeyen hidrofob karakterli bileşiklerden suda çözünen fraksiyonlara dönüşürler. Bu sayede uzaklaştırılması normal koşullar altında mümkün olmayan maddeler, hidrofilleştirme işlemiyle uzaklaştırılabilir hale gelirler (Aniş 1998).

Ağartma İşlemi; pamukta bulunan doğal sarımsı rengin giderilmesi amacıyla oksitleyici ajanlar kullanılarak beyaz kumaşların üretilmesini sağlayan bir işlemdir (Aniş 1998).

İyi bir ön terbiye işlemi sonunda yalnızca liflerin içinde veya kumaş üzerinde bulunan haşıl, çöpel, yağ, mum, pektin, hemiselüloz, renkli madde gibi yabancı maddelerin iyi bir şekilde giderilmesi ve dolayısıyla iyi bir hidrofellik ve beyazlık derecesinin sağlanması yeterli ve etkili değildir. İyi bir ön terbiyeden söz edebilmek için ayrıca;

- ✓ Sağlanan bütün etkilerin (çöpel dökülmesi, haşıl sökülmesi, hidrofellik, beyazlık, liflerin şişmesi, pH değeri, liflerdeki nem miktarı gibi) homojen olması,
- ✓ Liflerin zarar görmemesi,
- ✓ Kumaşta kırık meydana gelmemesi,
- ✓ Kumaşın boyut değişmezliğinin iyi olması gibi noktaların da üzerinde durulmalıdır (Eren 1999).

2.3 Pamuklu Mamullerin Boyanması

Pamuk, viskon, keten gibi selüloz liflerinin açık elyaf olarak boyanmaları çok ender yapılan işlemlerdir. Çünkü bu lifler ıslak durumda çok katı ve flotte geçişini engelleyen bir yapı oluşturmaktadırlar. Bazı durumlarda örneğin askeri parkalık, branda, tentelik kumaşlarda olduğu gibi de ham bez boyaması yapılabilir. Ama çoğunlukla ön terbiye işlemi görmüş ve yüzey haline getirilmiş malların boyaması yapılır. Canlı renkler elde etmek için ise ağartma yapmak gereklidir. Merserizasyon veya bazik işlem yapılırsa kumaşın boyarmadde alma yeteneği artmaktadır (Çoban 1999).

Ham pamuk içerdiği yağ ve mum gibi maddeler nedeniyle boya çözeltisi tarafından zor ıslatılmaktadır. Bunun sonucu olarak düzgün olmayan ve lifin içine nüfuz etmemiş bir boyama meydana gelmektedir. Bu nedenle, boyama öncesi pamuk liflerinin göreceği ön terbiye işlemleri büyük önem taşır. Özellikle kumaşın iyi bir ıslanma ve emme özelliği kazanması sağlanmalıdır. Düzgün ve yeterli ön terbiye işlemi görmemiş olan pamuk, düzgün boyanamaz (Yurdakul ve Atav 2006).

Pamuklu mamullerin boyanmasında genellikle;

- Reaktif
- Küp
- Kükürt
- Direkt
- Naftol (inkişaf) boyarmaddeleri kullanılmaktadır.

Bunlar içinde en çok kullanılan reaktif boyarmaddelerdir. Bu kısımda sadece çalışmada kullanılan tip olduğundan reaktif boyarmaddeler anlatılmıştır.

2.3.1 Reaktif Boyarmaddeler ve Sınıflandırılmaları

Reaktif boyarmaddeler, pamuk liflerine yapısında bulunan reaktif gruplarıyla kovalent bağ oluşturarak sağlam bir şekilde bağlanırlar. Bunun sonucu olarak yaş haslıkları yüksek olan, geniş renk paletleri veren ve çok sayıdaki boyama yöntemine uygun olan boyarmadde sınıfı olarak kabul edilirler. Reaktif boyarmaddeler hem boyama hem de baskıcılıkta en çok kullanılan boyarmadde grubudur. Bu boyarmaddelerin yaygın avantaj ve dezavantajları şu şekildedir: (Çoban 1999, Yurdakul ve Atav 2006).

Avantajları

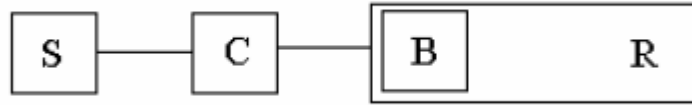
- ✓ Liflere kovalent bağlandıkları için çok iyi yaş haslıklar
- ✓ Canlı ve parlak renk tonları
- ✓ Her türlü rengi ve kombinasyonu olması
- ✓ Basit boyama yöntemi
- ✓ Küp boyamaya göre uygun fiyat
- ✓ Fiksajdan önce boyamanın düzgünleşmesi mümkün
- ✓ Dozajlama yöntemine çok iyi uyum

Dezavantajları

- Düşük boyarmadde verimi (%60-80)
- Çok sayıda yıkama işlemi gerekliliği
- Yüksek atık su yükü
- Kısmen düşük klor ve peroksit haslıkları
- Kırmızı renklere sınırlı ışık haslığı
- Genelde düşük yaş (ter+ışık) ışık haslığı (Çoban 1999, Yurdakul ve Atav 2006).

Reaktif boyarmaddelerle yapılan boyama işlemleri kısa sürede bitirilmelerine rağmen boyamaların sonunda yapılan yıkama ard işlemleri uzun vakit almaktadır. Bu yıkamaların çok etkili bir şekilde yapılması yaş haslıklar açısından son derece önemlidir. Çünkü reaktif boyarmaddelerin en önemli olumsuz özelliklerinden biri, su ile reaksiyona girmeleridir. Su ile reaksiyona giren boyarmadde, boyama sırasında zayıf bağlar ile liflere bağlanır. Bu durumda boyamanın yaş haslıkları düşmektedir. Bu nedenle boyama sonundaki yıkamalar soğuk durulama, sıcak durulama, iki kez kaynar sabunlama, sıcak ve soğuk durulamalar gibi uzun işlemlerden oluşmaktadır. Bu işlemler ise oldukça masraflı, zaman alıcı ve atık su yükünü artırıcı işlemlerdir (Çoban 1999).

Bütün reaktif boyarmaddeler kromoforu bulunduran renkli bir grup ve yanında bir tane reaktif grup, bir köprü grubu ve bir de moleküle çözünürlük sağlayan gruptan oluşur. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısı şematik olarak aşağıda gösterilmiştir.



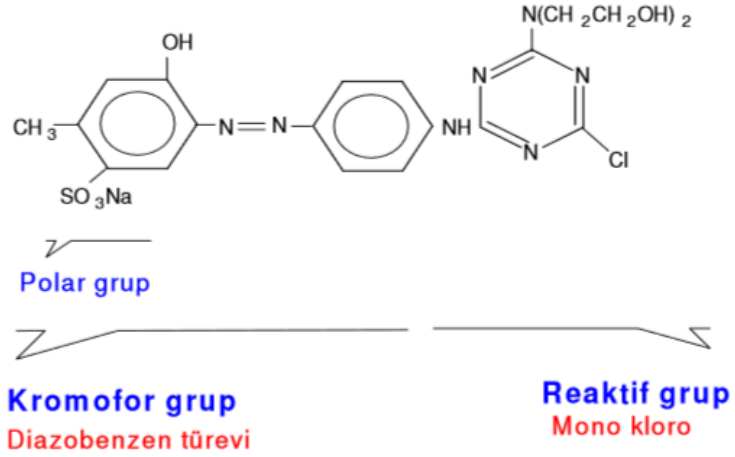
Şekil 2.2. Bir reaktif boyarmaddenin yapısı (Başer ve İnanıcı 1990)

S: Suda Çözülebilir Grup, Çözünürlük Sağlayıcı Grup: (Genellikle $-\text{SO}_3\text{Na}$, ve SO_3H) Selülozun boyamasında kullanılan reaktif boyarmaddelerde 1-4 adet sülfonik asit grubu bulunur. Moleküle çözünürlük sağlayan bu özel gruplar poliamid elyafı boyayan reaktif dispersiyon maddelerde yoktur. Bunlarla dispers boyama yöntemine göre boyama yapılabilmektedir. Selülozik elyafın boyamasında son yıllarda en çok kullanılan reaktif boyarmaddeler yapılarındaki bu anyonik grup nedeniyle anyonik azo boyarmaddeler grubunda sayılırlar (Bahar 2007).

C: Moleküle Renk Veren Grup: Reaktif boyarmaddelerin molekülerinde, renk verici grup olarak kimyasal sınıflandırmada görülen her sınıf bulunabilmektedir. Ancak sarı, turuncu ve kırmızı boyarmaddelerin basit monoazo yapısında, mor, koyu, kırmızı ve lacivert renklerin bakırlı mono ve diazo yapısında, parlak ve açık mavi renklerin ise antrokinon ve fitalosiyenin türevleri olduğu bulunmuştur (Bahar 2007).

B: Köprü Bağları: Moleküldeki renkli grup ile reaktif grubu birbirine bağlayan –NH-, -CO-, -SO₂- gibi gruplardır. Bunların köprü görevinden başka etkileri de vardır. Örneğin reaktif grubun reaktivitesi üzerinde etkilidirler. Bir imino köprüsünün dissosiyasyonu reaktiviteyi on kat düşürebilir. Böyle durumda substantivite ve bağlanma hızı düşer. Ayrıca köprü bağlarının boyarmadde ile elyaf bağının ayrılmasının önlenmesine etkisi vardır (Bahar 2007).

R: Reaktif Grup: Pamukdaki fonksiyonel gruplar ile kovalent bağ yapan gruptur. Selülozdaki OH (Hidroksil) grupları, reaktif gruplar ile reaksiyon verebilen fonksiyonel gruplardır. Bu OH grupları, nükleofilik karakterde olduğundan reaktif grubun yapısındaki elektrofilik merkeze katılırlar. Boyamanın yapıldığı ortamda su olduğundan sudaki hidroksil iyonları da pamuğun reaktif gruplarıyla reaksiyona girebilirler. Yani boyarmaddenin hidrolizi gerçekleşmektedir. Hidrolize uğramış olan boyarmadde ise elyaf ile reaksiyon vermez. Elyaf-boyarmadde bağlanma reaksiyonu ile su-boyarmadde hidroliz reaksiyonu birbirleri ile rekabette olduğundan şartlar bağlanma reaksiyonu yönüne olacak şekilde hazırlanmalıdır. Ayrıca elyaf ile boyarmadde arasında olan kovalent bağın stabilitesi, reaktif boyarmaddelerle boyama başarısını etkiler. Bu kovalent bağ ise yıkama ve apre işlemlerinde karşılaşabileceği hidrolize karşı dayanıklı olmalıdır (Başer ve İnancıcı 1990).



Şekil 2.3. Örnek reaktif boya molekülü (Bahar 2007)

Selüloz ve özellikle pamuk boyamacılığında önemli olan reaktif boyarmaddeleri diğer boyarmadde sınıflarından ayıran en önemli nokta, bu boyarmaddelerde lif makromolekülleri ile tepkimeye giren grupların bulunmasıdır. Reaktif boyarmaddelerin boyama koşulları (sıcaklık, süre ve alkali) bu grupların reaktivlik derecesinden etkilenmektedir (Yurdakul ve Atav 2006).

Reaktif boyarmadde molekülündeki reaktif gruplar ile pamukdaki selülozda bulunan hidroksil (OH) gruplar birbirleri ile kovalent bağ yapmaktadır.

Reaktif boyarmaddeleri life bağlanma mekanizmalarına göre yani **reaktif grubu oluşturan bölümün yapısına göre** ikiye ayırmak mümkündür:

- ❖ Heteroçiklik Halka Esaslı Reaktif Boyarmaddeler (Klortriazin)
- ❖ Vinilsülfon Esaslı Reaktif Boyarmaddeler

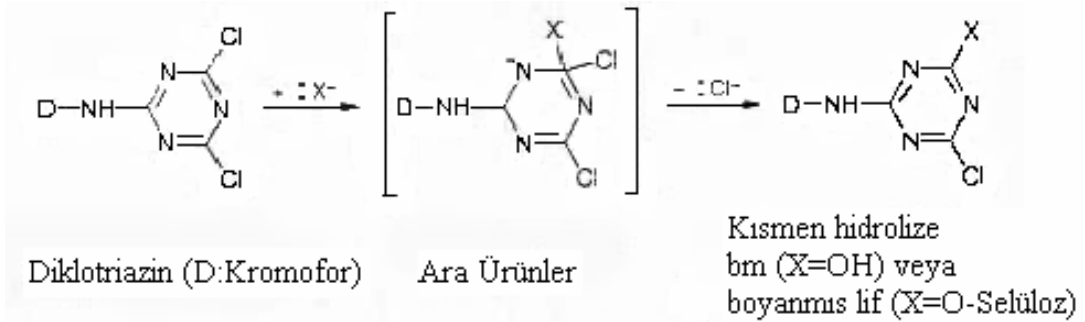
❖ **Heteroçiklik Halka Esaslı Reaktif Boyarmaddeler (Klortriazin):**

Oynak halojen grupları veya –CN-, -F-gibi grupları içerirler ve nükleofilik bimoleküler substitüsyon mekanizmasına göre reaksiyon verirler. Bu gruba ait önemli reaktif gruplar aşağıda sıralanmıştır.

- Diklortriazin (DCT)
- Monoflortriazin (MFT)
- Triklorprimidin
- Diflormonoklorprimidin
- Flormetilklorprimidin
- Diklorkinoksalin (Bahar 2007)

Reaktif grup olarak genelde süstitüe siyanür klorür bileşikleri kullanılmaktadır. Triazin halkasındaki N atomları, elektron çekmeleri sebebiyle 2., 4. ve 6. C atomlarını pozitif yapmaktadır. Bu durumda bu karbon atomlarına bağlı olan halojen atomlarının oynaklığı artar, bileşikten kolayca ayrılırlar. Halojen sayısı ile doğru orantılı olarak reaksiyon verme etkisi de artar. Diğer heteroçiklik halkalı sistemler; Primidin (1,3 Diazin), İmidazol, Tiazol, Benzotiazol, İsoiazol, Kinolin, İsokinolin'dir.

Heteroçiklik halkalı sistemlerin selüloz lifi ile bağ yapması, "Nükleofil Süstitüsyon" mekanizmasına göre oluşmaktadır (Tarakçioğlu 1980).



Şekil 2.4. Heteroçiklik halkalı yapıdaki reaktif boyarmaddelerin selüloz lifine bağlanma mekanizması (Özdoğan 2003)

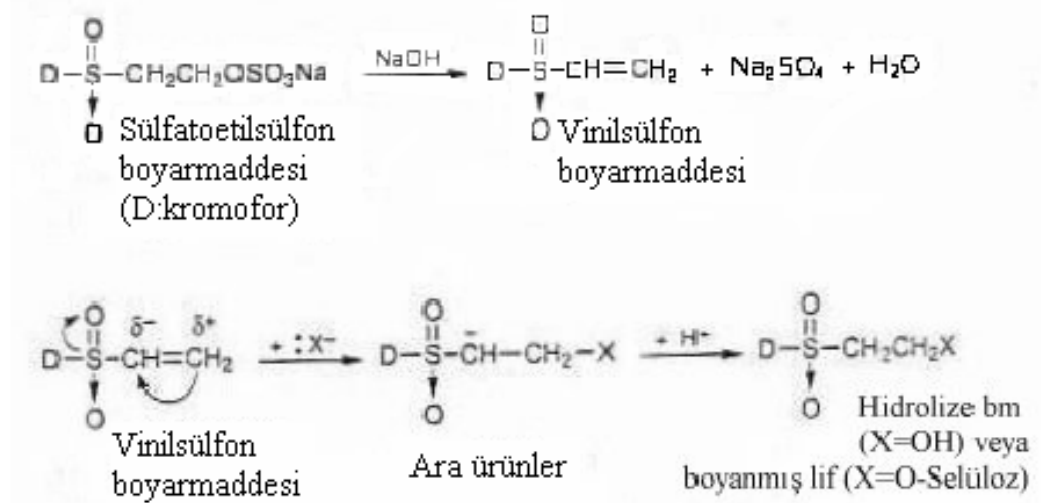
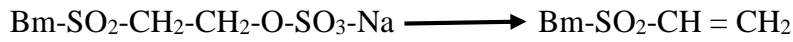
❖ **Vinilsülfon Esaslı Reaktif Boyarmaddeler:**

Nükleofilik adisyon mekanizmasıyla eter bağı oluşturanlardır. Selülozik elyafın boyanmasında kullanılan bu gruba ait olan önemli boyarmadde grubu β-Sülfatoetilsülfon (Vinilsülfon(VS)) 'dir (Bahar 2007).

Selülozdaki OH gruplarıyla reaksiyon, Vinilsülfon esaslı reaktif boyarmaddelerde iki aşamada oluşmaktadır. Önce alkalinin etkisi ile vinilsülfon grubu oluşur. İkinci aşamada ise nükleofil adisyon (katılma) reaksiyonu ile selüloz makromoleküllerindeki -OH- gruplarından biri vinil grubuna bağlanır (Yurdakul ve Atav 2006).

Vinilsülfon tipi boyarmaddenin yapısı: Bm-SO₂-CH₂-O-SO₃-Na şeklindedir. Bu tür bir boyarmadde bazik ortamda reaktif vinil grubu oluşturarak selülozun OH grubu ile kovalent bağ yapmaktadır (Çoban 1999).

pH 10,5-11,5



Şekil 2.5. Korunmuş vinilsülfon yapısındaki reaktif boyarmaddelerin selüloz lifine bağlanma mekanizması (Özdoğan 2003)

Reaktif boyarmaddelerin selüloz lifleri ile OH grubu üzerinden kovalent bağ yapmaları bazik ortamda gerçekleşmektedir. Bazik ortamı sağlamak için kullanılan kimyasal maddeler:

- Sodyum Hidroksit (NaOH)
- Soda (Na₂CO₃)
- Trisodyumfosfat (Na₃PO₄)
- Sodyumhidrojenkarbonat (NaHCO₃) 'dır (Çoban 1999).

Çektirme yöntemine göre boyarmaddenin kumaşa düzgün aplikasyonu yapıp, tuz ilavesi ile çözeltideki boyarmadde lifler tarafına kaydırıldıktan sonra baz ilavesi porsiyonlar halinde veya en iyisi dozajlama yolu ile yapılarak boyarmaddenin düzgün bir şekilde liflere fikse olması, bağlanması sağlanmaktadır (Çoban 1999).

Çizelge 2.4. Bazı reaktif boyarmaddelerin reaksiyon koşulları ve reaktivlikleri (Çoban 1999)

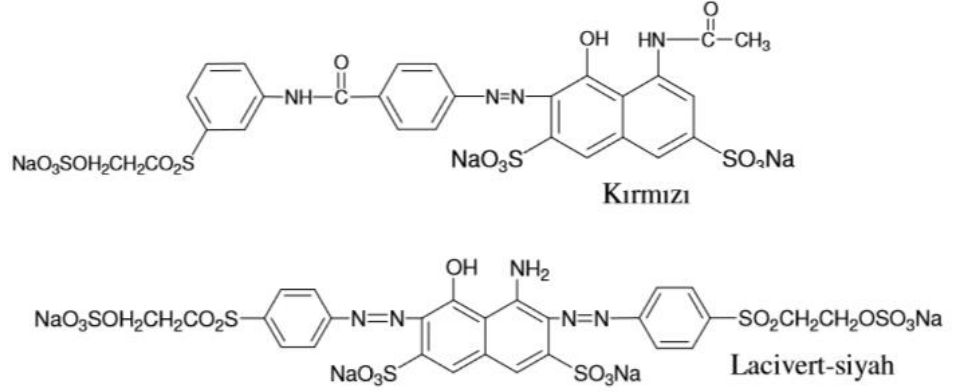
Kimyasal yapı	Monoklortriazin	Diklortriazin	Vinilsülfon tipi
Reaktivliği	Düşük	Yüksek	Orta
Reaksiyon Ph değeri	11 – 11,5	9 – 9,5	10,5

Reaktif boyarmaddeleri *kromofor grubu oluşturan bölümün yapısına göre* dörde ayırmak mümkündür:

- Azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler
- Antrakinon grubuna sahip reaktif boyarmaddeler
- Fitalosiyenin grubuna sahip reaktif boyarmaddeler
- Metal-kompleks azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler

- **Azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler:**

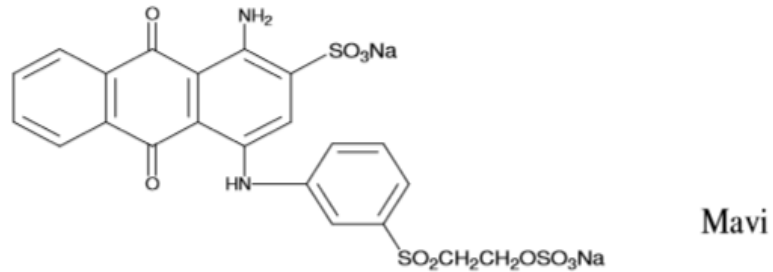
Kromofor yapısında azo (-N=N-) grubu bulunduran reaktif boyarmaddelerdir. Reaktif boyarmadde gruplarının çoğunluğu bu sınıfa dâhildir. Azo grubuna ait farklı çeşitlerde reaktif boyarmadde yapıları örnekleri aşağıda verilmiştir (Bahar 2007).



Şekil 2.6. Azo grubuna ait farklı çeşitlerde reaktif boyarmadde yapıları (Bahar 2007)

- **Antrokinon grubuna sahip reaktif boyarmaddeler:**

Kromofor yapılarında antrokinon grubu barındıran reaktif boyarmaddelerdir. Antrokinon temelli reaktif boyarmaddeler; parlaklıkları, iyi ısıık haslıkları ve asidik ve bazık ortamlardaki kromofor dayanıklılığı açısından önemlidirler. Ticari reaktif antrakinon boyarmaddelerin renk tonları; mordan maviye kadar değişmektedir (Hunger 2003).

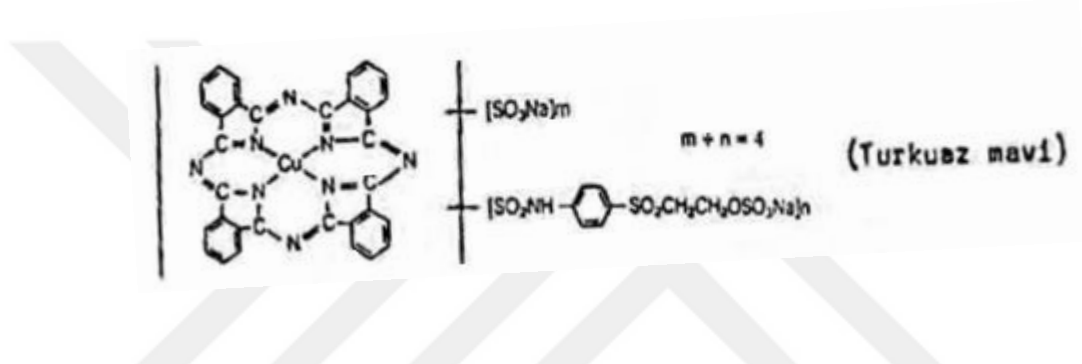


Şekil 2.7. Kromofor yapısında antrokinon grubu bulunduran reaktif boyarmadde örneği (Bahar 2007)

- **Fitalosiyenin grubuna sahip reaktif boyarmaddeler:**

Kromoforlarında fitalosiyenin grubu barındıran reaktif boyarmaddelerdir (Bahar 2007).

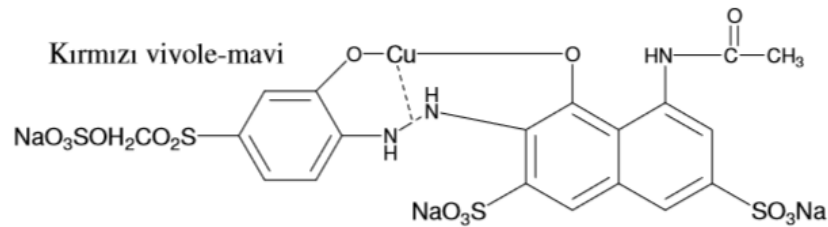
Suda çözünen reaktif fitalosiyenin boyarmaddeleri, diğer boyarmadde sınıflarıyla elde edilemeyen parlak turkuaz ve yeşil renklerin oluşturulmasını sağlarlar. En önemli reaktif fitalosiyenin boyarmaddesinde, merkezi atom olarak bakır veya nikel bulunmaktadır. Sülfonik asit gruplarıyla substitue olurlar ve reaktif gruplar sülfonamid köprüleri üzerinden bağlanırlar (Hunger 2003).



Şekil 2.8. Fitalosiyenin grubuna sahip reaktif boyarmadde örneği (Bahar 2007)

- **Metal-kompleks azo grubuna sahip reaktif boyarmaddeler:**

Kromofor yapısında metal-kompleks azo grubu bulunduran reaktif boyarmaddelerdir. Metal kompleksli azo grubuna sahip boyarmaddeler, ışık enerjisine karşı dayanıklılığı artırmaktadır. Bakır kompleksi içeren azo boyarmaddeler geniş renk aralığına sahiptirler (sarı, mor, kahverengi, yeşil, siyah) (Hunger 2003).



Şekil 2.9. Kromofor yapılarında metal-kompleks azo grubu barındıran reaktif boyarmadde örneği (Bahar 2007)

Reaktif boyarmaddeleri *reaktif gruplarının reaktivliklerine göre* ikiye ayırmak mümkündür:

- Soğukta boyayan reaktif boyarmaddeler (yüksek reaktivliğe sahip) (ılıkta boyayanlar da bu gruba dahildir.)
- Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddeler (düşük reaktivliğe sahip)

➤ **Soğukta boyayan reaktif boyarmaddeler:**

Diflormonoklorprimidin, diklortriazin, monoflortriazin, diklorkinoksalin ve vinilsülfon boyarmaddeleri bu sınıfta yer almaktadır. Ancak vinilsülfon boyarmaddeleri soğuk ve sıcak reaktif gruplar arasındaki geçiş grubu olarak kabul edilebilir (Kanık 1988).

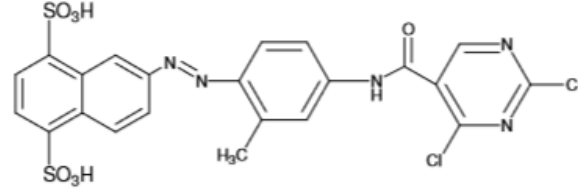
Bu grup boyar maddeler yüksek reaktivlik derecesine sahiptirler. Bu nedenle soğukta 20 - 40 °C' de boyama yapılabilmektedir. Bu boyar maddelerle yapılan boyama işleminin avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Daha hızlı ve kısa sürelerde boyama yapma imkânı verirler.
- ✓ Daha az kimyasal madde (özellikle alkali, fakat biraz da tuz) tüketilir.
- ✓ Boyama soğukta veya düşük sıcaklıkta (çektirme yöntemlerinde 40-50°C civarında) olduğundan enerji tüketimi daha az olmaktadır.
- ✓ Hidrolize uğrayan boyarmaddenin kumaştan yıkanarak uzaklaştırılması daha kolaydır. Bu durum su ve enerji tasarrufu sağlarken, daha iyi yaş haslık dayanımları vermektedir.
- ✓ Boyamalar düşük sıcaklıklarda yapıldığından, genellikle boyarmadde verimi daha yüksek çıkmaktadır.
- ✓ Tekrarlanabilirlik özellikleri çok iyidir.
- ✓ Düşük substantiviteye sahip olduklarından boyama sonrası yıkanmaları daha kolaydır (Kanık 1988).

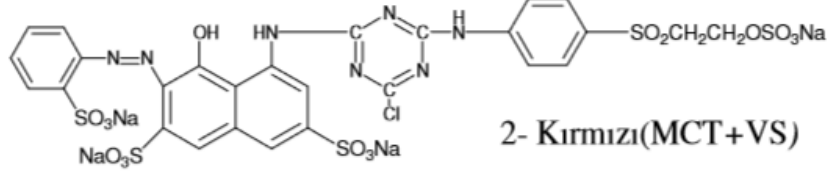
Cibacron F, Procion MX, Remazol, Drimaren R/K, Lavafix E/EA/EN-H,HE, HX bu bölümdeki reaktif boyarmadde örnekleridir (Anonim 2011).

➤ **Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddeler:**

Monoklortriazin, triklorprimidin ve florklorometilprimidin gibi reaktif boyarmaddeler bu grupta yer alırlar. Monofonksiyonel (1) ve bifonksiyonel (2) reaktif boyarmadde yapılarına ait örnekler aşağıda verilmiştir. Bifonksiyonel reaktif boyarmaddeler iki adet reaktif grubu sahiptirler (Bahar 2007).



