



**AŞINDIRMA BASKIDA OZON KULLANIMI**

**İDİL YETİŞİR YİŐİT**



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AŞINDIRMA BASKIDA OZON KULLANIMI**

**İDİL YETİŞİR YİĞİT**

PROF. DR. HÜSEYİN AKSEL EREN

(Danışman)

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2017

**Her Hakkı Saklıdır**

TEZ ONAYI

İDİL YETİŞİR YİĞİT tarafından hazırlanan “AŞINDIRMA BASKIDA OZON KULLANIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. HÜSEYİN AKSEL EREN

**Başkan** : Prof. Dr. E. PERRİN AKÇAKOCA KUMBASAR

  
İmza

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. DİLEK TOPRAKKAYA KUT

  
İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. HÜSEYİN AKSEL EREN

  
İmza

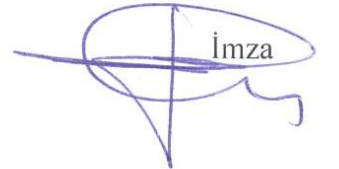
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. OZAN AVINÇ

  
İmza

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN

  
İmza

Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM  
Enstitü Müdürü

15./12/2017

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM

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

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu
- başkalarının eserlerinden 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.

  
15/12/2017

**İDİL YETİŞİR YİĞİT**

## ÖZET

Doktora Tezi

AŞINDIRMA BASKIDA OZON KULLANIMI

**İdil YETİŞİR YİĞİT**

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Tekstil endüstrisinde güncel problemlerden biri boyama ve baskı proseslerinin sebep olduğu kirliliktir. Bu sebeple tekstil terbiye işlemlerinde daha ekolojik, etkili ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır. Tez çalışmasının amacı ozonlama ile aşındırma baskı yaparak yenilikçi bir yöntem sunmaktır. Çalışma için tasarlanan ozon etkileşim kamarasında üç farklı (% 60-% 40-% 25) nemlendirme oranında, su ve 5 farklı kıvamlaştırıcı (aljinat, etilen glikol, gliserin, keçiyoynuzu unu ve metil selüloz) ile hazırlanmış sulu çözeltiler ile nemlendirilmiş boyalı kumaşlar, desenli şablon yardımı ile iki farklı ozon gaz akış oranı ve süresinde (5 l/dk. ve 5 dk. ve 10 l/dk. ve 10 dk.) doğrudan ozon gazı ile işleme tabi tutularak istenen desen bölgesi aşındırılmıştır. Kumaşların renk değerleri, haslık ve mekanik özellikleri, çevresel etkileri araştırılmış, görsel anlamda değerlendirilmesi yapılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler ozon gazı kullanarak yapılan aşındırma baskının umut verici olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aşındırma baskı, ozon, tekstil terbiyesi, çevresel etki

2017, ix+136 sayfa.

## ABSTRACT

PhD Thesis

OZONE UTILISATION FOR DISCHARGE PRINTING

**İdil YETİŞİR YİĞİT**

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

One of the most troublesome concern in the textile industry is the pollution brought about by the colouration processes of dyeing and printing. Therefore, the recent studies about the textile finishing are focused on developing more ecologic, effective and economic processes. The aim of this study is to present an innovative method for discharge printing by ozonation. The design pattern of fabrics were ozonated by two different ozone gas flow rate and duration (5 l/min and 5 min-10 l/min. And 10 min) which were moistened with three different moistened ratio (60%-40%-25%) and used water and aqueous solutions prepared with five different thickener (alginate, ethylene glycol, glycerin, locust bean gum and methyl cellulose). Color measurement, fastness, mechanical properties and ecological effect were investigated, the visual evaluation survey was conducted. As a result of the measurements the data obtained showed that the discharge printing using ozone gas was promising.

**Keywords:** Discharge printing, ozone, textile finishing, environmental impact

2017, ix+136 pages.

## TEŞEKKÜR

Doktora alıőmalarım sırasında bana her tŸrlŸ konuda yol gŸsteren, bilgisini, desteğini ve zamanımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. HŸseyin Aksel EREN'e içtenliği ve yardımları için gŸnŸlden teőekkŸr ederim.

Çalıőmalarım sırasında bilgi ve tecrŸbeleriyle beni yŸnlendiren saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT, Sayın Prof. Dr. Ozan AVIN ve Sayın Dr. Semiha EREN'e teőekkŸr ederim.

Lisans, YŸksek Lisans ve Doktora Ÿęrenimim sŸresince Ÿzerimde bŸyŸk emekleri olan ve Ÿęrencileri olmaktan mutluluk duyduğum Uludağ Ÿniversitesi Tekstil MŸhendislięi BŸlŸmŸ Ÿęretim Ÿyeleri ve Elemanlarına teőekkŸrlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında beni sabırla bekleyen canım kızım Ece Nur YIğİT'e ve her zaman yanımda olan sevgili eőim Ŗmer YIğİT'e teőekkŸr ederim.

Bana her konuda destek olan çok sevgili ailem ve dostlarıma sonsuz teőekkŸrlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE ve KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Tekstil Terbiyesi.....	3
2.2. Tekstilde Baskı.....	4
2.3. Aşındırma Baskı Tanımı ve Sınıflandırılması.....	6
2.3.1. Aşındırma baskı yöntemi.....	8
2.3.2. Aşındırma baskıda kullanılan boyarmaddeler.....	9
2.3.3. Aşındırma baskıda kullanılan aşındırma maddeleri.....	10
2.3.4. Aşındırma baskıda kıvamlaştırıcı seçimi.....	14
2.3.5. Aşındırma baskıda kullanılan diğer kimyasallar ve yardımcı maddeler.....	14
2.3.6. Aşındırma baskıda kurutma ve fiksaj.....	17
2.3.7. Aşındırma baskıda ard işlemler.....	18
2.3.8. Aşındırma baskı uygulama prosedürleri.....	18
2.3.9. Aşındırma baskının kullanım alanları.....	23
2.3.10. Aşındırma baskıda genel problemler.....	24
2.3.11. Aşındırma baskı teknolojisindeki son gelişmeler.....	25
2.4. Ozon Gazı ve Endüstride Kullanımı.....	27
2.4.1. Ozon gazının özellikleri ve kullanım alanları.....	28
2.4.2. Ozonun doğada oluşumu ve ozon gazı üretimi.....	31
2.4.3. Ozon gazının verdiği reaksiyonlar.....	34
2.4.4. Ozonlama sonucu oluşan ürünler.....	36
2.4.5. Ozonlamaya etki eden faktörler.....	37
2.4.6. Ozon kullanımındaki limitler.....	38
2.4.7. Endüstride ozon kullanımı.....	39
2.4.8. Tekstil endüstrisinde ozon kullanımı.....	41
2.5. Ozon Gazı ile İlgili Literatür Araştırması.....	48
2.6. Ozon ile İlgili Patentler ve Projeler.....	59
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	65
3.1. Materyal.....	65
3.1.1. Kumaşlar.....	65
3.1.2. Boyarmaddeler ve yardımcı kimyasallar.....	65
3.1.3. Cihaz ve makineler.....	66
3.2. Yöntem.....	69
3.2.1. Kumaşların boyanması.....	69
3.2.2. Konvansiyonel aşındırma baskı.....	71
3.2.3. Ozonlama ile aşındırma baskı uygulaması.....	74
3.2.4. Uygulanan test ve analizler.....	76
3.3. İstatistiksel Veri Analizi.....	79



4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	81
4.1. Ozon ile Aşındırma Baskı Yapılmış CI Reactive Blue 221 ile Boyanmış Kumaşlarda Renk Ölçüm Sonuçları.....	81
4.1.1. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri.....	84
4.1.2. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri .....	84
4.1.3. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri.....	87
4.1.4. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri .....	89
4.2. İstatistiksel Veri Analiz ve Yorumları .....	90
4.2.1. Ozon akış oranı ve süresinin, nemlendirme oranının ve kullanılan çözeltideki kıvamlaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerlerine etkisinin istatistiksel analizi .....	91
4.3. Yıkama Haslığı Ölçüm Sonuçları .....	94
4.4. Sürtme Haslığı Test Sonuçları .....	95
4.5. Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları.....	96
4.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Ölçüm Sonuçları.....	97
4.7. Görsel Değerlendirme Sonuçları.....	99
4.8. Ozon ile Aşındırma Baskı Yapılmış CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 ile Boyanmış Kumaşlarda Renk Ölçüm Sonuçları.....	102
4.8.1. CI Reactive Yellow 145 için % renk sökme değişimleri .....	104
4.8.2. CI Reactive Yellow 145 için renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri.....	105
4.8.3. CI Reactive Red 223 için % renk sökme değişimleri .....	105
4.8.4. CI Reactive Red 223 için renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri .....	108
5. SONUÇ .....	110
KAYNAKLAR .....	115
EKLER.....	122
EK 1. ....	123
EK 2. ....	124
EK 3. ....	125
EK 4. ....	126
EK 5. ....	127
EK 6. ....	128
EK 7. ....	129
EK 8. ....	130
EK 9. ....	131
EK 10. ....	132
EK 11. ....	133
ÖZGEÇMİŞ .....	134

## SİMGE ve KISALTMALAR

### Simgeler

Simgeler	Açıklama
E°	Oksidasyon Potansiyeli
V	Volt
eV	Elektro volt
atm	Atmosfer Basıncı
nm	Nanometre
dk.	Dakika
g	Gram
g/l	Gram/Litre
g/m <sup>2</sup>	Gram/Metrakare
kN	Kilo Newton
l	Litre
l/dk.	Litre/Dakika
m <sup>3</sup>	Metreküp
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mg/dk.	Miligram/Dakika
mg/l	Miligram/Litre
N	Normal
°C	Santigrad Derece
cm	Santimetre
ppm	Milyonda Bir Birim, mg/l (Part Per Million)
kPa	Kilopascal
J	Joule
kj	Kilojoule

### Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
C.I.	Color Index
OH	Hidroksil
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (Chemical Oxygen Demand)
KI	Potasyum İyodür
UV	Ultraviyole
pH	Hidrojenin Gücü, Potansiyeli (Potential of Hydrogen)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tekstil terbiye işlemlerinin sınıflandırılması .....	3
Şekil 2.2. a)Desenlerin tahta gövdelere oyularak kumaşa basılması şeklinde yapılan yapılan blok baskı görüntüsü b)Şablon yardımı ile yapılan baskı .....	5
Şekil 2.3. Tekstilde baskı sınıflandırması .....	6
Şekil 2.4. Beyaz ve renkli aşındırma örnekleri.....	7
Şekil 2.5. Sadece boyarmadde ile yapılan baskı ve aşındırma maddesi ilave edilerek yapılan baskı arasındaki fark.....	8
Şekil 2.6. İndigo boyarmadde ile boyanmış pamuklu bir kumaşın yükseltgen (oksidasyon) ve indirgen maddeler ile aşındırma baskı sürecinde meydana gelen kimyasal parçalanma reaksiyonu .....	13
Şekil 2.7. Sodyum Aljinatın moleküler yapısı .....	15
Şekil 2.8 Etilen glikolün moleküler yapısı.....	16
Şekil 2.9. Gliserinin moleküler yapısı .....	16
Şekil 2.10. Keçiboynuzunun moleküler yapısı .....	17
Şekil 2.11. Metil Selülozun moleküler yapısı .....	17
Şekil 2.12. Pigment aşındırma baskıda kullanılabilecek reçete örneği .....	21
Şekil 2.13. Aşındırma-rezerve baskıya ait indirgen ve alkali kullanımına göre ayrılmış baskı patı reçeteleri .....	23
Şekil 2.14. Aşındırma baskı ile yapılmış t-shirt ve sweatshirt.....	24
Şekil 2.15. Ozon molekülünün yapısı .....	29
Şekil 2.16. UV ışık kullanılarak ozon üretimi .....	32
Şekil 2.17. Corona Discharge yöntemi ile ozon (O <sub>3</sub> ) üretimi .....	33
Şekil 2.18. Ozonun gaz fazındaki ve sudaki yarı ömürleri .....	35
Şekil 2.19. Ozon gazının endüstride kullanım alanları .....	41
Şekil 2.20. Glikosidik bağları ozon ile başlatılan hidroliz mekanizması .....	43
Şekil 2.21. Nişastanın moleküler yapısı.....	44
Şekil 2.22. Ozonun selüloz ile reaksiyonunda suyun etkisi .....	45
Şekil 3.1. Pamuklu kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddeler .....	67
Şekil 3.2. Ozon aşındırma baskı ekipmanı şeması .....	68
Şekil 3.3. Ozon jeneratörü ve ozon aşındırma baskı ekipmanının resmi.....	69
Şekil 3.4. Kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyama diyagram.....	71
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan şablonlar .....	72
Şekil 3.6. % 100 ve % 80 nem absorpsiyonun optimizasyonu süresince yayılma yapan numuneler.....	74
Şekil 3.7. Ozon gazının şablonlar ve kumaşlar arasından geçerek izlediği yol.....	75
Şekil 4.1. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve 5 l/dk. ve 5 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi ile üretilmiş aşındırma baskılı numunelerin fotoğrafları.....	82
Şekil 4.2. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve 10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi ile üretilmiş aşındırma baskılı numunelerin fotoğrafları.....	83
Şekil 4.3. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri.....	85
Şekil 4.4. CI. Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda renk farkı değişimleri.....	86

Şekil 4.5. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökmedeğişimleri.....	88
Şekil 4.6. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri.....	90
Şekil 4.7. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin kopma mukavemeti (kN) değerleri .....	97
Şekil 4.8. Konvansiyonel aşındırma baskının tüm aşamalarında ve ozon gazı ile yapılan aşındırmalardan sonra alınan atık suların KOİ değerleri .....	98
Şekil 4.9. Görsel değerlendirme anketi sonuçları .....	101
Şekil 4.10. Konvansiyonel aşındırma baskı ve 10 l/dk. ve 10 dk. ozon ile aşındırmabaskı uygulanmış CI Reactive Blue 221, CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşlar .....	103
Şekil 4.11. CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri .....	104
Şekil 4.12. CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri .....	106
Şekil 4.13. CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri .....	107
Şekil 4.14. CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri .....	109

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Beyaz ve renkli aşındırma baskıda kullanılabilen stok baskı patı formülasyonları .....	20
Çizelge 2.2. Ozon gazının özellikleri .....	30
Çizelge 2.3. Organik bileşiklerin ozonla reaksiyonları sonucu oluşan yan ürünler .....	36
Çizelge 3.1. Tez çalışmasından kullanılan ham dokuma kumaş özellikleri .....	65
Çizelge 3.2. Pamuklu kumaşların boyanması için kullanılan boyarmaddeler ve yapılar .....	66
Çizelge 3.3. Boyama, baskı ve ozonlama sırasında kullanılan yardımcı kimyasallar .....	68
Çizelge 3.4. Kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyama reçetesi .....	70
Çizelge 3.5. Konvansiyonel beyaz aşındırma baskı reçetesi .....	72
Çizelge 3.6. Konvansiyonel aşındırma baskı işlemi ve ozon ile yapılan baskı işlemindeki işlem adımları .....	73
Çizelge 4.1. Ozon ile aşındırma baskı yönteminin % renk sökme değerleri için ANOVA değerleri .....	92
Çizelge 4.2. Aşındırma baskı yöntemlerinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) sonuçlarının ortalama değerleri .....	92
Çizelge 4.3. Nemlendirme oranının % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri etkisi .....	93
Çizelge 4.4. Kullanılan kıvamlaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri etkisi üzerine yapılan SNK test sonuçları .....	93
Çizelge 4.5. Optimum parametrelerdeki numuneler .....	94
Çizelge 4.6. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin yıkama haslığı değerleri .....	95
Çizelge 4.7. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin sürtme haslığı değerleri .....	96

## 1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinin güncel problemlerinden biri boyama ve baskı proseslerinin sebep olduğu kirliliktir. Bu sebeple tekstil terbiye işlemlerinde daha ekolojik, etkili ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır.

Tekstil terbiyesi için geliştirilen yenilikçi yöntemlerden biri de ozonlamadır. Ozonlama; ozon gazının oksidatif özelliğini kullanan ve konvansiyonel terbiye işlemlerine kıyasla daha düşük enerji ve su tüketen çevre dostu bir uygulamadır. Tekstilde; denim ağartmadaki endüstriyel kullanımının yanı sıra özellikle ağartma proseslerinde ve boyama sonrası atık suların temizlenmesi/geri kazanımı vb. alanlarda da kullanımında da ciddi çalışmalar mevcuttur.

Tekstilde; üretilen kumaşların daha dikkat çekici hale getirilmesi için boya ve/veya baskı teknikleriyle tekstil yüzeylerinde renklendirme yapılmaktadır. Boyama işleminde tüm kumaş yüzeyi renklendirilirken, baskı işleminde bölgesel renklendirme uygulanmaktadır. Dünyadaki kumaşların ortalama % 20'si çeşitli baskı teknikleri kullanılarak mamul kumaş halini almaktadır. Baskılı kumaş üretiminde klasik baskı yöntemlerinin hâkimiyeti açık bir şekilde devam etmektedir. 2013 yılında yapılan bir çalışmaya göre baskılı kumaşların % 65 'i rotasyon, % 25'i düz şablon (film druck), % 5'i transfer baskı ve % 2'si dijital baskı makineleri ile üretildiği belirtilmektedir (Kanık 2015).

Aşındırma baskı; şablon baskı içinde yer alan baskı çeşitlerinden biridir. Aşındırma baskının yoğun boyarmadde, kimyasal, su ve enerji kullanımına rağmen hala önemini korumasının en önemli nedeni ise koyu zeminlerde ince detaylardan oluşan desenlerin basılmasına olanak vermesidir. Ancak tekstil baskıcılığının geleceği; “sürdürülebilir üretim” ve “yeşil üretim” gibi çevreci yaptırımlar ve talepler tarafından şekillendirildiğinden son dönemdeki çalışmalar ekolojik, etkili ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Tez çalışmasının amacı ozonlama ile aşındırma baskı yaparak yenilikçi bir yöntem sunmaktır. Ozonlama ile beyaz aşındırma baskı yapılması ne pratikte ne de literatürde yer almayan yenilikçi ve özgün bir yöntemdir. Bu çalışma ile endüstride kullanılan aşındırma baskı prosesinin adımlarının azaltılması ile daha çevre dostu, ekonomik ve kısa sürede sonuç alınabilecek bir yöntemin literatürde yer alması sağlanmıştır.

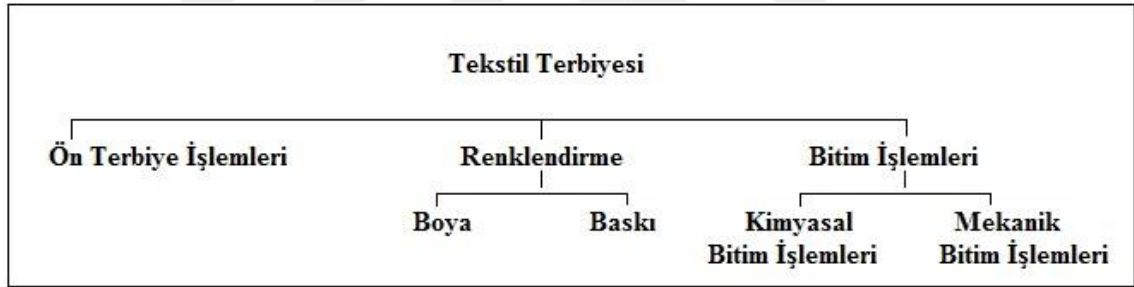


## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde aşındırma baskı ve ozonlama ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra, bu iki konunun içinde bulunduğu, makale, patent ve proje gibi literatürde mevcut çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1. Tekstil Terbiyesi

Tekstil mamullerinin görünümünü, tutumunu ve kullanım özelliklerini geliştirmek için yapılan işlemlere “Tekstil Terbiye İşlemleri” denir. Tekstil terbiye işlemleri, üretiminin başından sonuna kadar her aşamada uygulanabilir. Bir tekstil ürününün görünüm, tutum ve kullanım özelliklerini geliştirebilmek için bazen 6-7 değişik terbiye işlemini bir arada uygulamak gerekebilir. Terbiye işlemlerinin sınıflandırılması Şekil 2.1.’de gösterilmiştir (Tarakçıoğlu 2000, Çoban 1999).



Şekil 2.1. Tekstil terbiye işlemlerinin sınıflandırılması (Tarakçıoğlu 2000).

Tekstil terbiyesinde renklendirme; yöntem çokluğu ve kapsamlı olması bakımından kendi içinde ikiye ayrılarak incelenmektedir. Bunlardan ilki boyama, ikincisi ise baskı ile yapılan renklendirmedir.

Baskı yüzeyin bölgesel olarak renklendirilme işlemidir. Bilim, teknoloji ve sanattan oluşan çok disiplinli bir endüstriyel sanat dalıdır (Kanık 2012).



## 2.2. Tekstilde Baskı

Tekstil baskısı bulgularına; ilk olarak 1.yy'da Çin'de, son yıllarda yapılan araştırmalarda ise Mısır Piramitleri ve mezarlarında boyamadan farklı yöntemlerle renklendirilmiş kumaş parçaları üzerinde rastlanmıştır (Dawson ve Hawkyard 2000).

Baskıcılığın ilk uygulama şekli; el ile desenlerin tahta gövdelere oyularak kumaşa baskı yapılması şeklinde olan çalışmalardır. Bu yöntem hala Hindistan ve Asya'nın bazı bölgelerinde kullanılmaktadır. Bu tür baskılara ait örnekler şekil 2.2.'de verilmiştir. İlk mekanik baskı denemesi ise bakır silindirler üzerine desenlerin işlenmesi ve kumaşa baskı yapılması ile gerçekteşirilmifitir (Dawson ve Hawkyard 2000, <http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/tekstil-baskisinde-gecmis-ve-gelecek>, 2015)

1. Dünya Savaşı'ndan önce, özellikle blok baskı çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. Daha sonra üretimde çok hızlı bir düşüş olmuş bu durum 2. Dünya Savaşı'na kadar devam etmiştir. Poliester gibi yeni liflerin yanında reaktif ve dispers boyarmaddelerin de kullanılmaya başlanması baskıcılıkta önemli teknolojik bir avantaj sağlamıştır (Dawson ve Hawkyard 2000).

Tekstil baskısı konusundaki girişimler 19. yüzyılın ortalarında şablon üzerine yapılacak desenin işlenmesi ile yapılan şablon baskı ile devam etmiştir. şablon; üzerinde basılacak desen şeklinde delikler bulunduran bir malzemedir. Delikler boyanın şablondan kumaşa itilmesini ve tasarımın gerçekteşirilmesini sağlamaktadır. Düz çerçeve şeklinde olan şablonlar olduğu gibi, kumaşın üzerinde devamlı dönen silindir şeklinde şablonlar da vardır (<http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/tekstil-baskisinde-gecmis-ve-gelecek>, 2015). Blok baskı ve şablon baskıya ait resimler şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2.** a)Desenlerin tahta gövdelere oyularak kumaşa basılması şeklinde yapılan yapılan blok baskı görüntüsü b)Şablon yardımı ile yapılan baskı (<http://meghancarter.com/420-blockprint-bedding-linens-and-fabric-10-great-sources/>, 2017, <https://www.we-heart.com/2013/04/11/thornback-peel-london/>, 2017)

Moda endüstrisine giderek artan ilgi, müşteri isteklerini karşılamak için, küçük baskı miktarlarında daha fazla çeşitlilik sağlamayı amaçlamaktadır. Üreticilerin çeşitliliğin miktarın önüne geçtiği konusundaki fikir birliğine varmaları, pazardaki hızlı değişimlere çözüm arayışlarına sebep olmuştur. Bu hızlı çözüm arayışını tekstil baskıcılığında dijital baskı üstlenmiştir. Ancak tekstil uygulamalarında boyanın kuruma işlemi daha karmaşık olduğundan hız hala önemli bir problem olmaktadır. Dijital baskı; her boyarmaddenin her life uymaması, püskürtme uçlarının tıkanması gibi kendine ait bir takım çözülemeyen sorunları olsa dahi, tekstil baskıcılığında gelinen son noktadır (<http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/tekstil-baskisinda-gecmis-ve-gelecek>, 2016, Kanık 2015).

Baskı işlemi fitil/tops, iplik, kumaş (dokuma ya da örme ), halı ya da bitmiş tekstil ürünlerine yapılabilir. Baskı işlemi; çözünmüş boyarmaddenin lif içerisine nüfuz etmesi, boyarmaddelerin kalıcı olarak liflere bağlanması ve bağlanan boyarmaddenin liflere fikse olması adımlarını kapsar. Baskı işlemleri tekstil yüzeyine uygulama şekline göre sınıflandırılmaktadır. Şekil 2.3.'de tekstil baskıcılığına ait bir şema gösterilmektedir.



**Şekil 2.3.** Tekstilde baskı sınıflandırması (aves.erciyes.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=2&USER=2153, 2017)

Şekil 2.3.'de de görüldüğü üzere tekstilde baskı yapabilmek için pek çok yöntem kullanılmaktadır.

Tekstil baskıcılığının geleceğini; “sürdürülebilir üretim” ve “temiz/yeşil üretim” gibi çevreci yaptırımlar ve talepler şekillendirilmektedir. Bu nedenle; baskı süreçlerinde zararsız kimyasalların kullanılması, daha az enerji ve su tüketimi, minimum baskı patı, üresiz ve formaldehitsiz baskı gibi önemli konuların gündemde kalmaya devam etmesi beklenmektedir (Kanık 2015).

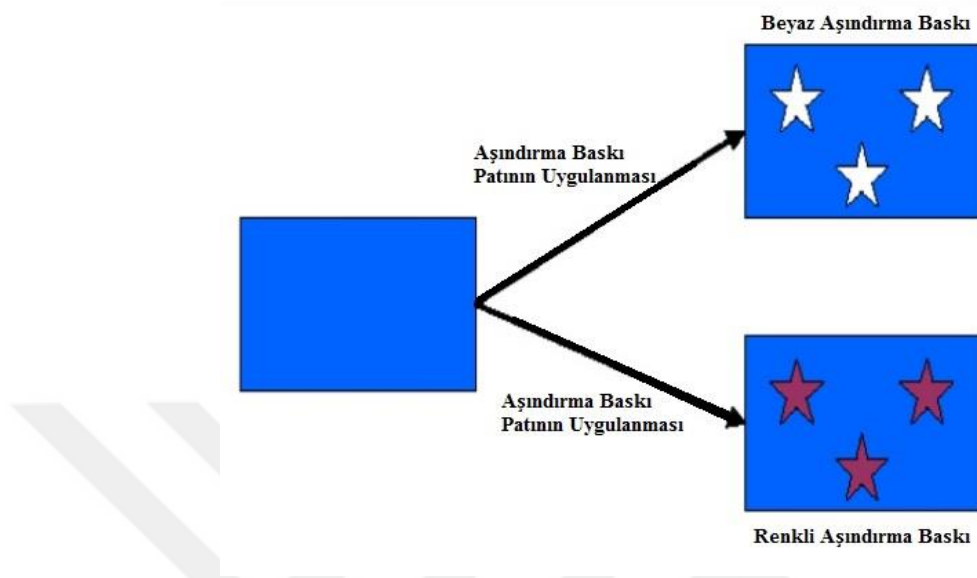
Tez çalışması; aşındırma baskıya alternatif bir yöntem şeklinde sunulduğu için konunun devamında aşındırma baskı detaylarından bahsedilmektedir.

### 2.3. Aşındırma Baskı Tanımı ve Sınıflandırılması

Renkli bir kumaşın, zemin renginin desen bölgesinden sökülmesi ile desen oluşturulması işlemine aşındırma ya da ronjan baskı denir. Aşındırma baskı; boyalı bir kumaşın üzerine, içinde (yükseltgen ya da indirgen) kimyasal aşındırıcı maddeler bulunan baskı patı ile baskı yapılması sonrasında kurutma ve buharlama sonucu zemin boyasının tahribi ile elde edilen baskı çeşididir. Yapılan yıkama ile hem aşındırma patındaki kimyasalların uzaklaştırılması hem de aşınan kısımların ortaya çıkması sağlanır (Sayar 1991, Broadbent 2001, Dawson ve Hawkyard 2000, Kanık 2015).

Aşındırma baskının yoğun boyarmadde, kimyasal madde, su ve enerji kullanımına rağmen hala önemini korumasının en önemli nedeni ise estetik açıdan güzel gözükten, ince, zarif desenlerin boyalı zemin üzerinde çok büyük netlikte aşındırılabilmesi ve

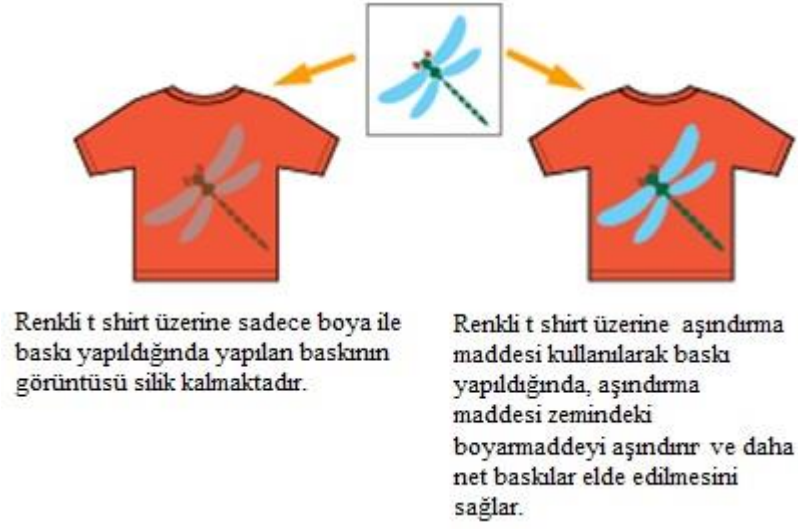
kullanım bakımından uzun ömürlü eşarp, kravat ve kıyafetlerde kullanılabilir olmasıdır (Sayar 1991, Broadbent 2001, Kanık 2015).



**Şekil 2.4.** Beyaz ve renkli aşındırma örnekleri (<http://www.slideshare.net>, 2015)

Klasik aşındırma baskı, boyalı zeminler üzerinde beyaz ya da renkli desenler oluşturma şeklinde iki ana sınıfa ayrılır. Dolayısıyla aşındırma baskı yapılacak kumaş önce boyanır, sonra aşındırma patı basılarak baskı bölgelerindeki zemin boyası tahrip edilir. Bu şekilde elde edilen baskılara beyaz aşındırma, aşındırma patı içerisine ilave edilen farklı özellikte boyarmaddelerle elde edilen baskılara da renkli aşındırma baskılar denir (Kanık 2012). Şekil 2.4.'de örnekler verilmiştir.

Aşındırma baskıda sağlanan yüksek nitelikteki desenleri, direk baskı gibi yöntemler ile basmak teknik olarak kolay değildir. Sonuç olarak Şekil 2.5.'de görüldüğü gibi aşındırma baskı ile yüksek katma değere sahip çekici baskılar yapılmaktadır (Kanık 2012).



**Şekil 2.5.** Sadece boyarmadde ile yapılan baskı ve aşındırma maddesi ilave edilerek yapılan baskı arasındaki fark (<http://digi-mania.net>, 2015)

### 2.3.1. Aşındırma baskı yöntemi

Aşındırma baskı, tekstil malzemesi üzerindeki boyarmaddelerin kromofor gruplarının kimyasal reaksiyon maddeleri ile bozulmasıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için; oksidasyon (yükseltgen) maddeleri ve indirgeme maddeleri şeklinde iki temel aşındırma maddesi kullanılmaktadır. Ayrıca asitler, bazlar ve tuzlarda aşındırma işleminin gerçekleşmesi için kullanılan yardımcı maddelerdir (Sayar 1991, Broadbent 2001, Lacasse ve Baumann 2004, El-Thalouth ve ark. 2008, Özerdem ve ark. 2011, Kanık 2012, Mukherjee ve Mukherjee 2015).

Aşındırma baskı işleminin adımları aşağıdaki gibidir;

- Baskı patı hazırlama
- Patın kumaşa aplikasyonu
- Kurutma
- Buharlama
- Yıkama

Aşındırma baskıda zemin renginin aşınıp beyaz ya da renkli baskı oluşma reaksiyonu buharlama ile yapılan fikse adımıyla gerçekleşmektedir. İşlemin başarısı uygulamanın

doğru olması kadar kullanılan ürün kalitesine, buharlama, nem ve sıcaklığın doğru olmasına bağlıdır (El-Thalouth ve ark. 2008).

Aşındırma baskı için gerekli bir baskı patı içinde; renkli aşındırma yapılacak ise boyarmadde, beyaz aşındırma yapılacak ise optik beyazlatıcı, aşındırma ajanı, diğer kimyasallar ve yardımcıları, kıvamlaştırıcı ve su bulunur. Her birleşenin detaylı ve özenli bir şekilde eklenmesi gerekmektedir (Kanık 2012).

### **2.3.2. Aşındırma baskıda kullanılan boyarmaddeler**

Aşındırma baskıda boyarmadde seçimi hem zemin boyası bakımından hem de başarılı bir renkli aşındırma yapabilmek açısından önemlidir. Çünkü zemin boyasının kolay aşınabilir nitelikte, baskı boyasının da aşındırma şartlarında zarar görmeyen ve aynı şartlarda mamule fikse olabilen nitelikte olması gerekmektedir. Modern boyarmaddeler her iki durumu da karşılayabilecek yeterli özellikte boya aralığına sahiptirler (Berry ve Ferguson 1994, Broadbent 2001, Kanık 2012).

Boyarmaddelerin aşınabilirliği, boyarmaddenin kimyasal yapısı ve yapısındaki azo grupları ile ilgilidir (Broadbent 2001, Özerdem ve ark. 2011). Zemin boyarmaddesi olarak; indirgenme ile kolay aşınabilen azo sınıfından reaktif, direk ve inkişaf boyarmaddeleri kullanılmaktadır (Berry ve Ferguson 1994,, Kanık 2012). Ancak boyalar arasında aşınma bakımından büyük farklılıklar vardır. Örneğin dispers boya aralığında azobenzen türevlerinden pek çok monoazo boyarmadde bulunmaktadır. Bu boyarmaddeler zemini aşındırmak için uygundur ancak aşınabilmeleri biraz daha güçtür. Aşınma direnci bakımından boyarmaddelerin büyük çoğunluğu sadece azo sınıfı değil, aynı zamanda antrakinin, ftalosiyenin ya da trifenilmetan tipi kromofor gruplarını da içermektedir (Berry ve Ferguson 1994).

Renkli aşındırmalarda kullanılacak zemin boyarmaddelerinin çalışma öncesi aşınabilirliği tespit edilmelidir. Kullanılan boyarmaddenin iyi aşınabilmesinin yanında indirgeme sonucu oluşan amin bileşiklerinin renkleri ve yıkama ile kolayca uzaklaştırılabilmeleri de önemlidir. İndirgeme ürünlerinin yıkama ile kolay

uzaklaşabilmesi için life afinitelerinin düşük olması gerekir. Çünkü zeminde kalan boya atıklarının amin parçaları liflere tutunabilirler. Bu durum açık ve berrak renklerdeki aşınmış zeminlerde sapmalara neden olabilmektedir (Sayar 1991, Broadbent 2001, Özerdem ve ark. 2011, Kanık 2012).

Zemin boyaların seçiminde üretici firmalar tarafından konulan aşınabilirlik derecelerinden yararlanmak gerekir. Bu derecelendirme 1'den 5'e kadar yapılmaktadır. Bir boya 5 ya da 4-5 arasındaki sınıfta ise beyaz aşındırma için uygundur. Renkli aşındırmalarda ise 4 ya da 3-4 daha koyu desen renkleri için kullanılabilir bir aralıktır (Berry ve Ferguson 1994, Broadbent 2001, Majumdar ve ark. 2012).

Baskı boyasının seçimi de zemin boyası seçimi kadar önemlidir. Aşınma sırasında zarar görmeyen ve aynı şartlarda mamule fikse olabilen özellikte olması gerekir. Baskı (üst) boyarmaddesi olarak küp, dispers, asit, bazik ve pigment boyarmadde sınıflarından antrakinon, fitalosiyanın ve trifenil metan esaslı boyarmaddeler kullanılmaktadır (Kanık 2012).

### **2.3.3. Aşındırma baskıda kullanılan aşındırma maddeleri**

Aşındırma baskıda kullanılan aşındırma maddeleri, basılacak kumaştaki lifin cinsine ve kullanılan boyarmaddenin türüne göre değişmektedir. Aşındırma maddesi olarak çeşitli indirgen ve yükseltgen(oksitleyici) maddeler, asitler, bazlar ve tuzlar kullanılmaktadır (Broadbent 2001, Clarke 2013). İndirgen ve yükseltgen maddelere; sülfoksilik asit ve türevleri, formaldahit sülfaksilat, potasyum permanganet ve sodyum hipoklorit örnekleri verilebilir (Zhou ve ark. 2015). Ancak kullanılan maddeler içinden en çok indirgen maddeler ile yapılan işlemler tercih edilmektedir (Sayar 1991, Kanık 2012, Mukherjee ve Muhherjee 2015).

*Yükseltgen (oksidasyon) maddeler:* özellikle indigo boyalı ve bazı seçilmiş reaktif boyalı zeminlerin aşındırılması için eski tip aşındırma baskı proseslerinde kullanılmaktadır. Klorin, bromin, perklorik asit, kromik asit ve benzoil peroksit kullanılan yükseltgen maddelerdendir. Hidrojen peroksit baskıdaki küp boyaların

reokside edilmesi için kullanılır. Sodyum klorit, dispers boyalara baskı yapılırken indirgeyici boyaların bozulmasını engellemek için ara sıra kullanılır. Sodyum mNitrobenzensülfonat selülozik liflere yapılan direkt reaktif baskılarda daha düzgün ve problemsiz baskılar sağlamak, asetat, triasetat ve poliester liflerine yapılan direkt dispers baskılarda ise doğal kıvamlaştırıcı ajanlar ile kombinasyon sağlamak için kullanılmaktadır (Lacassa ve Baumann 2004).

İndigo boyarmadde ile renklendirilmiş bir kumaşın, yükseltgen madde (% 10 kıvamlı sodyum dikromat çözeltisi) kullanılarak aşındırılması incelendiğinde; yükseltgen maddenin eklendiği aşındırma patı indigo boyalı malzemenin üzerine basılır ve kurutulur. Sülfirik asit ve oksalik asit sıcak banyosundan geçirildiğinde kromik asit serbest kalır ve basılan alandaki indigo boyarmaddenin isatin maddesine okside olduğu görülür. Oksalik asit, oluşabilecek ve zemin rengini kademeli olarak aşındırabilecek kromik asit fazlasını azaltır. İsatın alkali içinde çözülebilir bu nedenle son adım olarak kumaş alkali banyosundan geçirilir. Bunun üzerine isatin uzaklaşır ve beyaz aşındırma deseni ortaya çıkar. Bu aşamada asıl problem mevcut şartlar altında oksidasyon ajanı ve asitlerin pamuk substratı üzerinde beklenmeyen bir etkileşim yaşaması ve hassaslaşmalarıdır. İndigo boyarmaddenin yükseltgen madde ile aşındırılmasına ilişkin kimyasal değişim Şekil 2.6 'da verilmiştir (Lacassa ve Baumann 2004).

İndirgen maddeler: formaldehit sülfoksilatlar ( $\text{NaH-SO}_2\text{-CH}_2\text{O-2H}_2\text{O}$ ) en yaygın kullanılan indirgen maddelerdir (Sayar 1991, Kanık 2012, Mukherjee ve Mukherjee 2015). Formaldehit sülfoksilatlar normal şartlarda stabil indirgen maddeler olup, baskı patlarının hazırlanması ve bekletilmesi sırasında, baskı işlemleri yapılırken, kurutulurken ve buharlama öncesi bekletmeler sırasında uygun şartlar sağlandığı sürece bozulmaya uğramazlar (Kanık 2012).

İndirgenme işleminde kullanılan en yaygın maddeler;

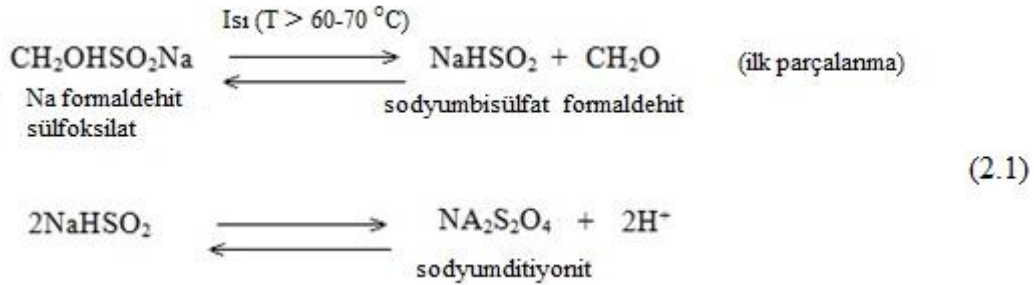
- CI Reducing Agent 2 (Sodyum formaldehit sülfoksilat örn: Rongalit C, Bruggolit C vb.),
- CI Reducing Agent 4 (Suda çözülmeyen çinko formaldehit sülfoksilat)



- CI Reducing Agent 6 (Suda çözünen çinko formaldehit sülfoksilat, örn: Declorin vb)
- CI Reducing Agent 11(Tiyoüre dioksit)
- CI Reducing Agent 12 (Suda çözünmeyen kalsiyum formaldehit sülfoksilat, örn: Rongalit H.)
- Kalay Klorür ( $\text{SnCl}_2$ ) (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012)

Bu maddelerden özellikle CI.R.A 2 ve CI.R.A 6, selülozik liflerden yapılan kumaşlarda, (Berry ve Ferguson 1994). CI.R.A 4, CI.R.A 11 ve CI.R.A 12 ‘de sentetik liflerden yapılan kumaşlarda uygulanacak aşındırma baskılarda kullanılmaktadır (Broadbent 2001).

Formaldehit sülfoksilatların aşındırma baskıdaki etki mekanizmasının denklem (2.1)’deki gibi olduğu kabul edilmektedir:

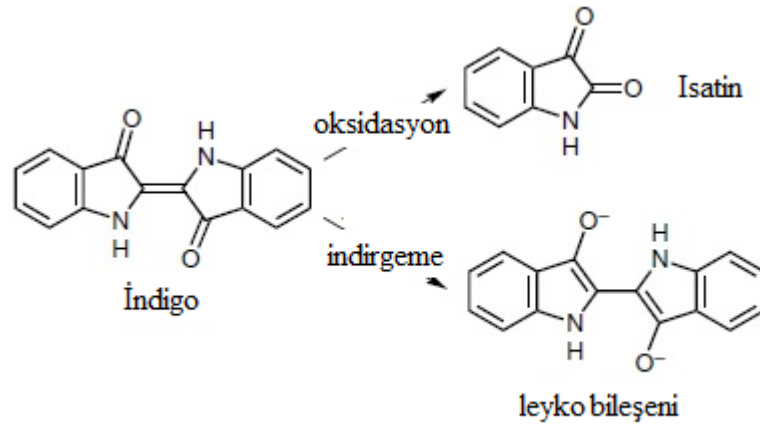


İlk reaksiyonda sağ taraftaki formaldehit konsantrasyonu (buharlama makinesi içerisinde) arttıkça reaksiyon dengesi sola döner. Yani indirgeme hızı düşer ve normal fiksaj sürelerinde aşınma yetersiz kalabilir. Bu nedenle fiksaj sırasında yeterli taze buhar beslenerek ortamdaki formaldehit etkili şekilde uzaklaştırılır (Kanık 2012).

Optimum aşındırma için gereken indirgeme maddelerinin miktarı; aşınacak boya cinsine ve miktarına, zeminin koyuluğuna, basılacak kumaşın zemin kalınlığına ve baskıya uygunluğuna bağlı olmaktadır. Ayrıca baskı ve fiksaj şartları da indirgen madde konsantrasyonunu belirlemede göz önüne alınması gereken bir durumdur (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

İndigo boyalı bir kumaşın aşındırılması indirgeme maddesi kullanılarak yapılacak ise; kumaşa stabil indirgeme maddesi ile birlikte sodyum karbonat, antrakinon ve Lökotrop W. içeren kıvamlı baskı patı ile baskı işlemi yapılabilir. Baskı kuruduktan sonra buharlama işlemine alınır. O aşamada indirgeme ajanı aktifleşir ve boyayı indirger, leyko (leuko) yani renksiz forma getirir. Antrakinon, indirgeme ajanlarının aşındırma etkisini artırma özelliğinden dolayı kullanılır. Lökotrop W. leyko ile bileşerek alkalide çözülebilen, tekrar okside olmayacak turuncu bir ürüne dönüşür. Yıkama sonrası uzaklaşır ve iyi bir beyazlık sağlar. Çinko sülfatın tittanyum dioksit gibi beyaz pigmentlerin prosese eklenmesi, beyaz aşındırma etkisinin gelişmesine yardımcı olur. Lökotrop W yerine Lökotrop O kullanılması, çözilemeyen turuncu bileşiklerin oluşumuna ve oluşan bileşiklerin life tutunmasına sebep olmaktadır. Bu tür durumlar bazen renkli aşındırmalarda kullanılabilir (Berry ve Ferguson 1994, Clarke 2013). İndigo boyarmaddenin indirgen madde ile aşındırılmasına ilişkin kimyasal değişim Şekil 2.6.'da verilmiştir.