1- sarı(diklorprimidin)



2- Kırmızı(MCT+VS)

Şekil 2.10. Monofonksiyonel (1) ve bifonksiyonel (2) reaktif boyarmadde yapısına ait örnek (Bahar 2007)

Bu boyar maddelerin reaktiflikleri çok zayıftır. Bu nedenle boyama sıcaklığı yükseltilir (60 - 80°C) ve alkali miktarı artırılır. Böylece reaktiflik sağlanmaktadır. Boyama sıcaklığının yüksek olması sebebiyle düzgün ve istenen boyama sonuçları elde edilebilir. Bu tip reaktif boyar maddelerin life nüfuz etme yetenekleri çok iyidir. Hidroliz tehlikesi azdır ve daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

- ✓ Çektirme yöntemiyle sıcakta yapılan boyamalarda boyarmaddenin liflerin içine nüfuz etmesi ve migrasyon yetenekleri çok daha iyidir.
- ✓ Yarı kontinü ve kontinü yöntemlerle çalışmada emdirme flottelerinin dayanıklılıkları daha iyidir.
- ✓ Halat halindeki kumaşın makinedeki hareketi sıcakta daha iyi bir şekilde sağlanabilmektedir.
- ✓ Özellikle rejenere selülöz mamullerde boyamaya önce yüksek sıcaklıkta başlanarak liflerin şişmesi ve mamulün çekme özelliği azaltılabilir.

- ✓ Ham veya çok az kasarlanmış kumaşlar da bu tip boyarmaddeler ile boyanabilmektedir. Ayrıca boyamanın ardından aynı flottede ağartma yapılabilir. Nüanslamak kolaydır (Kanık 1988).

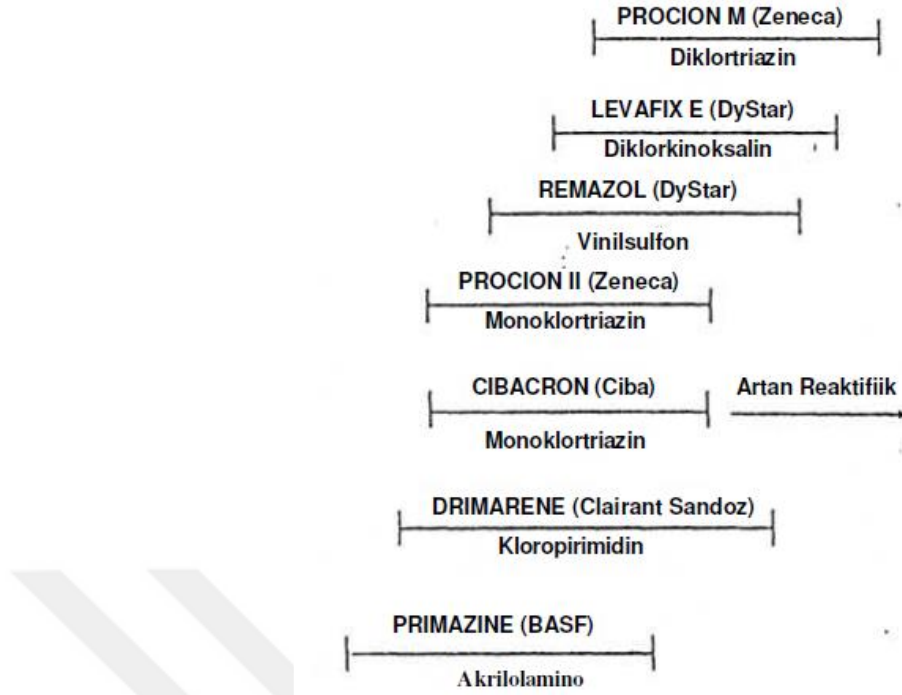
Sıcakta boyayan reaktif boyar maddelere; Procion H-EKL, Cibacron E, Drimaren X/XN, Basilen E/P örnek gösterilebilir (Anonim 2011).

Reaktif boyarmaddelerin boyanma yöntem ve şartlarını en çok reaktif grupları etkilemektedir. Çünkü boyarmaddenin reaksiyon yeteneğini bu gruplar belirler. Suda çözünürlük sağlayan gruplar içerdiklerinden suda çözünürlük ve substantif boyarmaddelerde olduğu gibi boyamalar doğrudan bunların sudaki çözümleriyle yapılabilir (Bahar 2007).

2.3.2 Reaktif boyarmaddelerin reaktifliği

Reaktif boyarmaddelerin pamuk lifi ile reaksiyona girme koşulları ve işlem mekanizması, boyarmaddedeki grupların reaktiflik derecesine bağlı olarak belirlenmektedir. Boyarmaddenin hangi boyama yöntemine göre uygulanacağı, kromofor ve reaktif grup tarafından seçilir. Reaktif grup, reaksiyon süresi üzerinde de etkilidir. Boyarmaddenin reaktifliği, heteroçiklik halkaya, substituent grubun özelliklerine ve diğer substituentlerin özelliklerine bağlıdır. Örneğin, diklorprimidin boyarmaddeleri, monoklortriazin boyarmaddelerinden daha hızlı reaksiyona girmektedirler. Boyarmadde ile lif arasındaki kovalent bağ, boyarmaddede bulunan halkaya bağlı bir substituentin elyaf makromolekülündeki fonksiyonel gruplar ile yer değiştirmesi sonucu oluşur. Bu gruplar (-OH, -NH₂, -SH) gruplarıdır (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Şekil 2.11’de reaktif boyarmadde markaları için verilen reaktiflik sırası sıcaklık ve pH ile değişebilmektedir.



Şekil 2.11. Çeşitli reaktif boyarmaddelerin selüloza karşı reaktifliği (Yakartepe ve Yakartepe 1998).

Vinilsülfon esaslı Remazol boyarmaddeleri hariç tüm reaktif boyarmaddelerin yapısında reaktif grup olarak heteroçiklik halkalı bileşikler bulunmaktadır. Elyaf ile boyarmadde arasında kurulan kovalent bağ, halkaya bağlı bir substituent grubun elyaftaki fonksiyonel gruplar ile (-OH, -NH₂, -SH) yer değiştirmesi sonucu oluşmaktadır.

Substantivite kromofor gruba bağlıdır. Boyarmaddenin flotteden ayrılıp elyaf üzerine geçme kabiliyeti olarak tanımlanır ve kuvveti boyarmadde cinsine göre değişmektedir. Substantivite ayrıca, sıcaklık, flotte konsantrasyonu, pH ve boyanacak materyalin yapısına göre değişmektedir. Reaktif boyama sonrası uygulanan yıkama işlemlerinde elyaf üzerine tutunan ancak fikse olmamış boyarmaddelerin kolay giderilebilmesi substantivite tarafından belirlenmektedir (İçoğlu 2006).

Substantivite düşük olursa daha kolay uzaklaştırma sağlanır. Reaktif boyarmaddeler genelde düşük substantiviteye sahiptirler.

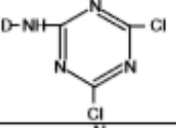
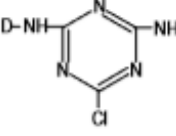
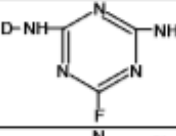
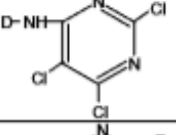
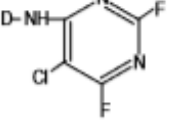
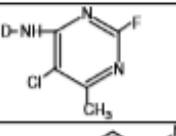
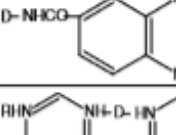
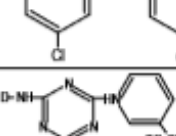
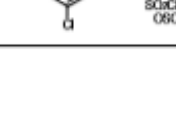
Yüksek reaktiviteye sahip boyarmaddelerle soğukta boyama yapılır. Reaktivite yüksek olduğu için sıcaklık yükseltilmeden ve alkali miktarını arttırmadan elyaf boyarmadde reaksiyonu gerçekleştirilebilmektedir. Soğukta boyayan reaktif boyarmaddelerin avantajları şunlardır:

1. Boyamanın daha hızlı yapılması,
2. Daha az kimyasal tüketimi,
3. Daha az enerji sarfıyatı,
4. Tekrarlanabilme olasılığının daha yüksek olması,
5. Yüksek boyarmadde verimi.

Düşük reaktiviteye sahip boyarmaddeler ise sıcakta boyayan reaktif boyarmaddeler olarak isimlendirilirler. Boyama sıcaklıkları 60-80°C'dir. Reaksiyon kabiliyetleri düşüktür. Bu nedenle daha fazla alkali ilavesi ve sıcaklığın yüksek tutulması gerekmektedir. Hidroliz tehlikesinin düşük olması ve daha iyi bir nüfuziyet göstermeleri bu tiplerin avantajlarıdır (İçoğlu 2006).

Günümüzde piyasada kullanılan önemli reaktif boyarmadde grupları, piyasaya çıkış tarihleri, ticari isimleri, imalatçı firmalar ve kullanım sahaları Çizelge 2.5' de verilmiştir (Kanık 1988).

Çizelge 2.5. Önemli reaktif boyarmadde grupları (Anonim 1987).

Reaktif	Grup	İmal Yılı	Ticari İsmi ve İmalatçı Firma	Uygulama Alanı
Vinilsülfon (VS)	$D-SO_2CH_2CH_2OSO_3Na$ ($D-SO_2CH=CH_2$)	1957	Sumifix(Sumitomo) Remazol (Hoechst) Celmazol (Mitsui) Diamira(Mitsubishi)	Çektirme, Emdirme ve Baskı
Diklortriazin (DCT)		1956	Procion MX (ICI) Basilen M (BASF) Mikacion (Kayaku)	Emdirme
Monoklortriazin (MCT)		1957	Procion H (ICI) Cibacron (ciba-G.) DrimareneP(Sandoz) Basilen E, P(BASF) Kayacion P,A,E(Kayaku)	Çektirme, Emdirme ve Baskı
Monoflortriazin (MFT)		1978	Cibacron F(Ciba G.) Levafix EN(Bayer)	Emdirme
Triklorprimidin (TCP)		1960	Cibacron T(Ciba-G) DrimareneX(Sandoz) DrimareneZ(Sandoz)	Emdirme, Kontinü boyama,Baskı
Diflormonoklorprimidin (DFMCP)		1970	DrimareneK(sandoz) DrimareneR(SAndoz) LevafixE-A(Bayer) LevafixP-A(Bayer)	Emdirme, Çektirme ve Baskı
Flormetilklorprimidin (FMCP)		1980	Levafix PN(Bayer)	Kontinü Boyama ve Baskı
Diklorkinoksalin (DCQ)		1961	Levafix E(Bayer)	Emdirme
Bifonksiyonel (MCT+MCT)		1968	Procion HE(ICI) Cibacron E(Ciba-G.)	Çektirme
Bifonksiyonel (VS+MCT)		1980	Sumifix Supra (Sumitomo)	Emdirme, Çektirme ve Baskı

2.3.3 Reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama işlemi

Bu yöntemde boyamada substantifliği fazla olan boyar maddeler tercih edilir. Çünkü boyama banyosunda fazla miktarda boyar maddenin kalması bir sorundur. Fakat substantifliği fazla olan boyar maddeleri kullanılmakla hidroliz tehlikesi artar ve boyar maddenin verimi düşer. Bu nedenle alınabilecek bazı tedbirler:

- Boyama banyosunu mümkün olduğunca kısa tutmak,
- Boyama banyosuna oldukça geç ve porsiyonlar hâlinde baz eklemektir.

Bu yönteme göre reaktif boyar maddeler ile boyamada üç adım bulunur. Bunlar boyar maddenin lif tarafından lif üzerine alınması, boyar maddenin life fikse olması ve hidrolize uğramış ancak fikse olmamış boyar maddelerin liften yıkama işlemleriyle giderilmesidir (Anonim 2011).

Reaktif boyar maddelerle çektirme yöntemine göre boyama iki şekilde incelenir.

- Sıcaklığın esas alındığı çektirme yöntemleri:
 - Sabit sıcaklıkta boyama (izoterm yöntemi)
 - Azalan sıcaklıkta boyama (Cool down)
 - Artan sıcaklıkta boyama
- Yardımcı maddelerin ilave edilmiş şekillerinin esas alındığı çektirme yöntemleri:
 - İki adımlı yöntem
 - Baştan biraz alkali ilavesiyle boyama
 - All-in yöntemi (Anonim 2011).

Çektirme yöntemine göre boyamada, genellikle yüksek veya orta derecedeki substantiviteye sahip boyarmadeeler kullanılmaktadır. Boyarmaddelerin reaktifliklerine göre optimum boyama koşulları belirlenir. Soğukta boyamalar 30-50°C'de ve pH 11-12'de gerçekleşmektedir. Substantiviteyi arttırmak için boya banyosuna NaCl veya Na₂SO₄ gibi elektrolit ilave edilir. Fikse reaksiyonu ve pH kontrolü ise sodyum karbonat veya sodyum hidroksit gibi alkalilerin varlığında gerçekleşir.

All-in yönteminde boyarmadde, elektrolit ve alkali boyama banyosuna boyamanın başında eklenir. Burada kullanılan boyarmaddeler düşük reaktiflikte ve yüksek substantivitede olup MCT esaslıdır. Sıcakta boyayan reaktif boyarmaddelerin sıcaklık artışı ile azalan substantiviteyi indirmek için yüksek miktarda elektrolit kullanılmaktadır. Burada kullanılan boyarmaddenin reaktifliği düşük olduğu için 50°C'nin altında fikse reaksiyonu gerçekleşmektedir. Banyoda alkali olduğu için elyafın düzgün bir şekilde şişmesi sağlanmakta ve bundan ötürü kumaşın içine işlenerek boyama gerçekleşmektedir (Turhan 2006).

2.3.4 Reaktif boyarmaddelerle emdirme yöntemine göre boyama işlemi

Reaktif boyar maddeler ile çektirme yönteminde 1/5 – 1/30 gibi uzun banyo flottelerinde boyama yapılır. Emdirme yöntemine göre boyamalarda ise 1/1 – 1/0,5 gibi düşük banyo oranları kullanılmaktadır. Bu yöntemle yapılan boyamalarda su, atık su, boyar madde, kimyasal madde tüketiminden önemli oranlarda kazanç sağlanır. Yarı kesikli ve kesiksiz (kontinü) boyamalar için çok uygundur. Ancak substantiflik mümkün derece az olmalı ve emdirme flottesi yenilenmelidir. Böylece düzgün boyamalar elde edilir. Kontinü sistemler özellikle açık renkler için elverişlidir.

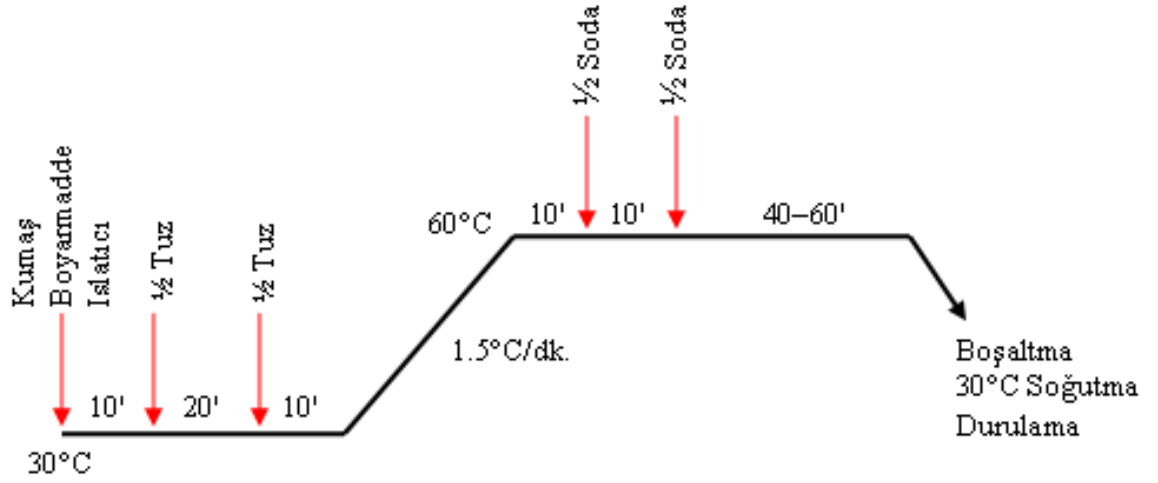
Pamuklu kumaşların emdirme yöntemine göre reaktif boyarmaddelerle boyanmasında kullanılan en önemli makine fulardır. Fulardlanan kumaş fikse ve yıkama işlemleri için bazı aşamalardan geçmektedir. Bu nedenle fulard boyar madde cinsine ve boyama yöntemine göre her zaman başka makineler ile kombine edilerek kullanılmaktadır (Anonim 2011).

- Yarı kesikli yöntemler
 - Pad-batch (soğuk bekletme)
 - Tek banyolu soğuk bekletme
 - İki banyolu soğuk bekletme
 - Pad-jig (fulard-jigger yöntemi)
 - Pad-roll (sıcak bekletme)

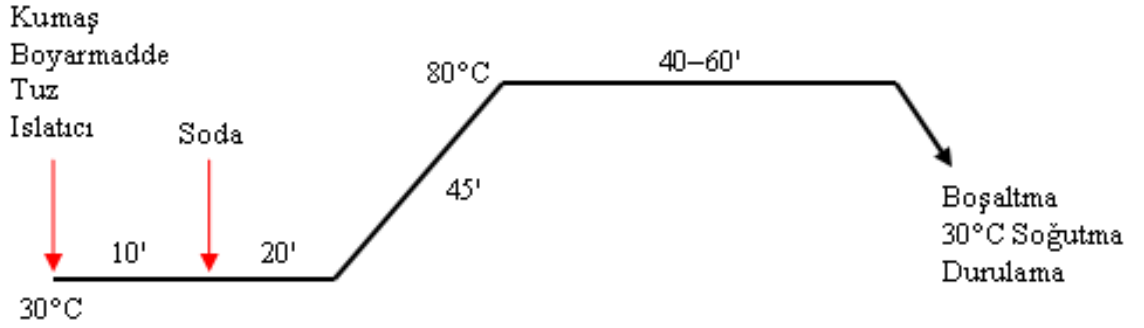
- Kesiksiz (kontinü) yöntemler
 - Pad-steam (fulard-buhar yöntemi)
 - Pad-dry (fulard-kurutma yöntemi)
 - Pad-yaş fiksaj (bazik şok)
 - Termofiksaj yöntemi (Anonim 2011).

2.3.5 Örnek boyama diyagramları

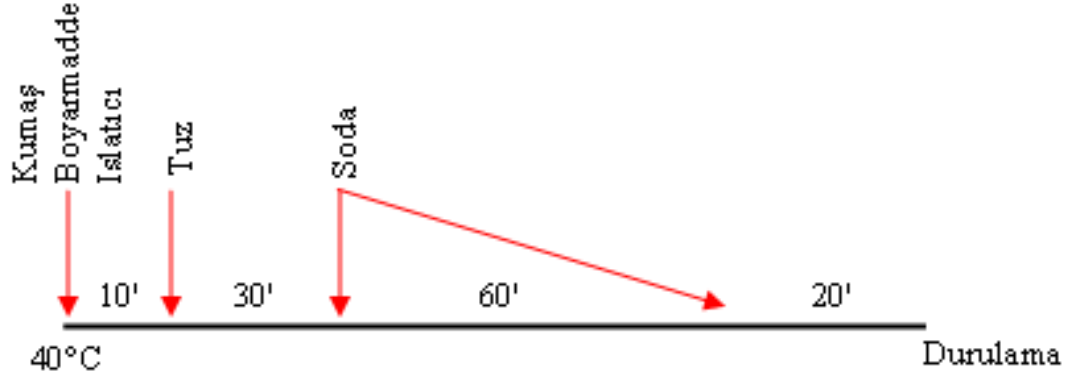
Reaktif boyar maddeler ile selülozik materyalin boyanmasında kullanılan bazı boyama diyagramları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.12. Reaktif boyar maddeler ile sıcakta (60 °C) boyama grafiği (Anonim 2011).



Şekil 2.13. Reaktif boyar maddeler ile sıcakta (80 °C) boyama grafiği (Anonim 2011).



Şekil 2.14. Reaktif boyar maddeler ile soğukta (40 °C) boyama grafiği (Anonim 2011).

Reaktif boyar maddeler ile boyamada en çok sodyum karbonat (soda) kullanılır. Ek olarak sodyum bikarbonat ve sodyum hidroksit de kullanılmaktadır. Bu üç madde, tek olarak kullanılabileceği gibi ikili karışımlar hâlinde de pH 8–12 olacak şekilde, tüm reaktif boyama işlemlerinde kullanılabilir.

Su: Boyama banyosunda kullanılacak işletme suyu yumuşak olmalıdır.

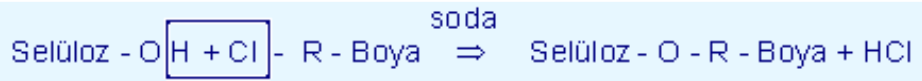
Tuz: Tuz eklenmesi substantiviteyi artırır. Boyar madde moleküllerinin lif tarafından çekilerek yönlenmesini ve boyarmaddenin lif üzerinde homojen dağılımını sağlar.

Soda: Boyar madde molekülleri ile lif arasındaki kovalent bağın oluşmasını sağlar.

Islatici: Dispers özelliği olan ıslatıcının kullanımı boyama verimini artırır (Anonim 2011).

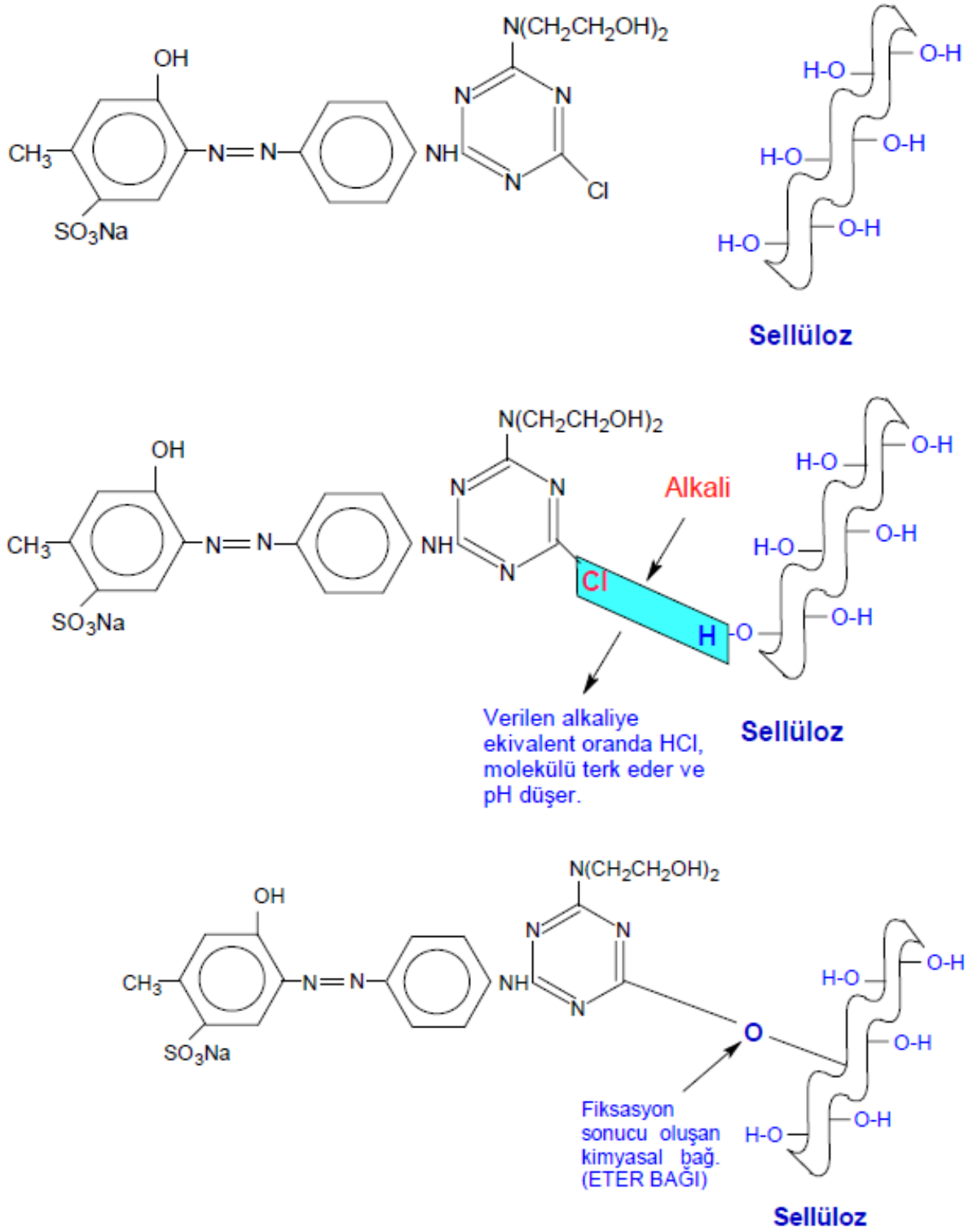
2.3.6 Boyama reaksiyonu

Reaktif gruplardaki klor, flor, sülfon iyonları, hidroksil iyonunun hidrojeni ile birleşerek asit oluşturur. Oluşan bu asit, soda eklenmesi ile ortam nötr yapılarak çözültiden uzaklaştırılır. Böylece reaksiyon sağa doğru devam eder. Soda eklenmesinin dozajlama hızına göre de boyama yavaş/hızlı ve düzgün/abrajlı oluşur (Bozok 2005).



Reaktif boyamada bazikliğin ayarlanması:

1. Ortamın bazikliği; selüloz liflerinin boyarmadde ile reaksiyona girebilmesi ve boyarmaddenin reaktifleşmesi açısından önemlidir.
2. Reaktif boyarmaddelerin reaksiyona girmesi, pH değerine ve sıcaklığa bağlı olmaktadır. pH'ın 1 derece artmasıyla reaksiyon hızı 9-10 kat artmaktadır.
3. Reaktif boyarmaddelerle boyama çözültisinin bazikliği, trisodyumfosfat, sudkostik, soda, sodyumbikarbonat ve su camının eklenmesi ile ayarlanmaktadır (Bozok 2005).



Şekil 2.15. Reaktif boyar maddenin selüloza fikse edilmesi (Bozok 2005).

Pamuk lifinin boyanmasında aşağıdaki aşamalar gerçekleşmektedir.

1. Amorf bölgeler, intermiseller bölgeler gibi liflerde bulunan ve kolay nüfuz edilebilen bölgelere suyun girmesi ve lifi Őiřirmesi,
2. Boyarmadde moleküllerinin ve agregatların, liflerin içerisine (kolay nüfuz edilebilen bölgelerine) difüzyonu,
3. Boyarmadde moleküllerinin ve küçük agregatların, liflerin içerisine (kolay nüfuz edilebilen bölgelerine) difüzyonu,
4. Boyarmadde moleküllerinin lif içerisinde fiksajı (Bozok 2005).

2.4 Boyamalarda Karşılaşılan Hatalar

Terbiye ve boyama işlemleri ile tekstil ürününe istenilen özellikler kazandırılır. Bu işlemler zorlu ve çok fazla karışık adımlardan oluşmakta, bunun sonucu olarak işlemlerin uygulanmaları esnasında mamulde hata oluşma riskleri artmaktadır. Tekstilde karşılaşılan en büyük hata yüzdesi genellikle terbiye işlemlerinden kaynaklanmaktadır. En çok karşılaşılan hata örnekleri aşağıda açıklanmıştır.

Dzgnsz Boyama, Abraj: İplik, rme ya da boyama aşamasında uygun koşulların kullanılmadığı (elyaf, parti, parafin, boya, terbiye, sistem gibi...) işlemler sırasında kumaşın kendi içinde ya da kumaş yüzeyinde oluşan enine çizgi, bant, gölge veya bulutlanma Şeklinde kumaşta oluşan ve göze güzel gözükmeyen hatalar grubuna abraj denir (Kut 2013).