Verilen örneklerden de anlaşılmaktadır ki, indirgeme ajanları ile yapılan aşındırma baskılarda yükseltgeme ajanları ile yapılanlara göre beklenmeyen etki görülme ihtimali daha azdır. İndirgeme ajanları ile aşındırma baskıda, pek çok boyarmadde ve lif çeşidi ile çalışmak mümkündür (Berry ve Ferguson 1994).



**Şekil 2.6.** İndigo boyarmadde ile boyanmış pamuklu bir kumaşın yükseltgen (oksidasyon) ve indirgen maddeler ile aşındırma baskı sürecinde meydana gelen kimyasal parçalanma reaksiyonu (Berry ve Ferguson 1994)

#### 2.3.4. Aşındırma baskıda kıvamlaştırıcı seçimi

Aşındırma baskı ile katma değeri yüksek baskılı ürünler üretilebilmektedir. Bu nedenle kıvamlaştırıcı seçimi aşındırma baskı için önemli bir adımdır. Seçilen kıvamlaştırıcı yüksek baskı patı stabilitesini ve istenilen baskı kalitesini sağlamalıdır. Aşındırma baskının tarzı olan keskin ve karmakarışık desenlerde kontür netliğinin iyi olması istenir. Katı madde oranı orta-yüksek olan kıvam maddelerinden düşük viskoziteli kıvam patları elde edilir. Böylelikle harelenme sıkıntısı engellenmiş olur. Kıvamlaştırıcı olarak noniyonik olanlar kullanılabilirken aniyonik olanların kullanımından kaçınılmalıdır. Keçiboynuzu unu, sodyum karajenan, nişasta eteri, kristal unu kullanılan noniyonik kıvamlaştırıcılardandır (Berry ve Ferguson 1994).

Düşük viskozitede, katı madde oranı orta-yüksek olarak hazırlanan kıvam patlarında guar unu, tamarında, cassia gibi galaktomannan türevleri ile British gumi ve nişasta eterleri en çok tercih edilen kıvamlaştırıcı tiplerindedir. Bu ürünlerin kullanımı daha çok nişasta eteri-guar unu gibi kombine kullanımlar şeklinde olur. Kullanılan indirgen maddenin de kıvamlaştırıcıyı olumsuz etkilememesi gerekmektedir (Kanık 2012).

#### 2.3.5. Aşındırma baskıda kullanılan diğer kimyasallar ve yardımcı maddeler

Antrakininon, zor aşınan azo kökenli boyarmaddelerin aşınma etkisini geliştirmek amacıyla baskı patına ilave edilen bir aşındırma yardımcı maddesidir (Kanık 2012).

Nem emici ve penetrasyon geliştirici maddeler; gliserin, etilen glikol ve tiyodiglikoldür. Tam bir aşındırma için iyi bir penetrasyon önemlidir. Penetrasyon ajanlarını buharlama sırasında kullanmak özellikle beyaz aşındırmada, aşındırma patının kumaşa penetre olmasını, baskının özellikle örme kumaşlar üzerinde kötü gözükmelerini engeller. Nem emici maddelerin büyük kısmı aynı zamanda penetrasyonda geliştirir. Aşındırma maddelerinin penetrasyon derecesi baskı patı viskozitesine, katı madde miktarına, nemlendiriciye, baskı ve buharlama koşullarına bağlıdır. Bunların az kullanılması yetersiz aşınmaya, fazla kullanılması da migrasyona ve bunun sonucunda hare oluşumuna neden olur (Berry ve Ferguson 1994, Broadbent 2001).

Islatıcı ajanlar; ön boyamadan sonra kumaşların üzerinde oluşabilecek film tabakası düşük emiciliğe sebep olabilir, bu tip durumları engellemek için ıslatma ajanları gereklidir (Berry ve Ferguson 1994).

#### Diğer yardımcı maddeler

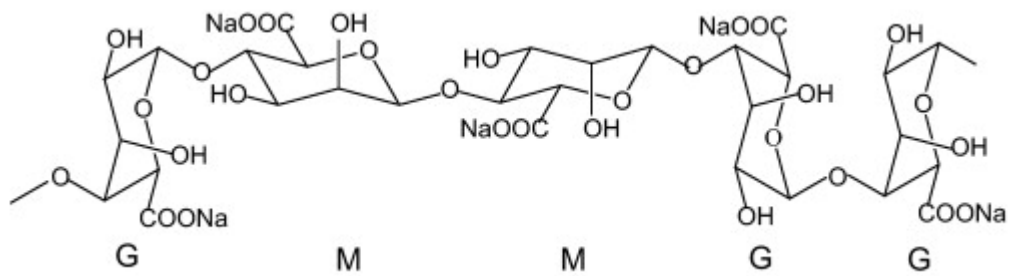
Sentetik liflerde aşındırma etkisini geliştirme ve/veya renk verimini artırmak amacıyla aşındırma baskıda keriyer (carrier) ve fiksaj hızlandırıcı maddeler de sıkça kullanılır.

Beyaz aşındırmada, beyazlığın geliştirilmesi için baskı patlarına uygun optik beyazlatıcılar ve/veya titanyum dioksit ve çinko sülfat gibi beyaz pigmentler ilave edilebilir (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

Tez çalışmasında kullanılmak üzere; aljinat, etilen glikol, gliserin, keçiyoynuzu unu kıvamlaştırıcıları seçilmiştir. Kıvamlaştırıcı seçerken; baskı işlemlerinde yaygın olarak kullanılması, nem ve penetrasyon geliştirme özellikleri dikkate alınmıştır. Metil selüloz maddesi de kıvam arttırıcı özelliğinden dolayı seçilen kıvamlaştırıcılar arasındadır.

#### Aljinat

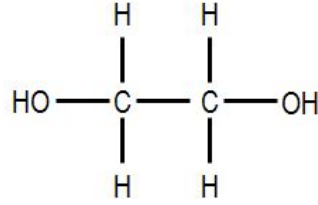
Kahverengi deniz yosunlarından elde edilen doğal bir polisakkarittir. Jelleştirme, kalınlaştırma, sabitleme, nem tutma özelliklerinden dolayı gıda ve tekstilde baskı ve apre işlemleri ile elyaf üretimi olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır (C. Üstündağ ve Karaca 2009, Küçükçapraz ve ark. 2016).



**Şekil 2.7.** Sodyum Aljinatın moleküler yapısı (Yang ve ark. 2011)

### *Etilen Glikol*

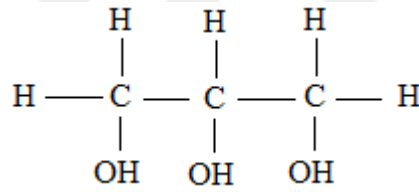
Etilen glikol nem ve penetrasyon geliştirici, boya çözücü ve anti-friz özelliği olan bir maddedir (Lacasse ve Baumenn 2004, Altuntop 2005, Kanık 2012).



**Şekil 2.8.** Etilen glikolün moleküler yapısı (<https://socratic.org/questions/why-is-ethylene-glycol-polar>, 2017)

### *Gliserin*

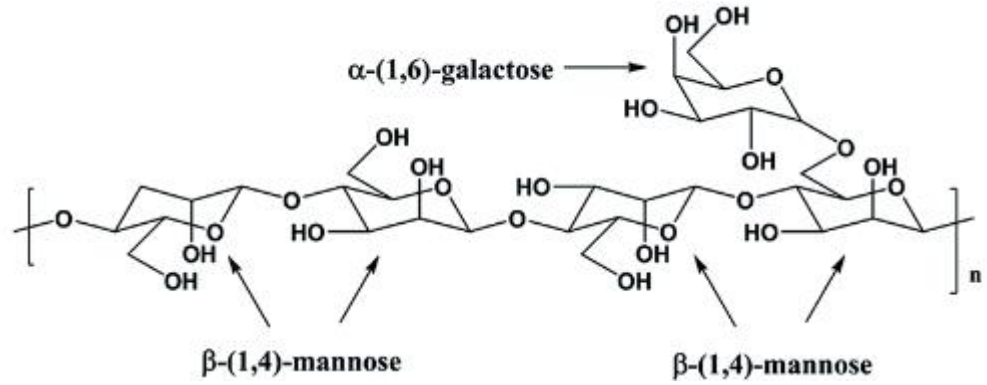
Tekstil baskıcılığında nem emici ve penetrasyon geliştirici ve boya çözücü olarak kullanılan yardımcı bir maddedir. Antifriz özelliği de bulunmaktadır(Lacasse ve Baumenn 2004, Kanık 2012).



**Şekil 2.9.** Gliserinin moleküler yapısı (<http://www.nutrientsreview.com/carbs/edible-glycerin.html>, 2017)

### *Keçiboynuzu Unu*

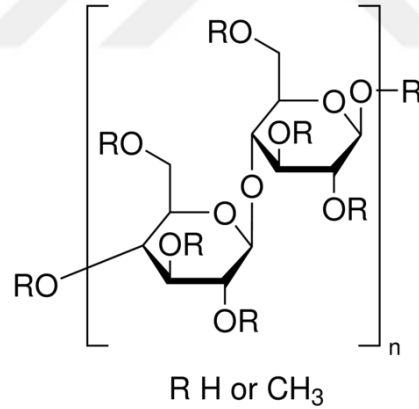
Keçiboynuzu bitkisinden elde edilir. Ağırlığının 50 katı su tutma kapasitesine sahip olduğundan kıvamlaştırıcı, jelleştirici ve su bağlayıcı olarak kullanılır. Gıda ve tekstil sektöründe kullanımı yaygındır (<http://megep.meb.gov.tr>, 2017).



**Şekil 2.10.** Keçiboynuzunun moleküler yapısı (Dufficy 2015)

### *Metil Selüloz*

Kıvam verme ve jelleşme özelliği yüksek olan bir malzemedir. Bu özelliklerinden dolayı gıda sektöründe çok kullanılmaktadır (Arslan 2011). Metilselüloz, suda çözünabilir bir polimerdir. Duvar kağıdı yapıştırıcısı, birleştirme elemanları, besin maddeleri, ilaç ve kozmetik sektörlerde kullanılmaktadır (Kozak 2010).



**Şekil 2.11.** Metil Selülozun moleküler yapısı  
(<https://www.mpbio.com/product.php?pid=02155496&country=215>, 2017)

### **2.3.6. Aşındırma baskıda kurutma ve fiksaj**

Aşındırma baskıda sıklıkla kullanılan indirgen maddelerin bozulup baskı kalitesinde sıkıntı yaratmaması amacıyla kurutma işleminin mümkün olduğunca düşük sıcaklıkta hızlı ve tam olarak yapılması gerekmektedir. İndirgen maddenin erken bozulmasını

önlemek için ideal kurutma sıcaklığı 80 °C'dir. İndirgen maddenin aktivitesi buharlama aşamasında başlar, zemin boyasını buharlama sırasında söker. Bu nedenle fiksaj işlemi doymuş buharla ve tercihen 100-102 °C 'de havasız buhar ortamında ortalama 10 dakika yapılmaktadır. Kumaşın buharlayıcıya tam olarak kurutulmuş ve soğuk girmesi maksimum buhar yoğunlaşması için önemlidir (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

### **2.3.7. Aşındırma baskıda ard işlemler**

Buharlama makinesi çıkışında pamuklular % 15, viskoz mamuller % 30 nem içerirler. Kumaş üzerinde bozulmamış Rongalit C varsa bekleme sırasında baskılı kumaş zarar görebilir. Bu nedenle kumaş buharlamadan çıkınca mümkünse hemen yıkanmalı ya da gerekli önlemler alınmalıdır. Yıkama adımları; soğuk su ile durulama, oksidasyon (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile), ılık durulama, kaynar sabunlama, sıcak durulama ve soğuk durulama şeklindedir (Berry ve Ferguson 1994, Lacasse ve Baumann 2004, Kanık 2012).

### **2.3.8. Aşındırma baskı uygulama prosedürleri**

Aşındırma baskının genel prensipleri ile çeşitli zeminlerin üzerine baskı yapılması, seçilen reçeteler ve tavsiye edilen prosesler ile gerçekleşmektedir (Berry ve Ferguson 1994).

Aşındırma baskı; selülozik lifler (pamuk, viskon, bambu, ikincil selüloz asetat ve selüloz triasetat), yün ve ipek gibi protein lifleri, poliester ve nylon gibi sentetik liflerden elde edilmiş kumaşlar üzerine yapılabilmektedir (Berry ve Ferguson 1994).

Aşındırma baskının kullanıldığı kumaşlar incelendiğinde özellikle doğal liflerden elde edilmiş (pamuk, bambu keten vb) kumaşların üzerine yapılan baskıların çok iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. % 100 sentetik hammaddeli kumaşlarda aşındırma baskı süreci hammaddenin hidrofob yapısından ötürü zorlaşmaktadır. Bu nedenle aşındırma-rezerve baskı yöntemi ya da farklı karışım oranları kullanılarak elde edilen sentetik kumaşlarda aşındırma baskı işlemi yapılmaktadır. Ancak karışım kumaşlarda yapılan aşındırma

baskılar daha çok eski/nostaljik görünümlü olmaktadır. Pamuk/poliester kumaşlara (%50/50-%65/35 gibi) aşındırma baskılar yapılmakta, geliştirilmesi içinde çalışmalar devam etmektedir (Dale 2013, [https:// www.unionink.com/ screenprinting -inks/ substrate-fabric/blends/](https://www.unionink.com/screenprinting-inks/substrate-fabric/blends/), 2017).

### ***Selülozik mamullere aşındırma baskı***

Aşındırma baskı en fazla pamuk ve viskon gibi liflerden elde edilen selülozik kumaşlara yapılmaktadır. Direk ve reaktif boyarmaddeleri ile boyanan selülozik kumaşların baskı boyaarı ise küp ya da pigment boyarmadde gruplarından seçilir. Bu nedenle selülozik mamuller üzerine aşındırma baskı küp ve pigment aşındırma şeklinde ikiye ayrılır (Kanık 2012, Clarke 2013).

*Küp aşındırma baskı;* azo, direkt ve reaktif boyalar ile renklendirilmiş zeminlerin aşındırılmasında daha çok küp boyalar tercih edilir. Boyanan kumaş yıkanır ve genellikle ludigolleme yapılır ve düzgün bir şekilde kurutulularak aşındırma baskıya hazır hale getirilir (Berry ve Ferguson 1994, Dawson ve Hawkyard 2000, Kanık 2012).

Zeminde vinilsülfon tipi reaktif boyarmaddenin selüloz ile oluşturduğu eter bağları bazik ortamda koptuğundan, tam olarak bir aşınma söz konusu olabilmesi için bir yandan indirgen madde ile azo grubu tahrip edilirken bir yandan da selüloza bağlı kalan parçalanma ürünü koparılır. Burada indirgen madde miktarı biraz fazla seçilmelidir çünkü indirgen maddenin görevi sadece küp boyarmaddeyi indirgeme olmayıp, aynı zamanda zemindeki reaktif boyarmaddeyi de aşındırmaktır (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

Çizelge 2.1.'de beyaz aşındırma (1-3-5-6) ve renkli aşındırma (2-4) baskı için stok baskı patı reçeteleri verilmiştir.



**Çizelge 2.1.** Beyaz ve renkli aşındırma baskıda kullanılabilir stok baskı patı formülasyonları (Berry ve Ferguson 1994)

	1	2	3	4	5	6
İndirgen Madde (C.I.R.A. 2)	100-200	100-200	120	200	200	200
Gliserin	50	---	---	---	---	---
Sodyum Karbonat	---	50-100	---	---	---	---
Kostil Soda	---	---	---	50	175	200
Antrakinon Pat	---	20	---	---	---	---
Leucotrope W	---	---	---	---	80	---
Soğuk Su	200	140	280	150	120	20
Kıvamlaştırıcı	600	600	500	500	400	400
Optik Beyazlatıcı	5	---	5	---	5	5

Baskı uygulanıp kurutulmuş kumaşın fiksajı 5-8 dk 102-104 °C’de havasız buhar ortamında yapılmaktadır. Buharlama işleminin ardından hızlıca önce soğuk sonra sıcak yıkama ve ard işlemler uygulanmalıdır. İlk aşamada soğuk suda yıkama yapılmasının nedeni lifin içinde leyko formunda bulunan boyarmaddenin dışarı çıkmasına ve dolayısıyla renk veriminde kayba neden olur. Ard işlem olarak yıkamanın ilk adımında oksidasyon ajanları ile 40-50°C’de soğuk suda oksidasyon yapılmalıdır. Oksidasyon maddesi olarak hidrojen peroksit tercih edilebilir (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

*Pigment aşındırma baskı;* küp aşındırma baskıya göre daha ekonomik ve basit bir yöntemdir. Ancak mevcut haslık ve tutum problemlerinden dolayı desen alanının daha küçük olduğu baskılar için tercih edilmektedir. Azo, direkt ve reaktif boyalar ile renklendirilmiş zeminlerin aşındırılmasında, pigmentlerin seçilmesi ile yapılan aşındırma baskıdır. C.I.R.A 4 yada C.I.R.A 6 gibi sülfaksilat aşındırma maddeleri kullanılır. Asidik ve nötr şartlarda aşınan boyalar ile konvansiyonel yöntemle boyanırlar. Dolayısı ile sadece selülozik değil aynı zamanda poliester, poliamit ve

akrilik gibi sentetik hammaddelerden elde edilen zeminlere de uygulanabilirler (Kanık 2012).

Basılmış alanda harelenme sorununu çözmek için boyalı zemin kumaşına zayıf oksidasyon maddeleri uygulanır. Sodyum nitrobenzensülfonat bazlı zayıf oksidasyon maddelerinin kullanımı daha yaygındır (Kanık 2012).

Baskı ve kurutma işleminden sonra kumaş 5-10 dk. buharlanır ve burada aşınma işlemi gerçekleşir. Daha sonra pigment boyanın fiksajı için 5 dk 150°C termosolleme yapılır. Baskılı kumaşlar soğuk durulama ardından 50°C’de noniyonik deterjan ile sabunlama yapılır ve soğuk su ile durulanır. Yıkama sonunda optimum haslık değerlerinde aşındırma maddesi olmayan parlak baskılar elde edilir. Şekil 2.12.’de pigment aşındırma baskıda kullanılacak reçete örneğini görülmektedir (Berry ve Ferguson 1994).

Pigment Aşındırma Stok Patı		Pigment Aşındırma Baskı Patı	
Karboksimetilseküloz	75 g	Stok Patı	800 g
Emülgatör	10 g	Pigment	X g
Su	115 g	Çinko Formaldehit Sülfoksilat	50 g
Üre	50 g	Diamonyum fosfat (1:2)	25 g
Binder	100 g	Su/Stok Patı	Y g
Gaz Yağı	650 g		1000 g
Su/Pat	X g		
	1000 g		

**Şekil 2.12.** Pigment aşındırma baskıda kullanılacak reçete örneği (Berry ve Ferguson 1994).

### ***Poliester mamullere aşındırma baskı***

Poliester mamullerin hem zemin boyalarında hem de baskı boyalarında dispers boyarmaddeler kullanılmaktadır. Aşındırma maddeleri olarak ya indirgen maddeler ya da alkaliler kullanılır. Bilindiği gibi poliester normal şartlarda zor boyanan bir lifdir. Poliesterin hidrofob yapısından dolayı boyanın lifin içine nüfuziyeti zordur. Bu nedenle lifin içine girmiş boyarmaddenin indirgenip, uzaklaştırılması da aynı zorluktadır. İşlemi devam ettirebilmek için daha çok indirgen madde kullanmak ve fiksaj şartlarını

ağırlaştırmak gerekir. Ancak mevcut şartlara lifin yapısı dayanmaz. Bu nedenle özel durumların haricinde poliester mamullere aşındırma baskı yapmak tercih edilmez, Bunun yerine aşındırma-rezerve baskı yöntemi kullanılır (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

### ***Poliester mamullere aşındırma-rezerve baskı***

Poliester kumaş aşınabilir dispers boyarmadde ile fularda emdirme yöntemiyle boyanır ve düşük sıcaklıkta boyarmadde lif yüzeyinde kalacak şekilde kurutulur. CI.R.A 6 yada tin(II) klorit aşındırma maddeleri içeren aşındırma baskı patı ile kumaşa baskı yapılır (Dawson ve Hawkyard 2000, Berry ve Ferguson 1994). Baskı patının kurumması sırasında zemin boyası tahrip olur ve fikse işlemi yapılır. Fiksaj sırasında aşındırma maddeleri lif yüzeyinde bulunan boyarmaddelere kolaylıkla ulaşabilmektedir. Poliester mamullerin aşındırma-rezerve baskısı indirgen maddeler ve alkali maddeler ile yapılmaktadır (Berry ve Ferguson 1994).

Aşındırma-rezerve efekti elde edebilmek için alkali ile aşınabilen, diester grupları içeren dispers boyarmaddeler kullanılmaktadır. Bu gruplar alkali ile hidroliz olmakta, suda çözünür karboksilat tuzları oluşmaktadır. Çözülebilir karboksilat formunun poliestere afinitesi yoktur. Böylece hidrofob yapılı poliester liflerine afinitesi olmayan boyarmadde yıkamayla uzaklaştırılır. Diester gruplu dispers boyalar fularda kumaşa emdirilir. Boyanan kumaş düşük sıcaklıkta kurutulur ve alkali içeren baskı patı ile baskı yapılır. Alkali yerine indirgen maddeleri içeren proseslerde yüksek sıcaklık buharlamayı indirgen temizleme prosesleri izler. Şekil 2.13.'de aşındırma rezerve baskıya ait indirgen ve alkali kullanımına göre ayrılmış baskı patı reçeteleri verilmiştir (Berry ve Ferguson 1994).

Baskı reçetesinde gördüğümüz kıvamlaştırıcılar kurutma sırasında migrasyon oluşumunu engellemek için kullanılır. Genelde çekirdek unu ve türevleri, nişasta türevleri ve karışımları kıvamlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Keriyer ve hızlandırıcılar beyaz ve renkli aşındırmaların her ikisinde de aşınma etkisini destekler (Kanık 2012).

En iyi sonucu elde edebilmek için baskı yapılan kumaşlar çok hızlı bir şekilde kurutulur ve yüksek sıcaklıkta doymuş buharda 6-8 dk, 165-175 °C’de buharlanır. Soğuk su ile yıkandıktan sonra sıcak alkali indirgeme yapılır ve ardından tekrar sıcak ve soğuk su ile durulama yapılır (Berry ve Ferguson 1994).

Beyaz Aşındırma Rezerve Baskı Patı	İndirgen	Alkali
Keçi Boynuzu Eteri Kıvamlaştırıcı	500 g	500 g
Çinko Formaldehit Sülfoksilat	80-150 g	—
Kostik Soda Çözeltisi (38 °Be)	—	50-80 g
Aşındırma Sabitleyici FBA	—	5 g
Kariyer	10 g	—
Polietilen Glikol	—	50-80 g
Gliserin	—	5-80 g
	1000 g	1000 g

Renkli Aşındırma Rezerve Baskı Patı	İndirgen	Alkali
Dispers Boyamaddede	X g	X g
Su (40 °C)	200 g	200 g
Keçi Boynuzu Eteri Kıvamlaştırıcı	500 g	500 g
Çinko Formaldehit Sülfoksilat	60-120 g	—
Polietilen Glikol	—	50 g
Üre	20 g	—
Kariyer	10 g	—
	1000 g	1000 g

**Şekil 2.13.** Aşındırma-rezerve baskıya ait indirgen ve alkali kullanımına göre ayrılmış baskı patı reçeteleri (Berry ve Ferguson 1994)

### 2.3.9. Aşındırma baskının kullanım alanları

T-shirtler aşındırma baskının en yaygın kullanıldığı ürünlerdir (Dale 2013, <https://www.unionink.com/screenprinting-inks/substrate-fabric/blends/>, 2017). T-shirt üzerinde aşındırma baskı ile verilen efektlerin diğer baskılara nazaran daha net olması kullanıcıların bu baskıyı daha fazla tercih etmelerine sebep olmaktadır. Soğuk havalarda tercih edilen polarlarda da aşındırma baskı tercih edilebilmektedir. Özellikle polar kumaşların yapısındaki poliesterin, kumaşta dönme problemi yaratmaması baskının ürünün üzerinde daha güzel durmasını sağlamaktadır (Dale, 2013).

Aşındırma baskı etkili giysiler, yumuşak tutumları ve büyük boy baskı seçeneklerinden dolayı genç nüfus tarafından tercih edilmektedir. Özellikle spor ile ilgilenen (sörf/paten/kaykay) gençlerde aşındırma baskı etkili ürünler daha çok tercih edilmektedir (Dale 2013). Aşındırma baskı ile elde edilmiş t-shirt ve sweatshirt Şekil 2.14.'de verilmiştir.



**Şekil 2.14.** Aşındırma baskı ile yapılmış t-shirt ve sweatshirt (<http://www.threadpress.com>, 2016, <http://www.allposters.com>, 2017)

### 2.3.10. Aşındırma baskıda genel problemler

Aşındırma baskıdaki en önemli problemlerden biri hare oluşumudur. Baskı patının desen bölgesinden dışarıya doğru migrasyonu sonucunda ortaya çıkan görüntüye harenme denilir. Beyaz aşındırmalarda kontür netliğinin bozulması şeklinde görülmektedir. Renkli aşındırmalarda ise desenin etrafında beyaza yakın açık bir çizgi şeklinde ortaya çıkar. Hare oluşumunu engellemek için yüksek katı madde oranlı pat kullanmak, pat viskozitesinin ve miktarını iyi ayarlamak, pat içindeki higroskopik madde kullanımını azaltmak, buharlaşma şartlarında nemi azaltacak şekilde çalışmak gerekmektedir (Berry ve Ferguson 1994).

Baskı sırasında kumaş üzerine desen yerleşimi de görülen problemler arasındadır. Genel olarak renksiz olan baskı patları koyu zeminde net olarak gözükmez. Şablon hasarı, tıkanma gibi nedenlerden oluşabilecek hatalar kolay fark edilemez. Bu durumda baskı patına beyaz pigment ilavesi, görünürlüğü, kaçakları, zıt renkleri ayırt edici özellik kazandırılabilir ya da floresans ajanları ilavesi ile ultraviyole lamba altında desenin daha

net görünmesi sağlanabilir. Baskı patı, indirgeme ajanlarının bozulması da yaşanan problemler arasındadır. Bu durumu engellemek için ya da minimum düzeye indirmek için kontrollü ve hızlı bir şekilde kurutma işlemi yapılmalıdır. Kurutma işlemi çok yüksek sıcaklıkta yapılmamalıdır. Kumaş tam kurutulmalı, buharlama öncesi çok bekletilmemelidir. Başka bir problem ise zemin kumaşının çeşitli nedenlerle pislenmesidir. Engellemek için baskı yapılırken kullanılan şablonların kirlenmemesine dikkat edilmeli, baskı öncesi boyalı kumaşa zayıf oksidasyon maddeleri emdirilerek indirgen maddenin önce oksidasyon maddesine saldırması sağlanmalıdır (Berry ve Ferguson 1994, Kanık 2012).

### **2.3.11. Aşındırma baskı teknolojisindeki son gelişmeler**

Tekstil baskıcılığının geleceği büyük oranda “sürdürülebilir-temiz-yeşil üretim” vb. çevreci üretim yaptırımları ve talepleri tarafından şekillenmektedir. Bu anlamda tekstil baskıcılığında son yıllarda gündeme gelen; baskı süreçlerinde zararsız kimyasalların kullanılması, daha az enerji ile üretim ve daha az su tüketimi, minimum baskı patı atığı, üresiz baskı, formaldehitsiz (pigment) baskı gibi konuların gündemde kalmaya devam etmesi beklenmektedir (Dale 2013).

Literatür araştırmasında aşındırma baskı ile ilgili yapılan güncel çalışmalarda en fazla; kullanılan kimyasalların toksikliğinden, çevreye ve insan hayatına verdiği zararlardan (örn: nazal kanserlere sebep olmalarından bahsedilmiş bu durumu hafifletmek ya da engellemek için çeşitli alternatifler sunulmuştur. Bu alternatiflerin içinde özellikle enzimler ile yapılan çalışmaların yoğunluğu dikkat çekmiştir. Çalışmalar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir (El-Thalouth ve ark. 2008, Karthikeyan ve Dhurai 2011, Ragheb ve ark. 2013).

El-Thalouth ve ark. (2008), zararlı indirgeme maddeleri yerine çevre dostu lakkaz enzimi kullanarak pamuklu kumaşlara aşındırma baskı yapılması konusunda çalışmışlardır. Çalışmada farklı reaktif boyarmadde renklerinde; enzim konsantrasyonu, baskı patınının pH'ı, uygulama süresi ve enzim uygulama sıcaklığının yanında baskı patı viskozitesi incelenmiştir. Sonuç olarak lakkaz enziminin, farklı renklerdeki reaktif

boyarmaddeler ile boyanmış pamuklu kumaşlara yapılan aşındırma baskıda kullanılması başarılı bulunmuştur.

Karthikeyan ve Dhurai (2011) çalışmalarında, yeni bir yöntem olarak, çevre dostu yaban turpu peroksidaz enzimi kullanarak pamuklu kumaşlara aşındırma baskı yapmışlardır. Enzim konsantrasyonunun etkisi, baskı patınının pH'ı, enzimatik uygulamanın uygulama zamanı ve sıcaklığı üzerinde çalışılmıştır. Farklı şartlar altında yabanturpu peroksidaz ile yapılan aşındırma baskının etkisi, renk değişim farkı  $\Delta L^*$  değeri ile ölçülmüştür. Ayrıca kopma mukavemetine, aşınma dayanımı, patlama mukavemeti, renk haslığı ve absorbans özellikleri değerlendirilmiştir. Optimum şartlarda, enerji tasarruflu, çevre dostu, formaldehitten uzak ve mukavemet kayıplarının azaldığı sonuçlara ulaşılmıştır.

Yavaş ve ark.(2011), aşındırma baskı prosesinde farklı aşındırma ajanları ve fiksasyon şartlarını kıyasladıkları çalışmada; aşındırılabilir reaktif boyarmaddeleri ile boyanan örme kumaşlara; sodyum formaldehit sülfoksilat (CI.R.A 2) ve çinko formaldehit sülfoksilat (CI.R.A 6) aşındırma maddeleri ile aşındırma baskı yapılmıştır. Daha sonra kumaşlara kızgın buhar, doymuş buhar ve termofiksaj yöntemleri ile fikse işlemi yapılmıştır. Numunelerin yansıma (%R), CIElab ve K/S, patlama mukavemeti değerleri ölçülmüştür. CI. R.A.2 'nin K/S değerleri CI.R.A.6 'ya kıyasla daha düşük çıkmıştır. ve Kızgın buharda işlem yapılan CI.R.A 6'da lif hasarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum CI.R.A. 6 'nın mukavemet kayıpları fazla çıkmasına sebep olmuştur. Buhar bazlı fikse işlemlerinde, termofiksaj ile yapılan fikseye göre daha iyi aşındırma etkileri sağladığı belirtilmiştir.

Ragheb ve ark. (2013), aşındırma baskıda kullanılan zararlı kimyasallar ile yer değiştirecek lakkaz enzimi, Valumax A828, Valumax A356 yanında bira mayası içeren çevre dostu biyolojik malzemeleri, örme kumaşlarda aşındırma baskı prosesi üzerinde kullanarak başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Optimum şartları belirlemek amacıyla; enzim konsantrasyonu, baskı patını pH'ı, enzimatik uygulama süresi ve sıcaklığı ve renkli aşındırmada kullanılan reaktif boyarmaddenin doğallığı incelenmiştir. Çevre dostu olmayan indirgeme ajanları yerine biyolojik aşındırma ajanları olarak Lakkaz enzimi ve bira mayası kullanımında başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Zhou ve ark. (2015), çalışmalarında toksisitesi ve kanserojen etkisi fazla olan formaldehit sülfoksilat aşındırma maddesine yerine daha ekolojik bir malzeme olan tiyoüre dioksit kullanmışlardır. Sırasıyla reaktif ve asit boyalar ile boyanmış pamuk ve ipek kumaşlara tiyoüre dioksit kullanarak beyaz aşındırma baskı yapılmıştır. Modifiye tiyoüre dioksit aşındırma maddesinin uygulaması ile ilgili yapılan çalışmada, aşındırma patı içindeki tiyoüre dioksitin aşındırma stabilitesi üzerine sulu ve D5(dekametilsiklopentasiloksan) ortamlarının etkileri kıyaslanmıştır. Kumaşlara beyaz aşındırma baskı yapılmış beyazlık, tutum, kopma mukavemeti değerleri hesaplanmıştır. Tiyoüre dioksitin suda düşük çözünürlüğü ve pek çok kimyasal ayrıştırıcıya karşı eylemsizliği, su yerine suda çözülmeyen bir ortamda (D5) daha iyi dağılma ve aşınma stabilitesi için uygun olduğunu göstermiştir. Tiyoüre dioksitin homojen yayıldığı dispersiyon ortamında kullanılan seyreltici maddeler ile şablon baskıcılığında çok sık karşılaşılan bir sorun olan gözenek tıkanma sorunu çözülmüştür.

Mukherjee ve Mukherjee (2015), proje çalışmalarında maksimum avantajlı, minimum enerji ile, zararlı kimyasalların oluşmayacağı, doğal boyalara aşındırma baskının yapılacağı uygun bir proses bulmayı amaçlamışlardır. Proseste ara buharlama adımları ve işlemin ticarileşebilmesi için kıvamlaştırıcı kullanılmıştır. Proje, küçük ölçekli endüstriler için uygun olan doğal renkli ürünlere yöneliktir ve uygun buharlama alt yapısına sahip olmayan ve yakıt tasarrufu sağlaması bakımından başarılı olduğu belirtilmiştir.

Literatür taramasında; konuların daha çok baskı patı, kıvamlaştırıcılar ve kullanılan boyarmaddeler ile ilgili parametrelerin değiştirilmesine yönelik olduğu, bunun sonucunda değişkenlerin prosesi ve çevreyi nasıl etkilediği ile ilgili araştırmaların yapıldığı görülmektedir.

#### **2.4. Ozon Gazı ve Endüstride Kullanımı**

Ozon, hem stratosferde UV ışınlarına karşı koruyucu bir tabaka oluşturan, hem de yer yüzünde bulunan önemli bir maddedir (<http://www.ozonetech.com>, 2017, <https://www.mgm.gov.tr>, 2017, <http://www.airozon.com>, 2017). Kendiliğinden oksijene



dönüşebilen, parçalayıcı, aşındırıcı ve soğukta efektif olan bir gaz molekülü olan ozon, saklanamaz veya transfer edilemez özelliğindedir. Bu nedenle kullanılacağı ortamda direkt olarak üretilmesi gerekir (Iglesias 2002, Bocci ve ark. 2009). Bu özelliklerinin yanında üretiminin nispeten ucuz ve kolay olması nedeniyle endüstride; sıvı ve gaz fazda yüzey alanları başta olmak üzere değişik alanlarda kullanılabilir (Yıldız ve Yangılar 2014).

#### 2.4.1. Ozon gazının özellikleri ve kullanım alanları

Ozon kelimesi Yunanca "koklamak" manasına gelen ozein'den gelir. Alman kimyager Christian Friedrich Schönbein tarafından yıldırım sonrası oluşan kokudan yola çıkılarak, 1840 yılında keşfedilmiştir (Yıldız ve Yangılar 2014, www.airozon.com, 2017). Çünkü ozon gazı sahip olduğu karakteristik kokudan dolayı, fırtınalı havalardan sonra, yüksek yerlerde veya deniz kıyısında, hissedilebilir. 1856'da Thomas Andrews ozonun sadece oksijenden oluştuğunu söylemiş ancak 1863 yılında ise Soret 3 oksijen molekülünden 2 ozon molekülü oluştuğunu göstererek, oksijen ile ozon arasındaki ilişkinin çift yönlü reaksiyonu (2.2) eşitliğindeki gibi olduğunu belirtmiştir (Iglesias 2002).

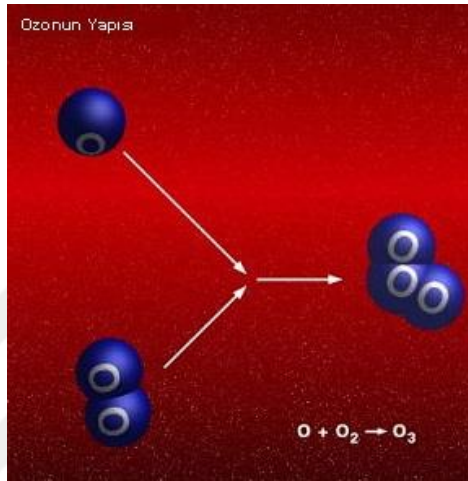


Üç oksijen atomundan oluşan kimyasal bir bileşik olan ozon ( $\text{O}_3$ ), iki atomlu normal atmosferik oksijenin ( $\text{O}_2$ ) yüksek enerji taşıyan şeklidir. Termodinamik olarak kararsız ve hemen oksijene dönüşen güçlü ( $E^\circ=2,07 \text{ V}$ ) bir oksitleyicidir (Perincek 2007, Öztürk ve Eren 2010, www.ozonetech.com, 2017, <http://www.ozone-bleach.com/en/index.htm>, 2017, <http://www.ozoneapplications.com>, 2017).

Doğal element ozon 'aktif oksijen' olarak bilinmektedir. Stabil olmayan bir yapıya ve simetrik açılara sahip bir moleküldür (Duran ve ark. 2006a). Ozon molekülünün yapısı Şekil 2.15.'de görülmektedir.

Ozon, atmosferde doğal halde bulunan oldukça önemli bir maddedir. Gaz haldeyken mavi, sıvı ve katı haldeyken opak mavi-siyah renktedir. Normal sıcaklık ve basınç

altında oldukça kararsız bir gaz olan ozon, suda kısmen çözünür, keskin bir kokuya sahiptir ve gıdalara uygulanabilen, ticari kullanımını olan tek doğal dezenfektandır (Yıldız ve Yangılar 2014). Zemin seviyelerine yakın yerlerde 10 milyon hava partikülü başına bir partikül  $O_3$  ( $0.1 \text{ ppm}=200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) konsantrasyonlarında duman şeklinde bulunur. 2000 metre yükseklikte, çok daha azalarak 0.03-0.04 ppm seviyelerine düşer (<http://www.airozon.com>, 2017).



**Şekil 2.15.** Ozon molekülünün yapısı (<https://www.mgm.gov.tr>, 2017)

Güneşin ultraviyole ışını ve yıldırım anında ortaya çıkan elektrik arkları ile stratosfer de doğal olarak oluşan (5 ve 10 ppm) ve 290–320 nm dalga boyundaki ultraviyole ışını absorblayabilmesi nedeniyle, gezegenleri ve canlıları koruyan ozon yaşamsal önem taşımaktadır. Güneşten gelen ultraviyole ışınlarının büyük kısmını stratosfer tabakası içerisinde emmekte ve bu ışınların yer yüzeyine kadar ulaşmasını önleyerek yakıcı etkisini de yok etmektedir. Atmosferi oluşturan azot (% 78), oksijen (% 21) ve karbondioksit vb. gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan ozon iklim şartları üzerinde de etkilidir. Ozon gazının özellikleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr>, 2017, <http://www.airozon.com>, 2017).

**Çizelge 2.2.** Ozon gazının özellikleri (Iglesias 2002, Küni 2009, www.ozonotech.com, 2017, <https://www.mgm.gov.tr>, 2017, <http://www.airozon.com>, 2017)

<b>OZON GAZININ ÖZELLİKLERİ</b>	
Kimyasal Formülü	O <sub>3</sub>
Molekül ağırlığı (g/mol)	47.998
Görünüm ve Koku	Renksiz ve Keskin Kokulu
CAS Numarası	10028-15-6
Yoğunluk, Gaz (0 °C, 101.3 kPa)	2.144 kg/m <sup>3</sup>
Suda Çözünürlüğü	4.9 ml/l (0 °C)
Erime Sıcaklığı (101.3 kPa)	-192.5 °C
Kaynama Sıcaklığı (101.3 kPa)	-111.9 °C
Yüzey gerilimi (-183°C)	3,84 x 10 <sup>-2</sup> N/mm
Viskozite (-183°C)	1,57 x 10 <sup>-3</sup> Pa.s
Isı kapasitesi, sıvı (-183 ile 145°C)	1884 J/kg.K
Isı kapasitesi, gaz (25°C)	818 J/kg.K
Buharlaşma ısısı	15,2 kJ/mol
AB tehlike sınıfı	Oksitleyici Madde (0)

Ozon jeneratörü sayesinde havadan üretilebilen ozon gazı, kuvvetli oksidatif özellik göstererek düşük sıcaklıklarda yardımcı kimyasal madde ilavesi gerektirmeden kullanılabilir. Ayrıca soğukta etkinliğinin yüksek olması nedeniyle ısıtma maliyetlerinden tasarruf sağlayabilme potansiyeline sahiptir (Duran ve ark. 2006a, <https://www.mgm.gov.tr>, 2017, <http://www.airozon.com>, 2017).

Ozon (O<sub>3</sub>) 2,07 eV oksidasyon potansiyeline sahiptir. Bu değer, tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılan ve önemli bir oksidasyon maddesi olan hidrojen peroksitin 1.77 eV olan değerinden bile daha yüksektir. Güçlü bir oksidasyon ajanı olmasının yanında, suda kolay bir şekilde çözülebilir olması özellikle yaş terbiye işlemlerinde fonksiyonel olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır (Öztürk ve Eren 2010).

#### 2.4.2. Ozonun doğada oluşumu ve ozon gazı üretimi

Ozonun varlığı ara atomik oksijen radikallerinin oluşmasına dayanmaktadır. Oluşan bu radikaller daha sonra moleküler oksijen ile reaksiyona girerek ozonu oluşturmaktadırlar. Bu nedenle moleküler oksijeni, oksijen radikaline dönüştüren bütün işlemler potansiyel ozon üretim reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonları ise elektron veya foton kuantum enerjileri mümkün kılar. Bu durum doğal ortamlarda gerçekleşebileceği gibi; elektronlar, yüksek voltajlı Korona-Boşalma (Corona Discharge) sistemlerinden, kemonükleer kaynaklardan ve elektrolitik işlemlerden elde edilebilmekte uygun foton kuantum enerjisi ise 200 nm altındaki ultraviyole ışınları ile ve  $\gamma$ -ışınlarıyla elde edilebilmektedir (Iglesias 2002).

Ozon gazı doğada kendiliğinden var olabilmekte ve iki farklı şekilde oluşabilmektedir. Aynı şekilde endüstriyel amaçlı kullanımlar için de iki farklı üretim yöntemi bulunmaktadır.

Ozon gazı, atmosferde yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakalarında ayrı şekilde bulunmaktadır. Atmosferdeki toplam ozonun büyük kısmını (%90), yer yüzeyi ile yaklaşık 10-50 km uzaklıkta stratosfer tabakası içerisinde bulunan, stratosferik ozon oluşturmaktadır. Stratosferik ozon güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonunu emmesi nedeniyle hayati önem taşır ve iyi huylu ozon olarak isimlendirilmektedir (Perinçek 2006, <http://www.ozonotech.com>, 2017, <https://www.mgm.gov.tr>, 2017, <http://www.airozon.com>, 2017).

Troposfer tabakası içinde, yer yüzeyi ile 10-15. km'ler arasında bulunan, atmosferdeki toplam ozonun %10'unu oluşturan, insan kaynaklı ozon ise troposferik ozondur. Özellikle azotoksit (NO<sub>x</sub>) türevlerinin güneş ışığı ile tepkimeye girmesi sonucu oluşmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etki yarattığı için kötü huylu ozon olarak isimlendirilmektedir. Toplam ozon ise, bu iki farklı karakterdeki ozonun birleşmesinden oluşmaktadır (Perinçek 2006, <https://www.mgm.gov.tr>, 2017).