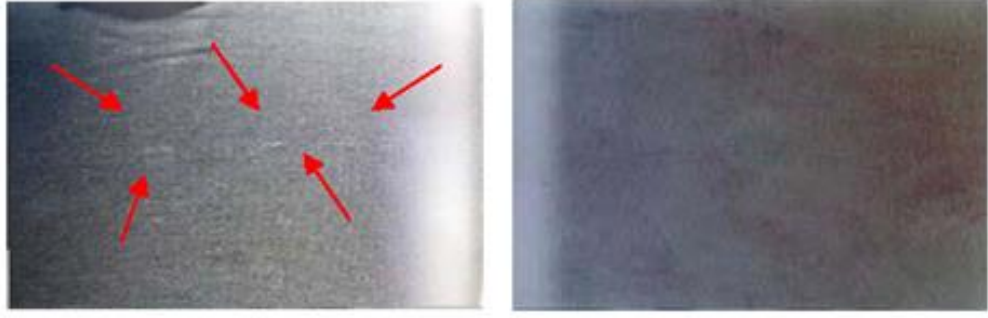
Kumaş yüzeyinde rengin eşit olarak dağılmadığı ve açıklı koyulu veya değişik olarak renkli bölgeler görülebilen, boyanmış ya da basılmış tekstil materyali abrajlı olmaktadır (Kut 2013).

Düzensizlik;

- Materyalin daha önce görmüş olduğu işlemlerden,
- Flottenin yetersiz hareketinden,
- Materyalin makineye düzgün ve kontrollü yerleştirilmemiş olmasından,
- Boyama cihazındaki bozukluklardan,
- Boyama reçetesinin uygunsuzluğundan,
- Boyarmaddenin iyi çözülmemiş olmasından,
- Materyaldeki parti farklılıklarından kaynaklanabilir (Kut 2013).

Tekstil ve konfeksiyon sektöründe üretimin aksamasına sebep olan konuların başında kumaşta abrajın çıkması gelmektedir. Abraj kumaşın işlem görmemiş halinde hamken olabileceği gibi boya aşamasında da oluşabilecek bir hatadan kaynaklanmaktadır. Genellikle boyanmış kumaşta kalite kontrol aşamasında veya kesim aşamasında görülmeye başlar. Abrajın kumaşta oluşması için ipliğin ya da boya terbiye işlemlerinin yapımında bir yanlışlık olması gerekmektedir (Kara 1997).

Boyahane işlemleri sırasında oluşan bir hata kumaşın abrajlı olmasına yol açmaktadır. Bu hataların başında işçi hataları gelir. Abraj oluşumuna sebep olan işçilik hatalarından biri kimyasal maddelerin istenen zaman içinde veya istenen miktarlarda verilmemesidir. Ön kasa işlemlerinin iyi olmaması, sodanın verilmesinde hızın ve dozajın tam olarak ayarlanmaması, diyosülfat peroksidin tam öldürülmemesi, boyanın hızlı çektilmemesi gibi nedenler kumaşta abraj oluşumuna neden olan hatalar olarak sayılmaktadır. İşçilik hatalarının yanında mekanik hatalar da mevcuttur. Bunlar boya kazanlarının ve makinelerinin arızalanması yüzünden kumaşın kazan içinde beklemesi, ram makinesinde beklemesi, kurutma işlemi öncesi arabalarda ıslak ya da nemli halde beklemesi vs. gibi hatalardır (Kara 1997).



Şekil 2.16. İplik ve kumaş abrajı (Kut 2013)

Hatanın Önlenmesi ve Çözüm: Düzensüz boyamalar, maliyet ve elyafın zarar görme riskleri göz önüne bulundurularak renk sökümü yapılarak tekrar boyanır. Ya da siyah, lacivert veya hatalı olan rengin koyu tonları gibi renklerde boyamalar yapılır (Kut 2013).

Kumaşın ön terbiye işleminde iyi bir hidrofilitte sağlanabilir. Kumaşa yıkama yapılabilir. Yıkamadan sonuç alınmadığı takdirde soldurma işlemi uygulanabilir. Koyu renklere boyanır (Gültekin 2001).

Ton Farkı: Boyanmış olan kumaşın renginin, istenen örnek renk ile uyuşmaması sorunudur.

Hataya neden olan faktörler:

- Renk tutturma deneyinde dikkatli olunmaması,
- Reçete hesaplamalarında dikkatsizlik yapılması,
- Boyarmadde standardında farklılık olması (örneğin deneme %100 boyarmadde ile boyama yapılmış, ancak parti boyamada %150'lik boyarmadde kullanılmışsa),
- İşlem yapılan koşulların deneme yapılan koşullar ile aynı olmaması,
- Karşılaştırmanın standart ışıkla yapılmaması ve insan gözünün %4 farklılığı fark edememesidir.
- Çok lifli karışımlarda liflerin farklı yapıları ve boyarmadde alımının da farklı olması sebebiyle liflerin renk tonunun tutmaması, tamamlanmamış boyarmadde nüfuzu gibi etkilerin görülmesidir (Kut 2013).

Hatanın Önlenmesi ve Çözüm: Spektrofotometrede yapılan renk ölçüm sonuçlarına göre boyarmadde ilavesi yapılabilir veya kumaş soldurulup tekrar boyanabilir (Gültekin 2001).

Baş - Son Renk Farklılığı (Top Başı-Top Sonu), Uçtan Uca Renk Değişimi: Kontinü yonteme göre yapılacak boyama işlemlerinde, boyamanın pad-batch gibi emdirme yontemiyle aktarılması sonucu, kumaş uzunluğu boyunca adım adım görülen renk değişmesi sorunudur. Bu sorun boyarmaddenin afiniteli olmasından kaynaklanmaktadır. Boyarmaddenin life afinitesine bağlı olarak, renk değişmenin derecesi farklılaşır. Bu nedenle empregne metodunda life afinitesi az olan boyarmaddelerle çalışılmalıdır. Yoksa emdirme teknesindeki boyarmadde konsantrasyonu giderek düşerek daha sonra geçen kumaş kısımları daha açık boyanır (Kut 2013).

Uçtan uca renk değişimi; kumaş topundaki uzunluk boyunca renk tonlarında değişimlerin olması sorunudur. Bir uçtaki ton, diğer uçtakinden farklı olabilir. Renk değerindeki ya da şiddetindeki bu fark, başla son arasında o kadar küçüktür ki zıt uçlar yan yana getirilmedikçe anlaşılması zor bir hatadır (Kut 2013).

Konfeksiyonda baş-son farkı sorunu olan bir kumaşın aynı giysinin parçaları olarak bir araya getirilmesi ciddi bir sorun olmaktadır. Bu nedenle konfeksiyonda, aynı kattan çıkarılan kumaş parçaları birbiriyle eşleştirilmektedir (Kut 2013).

Hatanın Önlenmesi ve Çözüm: İşlem esnasında sıcaklık değişimleri minimum seviyede tutulmalıdır (Kut 2013).

Emdirme yonteminde life afinitesi az olan boyarmaddeler seçilmeli ve kumaş metrajı düşük tutulmalıdır (Gültekin 2001).

Kanat Farkı, Kenar - Orta Kenar Farklılığı: Kumaşın bir kenarından diğer kenarına renkte farklılıklar görülmesi sorunudur. Bu hatanın oluşum sebepleri;

- Emdirme yönteminde kenar (ya da kenar-orta) farkı, sıkma silindirlerindeki kavislenmeden dolayı ortaya çıkmaktadır. Kavislenme nedeniyle sıkma silindirinin kenar bölmelerinde daha az sıkma oluşur. Kumaşın orta ve kenar taraflarında kalan flotte miktarı ve boyarmadde miktarı fazlalaşır. Bu nedenle de daha koyu boyanmalar ve boyama farklılıkları oluşur.
- Jigger boyama işleminde boyanan kumaşın kenarları ile kumaşın ortalarına doğru gidildikçe ısı farklılığından veya kumaşın silindirler üzerine kontrollü sarılamamasından, boyanmış bir kumaşın kenarlarından orta tarafa doğru artan ton farklılıkları meydana gelmektedir.
- Kumaş levendi boyamada, sargının sıklığına ve sarımın genişliğine dikkat edilmediği takdirde kenarların farklı boyanması hatası meydana gelmektedir (Salih 2007).

Çift Yüz Efekt: Normalde istenmeyen, kumaşların boyanması sırasında kumaşın ön yüzünde ve ters yüzünde istenen rengin farklılaşması sorunudur. Kurutmanın düzgün yapılmaması sonucunda oluşan migrasyon nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Salih 2007).

Hatanın Önlenmesi: Kumaşa % 4-5 rutubet verilerek hava itici madde kullanılmalıdır (Salih 2007).

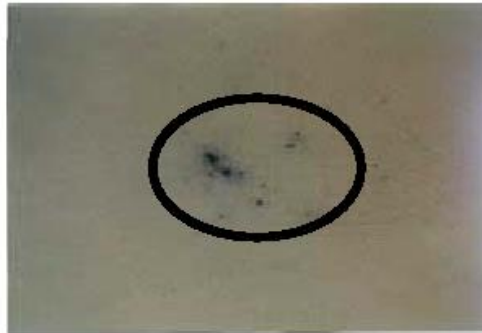
Boya Akması: Boyama işleminden sonra tam olarak fikse olmamış olan boyar maddelerin akması veya yer değiştirmesi sonucu oluşan bir hatadır (Salih 2007).

Zayıf Noktalar: genellikle işlemlerde kullanılan kimyasallara maruz kalma halinde oluşan kumaşta olağan üstü zayıflamış yerlerin olması sorunudur (Salih 2007).

Leke İzi: Kumaş üzerindeki boyanmamış olarak kalan kısmın oluşturduğu sorundur. Boyanan kumaş üzerindeki yabancı maddeler bu hataya sebep olmaktadır (Salih 2007).

Boya Çökmesi: Boya lekesi, boyarmaddenin işlem esnasında iyi çözünmemiş olmasından ya da çözüldükten sonra süzülmemiş olan boyarmaddenin, boyama işlemi sırasında mamul üzerine çökmesinden kaynaklanan bir sorundur. Düzgünsüz boyamalar, maliyet ve elyafın zarar görme riskleri göz önünde tutularak renk sökülerek tekrar boyanır. Ya da siyah, lacivert veya hatalı rengin koyu tonu gibi renklerde boyama yapılır (Kut 2013).

Hata İçin Çözüm: Bu şekilde meydana gelen hatalar ancak boyama işleminden önce fark edilirse giderilebilir. Boyarmaddenin mamule olan substantiflik derecesi belirlenerek kumaş üzerinden uzaklaştırılıp uzaklaştırılmayacağı belirlenir ve buna göre yıkama işlemi yapılabilir (Gültekin 2001).



Şekil 2.17. Boya çökmesi (Kut 2013)

Kostik Lekesi: Pamuklu mamullerin boyanmasında kullanılan sodyum hidroksitin kumaş yüzeyine doğrudan temas etmesi sonucu bu bölgelerin daha koyu boyanmasına sebep olan bir hatadır. Bu nedenle Sodyum hidroksit, banyoya dozajlanarak eklenmelidir. Bu hata düzeltilemez. Mamule lacivert veya siyah gibi koyu renklere boyama yapılır (Salih 2007).

Yetersiz Hidrofilite: Ön terbiye işlemleri sırasında hidrofobluk yaratan yabancı maddeler yeterince giderilememişse düzgün olmayan boyamalara sebep olurlar. Hatanın olmaması için pamuklu materyalin tüm yüzeyi doğru bir ıslatıcı ile ıslatılır ve diğer kimyasal maddeler bu işlemden sonra verilir. Hatayı düzeltmek içinse öncelikle renk sökülür. Kumaşın yüzeyinde homojen bir hidrofilite oluşturmak için alkali kaynatma yapılır. Daha sonra mamul reçeteye uygun olarak tekrar boyanarak hata giderilmeye çalışılır (Salih 2007).

Yağ Lekesi: İplik, dokuma veya örme işlemleri sırasında makinelerden gelebilecek yağ lekelerinin giderilmemesi hatalara yol açmaktadır. Ham kumaş kontrolü aşamasında mamuldeki hatalar dikkatli bir şekilde incelenmeli ve yağ sökme işlem şartları düzgün bir şekilde yapılmalıdır. Boyamadan hemen sonra fark edilirse, yağ sökme işlemi ile uzaklaştırılma yapılabilir (Salih 2007).

Pas Lekesi: Mamulün işlem gördüğü makinedeki var olan pas lekelerinin mamulü kirletmesi ile oluşan bir sorundur. Makinede olağan temizliğin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Mamul Oksalik asit ile muamele edilerek bu hata giderilmeye çalışılır. Boyama sonunda istenen renk koyu ise ilave yıkamalar yapılabilir. Fakat renk istenen şekilde çıkmaz ise boyarmadde sökümü yapılarak hazırlanan yeni bir reçete ile boyama tekrarlanabilir. Boyama sonunda renk açık görülürse istenen renge göre yeni reçeteye göre tekrar boyama yaptırılır (Salih 2007).

Diğer Boyama Hataları: Donukluk, tozlanma, bulutluluk, sürtünmeyle renk atması, bronzlaşma, halat izleri, yetersiz örtme, boya akması, boya kusması, renk akması, zarar görmüş noktalar, karışım boyamada kirlenme, katalitik solma, muareleşme, su izleri, su lekesi (hata) şeklinde oluşabilir (Salih 2007).

Karşılaşılan bu hatalar için bir takım düzeltme yöntemleri yapılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları (özellikle boya-baskı hataları için):

- Direkt, yeniden boyama yöntemiyle renk düzeltilmesi,
- Sodayla rengin düzeltilmesi,
- Rengin kısmen soldurulup, üzerine yeni reçete applike ederek renk düzeltilmesi,
- Rengin (boyarmaddenin) tamamen sökülüp, yeni bir reçete ile yeniden boyanması olarak özetlenebilmektedir (Balcı ve Oğulata 2005).

2.5 Boyarmadde Sökümü İşlemleri

Boyarmadde sökümü, boyanmış veya basılmış olan tekstil materyallerinden boyarmaddeyi sökmek ve işlem sonucunda kumaşın renginin giderilmesi olarak tanımlanmıştır. Boyarmadde sökümü yaygın olarak hatalı terbiye işlemi uygulanmış dokuma veya örme tekstil materyallerinin hatalarının giderilip, tekrar hatasız olarak mamul formuna getirilmesi için uygulanan bir yaş işlemdir. Söküm işleminde amaç, mamulün yapısında kimyasal olarak bağlanmış veya fiziksel olarak tutunan boyarmaddenin en yüksek verimle mamulden uzaklaştırılmasıdır (Balcı ve Oğulata 2006).

Fakat yapıdaki boyarmadde, kumaşı oluşturan hammadde ve boyama yöntemine bağlı olarak her zaman tam olarak giderilememektedir (Balcı ve Oğulata 2006).

Söküm işlemi boyarmaddedeki çift bağların kırılmasını hedefler, böylece materyal üzerindeki boyarmadde sökülme/uzaklaştırılmakta ve materyal yeniden üretime dâhil edilmektedir (Balcı ve Oğulata 2006)

Boya Banyosunun Hazırlanması: Boya banyosu hata için düzeltme yapılacak olan mamule eklenecek boyar maddenin miktarına göre hazırlanır. Düzeltme reçetesindeki boyar madde miktarı az ise aynı banyoya boyar madde yavaş yavaş eklenmelidir. Yüksek sıcaklıklarda boyama yapılıyor ise sıcaklık bir miktar düşürüldükten sonra boyar madde eklemesi yapılmalıdır. Düzeltme reçetesindeki boyar madde miktarı fazla ise boyama sırasında boyar maddenin büyük bir kısmı mamul tarafından alınamamış olabilir. Bu durumda eklenecek olan boyar madde miktarı normal boyamadaki miktara yakındır. Hazırlanmış olan banyo boşaltılıp yeniden boyama çözeltisi hazırlanması gerekmektedir. Belirlenen düzeltme reçetesine göre boyar madde ve kimyasal madde eklemeleri yapılarak boyama işlemi uygulanır. Abrajlı boyama hatasından sonra renk sökme işlemi gerçekleştirilir. Yeni oluşturulan boyama işlemine göre boya banyosu yeniden hazırlanır (Balcı ve Oğulata 2006).

Nüanslama: Boyama işlemlerinde nüanslama boyama sırasında istenen rengi tutturmak için boyama banyosuna çok az miktarda boyar madde eklenmesi şeklinde yapılan bir işlemdir. Nüanslama işleminde kullanılacak olan boyar madde, boyama işleminde kullanılan boyar maddeler ile aynı olmayabilir.

Ancak bazı durumlarda rengin nüanslama ile düzeltilmesi mümkün olmamaktadır. Bu durumlarda boyarmadde sökümü yapılması gerekmektedir. Nüanslama ile düzeltilemeyen hatalı boyama işlemleri için renk sökme işlemi uygulanır. Bu işlemden sonra elde edilen zemin rengine göre laboratuvarında istenen renge göre yeni renk reçetesi çalışılır ve yeni reçeteye göre boyama işlemi tekrarlanır (Anonim 2011)

2.5.1 Boyarmadde sökümünde klasik yöntemler

Boyarmadde sökümü söküm işleminde kullanılan ana kimyasal maddenin cinsine göre redüktif (indirgen) ve oksidatif olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir. Redüktif söküm işlemleri hem işlem hem de işlem sonrası mamul üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri bakımından oksidatif yöntemden daha fazla kullanılmaktadır.

Redüktif yıkama maddeleri kullanılarak yapılan boyarmadde söküm işleminin etki mekanizması, uygulanan hammaddenin ve boyarmaddenin türüne göre farklılık göstermektedir. İndirgen söküm işlemi, reaktif boyarmaddelerle boyanmış selülozik elyafta renkliliği oluşturan konjuge çift bağların indirgen madde ve alkali ortam sayesinde koparılıp, boyarmaddenin renkli kısmının etkisiz hale getirilmesi şeklinde bir kimyasal reaksiyondur (Balcı ve Oğulata 2006).

Redüktif kimyasallarla boyarmadde sökümü, yardımcı kimyasal maddeler ile boyama işleminin yapıldığı makinelerde gerçekleşen bir yaş tekstil terbiye işlemi olduğundan birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bu faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Boyarmadde sökümü yapılacak mamulü oluşturan hammadde konstrüksiyonu,
- ✓ Boyama işleminde kullanılan boyarmadde,
- ✓ Boyama işleminde kullanılan boyama yöntemi (emdirme-çektirme gibi),
- ✓ Boyarmadde söküm işleminde kullanılan redüktif yıkama maddesi ve derişimi,
- ✓ Boyarmadde söküm işleminde kullanılan reçetede bulunan yardımcı kimyasal maddeler (kostik, ıslatıcı, egalizatör vb.) ve derişimleri,
- ✓ Boyarmadde sökümünde kullanılan makine ve süre, sıcaklık, pH gibi çalışma şartları' dır (Balcı ve Oğulata 2006).

Endüstride farklı kimyasal yapılara sahip indirgen yıkama maddeleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; Hidrosülfid, Tioüredioksit (TUDO), Formamidin Sülfirik Asit (FAS), Hidroksiaseton, Glikoz türevleri, Sodyumborhidrit, Sodyumbisülfid, Tioglikolikasit, Hidrosimetansülfirikasit olarak sıralanabilmektedir (Balcı ve Oğulata 2005, 2006).

Tekstil yardımcı kimyasal üreticisi firmalar kendi kimyasallarının da kullanıldığı boyarmadde sökümü proseslerini terbiye işletmelerine sunmaktadırlar. Bu firmalar çoğu zaman önce redüktif renk sökme ardından oksidatif kasar işlem şeklinde ardışık bir boyarmadde sökümü prosesleri önermektedir. Hatalı boyanın sökülmesi işleminde örnek proses şartları aşağıda verilmiştir.

1. basamak – Renk sökme:

Hidrosülfid 5 gr/lt

Soda 5 gr/lt

Islatıcı 2 gr/lt

2. basamak – Kasar:

Hidrojen peroksit %5

Kostik % 1

Stabilizatör %1

İyon tutucu % 1

95°C’de 20 dakika (www.deltakimya.com.tr, www.belicekimya.com, 2015).

Bununla birlikte hidrosülfid ile çalışmada su ve hava ile temasta bozulma gibi zorluklar olduğundan firmalar daha stabil indirgen kimyasallar da önermektedir. Bu tez çalışmasına destek veren terbiye işletmesinde MYD firmasının ürünleri kullanılmakta olup reaktif ve dispers boyama ve baskı sonrası işletmede uygulanan reçeteler aşağıdaki şekildedir.

Reaktif boyalı ve baskılı kumaşlar için boyarmadde sökümü prosesi:

5 gr/lt Soda

5 gr/lt Orgatex R-98 (sülfinik asit türevi redüksiyon maddesi-hidrosülfitten 4-6 kat daha etkili)

100°C 1 saat

Ardından 50°C 20 dakika 1 gr/lt Sirrix NE nötralizasyon asidi ile nötralizasyon

Ardından 70°C 10 dakika sıcak yıkama.

Dispers boyalı ve baskılı kumaşlar için boyarmadde sökümü prosesi:

10 gr/lt Egapers print

1 gr/lt Asitex S Class pH: 4 - 4,5

135°C 60 dakika

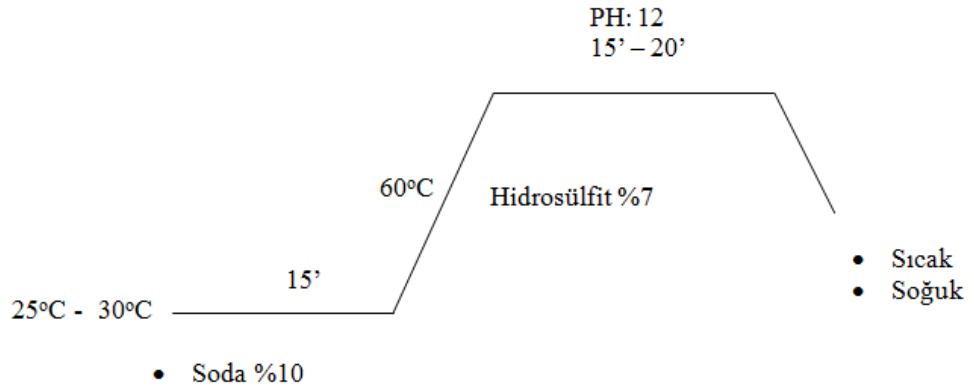
Ardından 70°C 10 dakika sıcak yıkama (Anonim 2012,

<http://mydtorn.com.tr/urunler.html>, 2015)

Oksidatif yöntemle renk sökme daha az uygulama bulmuştur. Örnek uygulama maddeleri ve prosedürleri: 70-75°C’da %3 hipoklorit ile pH > 8,5 (ya da pH < 5) te 30 dakika ya da %4 permanganat ile pH 3’te çalışmadır.

Soda ve Hidrosülfid Yöntemi: İlk olarak soğukta soda kimyasalı eklenir. Sıcaklık 80°C’ye getirilir. Hidrosülfid ilave edilir. 20 dakika çalışılır. Kumaştaki boyar madde söküldüğü an boya dökülmüş olur.

Söküm işlemi aşağıdaki diyagrama uygun olarak yapılmaktadır.



Hipoklorit ile Sökme Yöntemi: 30–35°C’ de 4 gr/lit Hipoklorit eklenerek soğukta 45 dakika çalışılır. Sıcaklık 80°C’ye getirilerek 1 gr/lit Hidrojen Peroksit ilavesi ile 15 dakika daha çalışılır. Daha sonra yine 80°C’de anti peroksit ile 15 dakika çalışılır. Boyamaya girmeden önce pH’ın nötr olması gerekmektedir. pH kontrolü yapılır.

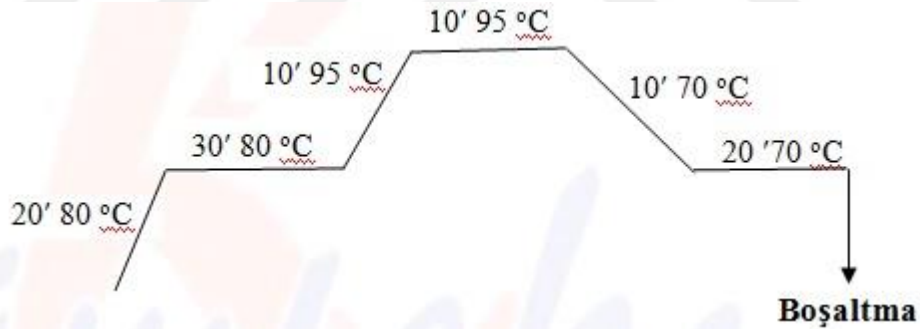
Reaktif Boyarmadde Sökme Yöntemi:

Sodyum hidrosülfid: 8 gr/lit

NaOH (38°Be): 5 gr/lit

Flotte: 1/20

Yukarıdaki reçeteye göre hazırlanan çözeltiden 100 ml alınarak numune boyama makinesi tüplerine eklenir. 5 gr kumaş tartılıp her tüpe yerleştirilir. Aşağıda verilen grafik dikkate alınarak makine programlanır ve başlatılır. Soğuk durulama yapıldıktan sonra kumaş 120°C’de kurutulur.



(Kimteks Kimya 2016, <http://kimtekskimya.com/test.html#apre>)

Yukarda özetlenen proseslerdeki boyarmadde sökümü etkinliğinin dışında önemli bir faktör oluşan çevre yüküdür. İster hidrosülfid ya da muadil redüktif maddelerle çalışılsın ister oksidatif yöntemlerle çalışılsın çevresel açıdan yüklü atık banyolar oluşmaktadır. Permanganat kullanımında atıkta mangan bulunmakta, hipoklorit kullanımında da atıkta uygulama esnasındaki metal korozyonuna bağlı olarak metal kontaminasyonu oluşabilmektedir. Hidrosülfid ve kostik ile çalışmada da yine atık yükü yüksek olmaktadır. Yukarda verilen reçetelerde de dikkati çekeceği gibi hidrosülfid 5 gr/l’den muadil maddeler 5-10 gr/l’den gibi yüksek miktarlarda kullanılabilir.

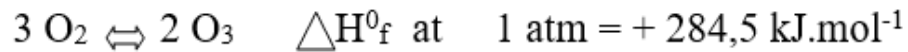
Dolayısıyla boyarmadde sökümü işlemlerinde hem daha ekolojik hem de daha ekonomik çalışma yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda ozon kullanımı potansiyeli yüksek bir alternatif olarak görülmektedir çünkü ozon kuvvetli oksidatif özelliği ile hem ağartmada klasik oksidan maddelerin yerine hem polyesterin redüktif yıkanmasında hidrosülfite yerine başarılı şekilde denenmiş bir maddedir hem de atık su arıtımında boyarmaddeleri (reaktif ve dispers boyarmaddeler dâhil) etkin şekilde renksizleştirdiği sayısız literatürde rapor edilmiştir.

2.5.2 Boyarmadde sökümünde ozonlama işlemleri

2.5.2.1 Ozon gazının özellikleri ve verdiği reaksiyonlar

Ozonun etimolojik olarak anlamı Yunancadaki ‘kokan’ anlamına gelen ‘ozien’ kelimesinden gelir. Doğal element ozon ‘aktif oksijen’ olarak bilinmektedir. Ozon (O₃) molekülü, üç adet oksijen atomunun bağlanmasıyla oluşmuş, stabil olmayan bir yapıya ve simetrik açılara sahip bir moleküldür (Duran ve diğ. 2006a).

Ozon ilk olarak Alman kimyager C.F. Schönbein (1799-1868) tarafından, yıldırım sonrası oluşan kokudan yola çıkılarak bulunmuştur. 1856 yılında ise Thomas Andrews ozonun sadece oksijenden oluştuğunu söylemiştir. 1863 yılında Soret oksijen ile ozon arasındaki ilişkinin aşağıdaki eşitlikteki gibi olduğunu bulmuştur.



Şekil 2.18. Ozonun çift yönlü reaksiyonu (Iglesias 2002)

Ozon kendiliğinden oksijene dönüşebilen, parçalayıcı, aşındırıcı ve sıcaklığa dayanıklı olmayan bir gaz molekülüdür. Bu durumlar nedeniyle ozon saklanamaz veya transfer edilemezdir. Kullanılacağı ortamda direkt olarak üretilmelidir (Iglesias 2002, Bocci ve diğ. 2009).

Ozon (O₃) 2,07 eV oksidasyon potansiyeline sahiptir. Tekstil sektöründe en yaygın kullanılan oksidasyon maddelerinden biri olan hidrojen peroksidin oksidasyon potansiyeli ise 1,77 eV'dur. Ozonun oksidasyon potansiyeli hidrojen peroksidin oksidasyon potansiyelinden daha yüksektir. Endüstriyel olarak ozon eldesi için başlıca iki yöntem 185 nm' de UV kullanımı ve "Corona Discharge" olarak bilinen dielektrik yöntemidir. Ozonun yarı ömrü suda 20°C'da 20 dakika, havada ise 3 gündür (Öztürk ve Eren 2010).