Ozon doğada; güneşin mor ötesi (UV) ışınları ve yıldırım sırasında oluşan yüksek

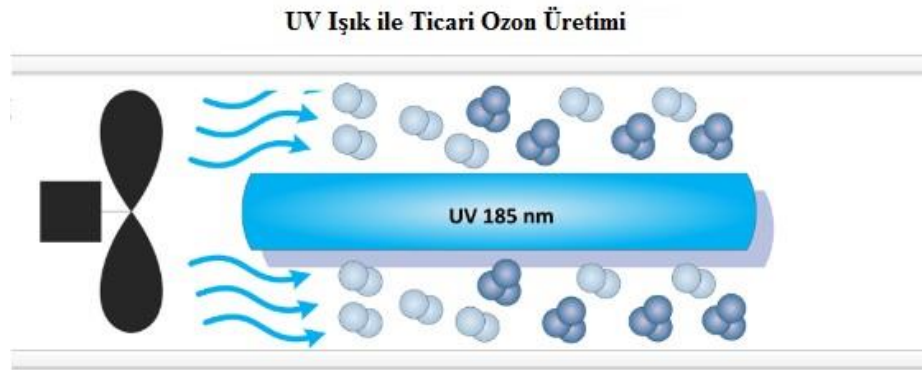
voltajlı elektrik boşalımı ile iki şekilde oluşmaktadır (Öztürk ve Eren 2010). Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun etkisiyle atmosferdeki oksijen molekülü ( $O_2$ ) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir. Daha sonra serbest haldeki oksijen atomları ( $O^2$ ) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle ( $O_2$ ) birleşerek ozon molekülünü ( $O_3$ ) oluşturmaktadırlar. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır. Ozonun yıldırım sırasında oluşan yüksek voltajlı elektrik boşalımı ile de oluşumu gerçekleşmektedir. Her yıldırım ve sağanak sonrasında havada oluşan taze ve temiz bir koku ozonun kokusudur (Strickland ve Perkins 1995, Dereli 2006; [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr), 2017).

Endüstriyel olarak kullanılan ozonun elde edilmesinde ise başlıca iki metot vardır. Bu metotlar;

- Fotokimyasal Ozon Üretimi (UV ile ozon üretimi)
- Elektriksel Deşarj (Corona Discharge-Korona Deşarj) Ozon Üretimi

([http://www.ozonotech.com/sites/default/files/pdf/about\\_ozone.pdf](http://www.ozonotech.com/sites/default/files/pdf/about_ozone.pdf), 2017, <http://www.oxidationtech.com/ozone.html>, 2017)

#### *Fotokimyasal Ozon Üretimi*



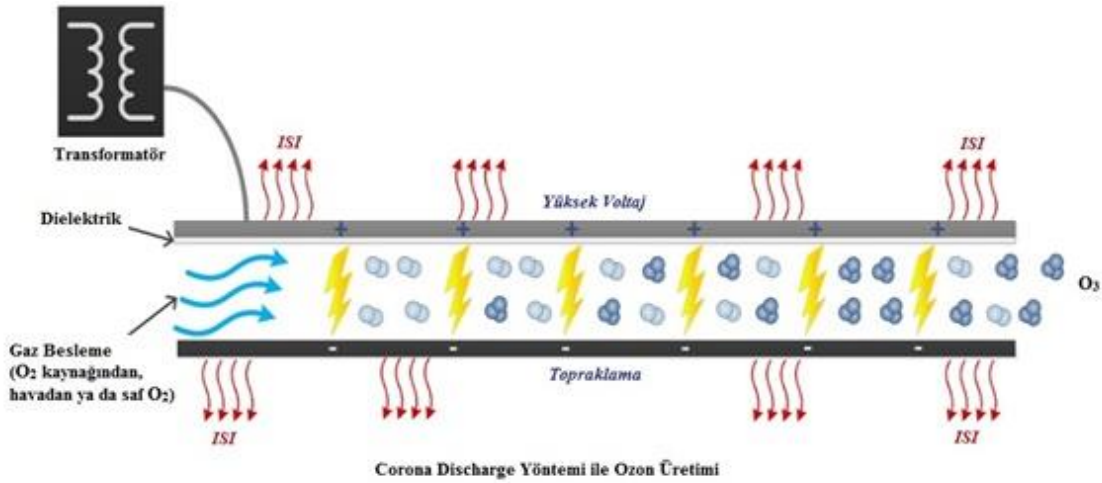
**Şekil 2.16.** UV ışık kullanılarak ozon üretimi

(<http://www.oxidationtech.com/ozone.html>, 2017)

Ozon, doğal oluşum yoluna benzer şekilde UV ışığı ile üretilebilir. 185 nm dalga boyunda UV üretimi için ayarlanmış bir UV ışığı kullanarak ozon üretilebilmektedir (<http://www.oxidationtech.com/ozone.html>, 2017).

### Elektriksel Deşarj (Corona Discharge)

İlk defa 1857 yılında Siemens tarafından geliştirilen endüstriyel amaçlı ozon jeneratörü, corona discharge prensibi ile çalıştırılmıştır (Perinçek 2006). Biri yüksek akım diğeri alçak akım verilen elektrotların arasında oluşan kinetik enerji sayesinde oksijen molekülündeki çift bağların parçalanarak açığa çıkan iki oksijen atomunun diğeri bir oksijen molekülü ile tepkimeye girmesi sonucu ozonun üretildiği yöntemdir (<http://www.tubaterim.gov.tr>, 2017). Şekil 2.11.'de ozon gazının Corona Discharge yöntemi ile üretimi görülmektedir.



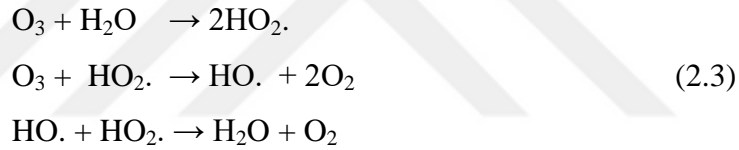
**Şekil 2.17.** Corona Discharge yöntemi ile ozon (O<sub>3</sub>) üretimi (<http://www.oxidationtech.com/ozone.html>, 2017)

İki metod; kullanım ömrü, ozon üretimi ve işletme maliyetleri açısından karşılaştırıldığında CD metodun UV'ye göre avantajlı olduğu söylenebilir. Çünkü UV ile ozon üretiminde kullanılan lambanın, kullanım ömrü sınırlıdır ve bittiğinde değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca CD ile küçük boyutlarda daha yüksek konsantrasyonda ozon üretimi yapılabilir. UV metoduna göre daha CD ünitelerinde ise besleme havasının nemli olmaması çok önemlidir. Beslenen havadaki nem miktarının yüksek olması durumunda ozon üretim verimi düşmekte ve nitrik asit oluşmaktadır ki oldukça korozif olan nitrik asit ozon jeneratörünün iç parçalarını aşındırarak zarar verebilir (Öztürk ve Eren 2010).

### 2.4.3. Ozon gazının verdiği reaksiyonlar

Ozon molekülü güçlü bir oksidasyon potansiyeline sahip olduğu için pek çok organik bileşiklerle kolayca reaksiyon verebilir, ayrıştırabilir ya da dönüştürebilir. Serbest radikal mekanizmasına göre suda çözünebilmekte ve stabil olmayan ara hidroksil radikallerini oluşturabilmektedir. Bu parçalanma alkali ortamda daha hızlı olurken asidik ortamda daha yavaş gerçekleşmektedir. Ozon gazının stabil olmayan yapısı, onun oksitlenebilir başka bir molekül ile çarpışmaması durumunda, kendini ayrıştırması ve oksijen haline dönebilmesini sağlamaktadır (Strickland ve Perkins 1995, Neamtu ve Yediler 2004, [http://www.ozonetech.com/sites/default/files2/pdf/about\\_ozone.pdf](http://www.ozonetech.com/sites/default/files2/pdf/about_ozone.pdf), 2017).

Ozonun sudaki çözünürlüğü, ozon konsantrasyonu ve sıcaklık ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Strickland ve Perkins 1995).



2.3.'de verilen bu denklemler ile ozonun halka katılması, elektrofilik veya nükleofilik reaksiyonları verebilmekte olduğunu göstermektedir (Iglesias 2002).

Ozonun bozunması zincir reaksiyonları ile olmaktadır. Zincir reaksiyonunu başlatan, ilerleten ve sonlandıran çok sayıda farklı bileşikler bulunmaktadır. Ozonun zincir reaksiyonları için gereken bileşikler şunlardır:

**1. Başlatıcılar:** Serbest radikal reaksiyonlarının başlatıcıları süper oksit iyonlarının ozon molekülünden oluşmasını sağlayan bileşiklerdir. Hidroksit iyonları, hidroperoksit iyonları ve bazı katyonlar gibi inorganik bileşikler, formik asit gibi organik bileşikler başlatıcılara örnek verilebilir. 253,7 nm dalga boyundaki Ultraviyole ışınları da ozon reaksiyonlarının başlaması için aynı etkiyi sağlamaktadır (Iglesias 2002).

**2. İlerleticiler:** Serbest radikal reaksiyonlarının ilerleticileri  $O^{2-}$  süper oksit anyonlarını hidroksil radikallerinden üreten bütün organik ve inorganik moleküllerdir. Genel ilerleticiler olarak aril grupları, formik asit, birincil alkoller içeren organik bileşikleri sayılabilmektedir (Iglesias 2002).

**3. Sonlandırıcılar:** Serbest radikal reaksiyonlarının sonlandırıcıları  $O^{2-}$  süper oksit anyonlarını üretmeden  $OH^-$  radikallerini tüketebilen bileşiklerdir. Genel olarak bilinen sonlandırıcılar bikarbonat ve karbonat iyonları, alkil grupları ve üçüncü alkoller içeren kimyasallardır (Iglesias 2002).

Ozonun parçalanmasını etkileyen diğer önemli parametreler ise ortam sıcaklığı ve pH'dır. Şekil 2.18.'de ozonun çeşitli şartlardaki yarı ömrü verilmiştir (Perinçek 2007a).

<b>Ozon gazı</b>					
Sıcaklık (°C)	-25	20	120		
Ozon yarılanma ömrü (saat)	192	72	1.5		
<b>Suda (pH 7) çözülmüş ozon</b>					
Sıcaklık (°C)	15	20	25	30	35
Ozon yarılanma ömrü (dakika)	30	20	15	12	8

**Şekil 2.18.** Ozonun gaz fazındaki ve sudaki yarı ömürleri (Öztürk ve Eren 2010, Perinçek ve ark. 2007)



#### 2.4.4. Ozonlama sonucu oluşan ürünler

Ozonlama ile yükseltgenme/indirgenme reaksiyonları sonucu farklı türde organik/inorganik yapılar oluşur. Organik bileşiklerin ozonla reaksiyonlarından genellikle aldehitler, ketonlar, asitler ve diğer organik bileşikler meydana gelir. Çizelge 2.3.'de bazı organik bileşiklerin ozonla reaksiyonları sonucu oluşan yan ürünler verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Organik bileşiklerin ozonla reaksiyonları sonucu oluşan yan ürünler (Uzun 2001)

Substrat (Organik Bileşikler)	Ürünler
Fenantren	2'-Formil-2 bifenilkarboksilik asit, 2'-Hidroksi metil-2-bifenil karboksilik asit, Dienid, Difenik asit
O,m,p-Krezoller	Salisilik asit, Maleik asit, Asetik asit, okzalik asit, Glioksilik asit, Mezo tartarik asit, Glikolik asit
2,4-Diklorfenol	Formik asit, Okzalik asit, Klorür, Klorür iyonu, Asetik asit, Metil gliokzal
Fenol	Kinonlar, hidrokinonlar, rezorsinol katekoller, gliokzalik asit, gliokzal
İndol	2-Amino-benzaldehit, 2-amino-benzoik asit
Hümik asit	Malonik Asit, Süksinik Asit, Hekzanoik Asit, Benzoik Asit, Oktanoik Asit, Glutarik Asit, Adipik Asit

Herhangi bir sebeple suya karışan veya suda oluşan poliaromatik, fenolik, aromatik-heteroaromatik bileşikler, hümik asitler, pestisitler ve alifatik organik bileşikler ozonla yükseltgenerek biyobozunur türlere dönüşürler (Uzun 2001).

İnorganik türlerde ise; ozon 2+ yüklü demir iyonlarını 3+, 2+ yüklü mangan iyonlarını ise 4+ yüklü türlerine yükseltir. Bu oksidasyon sonucu demir ve mangan iyonları hidroksitleri ve/veya oksitleri halinde çökerek ortamdan uzaklaşır. Çöken türün kimyasal formu işlem yapılan suyun özelliklerine, ortam sıcaklığına ve pH'a bağlıdır. Ayrıca bromür iyonu içeren suların ozonlanması ile bromat, bromoform, bromlanmış asetik asitler, asetonitriller, bromopikrin ve eğer ortamda amonyak varsa siyanobromür gibi bromlanmış yan ürünler oluşur (Uzun 2001).

Organik ve inorganik türlerin ozonlanması sonucu elde edilen yan ürünlere (brom ve türevleri gibi) bakıldığında, ozonlama işleminin doğru şekilde yapılmamasının önemli sağlık risklerini ortaya çıkaracağı da bir gerçektir. Karmaşık yapılı olan ozon kimyası ve olası yan ürünler hakkında bilgi sahibi olmak güvenli ozonlama uygulamaları için önemlidir (Uzun 2001).

Renk giderimi çalışmaları sonucunda elde edilen verilere göre ozonlama sonucu sülfat, nitrat, format ve oksalat oluşumu belirtilmiştir. Nitrat, boyarmaddenin azo ve amino gruplarının oksidasyonundan, sülfat ise dispergatorün oksidasyonundan oluşmaktadır (Strickland ve Perkins 1995, Kock ve ark. 2002, Neamtu ve Yediler 2004, Öztürk ve Eren 2010).

#### **2.4.5. Ozonlamaya etki eden faktörler**

Ozonlama işlemlerinde etkili başlıca faktörler pH, sıcaklık, mekanik karıştırma, ozon dozajı ve süre olarak sayılabilir.

*pH:* Ozonun materyal ile reaksiyonu son derece pH bağımlıdır, pH 2 ve altında direkt reaksiyon (moleküler ozon), pH 7 ve üzerinde indirekt reaksiyon (serbest radikal oluşumu) oluşur, yüksek pH'larda ozon daha hızlı dekompoze olur ve baskın olarak hidroksil radikali oluşturur. Hidroksil radikallerinin oksidasyon potansiyeli moleküler ozona göre daha yüksek olduğundan indirekt reaksiyonlarda oksidasyon daha hızlıdır. HO radikali 2.8 eV'luk oksidasyon potansiyeli ile en kuvvetli radikal olsa da HO<sub>2</sub>, HO<sub>3</sub> ve HO<sub>4</sub> radikalleride oluşmaktadır (Arslan ve Balcıoğlu 2000, Hsu ve ark. 2001, Szpyrkowicz ve ark. 2001, Sevimli ve Sarıkaya 2002, Alaton ve ark. 2002, Kumar ve Kumar 2004).

*Sıcaklık:* Artan sıcaklıkla ozon çözünürlüğü düşer. Bununla birlikte çözünürlüğün düşmesi nedeniyle ozonlama etkinliğinin azaldığı söylenemez çünkü sıcaklık artışı reaksiyon hızını da artırmaktadır.

Mekanik karıştırma: Ozonlama etkinliğini sınırlandırıcı faktörlerin başında ozonun gaz fazından sıvı faza transferindeki kütle transferi gelmektedir. Rotor ile karıştırma yapılan çalışmalarda artan rotor hızı ile birlikte ozonlama ile renk giderimi etkinliğinin arttığı rapor edilmiştir (Saunders ve ark. 1983, Wu ve Wang 2001, Lin ve Liu 2003).

Ozon dozajı: Ozon dozundaki artış ozonlama etkinliğinin artırmaktadır.

Süre: Oksidasyon reaksiyonlarını moleküler ozon ya da ozonun reaksiyonlarıyla oluşan radikal türleri verdiği için ozon dozajı ya da ozonlama süresi arttıkça ozonlama etkinliğinin arttığı açıktır (Arslan ve Balcıoğlu 2000, Ciardelli ve Ranieri 2001, Wu ve Wang 2001, Koch ve ark. 2002, Sevimli ve Sarıkaya 2002, Konsowa 2003, Oğuz ve ark. 2005).

#### **2.4.6. Ozon kullanımındaki limitler**

Ozon, düşük konsantrasyonlarda bile tahriş edici ve toksik etki gösterebilen, uzun süre tenefüs edildiğinde mukoz membranların tahrişi ve ardından baş ağrısı gibi semptomlar oluşturabilen bir gazdır. Ozona uzun süreli maruz kalmanın oluşturacağı sorunlar hakkında tam bilgi sahibi olunmasa da hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda akciğer kapasitesinde azalma ve akciğer rahatsızlıkları rapor edilmiştir. Amerikan Çevre Koruma Ajansı havadaki ozon miktarının 0,125 ppm üstüne çıkması durumunda koşulların “sağlıksız” olacağını bildirmiştir (Öztürk ve Eren 2010, Yıldız ve Yangılar 2014).

İsveç Ulusal Meslek Sağlığı ve Güvenliği Kurulu ve Çalışan Sağlığı Örgütü (OSHA) solunan havada kabul edilebilir ortalama ozon gazı için iki temel seviye belirtmişlerdir:

1. Eşik sınır değeri (LLV): 5 gün/8 saat boyunca solunan havadaki en yüksek kabul edilebilir ortalama ozon içeriğidir. Ozon için eşik sınır değeri 0.1 ppm (0.2 mg / m<sup>3</sup>)’dir. (AFS 2015: 7).

2. Tavan sınır değeri (CLV): 15 dakika boyunca solunan havadaki kabul edilebilir en

yüksek ortalama ozon içeriğidir. Tavan sınır değeri 0.3 ppm (0.6 mg / m<sup>3</sup>)'dir. (AFS 2015: 7)( Öztürk ve Eren 2010, <http://www.ozonetech.com/about-ozone>, 2017).

OSHA 2 saate kadar olan maruz kalmalar için limiti 0,2 ppm olarak kabul etmiştir. Ozon kokusunun ayırt edilme eşiği yaklaşık 0,02 ppm seviyesindedir. Ozon konsantrasyonunun 0,1 ppm'in üzerine çıkması durumunda ilave önlemlerin alınması gerektiği belirtilmektedir (Öztürk ve Eren 2010).

İsveç Ulusal Meslek Sağlığı ve Güvenliği Kuruluna göre, ozon kanserojen ya da alerjik değildir ve üremeye zarar vermez; deri yoluyla da emilimi yoktur. Ancak 0.3 ppm'in üzerindeki ozon seviyeleri solunum yollarını ve gözün mukoza zarlarını tahriş ederken, 100 ppm seviyeleri birkaç dakika içinde tehlikeli derecede toksik olduğu belirtilmektedir (<http://www.ozonetech.com/about-ozone>, 2017).

Ozon konsantrasyonunun yükselmesi sadece sağlık açısından değil kauçuk gibi polimerik malzemelerinde ortamda çabuk bozulmaları açısından da sıkıntı oluşturmaktadır (Öztürk ve Eren 2010).

#### **2.4.7. Endüstride ozon kullanımı**

Ozon, dünya çapında pek çok endüstride kullanımı olan bir gazdır. Ozon gazının çok yönlü özelliklere sahip oluşu, geleneksel uygulamalar ile yer değiştirmesi; çalışma sürelerinde, enerji ve su kullanımında düşüş, güvenilirlikte artış, operasyonel maliyetlerde tasarruf sağlamaktadır.

Günümüzde ozon genel olarak; hijyen, temizlik, işleme ve depolama, hayvancılık, tarım, dezenfeksiyon, tedavi, koruma ve tekstil sektöründe kullanılmaktadır (Öztürk ve Eren 2010, Yıldız ve Yangılar 2014).

Ozon gazının endüstride kullanım alanlarına örnek vermek gerekir ise:

- Gıda sektöründe (et ve et ürünleri, marketler, yemek fabrikaları, mandıralar vb)
- Havaalanı, otel gibi klimalı sistemlerin olduğu yerlerde,

- İçme sularının, havuzlar ve konteynırların dezenfektasyonlarında
- Sağlık sektöründe (cilt hastalıkları, bakteri ve virüslerin sebep olduğu hastalıklar, dolaşım bozuklukları, kronik yorgunluklar, akne, sedef dirençli mantar gibi cilt hastalıkları, zayıflama tedavisi, migren ve nörolojik hastalıklar, enfekte olmuş yaralar ve tüm hastane ortamları vb)
- Tat, renk, bulanıklık ve koku gideriminde
- Ağır metallerin uzaklaştırılmasında
- Soğuk hava depoları ve seralarda
- İlaç sektöründe
- Emlak sektöründe
- Kıyıda uzak-denizdeki çalışma platformalarında
- Tekstilde renk giderimi ve tekstil atık sularının temizleme uygulamalarında kullanıldığı görülmektedir (Öztürk ve Eren 2010, Uzun 2011, Yıldız ve Yangılar 2014, <http://www.ozonotech.com/about-ozone>, 2017).

Ozon gazı, su ile kullanıldığı zaman suyun tekrarlı sirkülasyonunu sağlamakta, bu sayede daha az su kullanımı, su kalitesinde belirgin bir artış, su kaynaklı hastalık düzeylerinde azalma sağlar. Ozon kullanımı ile toplam asılı katı madde ve çözülmemiş organik karbon oranlarını azalırken, biyokimyasal ve kimyasal oksijen ihtiyacı seviyelerinin kontrol edilmesine yardımcı olur (<http://www.ozonotech.com>, 2017).

Çok etkili bir dezenfektan olan ozon gazının; standart kullanılan maddelere göre 20 kat daha yüksek mikrop etkisizleştirme özelliği vardır. Bu amaçla dezenfektan ve koku yok etmek için kullanılabilir ( <http://www.ozonotech.com/about-ozone>, 2017).



**Şekil 2.19.** Ozon gazının endüstride kullanım alanları. 1. Gıda sektörü, 2. Havuz dezenfektasyonu, 3. İlaç sanayi 4. İçme suyu dezenfektasyonu 5. Atık suların arıtılması 6. Kıyıda uzak platformların resimleri (<http://www.dewelli.com.tr/urunler.html>,2017, <http://ozonteknoloji.com/index.php/nerelerde-kullanilir/>, 2017, <http://www.yeojen.com/ozon-gazi-uygulamalari.html>,2017, <http://www.ozonetech.com>, 2017)

#### 2.4.8. Tekstil endüstrisinde ozon kullanımı

Tekstil endüstrisindeki mevcut terbiye işlemleri yoğun olarak çevre kirliliğine, enerji ve su sarfiyatına sebep olmaktadır. Bu durum küresel bir problem halini almaktadır. Tekstil terbiye proseslerinde kullanılan kimyasal maddelerin yerine daha düşük çevresel etki oluşturan muadillerinin seçimi ve uygulanan proseslerin optimizasyonu çevreye duyarlı üretim yaklaşımını sağlamaktadır. Bu nedenle pek çok yenilikçi uygulama üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu yenilikçi uygulamalardan biride ozon gazının kullanımı konusundadır (Eren ve Anış 2007).

Eren ve Öztürk (2010), ozon gazının tekstil terbiye işlemlerinde kullanımını rapor eden literatür taramasında ozon gazının pamuk, jüt, yün, ipek, poliamit, poliester, polilaktikasit gibi liflerin/kumaşların terbiyesinde kullanıldığını belirtmişlerdir.

Ozon gazı oksidatif özelliği ile ön terbiye proseslerinden; ağartma, haşıl sökme, pişirme ve hidrofilleştirme gibi adımlarda kullanılmaktadır. Ozon gazının ağartma proseslerinde kullanılan hidrojen peroksit, klorit ve hipoklorit ağartma maddelerinin yerine

kullanılarak, daha çevreci, tasarruflu, kısa süreli prosesler elde edilmesini sağladığı belirtilmiştir (Sando ve ark. 1995, Öztürk ve Eren 2010, Eren ve Yiğit 2017a,b.).

Ağartma işlemlerinde ozon gazı kullanmasına en çok pamuk, yün, jüt ve ipek lifleri ile yapılan çalışmalarda rastlanmıştır. Pamuk ile yapılan çalışmalarda beyazlık değerlerinde kısa sürede yükselme elde edilmiştir. Yün lifinin boyanabilirliği konusunda gelişme sağlanmış ve beyazlık değerlerimde artış görülmüştür. Ayrıca yüzeydeki pul tabakasında deformasyonlara dikkat çekilmiştir. Jüt lifinde de pamuk benzeri sonuçlara ulaşılmış, beyazlık, hidrofilit ve mukavemette kabul edilebilir değerler elde edilmiştir. İpek lifinin ozon kullanılarak yapılan ağartma işlemlerinde kumaşların esnekliğinde gelişme ve kumaş renginde açılma sağlanmıştır. Ayrıca kumaşların kopma mukavemeti, kopma uzaması miktarı ve ağırlığında düşme; materyal bünyesinde amino grupların miktarında artış görülmüştür (Prabaharan ve ark 2000, Rao 2001, Prabaharan ve Rao, 2003, Perinçek ve ark. 2007, Eren ve Anış, 2007, Perinçek ve ark. 2008, Eren ve ark. 2008, Öztürk ve Eren 2010).

Tekstil mamullerinde renklendirme işlemi ticari başarının sağlanabilmesi için önemli bir faktördür. Bunun yanında mamul üzerindeki rengin dış etkenlerden korunabilmesi (yıkama, ışık, kuru temizleme ter v.b.), yani haslık değerlerinin yüksek olması amacıyla boyarmadde yapılarındaki değişimler bu boyarmaddelerin geleneksel atık su arıtma sistemlerine karşı da direnç göstermelerine neden olmaktadır (Eren ve Anış 2006).

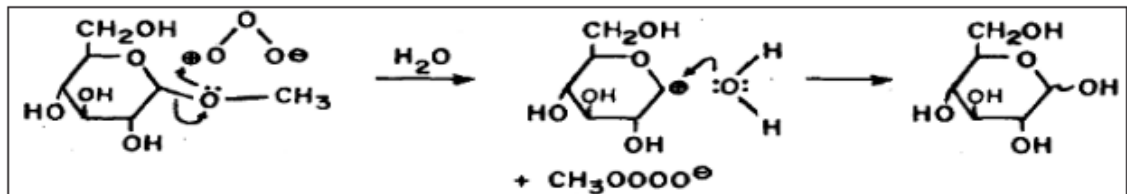
Son yıllarda artan çevresel duyarlılık ve yasal zorunluluklar ile birlikte atık su arıtımı üzerine yapılan çalışmalar artmıştır (Gontek ve ark. 2012). Atık suda kalan boyarmadde toksisitesi çok yüksek olmamasına rağmen, aslında atık sulara uygulanan renk limitleri estetik kaygılardan ibarettir. Bununla birlikte atık sudan nehirlere geçen rengin gün ışığını filtrelemesi ve besin zincirinde kırılmalara neden olması olası tehditler arasındadır. Kullanılan boyarmaddelerin hepsi aynı oranda bu tür problemler oluşturmazlar. Boyarmaddelerin molekül yapıları, arıtma işlemlerine karşı gösterdikleri davranışlar, liflere bağlanma yetenekleri atık suda kalan boyarmadde miktarları da farklılık göstermektedir (Cooper 1993, O'Neil ve ark. 1999, Eren ve Anış 2006, Güneş ve ark. 2012, Grande ve ark. 2017).

Çevresel kısıtlamaların kaldırılması, sağlıklı bir ortam sağlamak ve kirli su alıcılarını önlemek için hava veya su akışlarının etkin bir şekilde temizlenmesi gerekmektedir. Tekstil endüstrisindeki bu tür problemler, geleneksel tekniklerle karşılaştırıldığında maliyetleri düşürmek ve çevresel emisyonları azaltmak için etkili bir yol sunan ozon uygulamaları ile çözülebilir (Aniş ve Eren 1998, Vandevivere ve ark. 1998, Aniş ve Eren 2006, <http://www.ozonetech.com>, 2017).

Tez çalışması kapsamında kullanılan kumaşların tümü %100 pamuktur. Bu nedenle selülozik ürünlerde ozon uygulamalarına ayrı bir başlık altında değinilmiştir.

### ***Selülozik esaslı tekstil mamüllerinde ozon uygulamaları***

Ozonun yüksek oksidasyon potansiyeli, iki farklı yöntem ve organik bileşikler ile tepkime sağlar. Moleküler  $O_3$  olarak direkt oksidasyon veya  $\cdot OH$  radikalleri vasıtasıyla indirekt reaksiyon, çözülmüş bileşik ile dekompoze olmuş ozondan üretilir. Katai ve Schuerch (1966), ozonun selülozik malzemelerle olan etkileşimini açıklamak için direkt bir ozon saldırısı (ozonun başlattığı hidroliz) olduğunu belirtmiş ve selülozik malzemeler için en önemli ozonlama reaksiyonunu olarak Şekil 2.20.'deki mekanizmayı vermişlerdir. Mekanizmada glikozun, metil glukozitten oluşan birincil reaksiyon ürünü olduğu ve reaksiyon sonucu selülozik ürünlerde polimerizasyon derecesinde büyük bir düşüş meydana geldiği gözlenmektedir (Özdemir ve ark. 2008, Perincek ve ark. 2009)

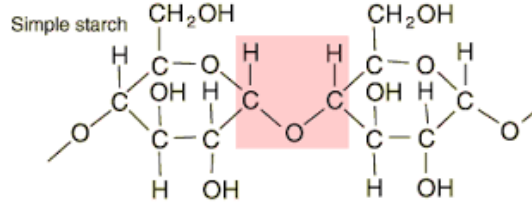


**Şekil 2.20.** Glikosidik bağları ozon ile başlatılan hidroliz mekanizması (Özdemir ve ark. 2008, Perincek ve ark. 2009)

Selülozik bir malzemenin ozon ile ağartılmasında ozon, selülozla reaksiyona girdiği gibi, kumaşa yer alan nişasta/yağ gibi selülozik olmayan malzemelerle de reaksiyona girmektedir. Nişasta kimyasal olarak bir  $\alpha$ -glukopiranoz yani düz zinciri amiloz, yan dalları ise amilopektin polimerlerinden oluşmaktadır. Bu polimerler suda



çözünememekte ancak oksidasyon yolu ile çözünebilmektedirler. Kuvvetli bir oksidasyon potansiyeline sahip olan ozon gazı da bu materyalleri okside etmekte ve çözünebilmelerini sağlamaktadır.



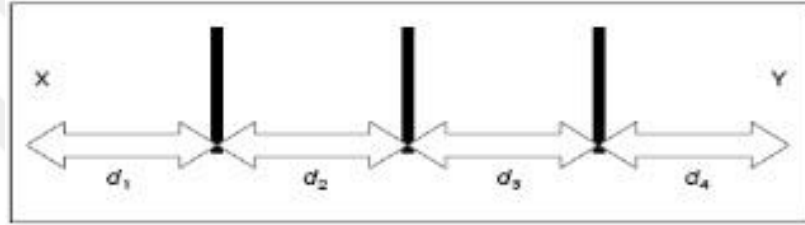
**Şekil 2.21.** Nişastanın moleküler yapısı ([http:// hyperphysics. phy- astr. gsu.edu /hbase /Organic/ carb.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Organic/carb.html), 2017)

Oksidasyon esnasında nişastada yer alan 1,4 D-glukopiranoz bağı parçalanmakta ve sonuçta glikozidik bağların kopmasının yanı sıra karbonil ve karboksil grupları açığa çıkmaktadır. Selülozun yapısındaki yağların, ozona karşı aktiviteleri daha çok kimyasal yapılarına bağlı olarak değişmektedir. Yağdaki doymamış hidrokarbonlarla ozon reaksiyona girdiğinde, ozonun sudaki hidrolizi gibi reaksiyon gerçekleşmekte ve ozon bağları parçalayarak aldehit ve asit oluşumuna neden olmaktadır (Perinçek 2006).

Aynı zamanda ozon, doymuş yağlarda yer alan karbonil ve alkoksil grupları arasındaki bağlara da etki ederek aldehit ve asit tipi ürünlerin oluşmasına yol açabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı pamuk liflerinin ağartılmasında ağırlık kayıpları meydana gelebilmektedir (Perinçek 2006).

Pamuklu kumaşların ozon ile ağartma işlemi sırasında, selüloz moleküllerinin oksiselüloza okside olduğu kabul edilmektedir. Ağartma sırasında hidroksil grupları, karboksil veya aldehit gruplarına dönüşmektedir. Yüksek beyazlık derecelerini elde etmek için ozon gazı ile ağartma işlemi süresi uzatılacak olursa meydana gelecek olan mukavemet kaybı da süre ile orantılı olarak artacaktır. Bu nedenle yüksek beyazlık derecesini minimum mukavemet kaybı ile sağlamak için ozon+hidrojenperoksit gibi ikili ağartma kombinasyonları denenmektedir (Prabaharan ve Rao 2003).

Selülozik materyaller belli bir nem değerine kadar ozon gazı ile işleme tabi tutulduğunda, beyazlık derecesinde artış meydana gelmektedir. Bu selülozun suyu absorblama yeteneği ile ilişkilendirilmektedir. Doree ve Healey, selülozun ozon gazı ile oksidasyonunda selülozdaki su varlığının ozonun reaksiyon mekanizmasının çeşitlenmesine yol açtığını belirtmişlerdir. Su ozon için katalizatör ya da çözügen etkisi gösterebilir, hidrojenperoksit oluşumuna destek olabilir veya selülozdaki hidroksil gruplarını hidrolize edebilir. Su içeriği %15'in altına düştüğünde selülozun oksidasyonunun güçleştiğini, %45-50'ye doğru arttıkça oksidasyonun da hızlı bir şekilde gerçekleştiğini belirtilmiştir (Perinçek 2006). Şekil 2.15.'de ozonun selüloz ile reaksiyonunda suyun etkisi gösterilmektedir (Rao 2001).



**Şekil 2.22.** Ozonun selüloz ile reaksiyonunda suyun etkisi (Rao 2001).

X = Ozon gazı

Y = Selüloz polimer matriksindeki reaksiyonun gerçekleştiği bölge

d1 = Ozon gazının yer aldığı bölge

d2 = Hareketli suyun bulunduğu bölge

d3 = Sabit suyun bulunduğu bölge (Su molekülleri selülozun hidroksil gruplarına saldırmaktadır)

d4 = Sabit suyun bulunduğu bölge ile reaksiyonun gerçekleşeceği bölge arasındaki mesafe

Selüloz, su ile tamamen ıslanmadığında, d2 kısmı boş kalmakta bu durum ozon gazının d1 bölgesinden d3 bölgesine kadar konveksiyon yolu ile iletilmesine, d3 ve d4 bölgesine ise difüzyon yolu ile taşınmasına sebep olmaktadır. d2 de su ile dolu olduğunda ise ozon gazı d2'ye kadar konveksiyon yolu ile, d2, d3 ve d4'e ise difüzyon yolu ile taşınmaktadır. Ozon gazı d2'den difüzyon yolu ile geçerken bir kısmı buradaki su içerisinde çözünmekte sonuçta d4'e ulaşan reaksiyona girecek olan ozon gazı miktarında bir düşüş meydana gelmektedir. Gereğinden fazla su içeren selüloz

liflerinde, su reaksiyona girmeye hazır ozon gazına bariyer etkisi göstermektedir ve bu nedenle ozon selüloz ile reaksiyon girememektedir (Rao 2001).

### ***Tekstilde ozonun boyarmaddelerle reaksiyonu***

Tekstil terbiye işlemlerinde ozonun kullanımı daha çok selülozik liflerin ağartılması ve dispers boyalı polyester malzemelerin temizlenmesi üzerine odaklanmıştır (Eren 2006, Eren 2007, Öztürk ve Eren 2010, Eren ve ark. 2012, Gündoğan ve Eren 2014, Piccoli ve ark. 2015, Arooj ve ark. 2015, Bahtiyar ve Benli 2016). Bu işlemlerinin yanında boyama atık sularının temizlenmesi/geri dönüşümünde de ozon gazı kullanılmaktadır. Tekstil atık suları toksik ve kanserojen maddeler içermektedir ve ana sulara ulaşmadan önce bu suların deşarj edilmesi gerekmektedir (Turhan ve ark. 2012). Ozonun yüksek oksidasyon potansiyeli iki farklı yöntem ile organik bileşikler ile tepkime sağlar. Moleküler O<sub>3</sub> olarak direkt oksidasyon veya .OH radikalleri vasıtasıyla indirekt reaksiyon çözülmüş bileşik ile dekompoze olmuş ozondan üretilir (Strickland ve Perkins 1995, Shaikh ve ark. 2014).

Ozon suda stabil değildir ve kendiliğinden parçalanır. Doğal suda çözünen ozon birinci derece kinetiği izler (Barredo-Damas ve ark. 2005, Babu ve ark. 2007). Ozonun dekompozisyonu boyunca OH radikallerinin oluşumu bir avantajdır çünkü OH radikalleri ozondan daha kuvvetli oksidanlardır (Khuntia ve Majumder 2015).

Ozonun gazdan sıvıya kütle transferi, boyaların O<sub>3</sub> ile bozunması için ilk kritik ve sınırlayıcı adımdır. Uygun kütle transferini sağlamak için türbinler, ejektörler, gaz difüzörleri vb. cihazlar ve gaz-sıvı kontaktörleri önerilmiştir (Grande ve ark. 2017).

Ozon, sıklıkla boyama atık sularını renksizleştirmek için kullanılan bir oksidatif gazdır. (Turhan ve ark. 2012, Turhan ve Öztürkcan 2013, Slokar ve Marechal 1998). Ozonlama prosesi boyunca, kromofor gruplarının oksidatif parçalanması ile boyarmaddeler renksizleşir. Renk giderme işlemi ozon reaksiyonu ile -C=C-, -N=N-, heterosiklik ve aromatik halkaların bölünmesi şeklinde olur. Parçalanmış -C=C- çift bağları ve diğer fonksiyonel gruplar, molekülün absorpsiyon spektrumlarının görünür bölgenin dışına kaydırmaktadırlar (Strickland ve Perkins 1995, Sevimli ve Sarıkaya 2002, Perincek 2016, Gutowska 2007).

Her boyanın kendine ait bir moleküler yapısı bulunmaktadır ve bu moleküler yapı ozon ile reaktivite olma derecesini ayarlamaktadır (Perincek 2007). Bazı boya sınıfları, diğerlerine oranla ozonla oksidasyona daha kolay tepki verir. Reaktif boyarmaddeler büyük oranda bozunur ve ozonlama, sülfür, azoik ve bazik boyalar içeren atık suyun işlenmesinde orta derecede başarılıdır. Ancak dispers boyarmaddeler ozondan etkilenmeleri daha düşüktür (Strickland ve Perkins 1995).

Gutoska ve arkadaşları, azo sınıfı Reactive Orange 113 sulu solüsyonunun ozonla ve hidrojen peroksit ile oksidatif bozunması üzerine detaylı bir inceleme yapmışlardır. Parçalanmanın başlangıcında azo bağları -N=N-, hidroksil yapıya dönüşen doymamış karakteri kaybeder ve bu durumda oksidasyonun yol açtığı -N-N-bağları kopar, nitro grubu, mono- veya multi-ikameli benzen ve naftalin bileşikleri üretilir. Oksidasyon, alkol, aldehit ve karboksilik asitlerin oluşumunu aromatik halka açılımı ile sağlar. UV spektrumlarındaki değişiklikler Reactive Orange 113 boya bozunumu sırasında hem azo hem de aromatik grupların kaybolduğunu gösterir. Boya mineralizasyonu karbondioksit ve su üretimine neden olur (Gutowska 2017).

Literatürde; ozon uygulaması ile reaktif boyarmaddelerin renksizleştirme işlemlerinde başarılı çalışmalar olduğu belirtilmiştir (Turhan ve Öztürkcan 2013, Panda ve Mathews 2014, Koch ve ark. 2002, Lin ve Liu 2003, Eren ve ark. 2012, Eren ve ark. 2016). Ayrıca Eren ve ark.(2016), reaktif boyalı pamuktan ozon ile başarılı bir şekilde renk sökme yaptıklarını belirtmişlerdir (Eren ve ark. 2016).

### ***Tekstil baskıcılığında ozon kullanım olanakları***

Literatürde baskı proseslerinde ozon kullanımı sadece işlem sonrası oluşan atık suların temizlenmesine yönelik çalışmalarda yer almaktadır (Kant 2012, Gnoni ve Elia 2013). Araştırmalar boya ve baskı işlemlerinde kullanılan kimyasalların çevreye ve insana verdiği zararlardan bahsetmiş, atık suların temizlenmesine yönelik uyguladıkları ve alternatif olabilecek yöntemler doğrultusunda yapılmıştır (Slater 2003, Eryuruk 2012, Husain ve ark. 2013).

Çevresel sürdürülebilirlik için yapılan pek çok çalışmada ise büyük firmaların

(örn.Nike) geliştirdikleri sistemlerden, son yıllarda adını sıkça duyduğumuz karbon ayak izinden, makine üreticilerinin daha az enerji kullanımı için makinelerde yaptıkları modifikasyonlardan, daha ekolojik kimyasal madde kullanımlarından, doğal kaynaklardan ve yenilenebilir ham maddelerden oluşan ürünlerin kullanımından ve proses optimizasyonundan bahsedilmiştir (Broadbent 2001, Slater 2003, Eryuruk 2012, Rabe ve ark. 2012, Husain ve ark. 2013).

## **2.5. Ozon Gazı ile İlgili Literatür Araştırması**

Tekstilde ozon uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmaların 2010 yılından önce daha kısıtlı olduğu, 2010 yılından sonra ise hem uygulama alanı hem de proses değişikliği bakımından arttığı gözlenmektedir.

### *Ozon gazı ve kombinasyonlarının tekstil liflerinin/kumaşlarının terbiyesinde kullanımı:*

Eren ve Öztürk (2010), poliester ve poliamit liflerinin terbiyesinde ozon kullanımının incelendiğinde çalışmada, kumaşların yüzeylerindeki kimyasal modifikasyonlar sonucunda; kumaşların su absorpsiyonunda gelişme olduğu, özellikle poliester kumaşların boya alım oranlarında kristalinite artışına rağmen gelişmelerin meydana geldiği gözlenmiştir. Bu çalışma ile değişimin sadece lif yüzeyinde kısıtlı kalmadığını, aynı zamanda lif içerisinde de kristalin ve amorf bölgelerinin de ozonlama işleminde etkilendiği belirtmiştir.

Eren ve Öztürk (2010), tekstil terbiyesinde yaygın olarak denim kumaşların yıkanmasında da ozon gazı kullanılmasına yönelik yapılan çalışmada, indigo boyarmadde ile boyanmış denim kumaşın renginin açılması ve kumaşın ağartılmasında ozon gazı kullanılmış, farklı pH, sıcaklık ve nem oranlarında gerçekleştirilen çalışmada farklı sürelerle çalışılarak renk açılmaları gözlenmiştir.

Atav ve Yurdakul (2011), ozon gazının moher liflerinin boyanabilirliğine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada, ozon konsantrasyonu, nem alma, pH seviyesi ve uygulama süreleri değişken olarak seçilmiştir. Çalışmanın yorumlanabilmesi için liflere renk, SEM ve FTIR ölçümleri yapılmıştır. Ozonlama için uygun şartlar belirlendikten

sonra moher lifinin hem 90°C’de hem de 80°C’de dinkleme, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyarmaddeler ile renk veriminde hiç düşme olmadan boyanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca ozonlanmış numunelerin standart afinitelerinde artış olduğu görülmüştür. Konvansiyonel yönteme göre daha düşük ısı ve sürede boyama olduğu için enerji tasarrufu da sağlandığı rapor edilmiştir.

Perinçek ve ark. (2011), ozon ve ultrason yöntemi uygulanmış angora liflerinin boyanabilirliği üzerine yapılan çalışmada, ozonlama süresi ve nemlendirmenin lifin boyanma özellikleri üzerinde etkisine araştırılmıştır. Konvansiyonel yöntem ve ozonlama sonrası ultrason uygulaması renk verimi bakımından kıyaslanmıştır. Ozonlama süresi arttıkça liflerin boyanabilirlikleri ve ozonlama sonrası nem absorpsiyonunun geliştirdiği belirtilmiştir. Ultrason uygulaması da, boya moleküllerinin lifin içine penetrasyonunun arttırmıştır. Sonuç olarak ozon ve ultrason uygulamasının Angora tavşanı liflerinin boyanabilirliğinde artış meydana getirdiği rapor edilmiştir.

Devaraju ve Selvakumar (2012), gerçek ipek (Mulberry) ve yabancı ipekten (Tussah) üretilmiş kumaşların boyama özelliklerinde ozonlamanın etkisi üzerine yapılmış çalışmada, kumaşlar aynı tip asit boyarmadde ile boyanmış ve boya alımı, dengeli boya alımı ve yarı boyama zamanı (t1/2) değerleri ölçülmüştür. Ozon uygulamasının, ipekli kumaşların ham veya serisini giderilmiş durumda olmasına bakılmaksızın, boya alımlarını azalttığı belirtilmiştir. Bu durum ozon uygulamasının, ipek moleküllerinin yanında bulunan boya alımına yardımcı zincirleri yıktığı için olduğu belirtilmiştir.

Avinç ve ark. (2012), soya fasulyesi lifinden üretilmiş örme kumaşlara oda sıcaklığında farklı sürelerde ozonlamanın yapıldığı çalışmada, kumaşların fiziksel özellikleri (beyazlık, patlama mukavemetleri) ve lif yüzey bütünlüğü ve mikro yapıları SEM ve FTIR analizleri ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçların kıyaslanabilmesi için yapılan hidrojen peroksit uygulamasında ki beyazlık değerlerine, yüksek uygulama sürelerinde ozonlama yapılarak ulaşılabilmektedir. Tüm ağartma yöntemlerinden sonra beklenen mukavemet kaybı ozonlama sonrası da yaşanmıştır. Sonuç olarak yüksek ozon uygulama süresinden sonraki mukavemet kayıpları, hidrojen peroksit ağartmadan çok farklı olmadığı belirtilmiştir. SEM sonuçları incelendiğinde ise; yüksek ozonlama süresi

sonunda, yorum yapılmaya değer çatlama, çukurlaşma ve ya bozulma hasarı ile ilişkili bulgulara rastlanmamıştır.