Ozon, -112°C' de koyu mavi bir sıvı iken, -215°C' de ise mavimsi siyah renkte kristalleşmektedir. Atmosferde bulunan Azot (N₂ - %78), Oksijen (O₂ - %21) ve Karbondioksit (CO₂ - %1) gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan ozon, iklimi etkiler ve yeryüzündeki canlıların korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Duran ve diğ. 2006a).

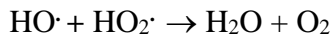
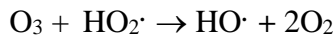
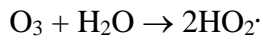
Çizelge 2.6. Ozonun fiziksel özellikleri (Iglesias 2002)

Fiziksel Özellikleri	Değeri	Fiziksel Özellikleri	Değeri
Moleküler Ağırlık	48 g/mol	Sıvı halde yoğunluğu (-112°C)	1358 kg.m ⁻³
Kaynama Noktası (101 kPa basınç altında)	-111,9°C	Sıvının Viskozitesi (-183°C)	1,57*10 ⁻³ Pa.s
Erime Noktası	-192,7 °C	Sıvı halde ısı kapasitesi (-183°C – 145°C)	1884
Kritik Sıcaklık	-12,1°C	Gaz halde ısı kapasitesi (-183°C – 145°C)	818 J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
Kritik Basınç	5,53 Mpa	Buharlaşma ısısı	15,2 kJ.mol ⁻¹
Gaz halde yoğunluğu (0°C, 101 kPa)	2,144 kg.m ⁻³		

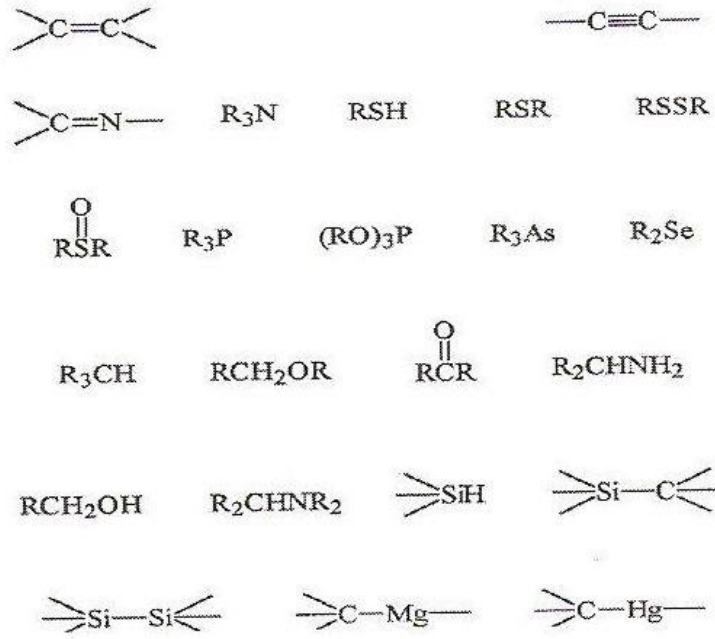
Ozon; kâğıt endüstrisinde odun hamurunun ağartılması, atık suların temizlenmesi ve toksik atıkların giderilmesinde kullanılırken, gıda sanayisinde suların dezenfeksiyonu ve hava temizliği ile koku giderimi amacıyla kullanılmaktadır. Havuzların dezenfeksiyonunda da ozon gazı kullanılmaktadır. Tekstil alanında ise denim yıkamasında endüstriyel kullanım alanı bulabilmiştir (Öztürk ve Eren 2010).

Ozon en güçlü oksidasyon maddelerinden biridir. Bu sebeple çoğu organik bileşiklerle reaksiyon verebilmektedir. Ozon serbest radikal mekanizmasına göre suda çözülebilir ve stabil olmayan ara hidroksil radikallerini alkali ortamda daha hızlı bir şekilde oluşturabilmektedir.

Ozonun sudaki çözünürlüğü, ozon konsantrasyonu ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak artmakta ve azalmaktadır. Ozonun sudaki çözeltilerde verdiği reaksiyonlar aşağıda ifade edilmiştir (Strickland ve Perkins 1995).



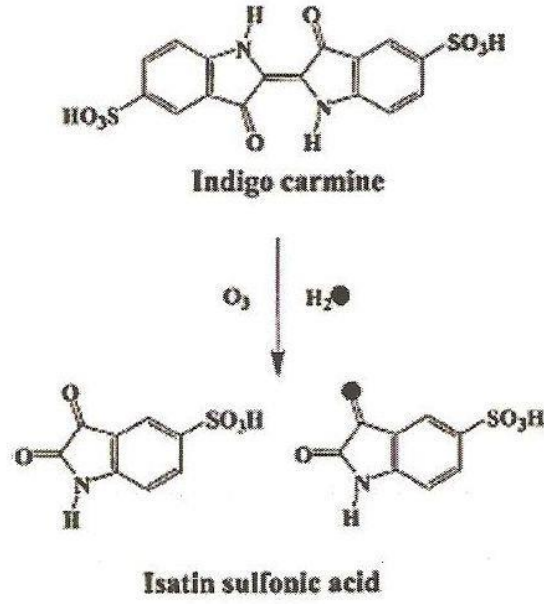
Verilen bu denklemler ile ozonun halka katılması, elektrofilik veya nükleofilik reaksiyonları verebilmekte olduğu ve Şekil 2.19'da belirtilen gruplara etki edebildiği gösterilmiştir (Iglesias 2002).



Şekil 2.19. Ozonun etki edebileceği organik gruplar (Öztürk ve Eren 2010)

Ozonun lignini parçalaması, birden fazla etki mekanizmasıyla reaksiyona girmesine örnektir. Ozon lignine; halka açılması, yan halka oksidasyonu, radikal bağlanma reaksiyonları ve daha sonra bozuşmalara neden olan ikincil reaksiyonlar ile etki edebilmektedir (Lyse 1979).

Aynı şekilde ozon indigo ve indigo karmin molekülüne de etki edebilmektedir. İndigo molekülünü isatin, antranilik asit ve bu iki ürünün türevlerine parçalayarak rengini uzaklaştırır. İndigo karmin molekülünü ise isatin sülfonik asite parçalar.



Şekil 2.20. Ozonun indigo karmin molekülünü parçalaması (Kettle ve diğ. 2004)

Ozonun Elde Edilişi: Ozon temel olarak iki yöntem ile oluşmaktadır. Birinci yöntem; enerji yoğunluğun olduğu hava şartlarında, bu yüksek enerjinin boşalması sırasında oluşan elektrik arkları, oksijen molekülünü parçalayıp, parçalanan atomu, bir diğer oksijen molekülüne bağlar. Bu sayede ozon (O_3) molekülü oluşur (Subaşı 2007).

İkinci Yöntem ise; doğanın üstün gücüyle ürettiği ozonun, insan yapımı olan gelişmiş ozon jeneratörlerinin vasıtasıyla üretilmesi şeklindedir (Subaşı 2007).

Ozon Jeneratörü: Oksijen (O_2) molekülünü parçalayarak, elde edilen atomlardan birini, bir başka oksijen molekülüne bağlayarak ozon (O_3) elde edilmesini sağlayan makinelere “ozon jeneratörleri” denmektedir (Subaşı 2007).

2.5.2.2 Ozonlama işleminde etkili faktörler

Renk sökme çalışmaları için tavsiye edilen başlıca yöntemler aktif karbon kullanımı, flokulasyon, klorlama, ozonlama, H₂O₂ (hidrojen peroksit) kullanımı, membran kullanımıdır. Bunlar arasından özellikle ozonlama umut verici bir yöntem olup üzerindeki çalışmalara son yıllarda oldukça yoğunlaşmıştır (Öztürk ve Eren 2010).

Ozonlamanın sistem kurulum maliyeti ve enerji gereksinimi yüksektir. Koagülan kullanılan geleneksel sistemlerde de yüksek işletme maliyetleri (koagulan maliyeti ve atık yönetimi) göz önüne çıkmaktadır (www.ozoneapplications.com, 2015).

Ozonun yarı ömrü suda 20°C' de 20 dakika, havada ise 3 gündür. Ozonun sudaki çözünürlüğü gaz fazındaki ozonun konsantrasyonu ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Strickland ve Perkins 1995, www.ozoneapplications.com 2015).

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

- **pH' in etkisi:** Ozonun mamul ile reaksiyonu pH faktöründen etkilenmektedir. Bu etkilenme sonucu direkt ve indirekt olmak üzere iki çeşit reaksiyon oluşturmaktadır (Hsu ve diğ., 2001, Alaton ve diğ., 2002).

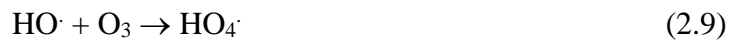
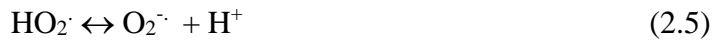
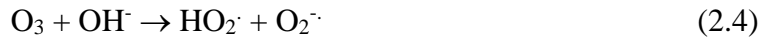
1. Direkt Reaksiyon: (Moleküler ozon) Bu reaksiyon pH 2 ve altındaki işlemlerde oluşmaktadır (2.1). Ozon, düşük pH' larda belirli fonksiyonel gruplara sahip bileşiklerle elektrofilik, nükleofilik ya da dipolar adisyon gibi seçici reaksiyonlar verir (Eren ve Anış 2006).



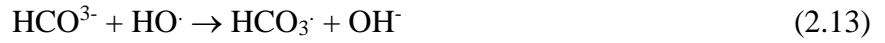
2. İndirekt Reaksiyon: (Serbest radikal oluşumu) Bu reaksiyon pH 7 ve üzerindeki işlemlerde oluşmaktadır (2.2 ve 2.3). Ozon, yüksek pH' larda daha hızlı dekompoze olur ve yoğun olarak hidroksil radikali oluşturur (Eren ve Anış 2006).



Genel olarak; nötr pH' larda ozonun çözünürlüğü ve reaksiyon hızı düşüktür. Düşük pH' larda moleküler ozonun reaksiyon vermesine rağmen, yüksek pH' larda oluşan radikaller reaksiyon verir. Hidroksil radikallerinin oksidasyon potansiyeli moleküler ozona göre daha yüksektir. Böylece indirekt reaksiyonlarda oksidasyon daha hızlı olmaktadır. Ayrıca yüksek pH' larda sadece HO \cdot radikali oluşmaz. HO \cdot radikali 2,8 V 'luk oksidasyon potansiyeli ile en kuvvetli radikal olsa da HO $_2\cdot$, HO $_3\cdot$ ve HO $_4\cdot$ radikalleri de oluşmaktadır (2.4-2.9) (Szpyrkowicz ve diğ. 2001, Sevimli ve Sarıkaya 2002, Muthukumar ve Selvakumar 2004, Eren, Anış, Kurcan 2007c).



Ortam bazikliğinin ayarlanması dışında kullanılan alkalinin cinsi de etkilidir. Tekstildeki boyamalarda alkali olarak en çok soda (Sodyumkarbonat - Na₂CO₃) ve kostik (Sodyumhidroksit - NaOH) kullanılmaktadır. Sodyumkarbonat kullanılması durumunda ortamdaki bikarbonat (HCO₃⁻) ve karbonat iyonlarının (CO₃⁻²) HO[·] radikalleri ile reaksiyon verdiği belirlenmiştir (2.13 ve 2.14) (Arslan ve Balcıoğlu 2000, Alaton ve diğ. 2002).



Bununla birlikte Alaton ve diğ.(2002) yaptıkları çalışmada karbonat ilavesinin pH 7 ve pH 12’de ozonlama etkinliğini artırdığı rapor etmişlerdir (Çizelge 2.7). Bunun sebebi ise karbonat kullanımıyla oluşan bikarbonat ve karbonat radikallerinin reaksiyonlara girmesidir. Karbonat ilavesi ile renk gideriminde ve KOİ gideriminde artışlar gözlenmiştir (Alaton ve diğ. 2002).

Çizelge 2.7. Karbonat ve pH’ ın ozonlamaya etkisi (Alaton ve diğ. 2002)

Banyo şartları	k620 (dak ⁻¹)	KOİ (%)
pH 12 (+ karbonat)	0,119	21,9
pH 12 (karbonatsız)	0,061	19,3
pH 7 (+ karbonat)	0,072	43,8
pH 7 (karbonatsız)	0,003	6,6
pH 2	0,158	20,7

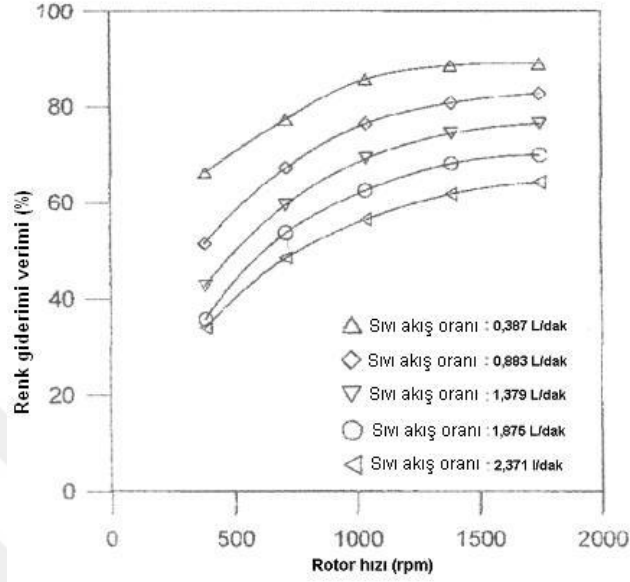
Ozonlama ile ayrıca işlem süresince pH' ta deęişimler oluřmaktadır. Neamtu ve dię.(2004) dispers boyama atık suyu ile yaptıkları bir çalıřmada bařlangıçta pH'ı 6,7 olan banyonun pH' ının 30 dakikalık ozonlama sonunda pH 3,76'ya dūřtūęünü belirlemiřlerdir. Zhang ve dię. (2004) reaktif boyarmaddelerle yaptıkları bir çalıřmada ise 30 dakikalık ozonlama sonunda banyo pH' ının pH 10'dan pH 3,96'ya dūřtūęünü kaydetmiřlerdir.

- **Sıcaklığın etkisi:** Ozonun özünürlüęü, sıcaklık ile ters orantılıdır. Artan sıcaklık ile birlikte ozon çözünürlüğü dūřmektedir (www.ozoneapplications.com, 2015). Ancak çözünürlüğün dūřmesi nedeniyle ozonlama etkinliğinin azalması arasında bir ilişki yoktur. Sıcaklık artışıyla birlikte reaksiyon hızı da artmaktadır (Eren ve Aniř 2006).

Oęuz ve dię. (2005) yaptıkları bir çalışmada sıcaklığın artırılmasıyla başlangıçta (5 dakika) ozonlama etkinliğinin (renk giderim oranının) azaldığını fakat artan işlem süresiyle birlikte (15 dakika) ozonlama etkinliğinin dūřük sıcaklıktaki etkinlikle aynı olduğunu bulmuşlardır. Wu ve Wang (2001)'in yaptığı diğer bir çalışmada da artan sıcaklıkla (10-40 °C) birlikte ozonlama etkinliğinin arttığını kaydetmişlerdir. Bu iki çalışmadan yola çıkılarak değişimin nedeninin artan sıcaklıkla birlikte ozon çözünürlüğündeki dūřme sonucu reaksiyon hızında artış olması sonucuna ulaşılabilir (Eren ve Aniř 2006).

- **Mekanik karıştırmanın etkisi:** Ozonlamada etkinliği sınırlandıran faktörlerin en önemlisi ozonun gaz fazından sıvı faza kütle transferidir. Lin ve Liu (2003) alışmalarında artan rotor hızı ile birlikte ozonlama ile renk sökme etkisinin arttığını kaydetmişlerdir. Boyarmadde oksidasyonunun hızlı gerçekleşen bir reaksiyon olması ve kütle transferinin tüm işlemler için sınırlandırıcı bir etmen olması renk giderimindeki artışın nedeni olmuştur. Çalışmada bir rotor vasıtasıyla mekanik karıştırma yapılmış ve oluşan santrifüj kuvvetin ozonun gaz fazından sıvı faza geçiminde kütle transfer katsayısını azalttığı belirlenmiştir.

Aynı çalışmada sıvı sirkülasyonunun etkisi de incelenmiş ve çözelti sirkülasyonundaki artışın ozonlama etkinliğini düşürdüğü bulunmuştur. Bunun nedeni ise ozon ile çözeltinin etkileşim süresinin kısa olmasıdır (Lin ve Liu 2003).



Şekil 2.21. Mekanik karıştırmanın ve sıvı sirkülasyonunun ozonlama verimine etkisi (Eren ve Anış 2006)

- **Atık su bileşenlerinin etkisi:** Hem boyarmadde konsantrasyonunun hem de çözeltide bulunan yardımcı kimyasal maddelerin etkisiyle atık su yükleri artmaktadır.

Boyarmadde konsantrasyonu arttıkça ozonlama etkinliği düşmektedir (Eren ve Anış 2006).

Ozon suda kısmen çözünmektedir. Boyarmadde konsantrasyonu suda arttığında ortamda boyarmadde ile reaksiyona girecek ozon miktarı az olduğundan ozonlama verimi düşük olmaktadır. Ayrıca başlangıçta boyarmadde konsantrasyonu yüksek tutulduğunda oluşan ara ürünler ozonu tüketip verimi düşürmektedir (Wu ve Wang 2001, Sevimli ve Sarıkaya 2002).

Banyoda bulunan diğerkimyasallar, ozonlamada etki sağlayan moleküler ozonu ya da yüksek pH' larda hidroksil radikallerini tüketebilirler. Örnek olarak klor, karbonat ve bikarbonatın hidroksil radikalleri ile reaksiyon oluşturdıkları literatürde rapor edilmiştir (Alaton ve diğ. 2002). Muthukumar ve Selvakumar (2004) yaptıkları asit boyarmaddelerden renk sökme çalışmasında tuz varlığının gerekli renk giderimi süresini uzattığını, bu nedenle süreyi sodyum klorürün sodyum sülfattan daha fazla arttırdığını rapor etmişlerdir.

Arslan ve Balcıoğlu (2000) reaktif boyarmaddelerle yaptıkları çalışmada ise temel reaktif boyamada kullanılan tuz (sodyum klorür, NaCl) ve sodyum karbonatın (Na_2CO_3) renk gideriminde etkili olmadığını rapor etmişlerdir. Ayrıca sodyum karbonatın organik kirlilik uzaklaştırmada olumsuz rol üstlendiğini belirlemişlerdir.

Neamtu ve diğ. (2004) dispers boyarmaddelerle yaptıkları çalışmada da yardımcı kimyasal olarak kullanılan dispergatorün, renk giderimi ve KOİ giderimi işlemlerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Ayrıca ozonlanacak boyama banyosunda boyarmaddenin yanında bulunan diğerkimyasalların etkisi de daha ayrıntılı olarak incelenmelidir. Çünkü yardımcı kimyasal maddeler ozonlama etkinliğini değiştirmektedirler ve genelde azaltılmaktadırlar. Uygulamada rengi giderilmek istenen en "saf" atık su içerisinde boyama banyosundaki yardım kimyasallar bulunmaktadır. Bu atık su ise kanala boşaltıldığında diğerkimyasallarla karışır ve daha kompozit bir yapı kazanır.

- **Ozon dozunun etkisi:** Oksidasyon reaksiyonlarını, moleküler ozon ya da ozonun reaksiyonlarıyla oluşmuş radikal türleri vermektedir. Böylece ozon dozu ya da ozonlama süresi arttıkça da ozonlama etkinliği artacaktır (Arslan ve Balcıoğlu 2000, Ciardelli ve Ranieri 2001, Wu ve Wang 2001, Koch ve diğ. 2002, Sevimli ve Sarıkaya 2002, Konsowa 2003, Oğuz ve diğ. 2005).

2.5.2.3 Ozonun tekstil terbiyesinde kullanımı

Ozon gazı, genel olarak denim yıkama işlemlerinde eskitme ve desen oluşturma amacıyla ve boyayı sökme, renk giderme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu kullanım alanları haricinde ozon kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla literatürde yer alan ozonla ilgili çalışmalar büyük önem taşımaktadırlar. (Eren ve diğ. 2007a)

Ozon oksidatif bir madde ve aktif oksijen kaynağıdır. Bu özellikleriyle pamuklu kumaşların ön terbiye aşamalarındaki ağartma işlemlerinde hipoklorit, klorit ve hidrojen peroksit yerine kullanılacak bir alternatif olmuştur. Ozonun diğer ağartma kimyasallarına göre atık madde açığa çıkarmaz, çevreye zararlı değildir ve düşük sıcaklıklarda bile etkin olmaktadır. Yıkamalar ve ağartmaların ozon destekli yapılması, enerji ve su tasarrufu sağlamakta, yıkama kimyasallarının kullanımını azaltmakta, yıkama tekrarlarını en aza indirmekte ve işlem sürelerini kısaltmaktadır (Eren 2006).

Pamuğun ağartılmasında ozon kullanımı: Bu güne kadar enerji, su, süre ve kimyasal madde kullanımında tasarruf sağlamayı amaçlayan çok sayıda ozon ile terbiye çalışması yayınlanmıştır. 1995 yılında ozon kullanımının kontinü haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartma işleminde uygulanmasını öneren bir patent (US Patent 5407446) alınmıştır. (Sando ve diğ. 1995)

Prabaharan ve diğ.(2000) pamuğun ağartılmasında ozon gazının kullanımını araştırmışlardır. Bu çalışmada ham pamuklu kumaşlar ozon-oksijen gaz karışımıyla işleme sokularak, ozon konsantrasyonu ve işlem süresindeki değişimlerin kumaşların özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Ozonlanan kumaşlar, klasik yöntemlerle işlem gören kumaşlar ile karşılaştırılarak beyazlık indeksi, mukavemet, uzama, safsızlıkların uzaklaştırılma oranı, kimyasal modifikasyon ve reaktif boyarmadde alımındaki değişimler kaydedilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, ozonlama yapılması ile çok kısa sürede kumaşlarda istenilen beyazlık değerlerine ulaşılmıştır. Kumaşlarda en az mukavemet kaybı ve en iyi beyazlık derecesinin eldesi için, yüksek ozon konsantrasyonu ve düşük işlem süresinin kullanılması gerektiği bulunmuştur. (Ozon konsantrasyonu:100 gr/m³, işlem süresi: 5 dk)

Kumaşların % uzama özelliklerine bakıldığında, önemli bir değişimin olmadığı düşünülerek bunun nedeninin düşük sıcaklıklarda yapılan işlem olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ozonlanan kumaşlardaki ağırlık kaybının konvansiyonel yöntemlerle yapılan işlemlere göre daha az olduğu bulunmuş ve ağırlık kaybının safsızlıkların giderilmesi nedeniyle olduğu bildirilmiştir.

Kumaşlarda ozonlama ile haşıl giderimi etkisi incelendiğinde, klasik yöntemlerle yapılan işlemlerin sonuçlarına göre daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ancak ozonlanmış kumaşların hidrofilitate değerlerinin uygun ve kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Ozonlanan kumaşların kimyasal modifikasyonu ise daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise ozonun yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olmasıdır.

Safsızlıklar nedeniyle ozonlanmış kumaşların yüzeyinde asidik ve indirgen grupların ortaya çıkması, ozonlanan kumaşlarda yüksek oranda bulunan bakır sayısına sebep olarak gösterilmiştir.

Yüksek ozon konsantrasyonlarıyla ozonlanmış olan kumaşların boya alımlarında düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeni ise ozon konsantrasyonunun artırılmasıyla hidroksil gruplarının aldehit ve karboksil gruplara dönüşmesidir.

Bunlara ilave pamuğun ağartılmasında ozon gazı kullanımı, zararlı kimyasallar kullanılmadan yapılabilir olması, çok az su gerektirmesi, kısa sürede ve oda sıcaklığında uygulanabilir olması açısından çok önemlidir (Prabaharan ve diğ. 2000)

Prabaharan ve Rao (2001) yaptıkları başka bir çalışmada pamuğun ağartılmasında ozon gazını kullanarak ozonlama işlemi sırasında kumaş neminin ve pH'ın etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucu pamuğun ozonlanmasında kumaşın belirli oranda bir nem içermesinin önemli olduğu ve pH 7' nin altında çalışıldığında daha iyi sonuçlar elde edilebileceği belirlenmiştir.

Prabaharan ve Rao (2002) gerçekleştirdikleri diğer bir çalışmada ise pamuğun ozon gazıyla kombine yıkama, haşıl sökme ve ağartma işlemleri ile ilgili denemeler yapmışlardır. Ham pamuklu kumaş, en az zararlı ve yüksek beyazlık değerine sahip olması hedefiyle önce ozonlanmış ardından hidrojen peroksit ile ağartmaya tabi tutulmuştur. Yaklaşık % 24 nem ihtiva eden pamuklu ham kumaşlar, pH 5 olarak ayarlanıp 100 gr/m³ ozon konsantrasyonunda 1, 2 ve 3 dakikalık sürelerde oda sıcaklığında ozonlanmış, yıkanmış ve ardından standart prosedüre göre hidrojen peroksitle ağartılmışlardır. Karşılaştırmak için de başka bir grup kumaşa konvansiyonel olarak asidik haşıl sökme, hidrofilleştirme, hidrojen peroksit ve hipoklorit ağartması yapılmıştır.

Ozonun yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması sebebiyle kumaşlarda yüksek kimyasal modifikasyon oluşmuş ve buna bağlı olarak da karboksil ve aldehit gruplarının oluşumu nedeniyle, uygulama süresi arttıkça boya alımının düştüğü gözlenmiştir (Prabaharan ve Rao 2002).

Ozon gazının pamuğun ağartılmasında kullanıldığı başka bir çalışmada, oda sıcaklığında nötr veya asidik ortam pH'larında daha iyi sonuç alınabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bu uygulamada kumaş neminin de önemli bir faktör olduğu ifade edilmiş ve pamuğun ağartılmasında ozonun iplik içerisinde bulunan liflere, lifler içerisinde bulunan fibrillere ulaşmasının önemli olduğu bildirilmiştir. Bu işlem ise sadece ozonun çözünüp liflere ve lif içerisine ulaşabilecek miktarda su ile sağlanabileceğini göstermiştir. Bu nedenle de ozonlanacak pamuklu kumaşlarda % 60 nem bulunmasının uygun olacağı ifade edilmiştir. Bu yöntem kullanılarak yapılan bir çalışma ile kısa sürede pamuklu kumaşların beyazlıklarının arttırılabileceği gösterilmiştir (Perinçek ve diğ. 2007a).

Yapılan bu çalışmada ozon transferi aşağıdaki adımlarla belirtilmiştir.

- Ozonun gaz fazından sıvı-gaz ara yüzey sınırına transferi
- Ozonun sıvı film ara yüzeyinden sıvı bölgesine transferi
- Ozon moleküllerinin sıvı bölgesinden lifi saran sıvı tabakasına konveksiyonu ve difüzyonu
- Ozon ve OH⁻ iyonlarının life difüzyonu
- Lifler arası kütle transferi
- Lif içi kütle transferi (Perinçek ve diğ. 2007a).

Su içerisinde bulunan bir pamuklu kumaşa ozon gazı uygulaması şeklinde yapılan bir denemenin sonuçları da literatürde incelenmiştir. Yapılan bu deneylerde oda sıcaklığında pamuklu kumaş numuneleri çeşitli sürelerde ozonlanmış ve elde edilen beyazlık ve mukavemet değerleriyle klasik hidrojen peroksit ağartmasında elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Ortalama Stensby beyazlık değeri hidrojen peroksit ile ağartılmış kumaşlarda 78 iken 15 dakika ozonlanmış kumaşlarda 74 bulunmuştur. Bu ikisi arasındaki renk farkı ise DE 1,5 olarak ölçülmüştür. Bu değerler ozonlama yapılmasıyla beyazlıkta ciddi artışlar sağlandığını göstermiştir. Yapılan mukavemet testlerinde ozonlama işlemi pamuklu kumaşın mukavemetinde önemli sorunlar ve hasarlar oluşturmamıştır (Eren ve diğ. 2008).

Ozonun lakkaz enzimleriyle birlikte ağartmaya etkisinin, enzim aktivitesi ve beyazlık değerleri açısından incelenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada tek başına lakkaz enziminin kullanılmasıyla beyazlık değerlerinde ciddi artışlar sağlanmadığı görülmüştür. 40°C'daki lakkaz ağartma banyosuna ozon gazı uygulanmasıyla beyazlık değeri (Stensby) 61'den 69'a çıkmıştır. Ozon oksidatif özelliği nedeniyle enzim aktivitesini düşürmüştür. Tek başına ozon kullanılmasıyla ise beyazlık değeri (Stensby) 71'e çıkmıştır. Enzim ve ozon ile işlem görmüş numunelerin beyazlıklarını artırmak için ek olarak peroksit ağartması yapılmış ve beyazlıklarda ciddi artan değerler elde edilmiştir. Ozonlanmış numunenin beyazlık değeri ilave peroksit ağartması sonrasında (Stensby) 83'e kadar çıkararak klasik peroksit ağartmasında ulaşılan değerleri yakalamıştır (İnkaya ve diğ. 2007, Eren ve diğ. 2009).

Denim Yıkamada Ozon Kullanımı: Ozon gazı denim üzerine yapılan bir çalışmada, indigo ile boyanmış denim kumaşın rengini açmak ve kumaşın beyazlatılması için kullanılmıştır. Farklı pH, sıcaklık ve nem oranlarında gerçekleştirilen çalışmada farklı sürelerde uygulamalar yapılmıştır. Oldukça kısa bir sürede ozonun denim kumaş üzerindeki ağartma etkisi kanıtlanmıştır (Özdemir ve diğ. 2008).

Denim yıkamada endüstriyel olarak ozon gazı kullanımı, pantolon ceplerinin lekelenmelerinin giderilmesinde karşımıza çıkmaktadır. Özellikle küçük deniz yıkama işletmelerinde olmak üzere çok sayıda işletmede ozon gazı ile yıkama yapılan makineler kullanılmaktadır.

Tekstil terbiyesinde ozon kullanımıyla ulaşılması istenen hedefler ve bunların olumlu etkileri aşağıda sıralanmıştır.

- Ozon soğukta (oda sıcaklığında) bile etkin olduğu için bazı proseslerde enerji tasarrufu sağlanması,
- Ozonlama her pH değerinde etkin olduğu için terbiye proses suyunun pH ayarlaması gerektirmemesi sonucu kimyasal madde kullanımında tasarruf sağlanması,
- Ozonun diğer klasik kimyasallar yerine kullanılmasıyla kimyasal madde miktarından tasarruf sağlanması,
- Ozon kendiliğinden oksijene dekompoze olduğu için ($3O_2 \rightarrow 2O_3 \rightarrow 3O_2$) çevre dostu üretime katkı sağlamasıdır.

Son yıllarda ozon kullanımının arttırılması ve geliştirilmesi için yapılan yayın ve projelerdeki artışlar da yukarıda sıralanan avantajların tekstil terbiye prosesleri açısından önemini göstermektedir (Öztürk ve Eren 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kumaş

Bu tez çalışmasında kullanılan boyama ve boyarmadde söküm işlemleri uygulanacak olan, ön terbiyesi yapılmış, boyamaya hazır %97 Pamuk + %3 Lycra dokuma kumaş Akbaşlar Tekstil'den temin edilmiştir. Kumaşın ön terbiye işlemleri işletme koşullarında, hızlı üretim içerisinde, standart pamuklu dokuma kumaş prosesinde yürütülmüştür. Kullanılan ham kumaşın gramajı 187,27 gr/m² dir.

3.1.2 Kullanılan boyarmaddeler ve kimyasallar

Deneysel uygulamada ozon ile gerçekleştirilen renk sökümü işlemi ile klasik renk sökümü işlemlerinin reaktif boyarmaddeler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla incelenmek üzere reaktif boyarmaddeler çektirme sistemiyle kumaşa uygulanmıştır. Kullanılan reaktif boyarmaddeler Sumifix Br. Yellow 2GL (C.I. Yellow 37), Sumifix Turkuaz Blue G (C.I. Blue 21), Procion Red HE3B (C.I. Red 120), Procion Turkuaz HA (C.I. Blue 71), Sumifix Supra Br. Red GF (C.I. Red 223), Sumifix Supra Blue BRF (C.I. Blue 221), Remazol Blue R (C.I. Blue 19) olarak 7 tiptir.

Çizelge 3.1. Kullanılan reaktif boyarmaddeler

Boyarmadde	C.I. Numarası	Reaktif Grubu	Kromofor Grubu
Sumifix Br. Yellow 2GL	Reactive Yellow 37	VS+MCT	Azo
Sumifix Turkuaz Blue G	Reactive Blue 21	VS+MCT	Fitalosiyenin
Procion Red H-E3B	Reactive Red 120	MCT	Azo
Procion Turquoise HA	Reactive Blue 71	MCT	Fitalosiyenin
Sumifix Supra Br. Red GF	Reactive Red 223	VS+MCT	Monoazo
Sumifix Supra Blue BRF	Reactive Blue 221	VS+MCT	Formazan
Remazol Blue R	Reactive Blue 19	VS	Antrakinin
Everzol Black B	Reactive Black 5		

Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasal maddeler

Kullanım Yeri	Kimyasallar
Boyama	Tuz (NaCl – Sodyum Klorür)
Boyama, klasik renk sökme	Soda (Na ₂ CO ₃ – Sodyum Karbonat)
Ard işlem – yıkama	Rucogen SYS
Klasik renk sökme	Orgatex R-98 (TUDO-Tioüredioksit)
Nötralizasyon asidi	Sirrix NE
Oksidatif renk sökme	Hidrojen Peroksit - H ₂ O ₂
Oksidatif renk sökme	Kostik - NaOH
Oksidatif renk sökme	İyon tutucu
Redüktif renk sökme	Hidrosülfid
Ozon doz ölçümü	Potasyum İyodür - KI
Ozon doz ölçümü	Sülfirik Asit
Ozon doz ölçümü	Sodyum Tiosülfat
Yıkama Haslığı	ECE Deterjan
Yıkama Haslığı	Sodyum Perborat

3.1.3 Kullanılan Cihazlar

Tez kapsamında kullanılan cihazlar çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan cihazlar

Kullanım Yeri	Makine İsmi
Boyama	Termal HT Boyama Makinesi
Ozonlama	ProdOzon PRO DO25 O2 Ozon Jeneratörü
Ozonlama	ATAÇ Bobin Boyama Makinesi
Renk ölçüm	Konika Minolta CM-3600d Spektrofotometre
KOİ ölçümü	WTW CR2200 Termoreaktör
KOİ ölçümü	Merck Pharo 300 Spectroquant
Mukavemet ölçümü	Instron Mukavemet Ölçüm Cihazı
Yıkama Haslığı	Test Laboratuvar Cihazı 412 NB HT



Şekil 3.1. Konika Minolta spektrofotometresi



Şekil 3.2. Test Laboratuvar Cihazı – Yıkama Haslığı Makinesi



Şekil 3.3. Termoreaktör ve Pharo300 Spektroquant



Şekil 3.4. Instron mukavemet ölçüm cihazı

3.2 Yöntem

3.2.1 Reaktif boyarmaddelerle boyama

Kumaşlar 7 farklı boyarmadde ile 6 adet tüpe, her tüpe 2 şer adet numune koyularak toplamda 84 adet reaktif boyalı numune elde edilmiştir. 7 tip boya için boyama işlemi öncesi ve sonrası su numunesi alınarak KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) değerleri ölçülmüştür.

Boyama işlemlerinde 7 tip boya için de 40 gr/lit Tuz, 20 gr/lit Soda reçetesi kullanılmıştır. Kumaşlar Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde 1 / 15 flotte oranında çektirme yöntemine göre %1'lik boyama ile 60°C' de ve 80°C' de, standart pamuklu kumaş boyama şartlarında boyama yapılmıştır.



Şekil 3.5. Termal marka HT tip boyama makinesi

Tüm deneylerde yumuşak su kullanılmış ve deneyler sonrası kumaşlara ard işlemler uygulanarak yıkanmış ve asılarak kurutulmuştur. Ard işlemlerde öncelikle kaynar sabunlu yıkama (60°C, 2 gr/lit Rucogen SYS, 60 dk.), sonra soğuk durulama (10 dk) yapılmıştır. Boyama sonrası numuneler asılarak kurutulmuş ve boya söküm işlemlerine geçilmiştir.

3.2.2 Klasik boyarmadde sökümü işlemleri

1. Klasik Boyarmadde Söküm İşlemleri uygulamasında ilk olarak İndirgen İşlem (*Tioüredioksit – Orgatex R-98 kullanılarak*) yapılmıştır.

7 farklı tip boya ile boyanmış numuneler öncelikle klasik indirgen renk sökme işlemine (Tudolu-Orgatex) tabi tutulmuştur. Orgatex ile yapılan renk sökme işlemi öncesi su numunesi ve işlem sonrası her tüpten su numunesi örneği alınmıştır. İşlemden önce 5 gr/l Soda, 5 gr/l Orgatex R-98 (TUDO) reçetesine göre çözelti oranı 1:15 alınarak çözelti hazırlanmıştır. Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde renk söküm işlemi tioüredioksit indirgen maddesi ile 7 farklı boyarmadde ile boyalı ve 1 adet baskılı numune kullanılarak, 100°C sıcaklıkta 60 dakika süre ile yapılmıştır. Renk sökme işlemi sonrası numuneler 50°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile 1 gr/l Sirrix NE Nötralizasyon Asidi ile nötrale edilip, numunelere 70°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile sıcak yıkama yapılmıştır. İşlem sonrası numuneler asılarak kurutulmuştur.

2. İkinci renk sökme işlemi Oksidatif (*Hidrojen Peroksit kullanılarak*) renk sökme olarak yapılmıştır.

7 farklı boyarmadde ile boyalı numunelere oksidatif renk sökme işlemi uygulanmıştır. Oksidatif renk sökme işlemi öncesi ve sonrası her tüpten su numunesi örneği alınmıştır. İşlemden önce 5 gr/l H₂O₂, 2 gr/l Kostik (NaOH), 1 gr/l İyon Tutucu reçetesine göre çözelti oranı 1:15 alınarak çözelti hazırlanmıştır. Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde renk söküm işlemi 7 farklı boyarmadde ile boyalı ve 1 adet baskılı numune kullanılarak, 95°C sıcaklıkta 60 dakika süre ile yapılmıştır. Renk sökme işlemi sonrası numuneler 50°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile 1 gr/l Sirrix NE Nötralizasyon Asidi ile nötrale edilip, numunelere 70°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile sıcak yıkama yapılmıştır. İşlem sonrası numuneler asılarak kurutulmuştur.

3. Üçüncü renk sökme işlemi İndirgen madde (*Hidrosülfıt kullanılarak*) ile yapılmıştır.

7 farklı boyarmadde ile boyalı numunelere Hidrosülfıt maddesi ile renk sökme işlemi uygulanmıştır. Hidrosülfıtlı renk sökme işlemi öncesi ve sonrası her tüpten su numunesi örneği alınmıştır. İşlemdede 5 gr/lıt Hidrosülfıt, 5 gr/lıt Soda reçetesine göre çözelti oranı 1:15 alınarak çözelti hazırlanmıştır. Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde renk söküm işlemi 7 farklı boyarmadde ile boyalı ve 1 adet baskılı numune kullanılarak, 80°C sıcaklıkta 60 dakika süre ile yapılmıştır. Renk sökme işlemi sonrası numuneler 50°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile 1 gr/lıt Sirrix NE Nötralizasyon Asidi ile nötrale edilip, numunelere 70°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile sıcak yıkama yapılmıştır. İşlem sonrası numuneler asılarak kurutulmuştur.

4. Dördüncü renk sökme işlemi olarak Kombin işlemler (*İndirgen-TUDO + Oksidatif-Hidrojen Peroksit*) uygulanmıştır.

Tudo-Orgatex ile işlem gören boyalı numunelerin yarısına oksidatif renk sökme işlemi 20 dakika süre ile tekrar uygulanmıştır. İşlem öncesi su numunesi ve işlem sonrası tüplerden su örnekleri alınmıştır. İşlemdede 5 gr/lıt H₂O₂, 2 gr/lı Kostik (NaOH), 1 gr/lıt İyon Tutucu reçetesine göre çözelti oranı 1:15 alınarak çözelti hazırlanmıştır. Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde renk söküm işlemi 7 farklı boyarmadde ile boyalı ve 1 adet baskılı numune kullanılarak, 95°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile yapılmıştır. Renk sökme işlemi sonrası numuneler 50°C sıcaklıkta 20 dakika süre ile 1 gr/lıt Sirrix NE Nötralizasyon Asidi ile nötrale edilip, numunelere 70°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile sıcak yıkama yapılmıştır. İşlem sonrası numuneler asılarak kurutulmuştur.

Klasik boyarmadde söküm işlemlerinin ardından alınan su numunelerinin hepsine KOİ testi uygulanmış ve ozon gazı ile renk sökme işlemlerine başlanmıştır.

3.2.3 Ozonlama ile renk sökme işlemleri

Cihazda öncelikle ozon gazı doz ölçümü yapılmıştır.

1. Ozon Gazı Doz Ölçümü

20 gr/lit Potasyum İyodür

2 N Sülfürik Asit

0,1 N Sodyum Tiosülfat

20 gr Potasyum İyodür 1 litre destile su içerisinde çözülür. 2 adet gaz yıkama şişesi içerisine 200 ml. potasyum iyodürlü çözümden konuldu. Ozon jeneratörü için çalışma şartları 10 lt/dk ve 15 ° C 'dir. Doz ölçümünde 2000 ml. gaz akışında 1 dakika süre ile test yapıldı. Ozon gazı potasyum iyodür ile tepkime vererek renk değişimi gözlenmektedir. Ozon gazından geçirilen 200 ml numuneler 10 ml sülfirik asit katılarak elde edilen renk giderilene kadar sodyum tiosülfat ile titre edilmiştir.

1. Ölçümde harcanan sodyum tiosülfat miktarı: 18,08 ml

2. Ölçümde harcanan sodyum tiosülfat miktarı: 22,65 ml

Ortalama sodyum tiosülfat sarfiyat miktarı: 20,36 ml' dir.

Ozon dozu = (Harcanan sodyum tiosülfat x 24 x Normalite) / Süre (dk)

Ozon dozu = 20,36 x 24 x 0,1 / 1 = 48,864 mg/dk O₃ (2 lt için)

2 lt. 'de 48,864 mg/dk

10 lt. 'de x

Orantıdan x = 244,3 mg/dk bulunmuştur.

Yapılan ölçümde cihazdan 1 dakikada 244,3 mg ozon alınabilmektedir. Bu değer 10 lt için hesaplanmıştır.

2. Ozon Gazı Doz Ölçümü

20 gr/lt Potasyum İyodür

2 N Sülfürik Asit

0,1 N Sodyum Tiosülfat

20 gr Potasyum İyodür 1 litre destile su içerisinde çözüldü. 2 adet gaz yıkama şişesi içerisine 200 ml potasyum iyodürlü çözeltiden konuldu. Ozon jeneratörümüz için çalışma şartları 10 lt/dk ve 15 ° C 'dir. Biz doz ölçümünde 2000 ml gaz akışında 1 dakika süre ile test yaptık. Ozon gazı potasyum iyodür ile tepkime vererek renk değişimi gözlenmektedir. Ozon gazından geçirilen 200 ml numuneler 10 ml sülfirik asit katılarak elde edilen renk giderilene kadar sodyum tiosülfat ile titre edilmiştir.

Ölçümde harcanan sodyum tiosülfat miktarı: 20,76 ml

Ozon dozu = (Harcanan sodyum tiosülfat x 24 x Normalite) / Süre (dk)

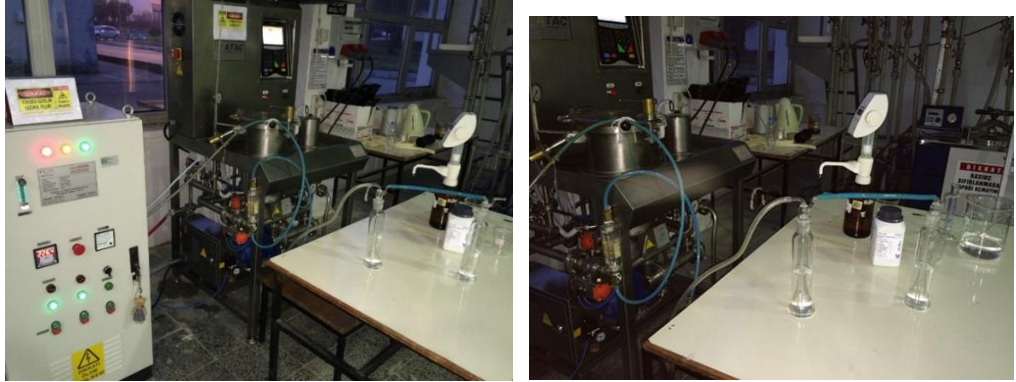
Ozon dozu = 20,76 x 24 x 0,1 / 1 = 49,824 mg/dk O₃ (2 lt için)

2 lt 'de 48,864 mg/dk

10 lt 'de x

Orantıdan x = 249,12 mg/dk bulunmuştur.

Yapılan ölçümde cihazdan 1 dakikada 249,12 mg ozon alınabilmektedir. Bu değer 10 lt için hesaplanmıştır.

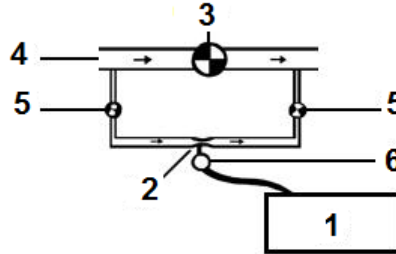


Şekil 3.6. Ozon doz ölçümü düzeneği ve ozon jeneratörü



Şekil 3.7. Sodyum tiosülfat ile titrasyon

Ozonla renk sökme işlemlerine başlamak için öncelikle kumaşlara ozon gazı püskürtülecek numune makine temin edilmiştir. Buna venturi bağlantısı ve teflon borularla ozon enjeksiyonu entegre edilmiştir. Ozon üretimi, bu proje kapsamında temin edilecek ozon jeneratörüyle sağlanmıştır. Ozonun venturi bağlantısı şekli altta verilmiştir.

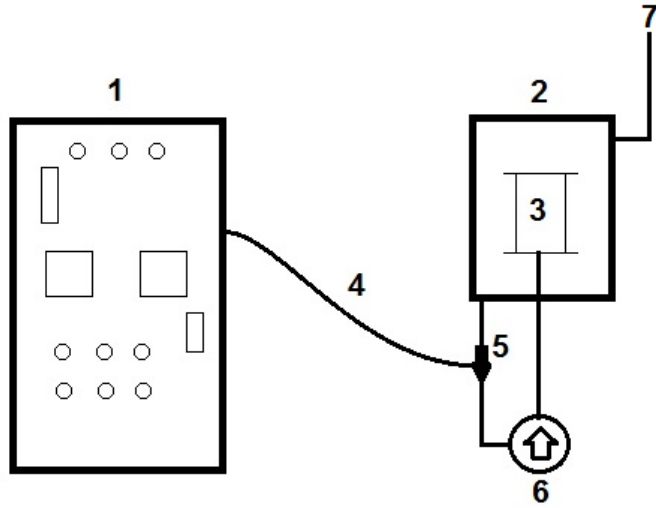


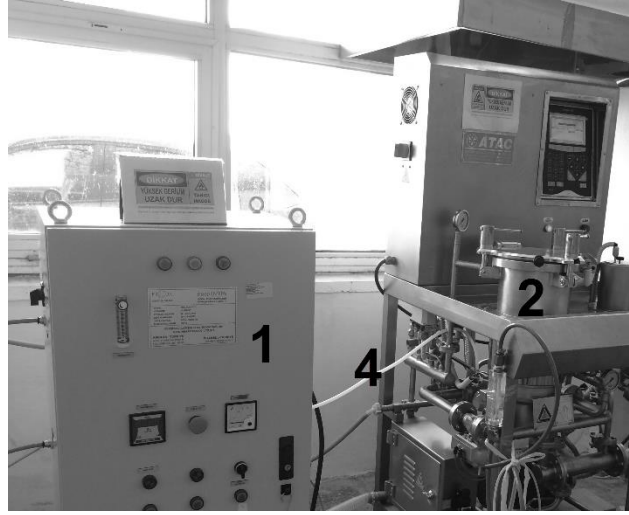
Şekil 3.8. Çözelti iletim hattı üzerinde venturi bağlantısı ile ozon gazı enjeksiyonu

1. Ozon Jeneratörü
2. Venturi Enjektörü
3. Basınç Regülatörü
4. Çözelti İletim Hattı
5. Açma Kapama Vanaları
6. Tek yöne geçişli valf



Şekil 3.9. Kumaşa ozonlama yapılan numune bobin boyama makinesi





Şekil 3.10. Ozon enjeksiyon sistemi ile numune boyama makinesi

1. Ozon jeneratörü
2. Boyama haznesi (otoklav)
3. Delikli giriş
4. Ozon transfer hattı
5. Venturi enjeksiyon
6. Sirkülasyon pompası
7. Egzoz borusu



Şekil 3.11. Ozon jeneratörü ve ozon gaz debisi ayarı (debimetre)

Ozonlama işlemine başlamadan önce kumaş özel taşıyıcı aparata sarılarak bobin boyama makinesinin ana kazanına yerleştirilmiştir. Makine ve jeneratör şalterleri, kompresör, jeneratör soğutma suyu vanası ve cihazlar açılmıştır. Makineye 10 lt su aldırılarak ozonlama kısmına geçilmiştir.

İlk ozonlama işlemi olarak 45 dk ve 60 dk süre ile 7 farklı boyarmadde ile boyanmış numunelere ozon gazı uygulaması yapılmıştır. Ozon gazı uygulamasında makine çıkışı su numuneleri alınmıştır. Numuneler bol soğuk su altında durulanmıştır.

Her numune için 45 ve 60 dk'lık ikinci tekrar ozon uygulaması tamamlanmıştır. Su altında durulamaları yapılmıştır.

Ozonlama işlemlerine devam edilmiştir. 15 ve 30 dk süre ile 7 farklı boyarmadde ile boyanmış numunelere ozon gazı uygulaması ilk tekrarları tamamlanmıştır. Su altında ozonlanan numuneler durulanmıştır.

Ardından ozonlanan tüm kumaşlar sıcak yıkama ile ard işleme tabi tutulmuştur (10 dk 70°C). Ard işlemleri tüm numunelerin tekrar Spektrofotometre ile gereken renk ölçümleri yapılmıştır.

Ozonlama işlemleri sonucu alınan tüm su numunelerinin KOİ değerleri ölçülmüştür.

Tüm denemelere Spektrofotometre ile gereken renk ölçümleri yapılmıştır.

3.2.4 Tüm numuneleri siyaha boyama işlemleri

Klasik renk sökme işlemleri ve ozonla renk sökme işlemlerine tabi tutulan tüm numunelere ve orijinal boyanmış işlemsiz numunelere siyaha boyama işlemi yapılmıştır. Kullanılan reaktif siyah boya Everzol Black B (C.I. Reactive Black 5)'dir. Boyama işlemlerinde 80 gr/lt Tuz, 20 gr/lt Soda reçetesi kullanılmıştır. Kumaşlar Termal marka laboratuvar tipi HT boyama makinesinde 1/15 flotte oranında çektirme yöntemine göre %5'lik boyama ile 60°C' de 45 dakika süre ile standart pamuklu kumaş boyama şartlarında boyanmıştır.

Tüm deneylerde yumuşak su kullanılmış ve deneyler sonrası kumaşlara ard işlemler uygulanarak yıkanmış ve asılarak kurutulmuştur. Ard işlemlerde öncelikle kaynar sabunlu yıkama (60°C, 2 gr/lt Rucogen SYS, 60 dk.), sonra soğuk durulama (10 dk) yapılmıştır. Boyama sonrası numuneler asılarak kurutulmuştur.

Siyaha boyanmış tüm numunelerin gereken renk ölçümleri Spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır.

Renk ölçümleri sonrası numunelere mukavemet testleri de uygulanmıştır. Elde edilen tüm test sonuçları çizelgeler halinde bulgular kısmında verilmiştir.

Renk ölçüm, KOİ ölçümleri ve mukavemet testleri sonuçları Bulgular kısmında verilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Spektrofotometre Ölçümleri

Tüm deneysel çalışmalar gerçekleştirildikten sonra elde edilen tüm numunelerin spektral değerleri, Konika Minolta CM-3600d markalı spektrofotometre ile D65 ışık kaynağı altında, 10° gözlem açısı ile ölçülmüştür. Ölçüm yapmak için Color Mission programı kullanılmıştır. Cihaz öncelikle kalibre edilmiştir. Cielab renk uzayı sisteminde çalışılmıştır.

Ölçüm sonucunda dE , dL^* , da^* , db^* , L^* , a^* ve b^* gibi spektral değerler elde edilmiştir.

dE: Toplam renk farkını,

dL*: Açıklık / koyuluk (+: açık, -: koyu). 0 – 100 arası değişir. L değerinin 100'e olması saf beyaz ve 0'a yakın olması da saf siyah anlamına gelir. (+) daha açık, (-) daha koyu

da*: Yeşil - kırmızı eksenindeki renk farkını ifade eder. a değerinin pozitif değerleri kırmızı miktarını, negatif değerleri ise yeşil miktarını gösterir.

db*: Mavi - sarı eksenini ifade eder ve pozitif değerleri sarı, negatif değerleri de mavi miktarını gösterir.

L*: Işıklılık; açıklık – koyuluk (beyaz – siyah eksenini)

a*: Kırmızı – yeşil eksenini

b*: Sarı – mavi eksenini.

Stensby: Beyazlık İndeksi.