Perinçek ve ark. (2013), keten kumaşların ağartılmasında ozon ve hidrojen peroksit ağartma proses kombinasyonunun kullanıldığı çalışmada, Box-Behnken deneysel tasarım modeli kullanılmıştır. Ağartma işleminde önce ozon ile farklı sürelerde ozonlama yapılmış ardından farklı koşullarda hidrojen peroksit ağartma yapılmıştır. Numunelerin beyazlık, sarılık, açıklık-koyuluk, ıslanabilirlik, ağırlık kaybı ve nem emilimi değerlerine bakılmıştır. Sonuç olarak 3 adet optimum reçete elde edilmiş, 15 dakika ozonlama sonrası peroksit ile yapılan ağartmada iyi sonuçlara ulaşıldığı, zamandan ve kimyasal kullanımından tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

Eren ve ark. (2014), pamuklu kumaşların ağartılmasında ozon uygulamasıyla beraber ultrason etkisinin incelendiği çalışmada, ozonu iki tür ultrasonik yöntemde kullanılmışlardır. Bu yöntemlerden biri ultrasonik homojenizatörde (UH) ozon ve diğeri ise ultrasonik banyoda (UB) ozon uygulamalarıdır. Ozon dozu, sıcaklık ve zaman çalışmada değişken olarak seçilmiştir. Numunelerin beyazlık, sarılık, ağırlık, kopma mukavemeti, FTIR, SEM ve KOİ değerlerine bakılmıştır. Ozonlamanın yalnız uygulandığı proseslerde beyazlık değerlerinin arttığı, ozonlama süresi arttıkça bu değerlerin yükseldiği görülmüştür. Ultrasonik banyo ile yapılan ozon uygulamalarında yine beyazlık değerlerinde yükseliş, sarılık değerlerinde düşüş olmuştur. Ozonlama ve ozonlama+ultrasonik banyonun etkisinde beyazlık kıyaslandığında, beyazlıkta ultrasonik banyonun belirgin bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ultrasonik homojenizatörün, ultrasonik banyodan daha etkili olduğu, UH probu ile kısa sürede yüksek sinerjik etki sağlandığı ve böylece ozon ile UH kombinasyonunda daha yüksek beyazlık ve daha düşük sarılık değerleri elde edildiği bildirilmiştir. Ozonlama proseslerinden hiçbiri, konvansiyonel yöntemler gibi pamuklu kumaşların mukavemetinde olumsuz etkiler yaratmamıştır. Konvansiyonel peroksit ağartma işlemi, daha ağır işlem koşulları (daha fazla alkali, daha yüksek uygulama sıcaklığı; 90 C, uzun bir uygulama süresi; 60 dakika) nedeniyle çeşitli ozonlama işlemlerine göre biraz daha düşük gerilme mukavemeti göstermiştir ancak kopma mukavemeti ve uzama bakımından ham kumaşlar ile kıyaslandıklarında anlamlı bir değişim olduğu

görülmemiştir. FTIR analiz sonuçları; farklı ozonlama işlemlerinin yüzey morfolojisi üzerinde anlamlı bir etki yapmadığını, işlemlerden sonra pamuk lif yüzeyinin düzgün olduğunu göstermiştir. Ozonlama sonrası banyo sularının KOİ değerleri hidrojen peroksit oranla çok düşük çıktığı rapor edilmiştir.

Lakshmanan (2014) angora liflerinde ozon kullanımı ile hidrojen peroksit ile ağartmaya benzer bir ağartma efekti vermek için nem, pH ve işlem süresi adımlarının farklılaştırılması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Ozonlama sonucunda liflerin beyazlık değerleri ve boyanabilme özellikleri işlem yapılmamış angora lifine kıyasla gelişme göstermiştir.

Balcı ve ark. (2015), ham ve serisini giderilmiş ipek kumaşlara, ozon ve düşük frekanslı oksijen plazma uygulamasının yapıldığı çalışmada, ozon ve plazmanın kumaşın fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Plazma ve ozon işlemleri birbirlerinden bağımsız olarak ve kombine olacak şekilde farklı sürelerde uygulanmıştır. Numunelerin beyazlık, sarılık değerleri ve kopma mukavemetleri ölçülmüştür. İpek kumaşların yüzeylerinin SEM görüntüleri de incelenmiştir. Plazma ve ozon uygulaması yapılmış ham ipekten dokunmuş kumaşın  $\Delta E$  değerlerinde anlamlı bir değişiklik yok iken, serisini giderilmiş ipekli kumaşın  $\Delta E$  değerlerinde değişiklik gözlenmiştir. Ozon ve plazma işlemleri karşılaştırıldığında, ozonlama işleminde, uygulama süresi arttıkça ipek kumaşların beyazlık değerlerinde azalma, sarılık değerlerinde artmanın belirgin olduğunu ortaya çıkmıştır. Genel olarak, plazma ve ya ozonun işlem süreleri arttıkça sarılıktaki artış ve beyazlıktaki azalış daha net bir şekilde görüldüğü belirtilmiştir.

Benli ve Bahtiyari (2015), pamuklu kumaşlar için çevre dostu prosesleri içeren ozon ve ultrason yöntemlerinin kullanılması ve sonrasında pamuklu kumaşlara doğal boyaların uygulanması üzerine yapılan çalışmada; pamuklu kumaşlara konvansiyonel ve çevre dostu (ozon-ultrason) yöntemler ile terbiye işlemleri uygulanmıştır. Konvansiyonel olarak ham kumaşlara haşıl sökme, pişirme ve ağartma işlemleri yapılmıştır. Çevre dostu yöntemler olarak kumaşlara adım adım ozonlama ve ultrason işlemleri uygulanmıştır. Ozon-ultrason kombinasyonlu uygulamada elde edilen haşıl sökme, hidrofilit, beyazlık derecesi değerlerinin konvansiyonel yöntem ile elde edilene çok yakın çıktığı görülmüştür. Ardından kumaşlar nar kabuğu, fındık kabuğu, portakal ağacı



yaprakları ve sığırdili otunun köklerinden elde edilen boyarmaddeler ile boyanmıştır. Boyama sırasında hiçbir kimyasal ilavesi yapılmamıştır. Tüm boyaların haslık değerleri beklendiği gibi iyi çıkmıştır. Sonuç olarak pamuklu kumaşların doğal boyalar ile boyanmasından önce ozon-ultrason kombininin kullanılabilceği, birkaç küçük değişiklik ile keten, jüt ve yün gibi hammaddelerde de kullanılabilceği sonucuna erişilmiştir.

Perinçek ve ark. (2015), soya fasulyesi lifinin ağartılması konusunda yapılan çalışmada; içinde ozon ile ağartma işleminin de bulunduğu farklı ağartma proseslerinin (ozonlama+oksidatif+redüktif ağartma) beyazlık, sarılık, açıklık-koyuluk, nem emilimi, ıslanabilirlik, hidrofilite ve lif hasarı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ozon gazı ile kombinlenmiş ağartma proseslerinin beyazlık ve hidrofilite değerlerini yükselttiği ve daha az lif deformasyonu sağladığı belirtilmiştir.

Piccoli ve ark. (2015), sadece endüstriyel ıslatıcı ve su içeren çözeltide emdirilmiş ham örme kumaşlara kapalı ortamda ozonlama yapılmış ve süre, çözelti pH'ı, ozon akış oranı ve atık emilimi değişkenlerinin beyazlık, kumaş mukavemeti ve polimerizasyon dereceleri incelenmiştir. Ozonlama süresi arttıkça beyazlık değerinin arttığı ancak ozon akış oranının beyazlatma üstünde çok anlamlı bir fark yaratmadığı, ozonlama sonucunda selülozun tahrip olduğu ve ozonlama süresi arttıkça tahribin arttığı belirtilmiştir. Proses süresinin elyaf dayanımını en çok düşüren faktör olduğu patlama mukavemeti sonuçlarında da görülmüştür. Kısa ozonlama süresi ve düşük ozon konsantrasyonunda en iyi sonuçlar alındığı rapor edilmiştir.

Arooj ve ark. (2015), ozon ile ağartma proseslerinin optimizasyonu için katkı maddelerinin etkilerinin incelendiği pilot ölçekli çalışmada; ham pamuklu kumaşlar ozon ve ozon ile birlikte perasetik asit, hidrojen peroksit ve yüzey aktif maddeler kullanılarak ağartılmıştır. Ozonlamada farklı ozon dozları(g/saat), pH, yüzey aktif madde konsantrasyonları (g/l), ozonlama süreleri (dk) seçilmiştir. Ağartma yapılan pamuklu örme kumaşların beyazlık, su emicilik, polimerizasyon derecesi ve bakır sayısı değerlerine bakılmıştır. Sonuç olarak yüzey aktif madde eklenmiş olan numunelerin beyazlık dereceleri ve ağartılmış kumaş dayanımlarının iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ozon ve hidrojen peroksit ilavesi ile ağartılmış kumaşların boyama

sonrası benzer kalitede oldukları ve proses parametrelerinin ozonun ağartma etkinliğini önemli derecede etkilediği rapor edilmiştir.

Perinçek (2016), pamuklu kumaş üzerinden optik beyazlatıcıların uzaklaştırılmasında ozonun kullanılabilirliğinin incelendiği çalışmada, farklı konsantrasyonlarda stilben esaslı direkt tip optik beyazlatıcı pamuklu kumaşa aktarılmış ve sonrasında optik beyazlatılmış numuneler ozonlanmıştır. Ozonlanmış numunelere beyazlık, mukavemet, Fehling testleri ve FTIR analizleri yapılmıştır. Sonuçlar ozonlamanın optik beyazlatılmış numunelerin rengini gidermede başarılı bir şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir. Ozonlama süresi arttıkça, optik beyazlatma ajanlarının uzaklaştırılması artmış, kimyasal deformasyondan ötürü kumaşların patlama mukavemetlerinde düşüş olduğu görülmüştür. Bu nedenle optimum işlem süresinin seçilmesine dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Optik beyazlatıcıların uzaklaştırılmasında ozon kullanımı aynı zamanda su, enerji, zaman, atık su ve zararlı kimyasalların kullanımlarında tasarruf sağlamıştır. Aynı zamanda bu çalışma, pamuklu kumaşlar için yeni bir desenlendirme yöntemi sunmuş, optik beyazlatılmış pamuklu kumaşlarda batik boyamaya benzer sonuçların elde edildiği belirtilmiştir.

Bahtiyarı ve Benli (2016), pamuk lifinin ozon ve ultrasonik nemlendirici kullanılarak ağartıldığı çalışmada, kumaşlar daha sonra yeşil ceviz kabuğu ile renklendirilmiştir. Ozon ile ağartılan kumaşlarda boyama öncesi mordanlama yapılmasına gerek kalmamış, iyi bir renk ve haslık değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak ozon ile ağartılan pamuklu kumaşların boyamaya hazır hale geldiği, proseste daha az su ve kimyasal kullanımı sağladığı belirtilmiştir. Ozon ile yapılan ağartmada, %50-70 oranında su emdirilmiş kumaşlarda önemli beyazlık sonuçlarına ulaşılmıştır. Ancak bu yönteme alternatif olarak su alma oranı % 0 olan ultrasonik nemlendirme ile ozon uygulanan kumaşların ağartılmasının da mümkün olduğu belirtilmiştir.

Wang ve ark. (2016), balistik ve yanma dirençli kıyafetlerde ve yüksek performanslı kompozitlerde takviye edici malzeme olarak kullanılan koruyucu özellikteki aramit liflerinin yüzey özelliklerini geliştirmek için, farklı sürelerde ozon uygulamasının yapıldığı çalışmada, kumaşların yüzey özellikleri, kılcal emicilik etkisi, çekme özelliklerine ve patlama mukavemetine bakılmıştır. Sonuçlar aramit kumaşların yüzey

özelliklerinde belirgin bir değişimin olmadığını, ozonlama süresinin artması ile kılcal emicilikte de nispeten artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca ozon uygulamasından sonra aramit lifi ve kumaşlarının çekme mukavemetleri ve uzamalarında iyileşme olduğu ve ozon uygulama süresinin artması ile bu iyileşmenin arttığı belirtilmiştir. Patlama mukavemeti ve penetrasyon yer değiştirmesinde de az bir artış gözlenmiştir.

*Ozon gazı ve kombinasyonlarının boyama atık sularının renk giderimi ve geri kazanımında kullanımı:*

Atık su tesislerinde, öncelikli olarak reaktif ve dispers boyarmaddelerin neden olduğu atık su arıtmalarının yapıldığı görülmektedir. Literatürde atık sularda renk giderimi konulu pek çok çalışma yer almaktadır (Aspland 1993, Vandevivere ve ark. 1998, Shore 1998, O'Neil ve ark. 1999, Eren ve Öztürk 2010).

Ozon gazı ve farklı yöntemler ile kombinasyonlarının tekstil endüstrisinden kaynaklı atık sularının renk giderimi ve geri kazanımında kullanımları ile ilgili son gelişmeler incelendiğinde literatürde aşağıdaki çalışmaları görmekteyiz:

Eren ve Anış (2009), ozonlama işleminin poliesterin boyanması sonrası temizlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, farklı boyarmaddeler ile yapılan boyamalar sonrası ard işlem olarak uygulanan ozonlama işlemi klasik redüktif yıkama ile karşılaştırılmıştır. Ozonlama sonucunda hem yeterli haslık sağlandığı hem de atık çözeltinin renk gideriminin gerçekleştirildiği rapor edilmiştir. Poliester yüzeylerde probleme neden olan oligomerlerin uzaklaştırılmasında ozon kullanımının araştırılması konusundaki çalışmada da ise ozonlamanın redüktif yıkama kadar başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Avşar ve Batıbay (2010), tekstil atık sularının arıtımı için kimyasal uygulama tekniklerine alternatif olarak ozon uygulaması yaptıkları çalışmada, her iki tekniğin uygulandığı numunelerin kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve renk sökme değerlerini test etmişlerdir. Elde ettikleri kinetik sonuçlar, ozonlamanın renk sökme ve KOİ değerleri üzerinde kimyasal uygulamaya göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Somensia ve ark. (2010), tekstil atık suların terbiyesinde ozon kullanarak, fiziko kimyasal verimliliği, bozulmuş yan ürünlerin tespiti ve çevresel toksisite üzerine yapılan çalışmada; tekstil atık suyunun ozonlanma etkinliği, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve renk giderimi parametrelerine dayanarak değerlendirilmiştir. Ozon terbiyesinin sonucunda oluşan ara ve nihai ürünlerinin tanımlanması ve ayrıca ön arıtma yapılmış atık suyun eko toksisitesinin (Lumistoks testi) değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak tekstil atık sularının ön ozonlanması, atık suların biyolojik çözünürlüğünü geliştirmesinin yanında akut eko toksisitenin azaltılması için önemli bir adım olduğu belirtilmiştir.

Turhan ve ark. (2011), suda çözünür bazik boya [Metilen Mavi] içeren sentetik atık solüsyonun kimyasal oksijen ihtiyacını (KOİ) etkileyen faktörlerin araştırıldığı çalışmada, renk giderimi ozonlama ile yapılmıştır. Sonuç olarak, bazik boyarmadde atık suyunun KOİ'si düşürülmüş ve bazik koşullar altında renk giderme yapılabildiği gözlenmiştir.

Qi ve ark.(2011), tekstil işletmelerindeki atık sularda, suyun tekrar kullanımı ozon kullanımı ve membran filtrasyonu ile biyolojik metotları birleştiren çalışmada, optimum ozon dozu ve iki farklı dozajlama yöntemi kıyaslanmıştır. Membran olarak biyolojik havalandırma filtresi kullanılmış ve ozon ile bir kombinasyon oluşturulmuştur. Ön işlem olarak da ultra filtrasyon ile tersine osmoz şartları üzerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak biyolojik havalandırma filtreleri ile ozonlamanın bir ön işlem olarak seçilebileceği belirtilmiştir. Ozon dozajlama metotları kıyaslandığında ise biyolojik havalandırma filtreleri ile entegre olmuş sistemin renk sökme ve KOİ değerleri, biyolojik havalandırma filtreli olmayanlara göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Entegre prosesin; basit bir proses akışına, yüksek etkiye, düşük maliyetli bir konstrüksiyona sahip olduğu belirtilmiştir. Ozon gazının güçlü oksidasyon özelliği, ayrışmayan bağları oksidize edebilmesi ve % 100 renk sökme sağlaması suların tekrar kullanılabilmesi açısından avantaj sağlamıştır. Ozonlama ile yapılan ön işlemlerin daha ekonomik ve mineralizasyonunun geliştirilmesi için yeterli olduğu, düşük miktarlarda kullanım ile biyolojik olarak çözünebilirliği sağladığı belirtilmiştir.

Güneş ve ark. (2012), boyarmaddenin kromofor grubuna bağlı reaktif boyama atıklarının renksizleştirilmesinde ozonun etkisini açıklayabilmek için yapılan çalışmada, farklı kromofor gruplarına sahip (monoazo, antrakınon, ftalosiyanın, formazan bakır bileşikleri), yaygın olarak kullanılan 5 ticari reaktif boyarmadde seçilmiştir. Çözelti pH'ı ve ozonlama süresi parametreleri üzerinde çalışılmıştır. Boyama çözeltisinin içine pH düzenleyici eklenmeden pH'ı ve pH 11'e sabitlenerek iki şekilde çalışılmıştır. Çalışmada kromofor gruplarına bağlı olarak renk sökme verimliliğinin pH ayarı yapılmışken daha az yükseldiği ve pH ayarı yapılmadığında daha fazla yükseldiği belirtilmiştir. Ayrıca; ozonlama prosesinde özellikle formazan bakır ve antrakınon kromoforlarına sahip olan metal içeren reaktif boyaların renksizleştirme işlemlerinde etkili olduğu görülmüştür. Ozonlama süresinin renksizleştirme üstünde etkisi incelendiğinde, ftalosiyanın ve monoazo kromofor gruplarına sahip boyalar için zaman ile renksizleşme artmakta iken, formazan bakır ve antrakınon kromofor gruplarına sahip boyalar için 30 dakikadan uzun süren proseslerin gereksiz olduğu belirtilmiştir.

Eren ve ark. (2013), poliesterin dispers boyarmadde ile boyanmasında uygulanan indirgen yıkama yerine ozon uygulamasının yapıldığı çalışmada, ticari olarak kullanımı yüksek olan iki adet poliester numune seçilmiştir. İşletmeden alınacak referans numuneler; laboratuvar koşullarında ozon uygulaması yapılan numuneler ile kıyaslanmanın yapılabilmesi için indirgen yıkama yapılmadan önce alınmıştır. İndirgen yıkama yapılmış ve ozonlanmış numunelerin renk ve yıkama haslıkları kıyaslanmış ve raporlanmıştır. Renk ve yıkama haslık sonuçları kabul edilebilir değerlerde çıkan, ozonlanmış ve indirgen yıkama yapılmış numunelerin kıyaslanabileceği sonucuna varılmıştır. Siyah renge boyalı poliester numunelerin ozon uygulaması sonrası elde edilen % 7 koyuluk oranı başarısı göze çarpmıştır. Ozon uygulanırken soğuk su kullanımı, kimyasal ilavesi olmaması ve kısa uygulama süreleri, enerji ve kimyasal kullanımı bakımından tasarruf sağlamadığı belirtilmiştir.

2013 yılında Primozone markasının sponsorluğunda gerçekleşen atık suların organik boya bileşenlerinin uzaklaştırılması için yüksek konsantrasyonlu ozon kullanımı çalışmasında, ozon gazının yüksek konsantrasyonda kullanımı organik boyaları parçalayarak suda çözünür hale getirmiş ve renk sökülmesine yardımcı olmuştur. Ozon

kullanarak atık suyun biyolojik olarak çözünebilirliğinin geliştiği belirtilmiştir (<https://www.azocleantech.com/suppliers.aspx?SupplierID=1267>, 2017).

Arooj ve ark. (2014), ham pamuklu kumaşların ozon ile ağartılmasında kullanılan suların, diğer numunelerin ağartılmasında da tekrarlı kullanımına yönelik yapılan çalışmada, sonuçların değerlendirilebilmesi için numunelere hidrojen peroksit ağartma işlemi de yapılmıştır. Ağartma etkisi; beyazlık, boya alımı, bakır sayısı ve polimerizasyon derecesi bakımından incelemiştir. Çalışmada farklı ozon dozu, pH ve ozonlama süreleri seçilmiştir. Konvansiyonel yöntem ile kıyaslandığında ozonun beyazlık etkisinin daha zayıf ve kumaşa daha fazla zarar verdiği yönünde sonuçlar elde edilse dahi, orta ve koyu renklerde boyama sonuçlarının tatmin edici nitelikte olduğu görülmüştür. İstatistiksel değerlendirmelerde proses parametrelerinin beyazlık ve polimerizasyon derecesi açısından önemli olduğunu gösterilmiştir. Tekrarlı kullanılan su; KOİ, toplam çözülmemiş katı madde oranı ve toplam askıda duran katı madde miktarı açısından değerlendirilmiş ve atık su kirlilik yükü bakımından konvansiyonel metot ile kıyaslanmıştır. Banyo suyunun tekrarlı kullanımlarından dolayı oluşan kirlilikten ozonlama prosesleri etkilenmemiş, banyo suyunun 20 tekrarlı kullanımından sonra bile kumaşların beyazlık değerleri kabul edilebilir sınırlar arasında kaldığı bildirilmiştir. Ozon ile ağartma prosesinin uygulanması ve proses suyunun tekrarlı kullanılması kimyasal, enerji, su ve atık su terbiye masrafları ve ekonomiklik açısından tasarruf sağlamaktadır. Ağartma yapılmış kumaşlara çeşitli boyama %'lerinde boyama yapılmış, boyanmış kumaşların renk farkları, yıkama ve sürtme haslıkları test edilmiştir. Sonuçlar renk farkı değerleri için referans numunesine göre göz ardı edilebilecek farklılıklarda, yıkama ve sürtme haslığı açısından da benzer olduğu görülmüştür.