Spektrofotometrede renk ölçümleri yapıp sonuçlar elde edildikten sonra bulunan tüm değerler çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 4.1. 7 adet boyarmadde ile boyanmış orijinal numuneler ile klasik renk sökme işlemleri yapılan numunelerin L*, a*, b* ve Stensby değerleri

Sumifix Br. Yellow 2GL	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfit	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	87,019	85,2091	87,4037	87,9293	86,5584
a*	-3,1095	6,6131	-4,0507	-3,65	1,2287
b*	64,9451	5,024	61,6591	51,7704	5,2767
Stensby	-48,216	90,804	-48,771	-32,923	70,887
Sumifix Turkuaz Blue G	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfit	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	65,8113	83,5714	66,4704	71,0309	87,8207
a*	-30,2563	-3,1217	-30,475	-27,7447	-2,2852
b*	-23,1988	4,8217	-22,7238	-20,3913	0,1953
Stensby	55,942	56,197	53,668	55,761	77,264
Procion Red H-E3B	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfit	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	51,6407	81,999	52,082	53,9091	87,2105
a*	57,4007	4,5388	58,0515	55,2896	0,4459
b*	2,9577	32,9924	2,0569	0,9972	7,2921
Stensby	201,863	16,647	207,758	203,079	64,576
Procion Turkuaz HA	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfit	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	69,0049	84,7123	69,4052	75,7108	88,2182
a*	-29,2167	-2,4123	-28,6498	-23,5787	-2,0135
b*	-24,2485	2,8635	-23,2959	-17,724	0,0879
Stensby	63,837	64,663	62,699	60,61	79,265
Sumifix Supra Br. Red GF	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfit	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	55,9798	86,7766	56,2414	57,5534	88,7557
a*	54,5821	10,0526	53,6958	48,6239	0,6155
b*	1,9602	-0,9909	0,7787	-1,0251	0,3735
Stensby	202,728	117,614	203,507	195,654	86,417

Çizelge 4.1. 7 adet boyarmadde ile boyanmış orijinal numuneler ile klasik renk sökme işlemleri yapılan numunelerin L*, a*, b* ve Stensby değerleri (devam)

Sumifix Supra Blue BRF	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfite	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	46,8979	87,3864	46,7322	50,1134	86,5338
a*	-2,3613	-1,2746	-2,3436	-2,6983	-1,6282
b*	-28,9421	10,0322	-29,0405	-27,9678	5,2136
Stensby	115,724	48,716	117,988	116,133	63,881
Remazol Blue R	Orijinal Boyalı	TUDO	Hidrosülfite	Oksidatif	TUDO + 20 dk. Oksidatif
L*	54,5904	72,8006	55,7182	61,8068	78,7424
a*	-3,4649	6,8157	-3,8445	-4,2684	-0,5585
b*	-33,7616	6,7889	-32,8406	-28,6124	-8,098
Stensby	142,55	68,074	139,784	131,448	94,994

Çizelge 4.2. 7 adet boyarmadde ile boyanmış ve 15, 30, 45, 60 dk ozonlanmış ard işlemsiz ve ard işlemlili numunelerin L*, a*, b* ve Stensby Değerleri

Sumifix Br. Yellow 2GL	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	86,90	85,63	84,59	84,42	88,04	86,48	84,58	79,21
a*	-51,16	-5,71	-4,58	-4,45	-3,87	-4,10	-3,45	-1,79
b*	32,77	30,61	16,46	15,99	15,41	14,48	10,84	5,35
Stensby	-9,98	-15,05	41,90	37,83	37,63	19,63	54,21	57,09
Sumifix Turkuaz Blue G	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	83,00	81,98	81,59	82,95	82,99	83,80	81,32	81,94
a*	-7,40	-8,51	-2,71	-3,25	-2,11	-2,37	-1,34	-1,01
b*	3,37	0,50	2,50	0,74	1,59	0,81	1,01	0,94
Stensby	41,78	52,25	61,24	66,01	69,36	68,06	69,28	69,35

Çizelge 4.2. 7 adet boyarmadde ile boyanmış ve 15, 30, 45, 60 dk ozonlanmış ard işlemsiz ve ard işlemlili numunelerin L*, a*, b* ve Stensby Değerleri (devam)

Procion Red H-E3B	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	70,66	73,20	78,37	82,95	76,67	83,80	79,21	76,99
a*	28,47	20,91	5,31	-3,25	3,55	-2,37	4,36	1,06
b*	-0,40	-1,49	0,76	0,74	0,85	0,81	0,03	1,05
Stensby	144,12	138,60	96,69	92,77	105,19	77,13	92,99	71,66
Procion Turkuaz HA	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	84,47	83,70	80,28	83,45	84,23	84,80	81,56	84,21
a*	-8,62	-6,88	-1,51	-1,60	-2,92	-4,11	-0,95	-2,29
b*	6,11	3,32	2,48	1,38	2,52	2,39	1,11	1,92
Stensby	44,55	52,65	68,62	66,36	67,65	63,92	71,81	66,54
Sumifix Supra Br. Red GF	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	73,39	73,31	77,51	78,11	78,82	77,70	77,02	77,34
a*	28,55	25,78	7,73	11,87	13,81	4,69	3,83	8,87
b*	0,76	-1,85	-0,01	-1,58	-0,48	-0,41	-0,23	-0,99
Stensby	145,33	152,11	113,37	111,57	115,38	87,19	83,57	90,08
Sumifix Supra Blue BRF	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	78,12	76,62	79,46	79,23	82,85	82,23	80,00	79,56
a*	-3,26	-3,17	-0,87	-0,85	-1,17	-1,83	-0,83	-0,73
b*	-8,42	-8,04	-0,55	-0,43	-0,91	-1,79	-0,48	-0,49
Stensby	88,17	88,02	82,34	72,33	77,36	80,37	76,33	74,34
Remazol Blue R	15 dk. Ozon	15 dk. Ozon Ard İşlemlili	30 dk. Ozon	30 dk. Ozon Ard İşlemlili	45 dk. Ozon	45 dk. Ozon Ard İşlemlili	60 dk. Ozon	60 dk. Ozon Ard İşlemlili
L*	81,06	81,22	80,19	79,86	82,39	82,79	76,93	78,91
a*	-1,37	-0,95	0,02	-0,12	-0,52	-0,06	0,03	-0,13
b*	-0,86	-0,08	0,97	0,91	-0,53	1,34	0,03	0,63
Stensby	75,77	74,05	76,81	71,94	76,85	75,16	72,75	70,47

Çizelge 4.3. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Tudolu renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalara karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri

Standart: Tudolu Sumifix Br. Yellow 2GL		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Br. Yellow 2GL 15 dk. Ozon	30,19	1,69	-11,78	27,75
	Sumifix Br. Yellow 2GL 30 dk. Ozon	16,01	-0,62	-11,19	11,43
	Sumifix Br. Yellow 2GL 45 dk. Ozon	15,02	2,83	-10,48	10,39
	Sumifix Br. Yellow 2GL 60 dk. Ozon	11,64	-0,63	-10,06	5,81
Standart: Tudolu Sumifix Turkuaz Blue G		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Turkuaz Blue G 15 dk. Ozon	4,56	-0,58	-4,28	-1,46
	Sumifix Turkuaz Blue G 30 dk. Ozon	3,08	-1,98	0,42	-2,32
	Sumifix Turkuaz Blue G 45 dk. Ozon	3,44	-0,58	1,01	-3,23
	Sumifix Turkuaz Blue G 60 dk. Ozon	4,77	-2,25	1,78	-3,81
Standart: Tudolu Procion Red H-E3B		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Red H-E3B 15 dk. Ozon	42,63	-11,34	23,94	-33,40
	Procion Red H-E3B 30 dk. Ozon	32,45	-3,63	0,78	-32,24
	Procion Red H-E3B 45 dk. Ozon	32,60	-5,33	-0,99	-32,15
	Procion Red H-E3B 60 dk. Ozon	33,09	-2,79	-0,18	-32,97
Standart: Tudolu Procion Turkuaz HA		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Turkuaz HA 15 dk. Ozon	7,01	-0,24	-6,21	3,25
	Procion Turkuaz HA 30 dk. Ozon	4,54	-4,43	0,90	-0,39
	Procion Turkuaz HA 45 dk. Ozon	0,78	-0,48	-0,51	-0,34
	Procion Turkuaz HA 60 dk. Ozon	3,90	-3,15	1,47	-1,76
Standart: Tudolu Sumifix Supra Br. Red GF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Br. Red GF 15 dk. Ozon	22,91	-13,39	18,50	1,75
	Sumifix Supra Br. Red GF 30 dk. Ozon	9,60	-9,26	-2,32	0,98
	Sumifix Supra Br. Red GF 45 dk. Ozon	8,82	-7,96	3,76	0,52
	Sumifix Supra Br. Red GF 60 dk. Ozon	11,60	-9,75	-6,23	0,77
Standart: Tudolu Sumifix Supra Blue BRF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Blue BRF 15 dk. Ozon	20,7	-9,3	-2,0	-18,4
	Sumifix Supra Blue BRF 30 dk. Ozon	13,2	-7,9	0,4	-10,6
	Sumifix Supra Blue BRF 45 dk. Ozon	11,8	-4,5	0,1	-10,9
	Sumifix Supra Blue BRF 60 dk. Ozon	13,4	-7,4	0,4	-11,1
Standart: Tudolu Remazol Blue R		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Remazol Blue R 15 dk. Ozon	13,92	8,26	-8,19	-7,65
	Remazol Blue R 30 dk. Ozon	11,61	7,39	-6,80	-5,82
	Remazol Blue R 45 dk. Ozon	14,12	9,59	-7,34	-7,32
	Remazol Blue R 60 dk. Ozon	10,43	4,13	-6,79	-6,75

Çizelge 4.4. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Tudolu renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalı ard işlemlili numunelere karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri

Standart: Tudolu Sumifix Br. Yellow 2GL		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Br. Yellow 2GL 15 dk. Ozon Ard İ.	28,40	0,42	-12,33	25,59
	Sumifix Br. Yellow 2GL 30 dk. Ozon Ard İ.	15,60	-0,79	-11,07	10,97
	Sumifix Br. Yellow 2GL 45 dk. Ozon Ard İ.	14,35	1,27	-10,71	9,46
	Sumifix Br. Yellow 2GL 60 dk. Ozon Ard İ.	10,33	-6,00	-8,41	0,32
Standart: Tudolu Sumifix Turkuaz Blue G		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Turkuaz Blue G 15 dk. Ozon Ard İ.	7,09	-1,59	-5,39	-4,32
	Sumifix Turkuaz Blue G 30 dk. Ozon Ard İ.	4,13	-0,62	-0,13	-4,08
	Sumifix Turkuaz Blue G 45 dk. Ozon Ard İ.	4,09	0,23	0,75	-4,01
	Sumifix Turkuaz Blue G 60 dk. Ozon Ard İ.	4,71	-1,63	2,12	-3,88
Standart: Tudolu Procion Red H-E3B		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Red H-E3B 15 dk. Ozon Ard İ.	39,17	-8,80	16,37	-34,48
	Procion Red H-E3B 30 dk. Ozon Ard İ.	33,37	-4,36	2,12	-33,02
	Procion Red H-E3B 45 dk. Ozon Ard İ.	31,90	-3,66	-1,53	-31,65
	Procion Red H-E3B 60 dk. Ozon Ard İ.	32,52	-5,01	-3,48	-31,95
Standart: Tudolu Procion Turkuaz HA		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Turkuaz HA 15 dk. Ozon Ard İ.	4,60	-1,01	-4,47	0,46
	Procion Turkuaz HA 30 dk. Ozon Ard İ.	2,11	-1,27	0,82	-1,48
	Procion Turkuaz HA 45 dk. Ozon Ard İ.	1,76	0,08	-1,69	-0,48
	Procion Turkuaz HA 60 dk. Ozon Ard İ.	1,07	-0,50	0,12	-0,94
Standart: Tudolu Sumifix Supra Br. Red GF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Br. Red GF 15 dk. Ozon Ard İ.	20,72	-13,47	15,72	-0,86
	Sumifix Supra Br. Red GF 30 dk. Ozon Ard İ.	8,88	-8,67	1,82	-0,59
	Sumifix Supra Br. Red GF 45 dk. Ozon Ard İ.	10,56	-9,08	-5,36	0,58
	Sumifix Supra Br. Red GF 60 dk. Ozon Ard İ.	9,51	-9,43	-1,18	0,00
Standart: Tudolu Sumifix Supra Blue BRF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Blue BRF 15 dk. Ozon Ard İ.	21,12	-10,77	-1,89	18,07
	Sumifix Supra Blue BRF 30 dk. Ozon Ard İ.	13,28	-8,16	0,42	-10,46
	Sumifix Supra Blue BRF 45 dk. Ozon Ard İ.	12,91	-5,15	-0,56	-11,82
	Sumifix Supra Blue BRF 60 dk. Ozon Ard İ.	13,12	-7,83	0,54	-10,52
Standart: Tudolu Remazol Blue R		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Remazol Blue R 15 dk. Ozon Ard İ.	13,36	8,42	-7,77	-6,87
	Remazol Blue R 30 dk. Ozon Ard İ.	11,51	7,06	-6,93	-5,87
	Remazol Blue R 45 dk. Ozon Ard İ.	13,30	9,99	-6,87	-5,45
	Remazol Blue R 60 dk. Ozon Ard İ.	11,11	6,11	-6,95	-6,16

Çizelge 4.5. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, 15, 30, 45, 60 dk ozonlama yapılmış numuneler (ard işlemsiz) standart kabul edilip, aynı işlemler sonu ard işlem gören numuneler numune seçilerek aradaki DE, DL*, Da* ve Db* değerleri

Bu çizelge ard işlem farkının anlaşılması için oluşturulmuştur.

Standart: Sumifix Br. Yellow 2GL her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Br. Yellow 2GL 15 dk. Ozon Ard İ.	2,57	-1,27	-0,55	-2,16
	Sumifix Br. Yellow 2GL 30 dk. Ozon Ard İ.	0,51	-0,17	0,13	-0,47
	Sumifix Br. Yellow 2GL 45 dk. Ozon Ard İ.	1,83	-1,56	-0,23	-0,93
	Sumifix Br. Yellow 2GL 60 dk. Ozon Ard İ.	7,85	-5,37	1,65	-5,49
Standart: Sumifix Turkuaz Blue G her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Turkuaz Blue G 15 dk. Ozon Ard İ.	3,23	-1,02	-1,10	-2,86
	Sumifix Turkuaz Blue G 30 dk. Ozon Ard İ.	2,29	1,36	-0,54	-1,76
	Sumifix Turkuaz Blue G 45 dk. Ozon Ard İ.	1,16	0,81	-0,26	-0,78
	Sumifix Turkuaz Blue G 60 dk. Ozon Ard İ.	2,09	2,09	-0,13	0,09
Standart: Procion Red H-E3B her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Red H-E3B 15 dk. Ozon Ard İ.	8,06	2,55	-7,57	-1,09
	Procion Red H-E3B 30 dk. Ozon Ard İ.	1,72	-0,74	1,34	-0,78
	Procion Red H-E3B 45 dk. Ozon Ard İ.	1,83	1,67	-0,55	0,49
	Procion Red H-E3B 60 dk. Ozon Ard İ.	4,11	-2,22	-3,30	1,02
Standart: Procion Turkuaz HA her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Turkuaz HA 15 dk. Ozon Ard İ.	3,38	-0,77	1,74	-2,79
	Procion Turkuaz HA 30 dk. Ozon Ard İ.	3,35	3,17	-0,08	-1,09
	Procion Turkuaz HA 45 dk. Ozon Ard İ.	1,32	0,56	-1,19	-0,14
	Procion Turkuaz HA 60 dk. Ozon Ard İ.	3,08	2,65	-1,35	0,82
Standart: Sumifix Supra Br. Red GF her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Br. Red GF 15 dk. Ozon Ard İ.	3,81	-0,08	-2,78	-2,61
	Sumifix Supra Br. Red GF 30 dk. Ozon Ard İ.	4,47	0,60	4,14	-1,57
	Sumifix Supra Br. Red GF 45 dk. Ozon Ard İ.	9,19	-1,11	-9,12	0,07
	Sumifix Supra Br. Red GF 60 dk. Ozon Ard İ.	5,12	0,32	5,05	-0,76
Standart: Sumifix Supra Blue BRF her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Blue BRF 15 dk. Ozon Ard İ.	1,55	-1,50	0,09	0,38
	Sumifix Supra Blue BRF 30 dk. Ozon Ard İ.	0,26	-0,23	0,02	0,12
	Sumifix Supra Blue BRF 45 dk. Ozon Ard İ.	1,26	-0,61	-0,66	-0,88
	Sumifix Supra Blue BRF 60 dk. Ozon Ard İ.	0,77	-0,44	0,10	0,62
Standart: Remazol Blue R her ozonlama süresi için kendi içinde karşılaştırma		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Remazol Blue R 15 dk. Ozon Ard İ.	0,90	0,16	0,42	0,78
	Remazol Blue R 30 dk. Ozon Ard İ.	0,37	-0,33	-0,14	-0,05
	Remazol Blue R 45 dk. Ozon Ard İ.	1,96	0,40	0,47	1,87
	Remazol Blue R 60 dk. Ozon Ard İ.	2,07	1,98	-0,16	0,59

Çizelge 4.6. 7 adet boyarmadde ile boyanıp Hidrosülfite ile renk sökme uygulanmış numunelerin 15, 30, 45, 60 dk Ozonlamalara karşı DE, DL*, Da* ve Db* değerleri

Standart: Hidrosülfite Sumifix Br. Yellow 2GL		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Br. Yellow 2GL 15 dk. Ozon	28,91	-0,51	-1,11	-28,89
	Sumifix Br. Yellow 2GL 30 dk. Ozon	45,29	-2,81	-0,53	-45,20
	Sumifix Br. Yellow 2GL 45 dk. Ozon	46,25	0,64	0,19	-46,25
	Sumifix Br. Yellow 2GL 60 dk. Ozon	50,90	-2,83	0,60	-50,82
Standart: Hidrosülfite Sumifix Turkuaz Blue G		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Turkuaz Blue G 15 dk. Ozon	38,55	16,53	23,07	26,09
	Sumifix Turkuaz Blue G 30 dk. Ozon	40,45	15,12	27,77	25,,225
	Sumifix Turkuaz Blue G 45 dk. Ozon	40,85	16,52	28,36	24,31
	Sumifix Turkuaz Blue G 60 dk. Ozon	40,40	14,85	29,13	23,73
Standart: Hidrosülfite Procion Red H-E3B		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Red H-E3B 15 dk. Ozon	35,01	18,58	-21,58	-2,46
	Procion Red H-E3B 30 dk. Ozon	58,94	26,29	-52,74	-1,30
	Procion Red H-E3B 45 dk. Ozon	59,80	24,59	-54,50	-1,21
	Procion Red H-E3B 60 dk. Ozon	60,19	27,13	-53,70	-2,03
Standart: Hidrosülfite Procion Turkuaz HA		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Procion Turkuaz HA 15 dk. Ozon	38,64	15,06	20,03	29,41
	Procion Turkuaz HA 30 dk. Ozon	38,97	10,88	27,14	25,77
	Procion Turkuaz HA 45 dk. Ozon	39,35	14,83	25,73	25,82
	Procion Turkuaz HA 60 dk. Ozon	38,87	12,16	27,70	24,40
Standart: Hidrosülfite Sumifix Supra Br. Red GF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Br. Red GF 15 dk. Ozon	30,43	17,14	-25,14	-0,02
	Sumifix Supra Br. Red GF 30 dk. Ozon	50,66	21,27	-45,97	-0,79
	Sumifix Supra Br. Red GF 45 dk. Ozon	45,85	22,57	-39,88	-1,26
	Sumifix Supra Br. Red GF 60 dk. Ozon	54,04	20,78	-49,87	-1,00
Standart: Hidrosülfite Sumifix Supra Blue BRF		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Sumifix Supra Blue BRF 15 dk. Ozon	37,57	31,39	-0,91	20,62
	Sumifix Supra Blue BRF 30 dk. Ozon	43,42	32,73	1,48	28,49
	Sumifix Supra Blue BRF 45 dk. Ozon	45,80	36,12	1,17	28,13
	Sumifix Supra Blue BRF 60 dk. Ozon	43,46	33,27	1,51	27,93
Standart: Hidrosülfite Remazol Blue R		DE	DL*	Da*	Db*
Numune	Remazol Blue R 15 dk. Ozon	40,88	25,35	2,47	31,98
	Remazol Blue R 30 dk. Ozon	41,92	24,48	3,87	33,81
	Remazol Blue R 45 dk. Ozon	42,03	26,68	3,32	32,31
	Remazol Blue R 60 dk. Ozon	39,32	21,21	3,87	32,88

Yapılan klasik renk sökme işlemleri ile ozonlamalar arasındaki renk sökme veriminin daha iyi anlaşılması için % renk giderimi formülü kullanılmıştır. % renk giderimi tabloları için spektrofotometreden alınan K/S değerleri kullanılmıştır. Renklerde farklılık ve sapma olma olasılığı sebebiyle tek bir dalga boyuna karşılık gelen K/S değeri yerine ölçülen tüm dalga boylarına karşılık gelen toplam K/S değerleri alınmıştır. Formülde kullanılanlar toplam K/S değeridir.

$$\% \text{ renk giderimi} = [(K/S \text{ sök} \ddot{u} \text{lm} \ddot{u} \text{ş} - K/S \text{ orjinalboyalt}) * 100] / (K/S \text{ ham} - K/S \text{ orjinalboyalt})$$

Yapılan işlemler için K/S değerlerinden hesaplanan % renk giderimi oranları çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 4.7. Sumifix Br. Yellow 2GL için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

Sumifix Br. Yellow 2GL	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	39,90	
Tudolu	6,09	86,67
Hidrosülfit	35,22	12,01
Oksidatif	22,01	45,86
Tudo + Oksidatif	4,02	91,97
15 dk Ozon	10,36	75,72
30 dk Ozon	6,86	84,69
45 dk Ozon	4,50	90,73
60 dk Ozon	5,53	88,09
15 dk Ozon Ard İşlemler	10,68	74,90
30 dk Ozon Ard İşlemler	6,93	84,51
45 dk Ozon Ard İşlemler	5,25	88,81
60 dk Ozon Ard İşlemler	8,54	80,39

Çizelge 4.8. Sumifix Turkuaz Blue G için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

Sumifix Turkuaz Blue G	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	73,32	
Tudolu	6,17	92,70
Hidrosülfit	70,67	3,65
Oksidatif	45,02	39,07
Tudo + Oksidatif	2,82	97,32
15 dk Ozon	6,90	91,69
30 dk Ozon	6,51	92,23
45 dk Ozon	5,29	93,91
60 dk Ozon	6,15	92,73
15 dk Ozon Ard İşlemler	7,51	90,85
30 dk Ozon Ard İşlemler	5,46	93,67
45 dk Ozon Ard İşlemler	4,73	94,68
60 dk Ozon Ard İşlemler	5,64	93,43

Çizelge 4.9. Procion Red HE3B için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

Procion Red HE3B	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	79,39	
Tudolu	14,83	82,23
Hidrosülfit	77,45	2,47
Oksidatif	62,33	21,73
Tudo + Oksidatif	3,65	96,47
15 dk Ozon	13,81	83,53
30 dk Ozon	7,61	91,42
45 dk Ozon	9,06	89,58
60 dk Ozon	6,89	92,34
15 dk Ozon Ard İşlemler	10,55	87,68
30 dk Ozon Ard İşlemler	7,93	91,02
45 dk Ozon Ard İşlemler	7,85	91,13
60 dk Ozon Ard İşlemler	9,33	89,24

Çizelge 4.10. Procion Turkuaz HA için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

Procion Turkuaz HA	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	58,33	
Tudolu	4,84	93,11
Hidrosülfit	52,41	10,31
Oksidatif	26,34	55,68
Tudo + Oksidatif	2,54	97,12
15 dk Ozon	6,57	90,10
30 dk Ozon	7,24	88,94
45 dk Ozon	4,84	93,10
60 dk Ozon	5,91	91,25
15 dk Ozon Ard İşlemler	6,38	90,42
30 dk Ozon Ard İşlemler	4,90	92,99
45 dk Ozon Ard İşlemler	4,76	93,24
60 dk Ozon Ard İşlemler	4,66	93,42

Çizelge 4.11. S. Supra Br. Red GF için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

S. Supra Br. Red GF	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	53,78	
Tudolu	2,22	97,46
Hidrosülfit	50,66	5,91
Oksidatif	40,66	24,80
Tudo + Oksidatif	1,97	97,95
15 dk Ozon	10,58	81,65
30 dk Ozon	7,63	87,24
45 dk Ozon	6,22	89,90
60 dk Ozon	8,46	85,66
15 dk Ozon Ard İşlemler	10,15	82,48
30 dk Ozon Ard İşlemler	6,77	88,87
45 dk Ozon Ard İşlemler	7,80	86,93
60 dk Ozon Ard İşlemler	7,62	87,25

Çizelge 4.12. S. Supra Blue BRF için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

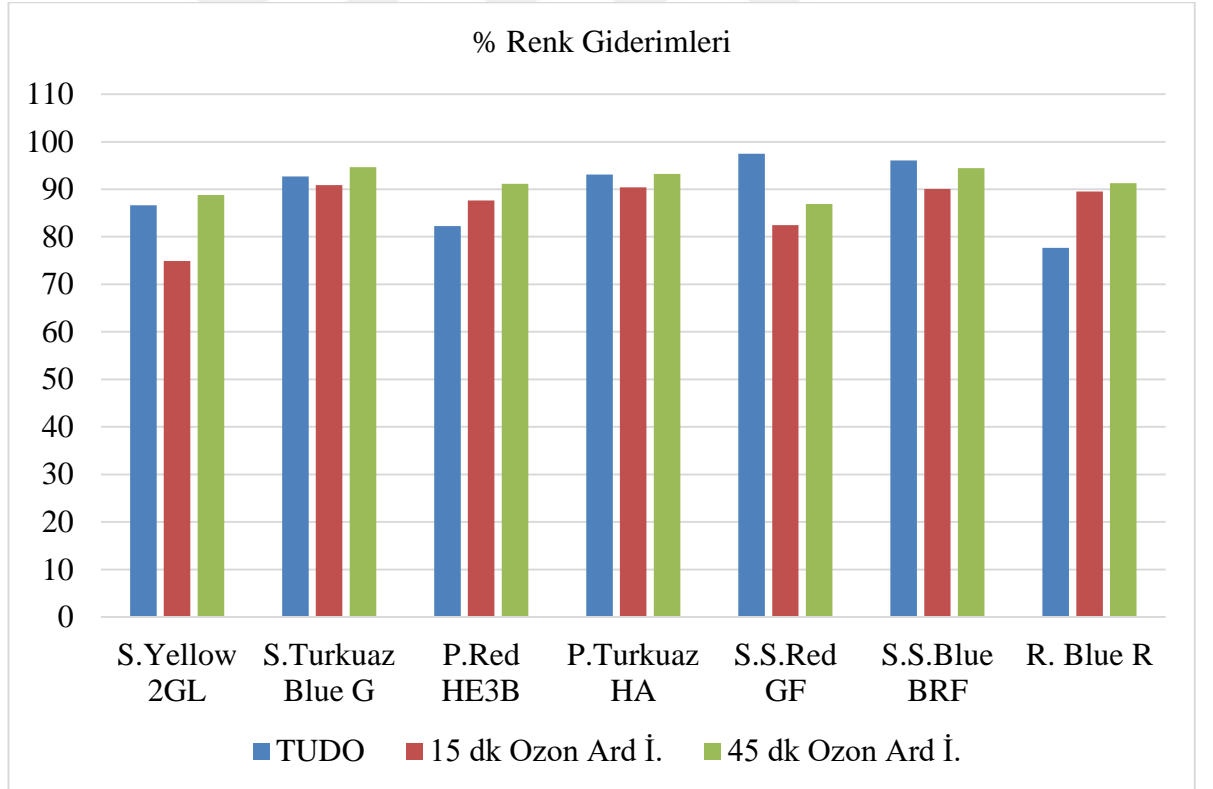
S. Supra Blue BRF	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	74,06	
Tudolu	3,77	96,06
Hidrosülfit	74,91	-1,16
Oksidatif	58,80	20,85
Tudo + Oksidatif	3,51	96,41
15 dk Ozon	6,92	91,74
30 dk Ozon	6,99	91,66
45 dk Ozon	4,63	94,87
60 dk Ozon	6,41	92,44
15 dk Ozon Ard İşlemler	8,17	90,04
30 dk Ozon Ard İşlemler	7,17	91,41
45 dk Ozon Ard İşlemler	4,93	94,47
60 dk Ozon Ard İşlemler	6,86	91,83

Çizelge 4.13. Remazol Blue R için yapılan işlemlerin orijinale göre renk giderimleri

Remazol Blue R	K/S	% Renk Giderimi
İşlemsiz ham	0,88	
Orijinal	47,35	
Tudolu	11,26	77,65
Hidrosülfit	43,58	8,12
Oksidatif	26,98	43,84
Tudo + Oksidatif	5,67	89,69
15 dk Ozon	5,65	89,74
30 dk Ozon	6,59	87,71
45 dk Ozon	4,88	91,40
60 dk Ozon	9,07	82,38
15 dk Ozon Ard İşlemler	5,75	89,52
30 dk Ozon Ard İşlemler	6,86	87,13
45 dk Ozon Ard İşlemler	4,93	91,28
60 dk Ozon Ard İşlemler	7,58	85,58

Çizelge 4.14. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, tudolu renk sökme, 15 dk ve 45 dk ozonlama ile renk sökme işlemleri gören numunelerin % renk giderimleri

% Renk Giderimi	TUDO	15 dk Ozon Ard İ.	45 dk Ozon Ard İ.
S. Yellow 2GL	86,66	74,9	88,81
S. Turkuaz Blue G	92,7	90,85	94,68
P. Red HE3B	82,23	87,68	91,13
P. Turkuaz HA	93,11	90,42	93,24
S.S. Red GF	97,46	82,48	86,93
S.S. Blue BRF	96,06	90,04	94,47
Remazol Blue R	77,65	89,52	91,28



Şekil 4.1. 7 adet boyarmadde ile boyanmış, tudolu renk sökme, 15 dk ve 45 dk ozonlama ile renk sökme işlemleri gören numunelerin % renk giderimleri grafiği

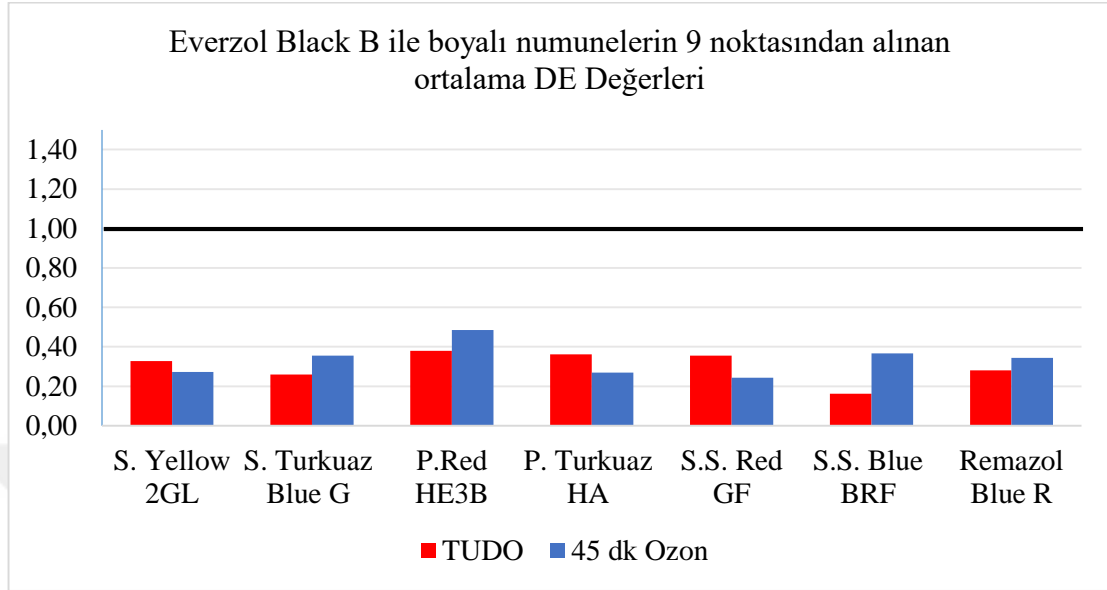
Çizelge 4.15. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numuneler için ham kumaş, orijinal boyalılar, klasik ve ozonla renk sökme işlemlerinin K/S değerleri

K/S Değerleri	S.Yellow 2GL	S.Turkuaz Blue G	P.Red HE3B	P.Turkuaz HA	S.S.Red GF	S.S.Blue BRF	R. Blue R
K/S ham	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
K/S orijinal boyalı	39,9	73,3	79,4	58,3	53,8	74,1	47,4
K/S TUDO	6,1	6,2	14,8	4,8	2,2	3,7	11,3
K/S 15 dk Ozon	10,4	6,9	13,8	6,6	10,6	6,9	5,6
K/S 45 dk Ozon	4,5	5,3	9,1	4,8	6,2	4,6	4,9

Çizelge 4.16. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin siyaha boyanması sonucu 10 farklı yerinden alınan ölçümlerin 1 referans noktaya göre karşılaştırılmasıyla elde edilen değerlerin ortalama renk farkları (DE)

DE Değerleri	TUDO	45 dk Ozon
S. Yellow 2GL + Everzol Black B 2-10	0,33	0,27
S. Turkuaz Blue G + Everzol Black B 2-10	0,26	0,36
P. Red HE3B + Everzol Black B 2-10	0,38	0,49
P. Turkuaz HA + Everzol Black B 2-10	0,36	0,27
S.S. Red GF + Everzol Black B 2-10	0,35	0,24
S.S. Blue BRF + Everzol Black B 2-10	0,16	0,37
Remazol Blue R + Everzol Black B 2-10	0,28	0,34

Şekil 4.2. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin siyaha boyanması sonucu 10 farklı yerinden alınan ölçümlerin 1 referans noktaya göre karşılaştırılmasıyla elde edilen değerlerin ortalama renk farkları (DE) grafiği



Çizelge 4.17. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin tudolu ve siyaha boyanmış numuneleri standart alınarak yapılan renk sökme işlemlerinin siyaha boyalı numuneleri arasındaki DE renk farkı değerleri

Standart: S.Yellow 2GL TUDO + Everzol Black B		DE
Numune	S.Yellow 2GL orijinal + Everzol Black B	2,72
	S.Yellow 2GL hidrosülfite + Everzol Black B	2,17
	S.Yellow 2GL oksidatif + Everzol Black B	1,33
	S.Yellow 2GL tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,41
	S.Yellow 2GL 15 dk ozon + Everzol Black B	0,53
	S.Yellow 2GL 30 dk ozon + Everzol Black B	0,69
	S.Yellow 2GL 45 dk ozon + Everzol Black B	1,02
	S.Yellow 2GL 60 dk ozon + Everzol Black B	1,35
	S.Yellow 2GL ham + Everzol Black B	0,94
Standart: S.Turkuaz Blue G TUDO + Everzol Black B		DE
Numune	S.Turkuaz Blue G orijinal + Everzol Black B	0,76
	S.Turkuaz Blue G hidrosülfite + Everzol Black B	0,64
	S.Turkuaz Blue G oksidatif + Everzol Black B	0,54
	S.Turkuaz Blue G tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,90
	S.Turkuaz Blue G 15 dk ozon + Everzol Black B	1,00
	S.Turkuaz Blue G 30 dk ozon + Everzol Black B	1,59
	S.Turkuaz Blue G 45 dk ozon + Everzol Black B	1,03
	S.Turkuaz Blue G 60 dk ozon + Everzol Black B	1,17
	S.Turkuaz Blue G ham + Everzol Black B	0,87

Çizelge 4.17. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin tudolu ve siyaha boyanmış numuneleri standart alınarak yapılan renk sökme işlemlerinin siyaha boyalı numuneleri arasındaki DE renk farkı değerleri (devam)

Standart: P. Red HE3B Tudo + Everzol Black B		DE
Numune	P. Red HE3B orijinal + Everzol Black B	3,14
	P. Red HE3B hidrosülfite + Everzol Black B	3,24
	P. Red HE3B oksidatif + Everzol Black B	2,57
	P. Red HE3B tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,97
	P. Red HE3B 15 dk ozon + Everzol Black B	1,40
	P. Red HE3B 30 dk ozon + Everzol Black B	1,91
	P. Red HE3B 45 dk ozon + Everzol Black B	1,79
	P. Red HE3B 60 dk ozon + Everzol Black B	1,91
	P. Red HE3B ham + Everzol Black B	1,10
Standart: P. Turkuaz HA Tudo + Everzol Black B		DE
Numune	P. Turkuaz HA orijinal + Everzol Black B	0,79
	P. Turkuaz HA hidrosülfite + Everzol Black B	0,87
	P. Turkuaz HA oksidatif + Everzol Black B	0,56
	P. Turkuaz HA tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,67
	P. Turkuaz HA 15 dk ozon + Everzol Black B	0,62
	P. Turkuaz HA 30 dk ozon + Everzol Black B	1,12
	P. Turkuaz HA 45 dk ozon + Everzol Black B	1,51
	P. Turkuaz HA 60 dk ozon + Everzol Black B	1,75
	P. Turkuaz HA ham + Everzol Black B	0,69
Standart: S.S. Red GF Tudo + Everzol Black B		DE
Numune	S.S. Red GF orijinal + Everzol Black B	2,06
	S.S. Red GF hidrosülfite + Everzol Black B	1,99
	S.S. Red GF oksidatif + Everzol Black B	1,41
	S.S. Red GF tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,50
	S.S. Red GF 15 dk ozon + Everzol Black B	0,72
	S.S. Red GF 30 dk ozon + Everzol Black B	0,96
	S.S. Red GF 45 dk ozon + Everzol Black B	1,14
	S.S. Red GF 60 dk ozon + Everzol Black B	1,56
	S.S. Red GF ham + Everzol Black B	0,50
Standart: S.S.Blue BRF Tudo + Everzol Black B		DE
Numune	S.S.Blue BRF orijinal + Everzol Black B	1,25
	S.S.Blue BRF hidrosülfite + Everzol Black B	1,55
	S.S.Blue BRF oksidatif + Everzol Black B	0,86
	S.S.Blue BRF tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,54
	S.S.Blue BRF 15 dk ozon + Everzol Black B	0,98
	S.S.Blue BRF 30 dk ozon + Everzol Black B	1,46
	S.S.Blue BRF 45 dk ozon + Everzol Black B	2,19
	S.S.Blue BRF 60 dk ozon + Everzol Black B	2,19
	S.S.Blue BRF ham + Everzol Black B	1,11

Çizelge 4.17. 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunelerin tudolu ve siyaha boyanmış numuneleri standart alınarak yapılan renk sökme işlemlerinin siyaha boyalı numuneleri arasındaki DE renk farkı değerleri (devam)

Standart: Remazol Blue R Tudo + Everzol Black B		DE
Numune	Remazol Blue R orijinal + Everzol Black B	1,47
	Remazol Blue R hidrosülfite + Everzol Black B	0,78
	Remazol Blue R oksidatif + Everzol Black B	0,80
	Remazol Blue R tudo-oksidatif + Everzol Black B	0,49
	Remazol Blue R 15 dk ozon + Everzol Black B	1,29
	Remazol Blue R 30 dk ozon + Everzol Black B	1,76
	Remazol Blue R 45 dk ozon + Everzol Black B	1,96
	Remazol Blue R 60 dk ozon + Everzol Black B	2,28
	Remazol Blue R ham + Everzol Black B	1,51

Çizelge 4.18. Ham kumaşın siyaha boyanan örneğine karşılık 7 adet boyarmadde ile boyanmış numunenin tudolu, 45 dk ozonlu ve orijinal - siyaha boyalı numuneler arasındaki DE renk farkı değerleri

Standart: Ham + Everzol Black B								
Numune	Tudolar + Everzol	S.Yellow 2GL	S.Turkuaz Blue G	P.Red HE3B	P.Turkuaz HA	S.S.Red GF	S.S.Blue BRF	R.Blue R
	DE	1,13	0,92	0,87	0,97	0,43	0,93	1,31
	DL*	-0,52	-0,34	0,26	-0,50	0,42	-0,71	-1,29
	Da*	0,19	0,34	-0,16	0,32	0,04	0,01	-0,03
	Db*	0,98	0,78	0,82	0,76	0,06	0,61	0,21
	45 dk Ozon + Everzol	S.Yellow 2GL	S.Turkuaz Blue G	P.Red HE3B	P.Turkuaz HA	S.S.Red GF	S.S.Blue BRF	R.Blue R
	DE	0,41	0,35	1,10	0,83	1,35	1,60	0,81
	DL*	-0,06	0,34	0,98	0,73	1,09	1,44	0,34
	Da*	-0,40	0,01	-0,36	-0,28	-0,44	-0,43	-0,49
	Db*	0,01	0,04	-0,34	-0,27	-0,66	-0,55	-0,55
	Orijinal Boyalı + Everzol	S.Yellow 2GL	S.Turkuaz Blue G	P.Red HE3B	P.Turkuaz HA	S.S.Red GF	S.S.Blue BRF	R.Blue R
	DE	3,52	0,42	2,76	1,53	2,02	0,80	0,51
	DL*	-0,79	0,19	-0,70	-1,28	-0,15	-0,46	0,38
	Da*	-1,05	-0,15	2,66	-0,04	1,98	0,63	-0,07
	Db*	3,26	0,34	0,20	0,83	0,40	-0,17	-0,33

Ozonlama yapılan numunelerin işlem sonrası renk değerleri ölçülmüştür. Yaklaşık üç ay depolama süresi sonrası ozonlama yapılan örneklerde sararma olma olasılığının incelenmesi açısından depolama sonrası numunelerin renkleri tekrar ölçülmüş ve sarılık değerleri ASTM D1925-70 Y.I. standardına göre kaydedilerek çizelge halinde verilmiştir.

Çizelge 4.19. Ozonlanan numunelerin işlem sonrası ve 3 ay depolama süresi sonrası sarılık değerleri

ASTM D1925-70 Y.I.	İşlem Sonrası	Depolama Sonrası
S.Yellow 2GL 15 dk Ozon Ard İşlem	47,38	43,09
S.Yellow 2GL 30 dk Ozon Ard İşlem	26,4	24,56
S.Yellow 2GL 45 dk Ozon Ard İşlem	23,7	22,67
S.Yellow 2GL 60 dk Ozon Ard İşlem	9,8	9,59
S.Turkuaz Blue G 15 dk Ozon Ard İşlem	-7,43	-9,09
S.Turkuaz Blue G 30 dk Ozon Ard İşlem	-1,56	2,19
S.Turkuaz Blue G 45 dk Ozon Ard İşlem	-0,52	2,66
S.Turkuaz Blue G 60 dk Ozon Ard İşlem	1,15	3,68
Procion Red HE3B 15 dk Ozon Ard İşlem	20,92	24,94
Procion Red HE3B 30 dk Ozon Ard İşlem	7,17	6,96
Procion Red HE3B 45 dk Ozon Ard İşlem	6,29	9,54
Procion Red HE3B 60 dk Ozon Ard İşlem	3,62	6,19
Procion Turkuaz HA 15 dk Ozon Ard İşlem	0,2	-1,95
Procion Turkuaz HA 30 dk Ozon Ard İşlem	1,46	2,99
Procion Turkuaz HA 45 dk Ozon Ard İşlem	1,01	0,12
Procion Turkuaz HA 60 dk Ozon Ard İşlem	1,87	4,11
S.Supra Red GF 15 dk Ozon Ard İşlem	26	26,47
S.Supra Red GF 30 dk Ozon Ard İşlem	9,3	7,29
S.Supra Red GF 45 dk Ozon Ard İşlem	4,21	7,15
S.Supra Red GF 60 dk Ozon Ard İşlem	7,44	8,21
S.Supra Blue BRF 15 dk Ozon Ard İşlem	-22,93	-20,51
S.Supra Blue BRF 30 dk Ozon Ard İşlem	-1,68	-13,6
S.Supra Blue BRF 45 dk Ozon Ard İşlem	-5,62	-24,53
S.Supra Blue BRF 60 dk Ozon Ard İşlem	-1,67	1,99
Remazol Blue R 15 dk Ozon Ard İşlem	-1,03	-5,36
Remazol Blue R 30 dk Ozon Ard İşlem	2,06	-6,66
Remazol Blue R 45 dk Ozon Ard İşlem	2,96	4,58
Remazol Blue R 60 dk Ozon Ard İşlem	1,44	3,29

4.2 Yıkama Haslığı

TUDO ile ve 45 dk. ozon gazıyla renk sökme işlemi yapılan numunelerin siyaha boyalı örneklerinin yıkama haslıkları A2S standardına göre yapılmıştır. A2S' de 4 g/l ECE, 1 g/l Sodyum Perborat reçetesine göre 40°C'de 30 dakika süre ile tüplere 150'şer ml. çözelti konularak yıkama yapılmıştır. Yıkama sonu kuruyan numunelerin renkleri gri skalaya göre Spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Yıkama haslığı yapılırken laboratuvardaki mevcut TEST Laboratuvar Cihazları 412 NB HT modelli haslık makinesi kullanılmıştır.

Çizelge 4.20. Tudolu ve 45 dk ozonlu numunelerin siyaha boyalı örneklerinin yıkama haslığı değerleri

İŞLEMLER	Yün	Akrilik	PES	PA	CO	Asetat
S.Yellow 2GL Tudo + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
S.Yellow 2GL 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
S.Turkuaz Blue G Tudo + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	5
S.Turkuaz Blue G 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4
P.Red HE3B Tudo + Everzol Black B	4 - 5	5	5	4 - 5	4 - 5	5
P.Red HE3B 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	5
P.Turkuaz HA Tudo + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	5
P.Turkuaz HA 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
S.Supra Red GF Tudo + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
S.Supra Red GF 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	5
S.Supra Blue BRF Tudo + Everzol Black B	4 - 5	5	5	4 - 5	4 - 5	4
S.Supra Blue BRF 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	4 - 5	5	5	4 - 5	4 - 5
Remazol Blue R Tudo + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	4 - 5
Remazol Blue R 45 dk Ozon + Everzol Black B	5	5	5	4 - 5	4 - 5	5

4.3 KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) Ölçümleri

KOİ, organik maddelerin tayini için kullanılan yöntemdir. Bu yöntem ile organik maddeler kimyasal stabilizasyonları için gerekli oksijen miktarı cinsinden belirlenir.

Boyama ve ozonlama işlemlerinden alınan atık su örneklerini incelemek için Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 5220:C Closed Reflux Method standardı kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında alınan su numunelerinin kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) belirlenebilmesi için Merck Spectroquant marka farklı ölçüm aralıklarına sahip (25 - 1500 mg/l, 50 - 500 mg/l, 300 - 3500 mg/l) KOİ kitleri kullanılmıştır. Kullanılan kite göre su numunesinden belirli bir miktarda su alınıp kitlerdeki çözeltilere ilave edilmiştir. WTW marka CR2200 model Termoreaktör cihazında 148°C' de iki saat süreyle reaksiyon gerçekleştirilmiştir. İki saat reaksiyon süresi sonunda alınan örnek oda sıcaklığına soğutulduktan sonra Merck marka Pharo300 Spectroquant modeli makinede kimyasal oksijen ihtiyacı derişimi (mg/l) ölçülmüştür. Alınan KOİ ölçüm sonuçları çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 4.21. 7 adet boyarmadde için alınan boyama suyu örneklerinin KOİ değerleri

İŞLEM	KOİ sonucu (mg/l)
S.Yellow 2GL boyama işlem öncesi	1980
S.Yellow 2GL boyama işlem sonrası	1656
S.Turkuaz Blue G boyama işlem öncesi	2136
S.Turkuaz Blue G boyama işlem sonrası	1632
P.Red HE3B boyama işlem öncesi	1816
P.Red HE3B boyama işlem sonrası	1492
P.Turkuaz HA boyama işlem öncesi	2136
P.Turkuaz HA boyama işlem sonrası	4272
S.S.Red GF boyama işlem öncesi	5964
S.S.Red GF boyama işlem sonrası	2840
S.S.Blue BRF boyama işlem öncesi	2192
S.S.Blue BRF boyama işlem sonrası	1404
Remazol Blue R boyama işlem öncesi	3212
Remazol Blue R boyama işlem sonrası	2724
Ard İşlem Yıkama Suyu (P.Red HE3B)	1180

Çizelge 4.22. 7 adet boyarmadde için klasik renk sökme işlemlerinde alınan su numunelerinin KOİ değerleri

KOİ Değerleri (mg/lt)	TUDO	Oksidatif	Hidrosülfit	TUDO + Oksidatif
İşlem Öncesi Su Numunesi	876	1260	260	948
S. Yellow 2GL	1684	3068	876	2820
S. Turkuaz Blue G	1436	2388	1232	3512
P. Red HE3B	1788	2872	908	1236
P. Turkuaz HA	1136	3076	700	3320
S. Supra Red GF	3056	3452	1420	1812
S. Supra Blue BRF	1820	5416	716	3252
Remazol Blue R	3032	1412	2384	2896

Çizelge 4.23. 7 adet boyarmadde için 45 ve 60 dk. Ozon gazı ile renk sökme işlemlerinde alınan su numunelerinin KOİ değerleri

KOİ Değerleri (mg/lt)	45 dk Ozon	60 dk Ozon
S. Yellow 2GL	105	94
S. Turkuaz Blue G	111	81
P. Red HE3B	101	96
P. Turkuaz HA	109	98
S. Supra Red GF	104	84
S. Supra Blue BRF	107	91
Remazol Blue R	95	92

Çizelge 4.24. TUDO ve 45 dk ozonlama sonucu KOİ değerleri karşılaştırması

	S. Yellow 2GL	S. Turkuaz Blue G	P. Red HE3B	P. Turkuaz HA	S. Supra Red GF	S. Supra Blue BRF	Remazol Blue R
TUDO	1684	1436	1788	1136	3056	1820	3032
45 dk. Ozon	105	111	101	109	104	107	95
% Azalma	94	92	94	90	97	94	97

4.4 Mukavemet Ölçümleri

Siyaha boyanan numunelere ISO 13934:1999 Standardına göre Mukavemet Testleri uygulanmıştır. Mukavemet testi laboratuvarında mevcut olan Instron cihazında gerçekleştirilmiştir. Alınan sonuçlar çizelgeler halinde verilmiştir. 5 kN yük ile çalışılmıştır. Çeneler arası mesafe numune boyutlarına göre 50 ve 200 mm. olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. S. Yellow 2GL boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
S. Yellow 2GL orj. Everzol Black B	1,09	99,45	59,3	10,31
S. Yellow 2GL orj. Everzol Black B	1,11	100,8	100,8	8,78
S. Yellow 2GL tudolu Everzol Black B	0,87	78,78	44,39	8,75
S. Yellow 2GL tudolu Everzol Black B	1,08	98,45	98,45	9,92
S. Yellow 2GL hidrosülfitle Everzol Black B	1,06	96,73	54,24	10,06
S. Yellow 2GL hidrosülfitle Everzol Black B	1,10	100,4	54,43	9,25
S. Yellow 2GL oksidatif Everzol Black B	0,79	71,61	42,2	8,07
S. Yellow 2GL oksidatif Everzol Black B	0,69	63,11	34,78	8,31
S. Yellow 2GL tudo ve oksidatif Everzol Black B	1,12	101,4	66,02	6,6
S. Yellow 2GL tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,64	58,53	33,65	9,28
S. Yellow 2GL 15 dk ozon Everzol Black B	0,89	80,68	42,15	8,81
S. Yellow 2GL 15 dk ozon Everzol Black B	1,07	97,09	89,14	7,88
S. Yellow 2GL 30 dk ozon Everzol Black B	0,93	84,56	47,64	7,58
S. Yellow 2GL 30 dk ozon Everzol Black B	0,94	85,27	56,28	7,39
S. Yellow 2GL 45 dk ozon Everzol Black B	0,69	62,53	21,16	7,43
S. Yellow 2GL 45 dk ozon Everzol Black B	0,64	58,01	54,86	7,06
S. Yellow 2GL 60 dk ozon Everzol Black B	0,74	67,34	67,34	17,25
S. Yellow 2GL 60 dk ozon Everzol Black B	0,79	71,83	71,83	15,28
S. Yellow 2GL ham Everzol Black B	0,99	90,48	53,75	5,73
S. Yellow 2GL ham Everzol Black B	0,80	73,12	3,7	4,9

Çizelge 4.26. S. Turkuaz Blue G boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
S.Turkuaz Blue G orj. Everzol Black B	0,78	70,77	27,38	7,29
S.Turkuaz Blue G orj. Everzol Black B	0,90	81,39	81,32	8,16
S.Turkuaz Blue G tudolu Everzol Black B	1,02	92,27	92,27	9,14
S.Turkuaz Blue G tudolu Everzol Black B	0,90	81,95	33,24	8,07
S.Turkuaz Blue G hidrosülfitle Everzol Black B	0,72	65,45	65,45	6,83
S.Turkuaz Blue G hidrosülfitle Everzol Black B	1,07	97,45	97,45	7,99
S.Turkuaz Blue G oksidatif Everzol Black B	0,85	76,90	76,90	7,90
S.Turkuaz Blue G oksidatif Everzol Black B	0,72	65,48	65,24	7,22
S.Turkuaz Blue G tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,96	87,03	43,02	7,55
S.Turkuaz Blue G tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,95	86,10	48,52	7,65
S.Turkuaz Blue G 15 dk ozon Everzol Black B	0,99	90,30	42,59	5,73
S.Turkuaz Blue G 15 dk ozon Everzol Black B	0,99	90,05	19,40	7,30
S.Turkuaz Blue G 30 dk ozon Everzol Black B	1,02	93,00	93,00	7,44
S.Turkuaz Blue G 30 dk ozon Everzol Black B	0,87	79,03	41,74	6,37
S.Turkuaz Blue G 45 dk ozon Everzol Black B	0,97	87,74	87,74	8,75
S.Turkuaz Blue G 45 dk ozon Everzol Black B	0,86	78,56	78,56	7,97
S.Turkuaz Blue G 60 dk ozon Everzol Black B	0,80	73,05	48,17	8,54
S.Turkuaz Blue G 60 dk ozon Everzol Black B	0,87	79,32	60,31	8,67

Çizelge 4.27. P. Red HE3B boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
P. Red He3b orj. Everzol Black B	0,55	50,35	49,17	14,28
P. Red He3b orj. Everzol Black B	1,00	91,18	91,18	17,10
P. Red He3b tudolu Everzol Black B	1,04	94,55	94,55	17,41
P. Red He3b tudolu Everzol Black B	0,75	68,14	50,25	14,43
P. Red He3b hidrosülfitle Everzol Black B	0,91	92,85	82,22	16,33
P. Red He3b hidrosülfitle Everzol Black B	0,69	62,70	11,91	13,76
P. Red He3b oksidatif Everzol Black B	0,44	39,75	17,68	13,33
P. Red He3b oksidatif Everzol Black B	0,51	46,76	26,41	14,43
P. Red He3b tudo ve oksidatif Everzol Black B	1,07	97,36	41,85	7,82
P. Red He3b tudo ve oksidatif Everzol Black B	1,02	92,45	46,00	7,48
P. Red He3b 15 dk ozon Everzol Black B	0,90	81,66	43,39	6,71
P. Red He3b 15 dk ozon Everzol Black B	0,94	85,46	85,46	6,85
P. Red He3b 30 dk ozon Everzol Black B	0,77	69,87	40,25	6,57
P. Red He3b 30 dk ozon Everzol Black B	0,73	66,53	12,47	5,93
P. Red He3b 45 dk ozon Everzol Black B	0,79	72,19	72,19	17,56
P. Red He3b 45 dk ozon Everzol Black B	0,79	71,77	71,77	17,81
P. Red He3b 60 dk ozon Everzol Black B	0,56	50,66	50,66	13,20
P. Red He3b 60 dk ozon Everzol Black B	0,66	59,62	59,62	14,84

Çizelge 4.28. Procion Turkuaz HA boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
P. Turkuaz HA orj. Everzol Black B	0,79	71,90	58,82	13,43
P. Turkuaz HA orj. Everzol Black B	0,49	44,93	31,80	13,28
P. Turkuaz HA tudolu Everzol Black B	0,96	87,06	87,06	18,28
P. Turkuaz HA tudolu Everzol Black B	1,13	102,60	1,13	19,87
P. Turkuaz HA hidrosülfitle Everzol Black B	1,05	95,45	1,05	18,50
P. Turkuaz HA hidrosülfitle Everzol Black B	0,67	60,50	9,07	14,69
P. Turkuaz HA oksidatif Everzol Black B	0,64	58,45	43,98	15,04
P. Turkuaz HA oksidatif Everzol Black B	0,80	72,58	48,01	17,17
P. Turkuaz HA tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,94	85,71	55,91	17,38
P. Turkuaz HA tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,79	72,07	27,12	6,73
P. Turkuaz HA 15 dk ozon Everzol Black B	0,88	80,22	37,02	6,96
P. Turkuaz HA 15 dk ozon Everzol Black B	0,99	90,36	50,88	8,01
P. Turkuaz HA 30 dk ozon Everzol Black B	0,76	69,16	33,85	6,98
P. Turkuaz HA 30 dk ozon Everzol Black B	0,91	83,10	60,43	7,56
P. Turkuaz HA 45 dk ozon Everzol Black B	0,74	67,14	37,14	15,26
P. Turkuaz HA 45 dk ozon Everzol Black B	0,77	70,14	70,14	17,01
P. Turkuaz HA 60 dk ozon Everzol Black B	0,76	68,87	68,87	16,01
P. Turkuaz HA 60 dk ozon Everzol Black B	0,69	62,63	62,63	16,20

Çizelge 4.29. S.Supra Red GF boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
S.Supra Red GF orj. Everzol Black B	0,63	57,53	47,15	13,29
S.Supra Red GF orj. Everzol Black B	0,61	55,52	29,53	13,34
S.Supra Red GF tudolu Everzol Black B	0,66	60,25	7,68	13,16
S.Supra Red GF tudolu Everzol Black B	1,07	97,55	97,55	16,90
S.Supra Red GF hidrosülfitle Everzol Black B	1,12	102,10	-16,06	16,06
S.Supra Red GF hidrosülfitle Everzol Black B	10,78	70,67	54,82	14,70
S.Supra Red GF oksidatif Everzol Black B	0,55	50,23	30,73	12,57
S.Supra Red GF oksidatif Everzol Black B	0,56	50,76	19,11	13,52
S.Supra Red GF tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,61	55,30	18,30	5,15
S.Supra Red GF tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,64	57,76	53,86	5,21
S.Supra Red GF 15 dk ozon Everzol Black B	0,84	75,95	27,36	5,57
S.Supra Red GF 15 dk ozon Everzol Black B	0,89	80,65	63,43	6,13
S.Supra Red GF 30 dk ozon Everzol Black B	0,84	76,32	76,32	5,47
S.Supra Red GF 30 dk ozon Everzol Black B	0,83	75,19	50,74	5,02
S.Supra Red GF 45 dk ozon Everzol Black B	0,77	69,97	64,45	15,16
S.Supra Red GF 45 dk ozon Everzol Black B	0,61	55,25	55,25	14,57
S.Supra Red GF 60 dk ozon Everzol Black B	0,69	62,67	35,09	13,87
S.Supra Red GF 60 dk ozon Everzol Black B	0,61	55,65	55,65	13,91

Çizelge 4.30. S.Supra Blue BRF boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
S.S. Blue BRF orj. Everzol Black B	0,40	36,47	13,47	12,82
S.S. Blue BRF orj. Everzol Black B	0,45	41,10	14,86	12,02
S.S. Blue BRF tudolu Everzol Black B	1,01	91,91	91,91	15,48
S.S. Blue BRF tudolu Everzol Black B	1,04	94,09	94,09	16,81
S.S. Blue BRF hidrosülfiteli Everzol Black B	0,75	68,16	12,20	13,71
S.S. Blue BRF hidrosülfiteli Everzol Black B	0,55	49,86	6,48	13,66
S.S. Blue BRF oksidatif Everzol Black B	0,84	76,26	76,26	14,84
S.S. Blue BRF oksidatif Everzol Black B	1,03	93,27	93,27	15,52
S.S. Blue BRF tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,82	74,09	43,39	6,28
S.S. Blue BRF tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,74	67,63	35,78	5,80
S.S. Blue BRF 15 dk ozon Everzol Black B	0,88	80,22	44,35	5,98
S.S. Blue BRF 15 dk ozon Everzol Black B	0,91	82,64	51,30	5,45
S.S. Blue BRF 30 dk ozon Everzol Black B	0,64	57,82	36,41	4,96
S.S. Blue BRF 30 dk ozon Everzol Black B	0,68	62,25	30,24	5,09
S.S. Blue BRF 45 dk ozon Everzol Black B	0,51	46,10	22,43	12,00
S.S. Blue BRF 45 dk ozon Everzol Black B	0,55	50,30	34,63	12,50
S.S. Blue BRF 60 dk ozon Everzol Black B	0,45	41,03	8,30	11,31
S.S. Blue BRF 60 dk ozon Everzol Black B	0,39	35,37	17,62	11,42

Çizelge 4.31. Remazol Blue R boyarmaddesiyle boyanan numuneler için mukavemet değerleri

İŞLEM	Max. Load (kN)	Max. Str (Mpa)	Brk. Str. (Mpa)	Max. % Stn.
Remazol Blue R orj. Everzol Black B	0,46	41,79	20,46	12,81
Remazol Blue R orj. Everzol Black B	0,83	75,71	75,71	14,50
Remazol Blue R tudolu Everzol Black B	1,08	98,18	98,18	15,85
Remazol Blue R tudolu Everzol Black B	0,91	82,54	82,54	15,87
Remazol Blue R hidrosülfiteli Everzol Black B	0,81	73,90	41,25	15,40
Remazol Blue R hidrosülfiteli Everzol Black B	0,77	70,31	70,31	16,05
Remazol Blue R oksidatif Everzol Black B	0,87	79,17	67,58	15,74
Remazol Blue R oksidatif Everzol Black B	0,83	75,80	75,80	17,86
Remazol Blue R tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,88	80,27	64,11	6,75
Remazol Blue R tudo ve oksidatif Everzol Black B	0,93	84,68	36,83	6,53
Remazol Blue R 15 dk ozon Everzol Black B	0,93	84,66	42,75	6,10
Remazol Blue R 15 dk ozon Everzol Black B	0,91	83,17	48,39	5,16
Remazol Blue R 30 dk ozon Everzol Black B	0,86	78,56	78,05	5,66
Remazol Blue R 30 dk ozon Everzol Black B	0,82	74,36	74,36	5,37
Remazol Blue R 45 dk ozon Everzol Black B	0,60	54,89	54,42	12,98
Remazol Blue R 45 dk ozon Everzol Black B	0,77	70,05	70,05	14,07
Remazol Blue R 60 dk ozon Everzol Black B	0,64	58,35	58,35	13,91
Remazol Blue R 60 dk ozon Everzol Black B	0,61	55,01	55,01	15,50

Çizelge 4.32. 7 adet reaktif boyarmadde ile boyanmış numunelerin TUDO ve 45 dk. Ozonla gördükleri işlemler sonucu maksimum yükleme mukavemet değerleri

Max. Load (kN)	TUDO	TUDO	45 dk Ozon	45 dk Ozon
S. Yellow 2GL	0,87	1,08	0,69	0,64
S. Turkuaz Blue G	1,02	0,90	0,97	0,86
P. Red HE3B	1,04	0,75	0,79	0,79
P. Turkuaz HA	0,96	1,13	0,74	0,77
S.Supra Red GF	0,66	1,07	0,77	0,61
S.Supra Blue BRF	1,01	1,04	0,51	0,55
Remazol Blue R	1,08	0,91	0,60	0,77

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Tartışma

Boyanmış Numunelere Uygulanan Farklı Renk Sökme İşlemleri Sonucu Hesaplanan % Renk Giderimi Oranları

Ham kumaşın, yedi adet boyarmadde ile boyanmış orijinal boyalı numunelerin, TUDO' lu numunelerin, 15 ve 45 dk ozonla renk sökme işlemi uygulanan numunelerin K/S değerleri Çizelge 4.15' te verilmiştir. Boyamaya hazır yıkanıp ağartılmış ham kumaşın K/S değeri oldukça düşüktür. K/S değerleri renk sökme işlemlerinden sonra değişme göstermiştir. Bulgular kısmında verilen formülden hesaplanan % renk giderimleri grafiği Şekil 4.1' de verilmiştir. Böylece % renk giderimleri oranlarını takip etmek ve karşılaştırmak kolaylaşmıştır.

Şekil 4.1 TUDO ve ozonlama ile renk sökme işlemlerinden çok yüksek oranlarda % renk giderimi değerleri elde edilebileceğini göstermektedir. Eğer Şekil 4.1 ayrıntılı incelenirse, tüm 45 dk süreli ozonlama işlemlerinin 15 dk süreli ozonlama işlemlerinden daha yüksek % renk giderimi oranları verdiği görülür.

Ayrıca ortalama değerlere bakıldığında 15 dk süreli ozonlamalar ile % 86 renk giderimi hesaplanırken, 45 dk süreli ozonlamalar ile % 92 renk giderimi verimi alınmıştır. Şekil 4.1' de gösterilen sonuçlara göre, 7 adet boyarmadde çeşidi arasında, sonuçlardan dört adet boyarmadde için 45 dk süreli ozonlama sonucu TUDO' lu renk sökme işlemine göre daha yüksek % renk giderimi değerleri okunmuştur. Yine grafikten okunan değerlere göre iki adet boyarmadde için ise TUDO değerleri 45 dk süreli ozonlamalardan yüksek ve bir tanesinde ise ozonlama ile TUDO' lu renk sökme değerleri eşit sayılmaktadır.

Bu nedenle genel bir bakışla, TUDO ve ozonlamayı karşılaştıracak olursak, sırasıyla ortalama değerlerden TUDO' lu renk sökmeler % 89 renk giderimi verirken, 45 dk süreli ozonlama ile renk giderimi işlemlerinde % 92 renk giderimi gözlenmiştir. Ayrıca burada göz önünde bulundurulması gereken bir nokta daha vardır. Ozonlama işlemi herhangi bir kimyasal kullanılmadan, oda sıcaklığından uygulanırken, TUDO ile yapılan renk sökme işleminde yaklaşık 10 gr katı kimyasal madde kullanılmakta ve işlem 60 dk süre ile 100°C sıcaklıkta yapılmaktadır.

Eğer ortalama % renk giderim değerleri her bir kromofor gruplu boyarmadde için ayrı olarak hesaplanırsa Azo, Antrakinin, Fitalosiyenin, Formazan sırasıyla; TUDO ile renk sökmelerde 84, 78, 93 ve 96 sonuçları alınır. 45 dk süreli ozonlamalar içinse sonuçlar sırasıyla 90, 91, 94 ve 95' tir. Bu sonuçlara göre renk sökme performansı TUDO ve Ozonlama için Formazan gruplarında yaklaşık olarak aynı iken, ozonlama işlemi Azo, Antrakinin ve Fitalosiyenin kromofor gruplu boyarmaddelerde daha etkin olmuştur. % renk giderimi değerleri bu gruplu boyarmaddelerde daha yüksek çıkmıştır.

Ancak elde edilen bu sonuçlar sınırlı boyarmaddelerle yapılan bir çalışmanın sonucudur. Daha genel bir sonuç için daha fazla miktarda boyarmadde ile denemeler yapılabilir.

Renk Sökülme İşlemleri Uygulanıp Siyaha Boyanan Numuneler Arasındaki Renk Verimi ve Renk Farkları

Tüm kumaş numuneleri gördükleri renk sökme işlemlerinden sonra siyaha boyanmıştır. Boyama %5' lik oranda yapılmış ve reçete yöntem kısmında verilmiştir.

TUDO' lu, 45 dk süre ozonlu, orijinal boyalı tüm numunelerin %5' lik siyaha boyanmaları sonucu ölçülen renk değerleri, ham kumaşın aynı reçete ile siyaha boyanan örneği ile karşılaştırılarak renk farklılıkları Çizelge 4.18' de verilmiştir. TUDO ve 45 dk süre ozonlanıp siyaha boyanan numunelerin, ham kumaşın siyaha boyalı numunesi ile karşılaştırılmasında, orijinal boyalının siyaha boyanmış numunesine göre çoğunlukla DE (renk farkı) değerleri 1'in altındadır. Her renk giderimi işlemi için ölçülen renk farkı değerleri yedi adet boyarmadde için ortalama alınarak Çizelge 4.18' de verilmiştir. TUDO için ortalama renk farkı değeri 0,4 iken, ozonlama ile renk farkı değeri ortalama 0,2' dir. Bu sonuçlar kumaşlarda yeterli renk gideriminin olduğunu göstermektedir. Çünkü kumaştaki baz renk, boyalı rengin görüntüsünü etkiler ve daha yüksek renk farklılıklarına sebep olur. Sonuç olarak 45 dk süreli ozonlama ile renk sökme işleminin en az konvansiyonel olarak yapılan klasik renk sökme işlemleri kadar başarılı olduğu söylenebilir.

Renk sökme işlemlerinin eşit şartlarda ve homojen olarak yapılması da oldukça önemlidir. Çünkü renk sökme işlemleri homojen ve üniform olarak yapılmazsa numuneler arasında da renk farklılıkları oluşabilir. Bu nedenle renk sökülüp siyaha boyanan tüm numunelerde DE renk farkı değerlerini ölçmek için, her numunede on farklı noktadan ölçüm alındı ve bir nokta referans alınarak buna karşılık diğer dokuz noktanın DE renk farkı değerleri ölçüldü. Ölçülen on noktanın DE değerlerinin ortalaması Şekil 4.2' de grafik halinde verilmiştir. Bu grafikte yedi adet boyarmadde için alınan dokuz noktanın ($7 \times 9 = 63$ değer) DE değerlerinin ortalaması TUDO ve 45 dk süre ozonlamalı renk sökme işlemleri için verilmiştir.

Şekil 4.2' de ozonlama ile renk sökmenin her boyarmadde için TUDO ile renk sökmeye göre homojenlik açısından eşitliği gösterilmiştir. DE renk farkı değeri 1 sınır değer olarak grafikte koyu şekilde belirtilmiştir. Ölçümü alınan 63 değerinin hiç biri bu sınır DE değerini aşmamıştır. Aslında TUDO için ortalama renk farkı DE değeri 0,33 iken ozonlama ile renk farkı DE değeri ortalama 0,30 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar numuneler arasında kabul edilebilir ve DE sınır değerini aşmamış renk farkları olduğunu gösterir.

Ozonlama İle Renk Sökme İşlemlerinin Çevre Açısından Yararları

KOİ ölçüm sonuçları Çizelge 4.24' te verilmiştir. TUDO ile renk sökme işlemlerinin KOİ değerleri, 45 dk süreli ozonlama işlemlerinin KOİ değerleri ile karşılaştırıldığında % 97 azalma sağlanmıştır. TUDO ile renk sökme işlemlerinde 5 g/l TUDO ve 5 g/l Kostik Soda kullanılırken, ozonlama ile renk sökme işlemlerinde sadece ozon gazı kullanılmaktadır. Ayrıca ozon gazı kararsız bir gazdır ve sıcaklığa bağlı olarak nispeten kısa bir yarı ömrü vardır. Ozonlama sonucu ozon gazı oksijene dönüşür ve işlem sonu banyoda oksitlenmiş türler hariç herhangi bir katı kimyasal artık bulunmaz. Sonuç olarak ozonlama ile işlem sonucu alınan atık sular, klasik renk sökme işlemlerinin atık suları ile karşılaştırıldığında daha düşük KOİ değerleri vermektedir.

Numunelerin Mukavemeti

Ortalama mukavemet (maksimum yükleme (kN)) ozonlama işlemlerinde 0,72 kN iken, TUDO' lu numunelerde 0,96 kN olarak ölçülmüştür.

Bu sonuçlar ilk bakışta ozonlama işlemi sonucu numunelerde % 16 mukavemet kaybı olduğunu göstermektedir. Ancak TUDO ile renk sökme işlemi 60 dk süre boyunca 100°C sıcaklıkta Kostik Soda ve TUDO kullanılarak yapılırken, ozonlama ile renk sökme işlemi oda sıcaklığında sadece nötr su kullanılarak yapılmaktadır.

Sonuç olarak TUDO ile işlem gören numuneler ozonlamalara göre çok daha fazla çekmektedir. Bu nedenle mukavemet sonuçları karşılaştırılırken numunelerin çekmesi göz önünde bulundurulmalıdır. TUDO ile işlem yapılan numunelerin atkı sıklığı 37 atkı/cm iken, ozonlanan numunelerin atkı sıklığı 32 atkı/cm olarak ölçülmüştür. Bu sıklık değeri ağartılmış ham kumaşta 31 atkı/cm' dir.

Eğer ölçülen mukavemet değerlerini ölçülen atkı sıklıklarına bölersek mukavemet/atkı sıklığı değerleri (mukavemet(kN)/(atkı/cm)) ortalama olarak TUDO ile işlem gören numunelerde 25,9 N bulunurken, ozonlama ile 22,5 N olarak bulunmuştur. Mukavemet değerleri farkı bu durumda sadece % 3 olarak belirlenmiştir.

Dolısıyla, bu koşullarda ozonlama işleminin belirgin ve önemli bir mukavemet kaybına neden olmadığı sonucuna varılabilir.



5.2 Sonuçlar

Reaktif boyarmaddeler ile boyanan pamuklu kumaşlardan renk sökümü için ozonlama işlemleri faydalı bir yöntem ve zgn bir yaklaşım olarak tanıtılmıştır.

Denemeler seçilen farklı kromofor ve reaktif grupları olan yedi adet reaktif boyarmadde ile yapılmıştır. Sonuçlar 45 dk süreli ozonlama uygulamasının diğer 15, 30 ve 60 dk süreli  ozonlama yöntemi içinde en iyi ozonlama süresi olduğunu göstermiştir. % renk giderimi değerleri tüm 45 dk süre ile ozonlanan numunelerde % 90'ın üzerinde çıkmıştır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri renk sökme banyoları için karşılaştırıldığında, ortalama KOİ değer 45 dk süreyle ozonlama banyosunda 105 mg/l olarak ölçülürken, klasik redüktif renk sökme banyosunda ise 1993 mg/l olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, ozonlama ile redüktif renk sökme karşılaştırıldığında, KOİ değerlerinde ozonlama ile neredeyse % 94 azalma sağlanmıştır. Mukavemet değerleri ise, TUDO ve ozonlama arasında sadece %3' lk bir fark ile benzerdir.

Renk sökümü yapılan numuneler siyaha boyanmış ve numuneler arasındaki homojenliği görmek açısından siyaha boyanan numunelerin renkleri ölçülmüştür. Renk sökme ve siyaha boyama işlemleri sonucu orijinal siyaha boyalı numunelere göre çok düşük renk farkları ortaya çıkmıştır. Renk sökme işlemlerinin verimli olması nedeniyle boyamalar homojenlik göstermiştir.

Ozonlama işlemleri ile klasik renk sökme işlemleri karşılaştırıldığında enerji ve zamandan tasarruf sağlandığı (ozonlama oda sıcaklığında ve % 25 daha az işlem sresinde yapılmakta) ve çevresel yk açısından % 94 azalma sağlandığı (klasik kimyasal renk sökme proseslerinde 5 g/l TUDO ve 5 g/l Kostik Soda kullanılırken, ozonlamada sadece ozon gazı kullanılmakta ve ozon oksijene dönüşen kısa bir yarı ömre sahiptir) sonuçları elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Alaton, I.A., Kornmüller, A., Jekel, M.R. 2002.** Ozonation of spent reactive dye-baths: effects of $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ alkalinity, *Journal Of Environmental Engineering*. 128(8): 689-696.
- Aniş, P. 1998.** Tekstil Ön Terbiyesi. Alfa Kitapevi, Bursa, 203 s.
- Anonim, 1987.** Reactive Dyes, Katalog, Sumitomo Chemical Co. Ltd.
- Anonim, 2011.** Selülozu Boyama 1. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEGEP), Tekstil Teknolojisi. Ankara.
- Anonim, 2015.** Ozonlama işleminde etkili faktörler. www.ozoneapplications.com (Erişim tarihi: 12.06.2015)
- Anonim, 2015.** Ön terbiye reçeteleri. www.belicekimya.com (Erişim tarihi: 20.04.2015)
- Anonim, 2015.** Renk sökme reçeteleri. www.deltakimya.com.tr (Erişim tarihi: 04.03.2015)
- Anonim, 2015.** Renk sökme reçetesi. www.mydtorn.com.tr/urunler.html (Erişim tarihi: 18.03.2015)
- Arslan, I., Balcioglu, A. 2000.** Effect of common reactive dye auxiliaries on the ozonation of dyehouse effluents containing vinylsulphone and aminochlorotriazine ring, *Desalination*. 130: 61-71.
- Bahar, G. 2007.** Reaktif kırmızı 195 (Rr195) azo boyar maddesinin katalitik ozonlanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana.
- Balci, O., Oğulata, T. 2005.** Redüktif boyarmadde söküm işleminin kumaş fiziksel performansı üzerine etkisinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep.
- Balci, O. 2006.** Reaktif boyarmaddelerin söküm verimini etkileyen faktörlerin istatistiksel olarak incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, 2006(2): 134-141.
- Balci, O., Oğulata, T. 2006.** Farklı indirgen (redüktif) yıkama maddeleriyle gerçekleştirilen boyarmadde sökümü işleminin kumaş boyutsal özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2006(3): 194-199.
- Balci, O., Oğulata, T. 2012a.** İndirgen yıkamayla yapılan boyarmadde sökümü ve yeniden boyama işleminin, kullanım haslıklarına etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 12(58): 10-18.

Balcı, O., Oğulata, T. 2012b. Redüktif boyarmadde sökümü ile yapılan düzeltme işleminin kumaş üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 12(57): 17-25.

Başer, İ., İnanıcı, Y. 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 216s.

Bocci, V., Borrelli, E., Travagli, V., Zanardi, I., 2009. The Ozone Paradox: Ozone Is a Strong Oxidant as Well as a Medical Drug, *Medicinal Research Reviews*, 29(4), 646 - 682.

Bozok, N. 2005. Vinilsülfon ve Flor Grubu İçeren Reaktif Boyarmadde Sentezi ve Metal Kompleksleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana.

Ciardelli, G., Ranieri, N. 2001. The treatment and reuse of wastewater in textile industry by means of ozonation and electroflocculation, *Wat.Res.*, 35(2), 567 – 572.

Çoban, S. 1999. Genel tekstil terbiyesi ve bitim işlemleri. EÜ, Tekstil ve konfeksiyon araştırma-uygulama merkezi, 1. baskı. İzmir. s: 71 – 75.

Duran, K., Bahtiyari, M., Körlü, A. E., Perinçek, S., Özdemir, D., 2006a. Doğal Mucize Ozon, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2: 75 -79.

Eren, A. H. 1999. Tekstil terbiyesinde temiz üretim yaklaşımı çerçevesinde boyama sonrası yıkamaların incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Eren, A. H. 2006. Afterclearing by ozonation: a novel approach for disperse dyeing of polyester, *Coloration Technology*, 122(6), 329 – 333.

Eren, A. H., Anış, P. 2006. Tekstil boyama atık sularının ozonlama ile renk giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1).

Eren, A. H., Anış, P. 2007. Ozone Application Studies In Textile Finishing, 6th International Conference-TEXSCI, Poster presentation, June 5-7 Liberec, Czech Republic.

Eren, A. H., Anış, P., Kurcan, P. 2007. Boyamada kullanılan yardımcı kimyasal maddelerin reaktif boyama atık sularının ozonlanmasına etkileri, *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12(2), 43 – 60.

Eren, A. H. , Anış, P., Günay, A.B., ve Demirhan, Ö. 2008. Pamuklu Dokuma Kumaşın Ozon İle Oda Sıcaklığında Ağartılması Olanığının Araştırılması, IV Ulusal Tekstil Boya ve Kimyasalları Kongresi, 30-31 Ekim 2008 Denizli, Pamukklae Üni-BUTAL, Denizli.

Eren, A. H., Anış, P. 2009. Surface Trimer Removal Of Polyester Fibres By Ozone Treatment, *Textile Research Journal*, 79(7), 652 - 656.

Eren, A. H., Öztürk, D. 2010. Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Bursa.

Gültekin, .C. 2001. Tekstil Terbiyesinde Pamuklu Materyalin Boyanmasında Karşılaşılan Hataların Oluş Nedenleri ve Giderilme Yöntemleri, *Electronic Journal of Textiles*, Vol:2, No:1.

Hsu, Y., Chen, J., Yang, H. 2001. Decolorization of Dyes Using Ozone in a Gas-Induced Reactor. *AIChE Journal*, 47(1), 169 – 176.

Hunger, K. 2003. Industrial Dyes, Wiley-VCH, Weinheim, 660s.

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

İçoğlu, İ. H. 2006. Pamuklu dokunmuş kumaşların reaktif boyarmaddelerle boyanması ve uygulama yöntemlerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

İnkaya, T., Eren, H. A., Anış, P. 2008. Pamuk Ağartılmasında Lakkaz/Mediatör Sistemlerinin Oksijen ve Ozon ile Kombine Edilmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14 (1), 77-82.

Kanık, M. 1988. Pamuklu mamüllerin reaktif boyarmaddeler ile boyanmasında kullanılan yarı kontinü boyama yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Kara, E. 1997. <http://www.erolkara.net/2015/09/eyvah-yine-mi-abras.html> (Erişim tarihi: 26.08.2016)

Kettle, A.J., Clark, B. M., Winterbourn, C.C. 2004. Superoxide Converts Indigo Carmine to Isatin Sulfonic Acid, *The Journal of Biological Chemistry*, 279(18): 18521 – 18525.

Kırcı, H., Ateş, H., Akgül, M. 2001. Selüloz Türevleri ve Kullanım Yerleri, Kahramanmaraş Üniversitesi, *Fen ve Mühendislik Dergisi 2001*, Cilt 4, Sayı 2, s:119 – 130.

Kimteks Kimya, 2016. <http://kimtekskimya.com/test.html#apre> (Erişim tarihi: 30.08.2016)

Koch, M., Yediler, A., Lienert, D. 2002. Ozonation of hydrolysed azo reactive yellow 84, *Chemosphere*, 46, 109 – 113.

Konsowa, A.H. 2003. Decolorisation of Wastewater containing direct dye by ozonation in a batch bubble column reactor, *Desalination*, 158, 233 – 240.

Kut, D. 2013. Kimyasal tekstil muayeneleri ders notları. Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Li, Y. 1998. Enzymatic Scouring of Cotton – A Fundamental Study of the Effects on Structure and Properties of Cotton. Ph.D. Thesis, University of Georgia, Athens, p.1 – 25.

Lin, C.C., LIU, W.T. 2003. Ozone Oxidation in a rotating packed bed, *J.Chem. Technol. Biotechnol.*1, 78, 138 – 141.

Lyse, T.E. 1979. A Study on Ozone Modification of Lignin in Alkali-Fiberized Wood, PhD Thesis, Lawrence University, 3-20 p.

Mangut, M., Karahan, N. 2008. Tekstil Lifleri. Ekin basım yayın dağıtım. 3.baskı. Bursa. s: 61 -76.

Muthukumar, M., Selvakumar, N. 2004. Studies on the effect of inorganic salts on decolouration of acid dye effluents by ozonation. *Dyes and Pigments*, 62: 221-228.

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

Oğuz, E., Keskinler, B., Çelik, Z. 2005. Ozonation of Aqueous bomaplex red Cr-L dye in a semi-batch reactor, *Dyes and Pigments*, 64, 101 – 108.

Özcan, Y. 1984. Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği. Fatih Yayınevi, İstanbul, 597 s.

Özdemir, D., Duran, K., Bahtiyari, M. I., Perinçek S., Körlü A. E. 2008. Ozone bleaching of denim fabrics, *AATCC Review*, Vol. 8(9), p: 40 - 44.

Özdoğan, E. 2003. Selüloz esaslı liflerin katyonize edilerek boyama ve baskı özelliklerinin geliştirilmesi. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

Öztürk, D. 2010. Pamuk ve Poliester Terbiyesinde Ozon Kullanımının Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Perinçek, S., Duran, K., Korlu, A., and Bahtiyari, I. 2007. An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton Fabrics, *Ozone: Science and Engineering*, 29, 325 – 333.

Prabaharan, M., Rao, J. V., Nayar, R., Selvakumar, N. 2000. A Study on The Advanced Oxidation of a Cotton Fabric By Ozone, *JSDC* , 116(3), 83 - 86.

Prabaharan, M., Rao,J,V. 2001. Study on Ozone Bleaching of Cotton Fabric Process Optimisation, Dyeing And Finishing Properties, *Coloration Technology*, 117(2), 98 - 103.

Prabaharan, M., Rao,J,V. 2002. Combined Desizing, Scouring and Bleaching of Cotton Using Ozone, *Indian J. of Fibre & Tex. Res.* 28(12), 437 - 443.

Salih, 2007. Dokuma, mamul ve ham bez kalite kontrol işlemleri. Tekstil yönlendirilmiş çalışması. Pamukkale Üniversitesi, Denizli Meslek Yüksek Okulu, Tekstil Bölümü. Denizli. <http://tekstilodevlerim.blogcu.com/kalite-kontrol-proje/2295606>

Sando, Y., Nakano, E., Ishidosfiro, H. and Sando, K. 1995. Method and apparatus for the pretreatment of a cloth, US Patent 5407446.

Sevimli, M.F., 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, A.F., Perkins, W.S. 1995. Decolorization od Continious Dyeing Wastewater by Ozonation, *Textile Chemist and Colorist*, 27(5), 11 – 15.

Subaşı, İ. 2007. Ozon Sunumu. http://hilminamli.baun.edu.tr/calisma/p2007-2008/ilker_Subasi_ozon.pdf (Erişim tarihi: 26.08.2016)

Szpyrkowicz, L., Juzzolino, C., Kaul, S.N. 2001. A comparative study on oxidation of disperse dyes by electrochemical processes, ozone, hypchlorite and fenton reagent, *Wat. Res.*, 35(9): 2129-2136.

Tarakçıoğlu, I., 1979-1980. Tekstil Boyacılığı I Teksiri, E.Ü. Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları, 271s.

Turhan, L. S. 2006. Diklortriazin reaktif boyarmaddenin selülozik elyafa uygulanması ve yıkama şartlarının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Yakartepe, M., Yakartepe, Z. 1998. T.K.A.M. Genel Tekstil Terbiyesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayını, İstanbul, cilt 16, s: 1627 - 1691.

Yazıcıoğlu, G. 1999. Pamuk ve Diğer Bitkisel Lifler. *D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları* No:274. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir. 377 s.

Yurdakul, A., Atav, R. 2006. Boya-baskı esasları. EÜ, Tekstil ve konfeksiyon araştırma-uygulama merkezi yayını. İzmir. s: 16 - 40.

Wu, J., Wang, T. 2001. Ozonation of aqueous azo dye in a semi-batch reactor, *Wat. Res.*, 35(4): 10931099.

Zhang, F., Yediler, A., Liang, X. 2004. Effects of Dye Additives on The Ozonation Process and Oxidation By-Products: A Comparative Study Using Hydrolyzed C.I. Reactive Red 120, *Dyes And Pigments*, 60, 1 - 7.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Buse Gümüş
Doğum Yeri ve Tarihi : Kırklareli – 24.07.1990
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Samsun Milli Piyango Anadolu Lisesi
Lisans : Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Akbaşlar Tekstil San. En. A.Ş. –
07/2014 – 09/2014- Ar-Ge Mühendisi
İSKO İşletmesi – SANKO Tekstil İşletmeleri San.
ve Tic. A.Ş. 10/10/2016 - ... -
Boya Lab. Mühendisi

İletişim (e-posta) : busegumus90@gmail.com

Yayınları* : ‘Color Stripping Of Reactive Dyed Cotton By
Ozone Treatment’ isimli bir adet makale ‘Coloration Technology’ dergisinde
yayınlanmıştır.