Shaikh ve ark. (2014), tekstil jet boyama makinelerindeki boyama atıklarının ozonlama ile yerinde temizlenmesine yönelik yapılan çalışmada; boyama prosesinin bitmesi ile ozon gazı direkt olarak makineye enjekte edilerek atık sudan renk sökülmesi ve KOİ'nin indirgenmesi hedeflenmiştir. Yeni çalışmanın etkisini ölçmek amacıyla farklı yapılarıdaki boyarmaddeler kullanılmıştır. Farklı ozonlama süresilerinin ve ozon akış oranlarının kullanıldığı çalışmada yapılan ölçüm sonuçları pH, boya konsantrasyonu, ozon üretim oranı ve sıcaklık gibi proses şartları optimize edildiğinde, %100 renk

sökme ve %90 KOİ indirgeme yapılabildiği görülmüştür. Çalışma sonuçları atık su uygulama sistemlerinin borular ile ayrıştırılması uygulamalarına bir son verilmesi, yerinde uygulama ve daha düşük üretim maliyetlerini sağlaması bakımından büyük potansiyel oluşturduğu yönünde belirtilmiştir.

Shaikh ve ark. (2014), bir meşrubat firmasının atık sularının ozon ile temizlenmesi ve temizlenen suyun pamuk elyafının boyanmasında kullanılmasına yönelik laboratuvar ölçekli çalışmada; numunelerin farklı sürelerde ozonlanmaları sonucunda çeşitli renk sökme oranları elde edilmiştir. Ozon uygulama süresi arttıkça bulanıklık, KOİ (mg/l) ve pH değerlerinin düştüğü görülmüş, ozonlama sonunda atık suyun pamuk elyafı boyama prosesinde kullanılabilir duruma geldiği tespit edilmiştir. Ozonlanmış atık su ile boyanan pamuklu kumaşlar, normal su kullanılarak boyanmış pamuklu kumaşlar ile yıkama ve sürtme haslığı, renk farkı testleri yapılarak kıyaslanmışlardır. Çalışmanın sonunda yöntem başarılı bulunmuş, yöntemin çevre dostu olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda ozonlamanın atık suların geri kazanımına alternatif yaklaşımları tetikler nitelikte olduğunu raporlanmıştır.

Zhou (2015), boyama atık sularının geri kazanılması konusunda; ozonlama, aktif karbon ve biyolojik havalandırılmalı filtre uygulamaları ile yapılan çalışmada, organiklerin, renklerin ve genotoksisitenin\* performansları ve atık sulardan giderilme özellikleri araştırılmıştır. Pamuklu mamuller ile çalışılan bir tekstil fabrikasından toplanmış biyolojik işlemlerli boyama atık suları için bu entegre işlemler uygulanmıştır. Çalışma ozonlamanın etkisinin yanında ozon-aktif karbon ve biyolojik havalandırılmalı filtre proseslerinin KOİ, BOİ, renk, genotoksisitelerinin yanında, biyolojik işlem görmüş boyama atık sularının ultraviyole-görünür bölge absorbans değerleri ölçülmüştür. Ozonlamanın organik moleküler yapıyı değiştirdiği, kromofor gruplarını tahrip ettiği, biyolojik çözünürlüğü arttırdığı ve biyolojik olarak işlenmiş boyama atık suların genotoksisitesini\* açıkça azalttığı görülmüştür. Yapılan entegre işlemler ile tekrar kullanılabilir kaliteli bir su elde edildiği belirtilmiştir.

\*Genotoksisite: Hücrenin genetik materyalinin kendi bütünlüğüne zararlı etkide bulunmasıdır.

Morali ve ark. (2016), denim üretimi yapan bir tesisteki atık sulara ön ve ard işlem olarak ozonlama ve ozonlama+hidrojen peroksit uygulaması yapılmıştır. İşlem öncesi, işlem sonrası ve biyolojik uygulama yapıldıktan sonra alınan numunelerin renk, KOİ, BOİ<sub>5</sub>, BOİ<sub>5</sub>/KOİ değerleri test edilmiştir. Ön işlem olarak ozonlamanın yapıldığı atık sularda yüksek oranda renk ve KOİ giderimi sağlanmıştır. Ancak ozon dozu ve süresi arttıkça beklenenin aksine renk ve KOİ giderimi değerleri yükselmemiştir. Sonuçlar, daha temiz üretim tedbirleri ile sağlanacak çevre korumasının, atık suyun arıtılmasında karşılaşılabilecek risklerle dengelenmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Grande ve ark. (2017), tekstil atık sularında boya kalıntılarının ozon ile parçalanması konusunda iki farklı sisteminin kıyaslandığı çalışmada, basit bir ozonlama sistemi olarak bilinen baloncuk kolonu, daha karmaşık yapıları bilinen yüksek karıştırma reaktörlü sistemlerini kullanılmıştır. Karıştırma reaktörüne hidrodinamik ve ultrasonik kavitasyon adımları eklenerek reaktörün performansı artırılmıştır. Renksizleştirme analizleri için farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki reaktif ve dispers boyalar seçilmiştir. Deneyler laboratuvar koşullarına ve endüstriyel şartlara göre uygulanmıştır. Atık suyun geri dönüşüm başarısını test etmek ve renk giderme sınırını tespit etmek için temiz su ve ozonlanmış su ile yün boyama işlemi yapılmıştır. Sonuç olarak, ozon uygulamasından sonra renk giderimi ve atık su geri dönüşümünde renk kalıntılarını ve kromatik fark ölçümünü referans olarak kullanabilecek standart bir reçete elde edilmiştir. Atık su geri dönüşümü için, ön kriter olarak, suyun arıtılmasında yaklaşık % 99 oranında renk giderilmesi gerektiği sonucu rapor edilmiştir.

## **2.6. Ozon ile İlgili Patentler ve Projeler**

Ozon gazının tekstil materyallerinde (renk sökme-desen oluşturmada) kullanımları ile ilgili ve hem ulusal hem de uluslararası patentler taranmış tez çalışma konusuna benzer çeşitli patentlere ulaşılmıştır.

Ulusal patentlere dair bilgiler Türk Patent Enstitüsü arşivinden elde edilmiş ve aşağıda özet halinde sunulmuştur (<http://online.turkpatent.gov.tr/EPATENT/servlet/PreSearchRequestManager>, 2016).



2005/01322 tescil no'lu "Tekstil ürünlerinin renklerini açma makinası" isimli patentte; tekstil sektöründe denim olarak da adlandırılan indigo carmen boyalı kumaş ve bu kumaştan üretilen giysilerde, üretim gereği veya dekoratif amaçlı renk açma ve ağartma işlemlerinin daha hızlı, ekonomik ve çevreci yapılmasını sağlayan bir makina tasarım fikri sunulmuştur. Makina içerisinde ozon jeneratörü, dışında ise ozon gaz giriş kısmı bulunmaktadır. Patent denim kumaşlarda renk açma ile ilgilidir, renk açma işlemi sırasında desenlendirme işleminden bahsedilmemiştir..

2007/06822 tescil no'lu "Tekstil ürününün renginin açılması için bir aygıt ve renk açma yöntemi" isimli patentte; ozon gazı kullanımı ile tekstil ürününün renginin açılması için bir aygıt tasarımı ve yöntemi fikrinden bahsedilmiştir. Bu tasarım ile homojen bir renk açmanın sağlanabilmesi için ürününün içerdiği su miktarı ve ozon konsantrasyonu kontrol edilerek, renk açma hızının ayarlanmasına imkan verildiği ifade edilmiştir içerisinde desenlendirmeye yer verilmemiştir.

2009/07093 tescil no'lu "Denim kumaşa ozon gazı, oksijen gazı veya nitrojen gazı uygulanmasını sağlayan organik yıkama makinası" isimli patent; ozon, oksijen ve nitrojen gazları ile organik yıkama yapan makina tasarım fikrine yer verilmiştir. Patentte ozon ve başka gazlar kullanılarak renk sökümü ve efekt verilmesinden bahsedilmiş, desenlendirmeden bahsedilmemiştir.

2013/04408 başvuru no'lu "Ozonlama yoluyla tekstil malzemelerinden boyarmadde sökümü" isimli patentte; ozon gazı kullanılarak tekstil malzemelerinden boyarmadde sökümü ifade edilmiştir. Patent içeriği; tekstil terbiyesinde hatalı boyamalar sonrası boyarmadde sökümünde ozon kullanılmasıdır. Hatalı boyanmış tekstil materyali (elyaf, tops, iplik ya da kumaş formundaki) oksidatif özellikteki ozon gazı ile muamele edildiğinde materyalin üzerindeki boyarmadde renksizleştirilmekte, böylelikle boyarmadde sökümü, renk soldurma ya da renk sökme şeklinde ifade edilen işlemin gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Bu patent, boyamalarda ozon gazı ile hatalı renk sökme işlemiyle ilgilidir, içeriğinde desenlendirme bulunmamaktadır.

2015/00421 başvuru no'lu "Renkli kumaş ya da kıyafetlerin ozon ile desenlendirilmesi için makine ve yöntem" patentte renkli kumaş ya da kıyafetlerde istenilen desen şekline göre seçilen bölgelerde ozon etkisi ile rengin açılması ya da tamamen sökülmesi söz konusudur. Bu sayede kumaş ya da kıyafetin istenilen bölümlerinde desenlendirme yapılmaktadır. Tekstil materyalinin çeşitli bölgelerinde daha az, çeşitli bölgelerinde daha çok renk sökme işlemleri farklı nemlendirme şekilleri ile sağlanabilir. Desenlendirmenin çok olması istenen bölgelerde daha fazla nemlendirilme yapılması ya da ilk nemlendirme ve ozonlama işleminin ardından ikinci kez nemlendirme ve ozonlama yapılması sağlanabilir. Nemlendirme işlemi basit bir şekilde elle su püskürterek yapılabileceği gibi dijital ink-jet baskı makinelerindeki gibi bir sistem kullanılarak tekstil malzemesinin üzerine istenen şekilde su ya da kıvamlaştırıcı vb. kimyasal içeren su çözeltisi püskürtülebileceği bildirilmiştir. *Bu patent tez danışmanı Prof. Dr. Hüseyin Aksel Eren'in tez çalışmasına başlamadan önce başvurduğu bir patenttir.*

Uluslararası patentlere dair bilgiler aşağıda özet halinde sunulmuştur ([www.google.com/patents](http://www.google.com/patents), 2016).

US 5118322 A (1992) no'lu, "Kumaşlarda ozon gazı ile renk sökme" isimli patentte; renklendirilmiş selülozik bir kumaşın, seçilerek rengini sökme işlemi fikrine yer verilmiştir. Islatılmış kumaşın ozon ile temas ettirilmesi sonucu, boyanın yada renklendirme ajanının tepkimeye girmesi sonucunda renk sökme işleminin gerçekleşeceği belirtilmektedir. Patentte renk sökme işleminin sonunda herhangi bir desen elde edilmesinden bahsedilmemektedir.

US 5261925 A (1993) no'lu, "Kumaşlarda renk sökme için kullanılan metot" isimli patentte selülozik malzeme içeren kumaşın renklerin seçilerek sökülmesi işlemi ifade edilmiştir. Islatılmış kumaşın oksidasyon gazı ya da buharı ile temas etmesi sonucu oluşan bir işlemdir. Bu patentte de ozonlama ile renk sökme işlemi vardır ancak desenlendirme işlemi bulunmamaktadır.

US 5613983 A (1997) no'lu, "Kumaşlarda renk sökme için yöntem" isimli patentte, kumaşların renk sökme yöntemlerinin oksidasyon ajanlı gazlar ile geliştirilmesi fikrine

yer verilmiştir. Oksidasyon ajanlarının tamburlu bir makinede döndürülen nemli kumaşların üzerine gelişi güzel bir şekilde verilmesi sonucu uygulanan yöntemde, yeterli bir sürede tamburlama yapıldıktan sonra, kumaşların, ozon gibi oksidasyon ajanları ile okside olabilecekleri belirtilmiştir. Bu işlem sonucunda da bir desenlendirme işleminden bahsedilmemiştir.

CN 1287035 C (2006) no'lu, "Tekstil ürünlerinin renklerini sökme aparatı ve yöntemi" isimli patentte, tekstil ürünlerinin ağartılmasında ozon kullanımını sağlayacak bir aparattan bahsedilmektedir. Ayarlanabilir ozon konsantrasyonu, lifin nem içeriğinin kontrolü ve renk sökölme ayarı ile homojen ağartma sağlanabileceği belirtilmektedir. Renk sökme oranı, su giderme adımıdaki kurutma derecesi ve ozon konsantrasyonu süresi ile ayarlanmaktadır. Patentte herhangi bir ozonla desenlendirme işlemine yer verilmemiştir.

US 7252688 B2 (2007) no'lu, "Tekstil ürünleri için renk sökmede kullanılan bir aparat ve yöntem" isimli patentte; ürünlerin nem içeriğini ayarlayarak ozon gazı ile renk sökümünü sağlayan bir aparat anlatılmaktadır. Aynı zamanda kontrol edilebilir ozon konsantrasyonu ile renk sökme işleminin homojen olması da sağlanmaktadır. Ürünlerin nem miktarlarının ayarlanması bakımından önerilen projeye benzer olmakla, desenlendirmenin yer almadığı bir patenttir.

EP 1518955 B1 (2007) no'lu, "Tekstil ürünleri için renk sökme aracı ve yöntemi" isimli patentte, ürünlerin renklerini sökme için kullanılacak aracın ozon kullanımına uygun olduğu belirtilmiştir. Ürünlerin su içeriğinin ayarlanabilmesi ve ozon konsantrasyon kontrolü ile renk sökme oranlarının ayarlanabildiği ve daha homojen renk sökmenin sağlanabileceği ifade edilmiştir. Desenlendirme işlemi patent içeriğinde yer almamaktadır.

WO/2008/063177 A1 no'lu, "Kumaşlarda seçili renksizleştirme" isimli patentte; doğal tekstil yüzeylerindeki boyaların, ozon gazı kullanılarak uzaklaştırılmasından bahsedilmiştir. Prosesin, süre ve sıcaklığının boya tipine ve devam eden proses sıcaklığına bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu tarz bir proses; küp boyama jet boyama, bobin

boyama ve benzeri uygulamalarda kullanılabilir. Bu patentte kumaşlarda renk sökme ile ilgili olup desenlendirmeden bahsedilmemektedir.

CN 202430464 U(2012) no'lu, "Ozon gazı kullanılarak giysilerin renklerinin soldurulmasını sağlayan cihaz" isimli patentte; tekstil ürünlerinde, farklı renk sökme ihtiyaçlarına bağlı olarak ozon konsantrasyonu ve süre kontrolünü otomatik sağlayacak, görüntüleme tekniği kullanılan bir renk sökme cihaz tasarım fikri sunulmuştur. Çevreye duyarlı, güvenli, su, zaman ve enerji tasarruflu, kimyasal ve atık su uygulaması olmayan, renk sökme etkisi kolay olan, renklerin istenmeyen bölgelere yayılmasını ve lekelenme problemini engelleyen bir proses sağlamaktadır. Patent sadece ekolojik, ekonomik, atık su uygulaması olmaması bakımından proje önerisine benzerlik gösterse de, desenlendirilme prosesini içermemektedir.

US 2014/0068871 A1 no'lu, "Denim kumaşlarda renk sökme için ozon kullanımı" isimli patentte; ozon gazı ile estetik amaçlı ya da moda uygun görünüm sağlamak için 3 farklı yöntemle renk sökme yapılabileceği bildirilmiştir. Bu yöntemlerden ilki ürünün tamamı ıslatılarak, ikincisi istenilen bölgelerin sprey kullanılarak ıslatılması, üçüncü yöntemde de pamuklu kumaştan bir parça ile denim kumaşı aynı tambur içinde ozon gazı ile okside etme yöntemleridir. Gerçekleştirilmesi planlanan proje ile ürünlerin nemlendirilmesi yönleri benzemektedir. Desenlendirme konusunda bir çalışmadan bahsedilmediği için proje önerisinden farklıdır.

Tez konusu ile ilgili projeler Tübitak Ulakbim Ulusal Veri Tabanı sayfasından taranmış ancak tez çalışma konusu ile ilgili hiçbir projeye ulaşılmamıştır (<http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=3&vtadi=TPRJ>, 2017). Bulunan projeler ozon gazının ve baskı proseslerinin farklı farklı kullanımları ile ilgilidir. Bulunan projelere ait numara ve isimler aşağıda verilmiştir.

1. 2014-155, organik pamuklu tekstil materyalinin ozon gazı ile ağartılıp doğal boyalarla renklendirilmesi
2. 2011-557, Tekstil terbiye işlemlerinde ultrason ile enzimler ve ozonun kombine kullanımı

3. 2010-850, Tekstil terbiye işlemlerinde ultrason ile enzimler ve ozonun kombine kullanımını

4. 2004-597, Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımına toksisite bazlı yaklaşım

*2. ve 3. maddelerdeki proje isimleri aynı ancak yılları farklıdır.*

*Baskı ile ilgili olanlar:*

1. 2003-134, Viskon kumaşların reaktif baskısında karşılaşılan sorunların giderilmesi üzerine bir araştırma

2. 1997-1389, Mikrodalga teknolojisinin pigment baskı işlemlerinde kullanılması

3. 1997-197, Pamuklu ve viskon basmacılığının optimizasyonu üzerinde araştırmalar

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Aşındırma baskıda ozon kullanımına yönelik yapılan tez çalışmasında; dokuma kumaşlar, çeşitli yardımcı kimyasallar, ozonlama ile desen verilmesi için geliştirilmiş ve ozon jeneratörü modifiye edilmiş bir ekipman kullanılmıştır. Kullanılan tüm malzemeler ve uygulama yöntemleri detaylı bir şekilde bu bölümde verilmiştir.

#### 3.1. Materyal

Bu bölümde tez çalışmasında kullanılan kumaşlar, boyarmaddeler ve cihazların bilgisi verilmiştir.

##### 3.1.1. Kumaşlar

Çalışmada kullanılan ham pamuklu dokuma kumaşlar Megrel Tekstil Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ.'den temin edilmiştir. Optik ağartma ajanları kullanılmadan ESC Tekstil A.Ş.'de ağartma yaptırılan kumaşların boyama işlemleri Akbaşlar Tekstil A.Ş.'de yapılmıştır. Kullanılan dokuma kumaş özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Tez çalışmasından kullanılan ham dokuma kumaş özellikleri

Ham Kumaş Özellikleri	
Hammadde	% 100 Pamuk
Dokuma Yapısı	2/1 Dimi
Atkı/Çözümlü İplik Numarası	Ne 40/1
Atkı/Çözümlü Sıklığı	28 tel/cm, 52 tel/cm
Gramaj	135 g/m <sup>2</sup>

##### 3.1.2. Boyarmaddeler ve yardımcı kimyasallar

Çalışmada kullanılan reaktif boyarmaddeler Çizelge 3.2'de, boyarmaddelerin Chemdraw programında çizdirilmiş moleküler yapıları Şekil 3.1'de verilmiştir.

Boyama, baskı ve ozonlama sırasında kullanılan yardımcı kimyasallar ise Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Pamuklu kumaşların boyanması için kullanılan boyarmaddeler ve yapıları.

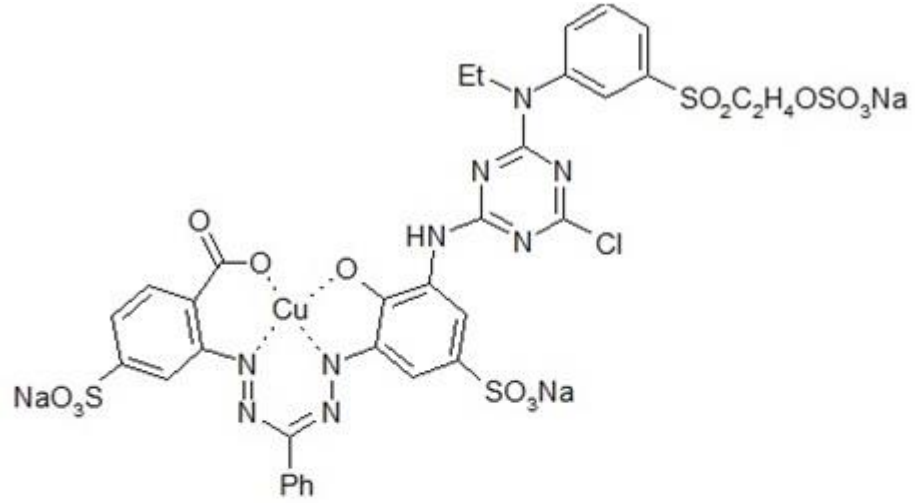
<b>Firma</b>	<b>Boyarmadde ve Ticari İsmi</b>	<b>CAS No</b>	<b>Kromofor Grubu</b>
EVERZOL	Blue BRF % 150 Blue 221	86024-59-1	Formazan
SUMIFIX™ Supra	Yellow 3RF % 150 Yellow 145	80157-00-2	Azo
SUMIFIX™ Supra	Red GF Red 223	80019-42-7	Monoazo

### 3.1.3. Cihaz ve makineler

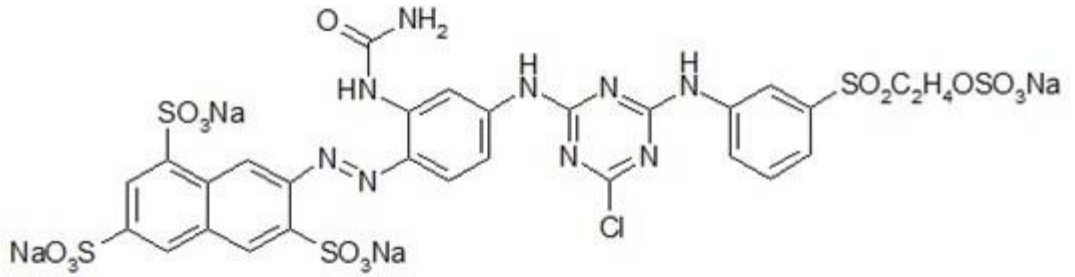
Ozon gazı ile aşındırma işleminin yapılabilmesi için özel bir ekipman tasarımı yaptırılmıştır. Ozon ile aşındırma baskı ekipmanının teknik çizimi ve fotoğrafı Şekil 3.2.’de, ekipmanının ozon jeneratörü ile olan görüntüsü ise Şekil 3.3.’de verilmiştir.

Ozon ile aşındırma baskı ekipmanının konstrüksiyonu Dp600 saç profilden oluşmaktadır. Ozon tahliye fanının akış gücü ise 100 m<sup>3</sup>/saat, ozon tahliye fanının bağlandığı radyal kanal fanın kapasitesi ise 1800 m<sup>3</sup>/saat’tir. Ekipmanın kapaklarının arasından ozon gazının sızması için EPDM malzemeli bir sızdırmaz conta takılmıştır. (EPDM: Etilen Propilen Dien Monomer)

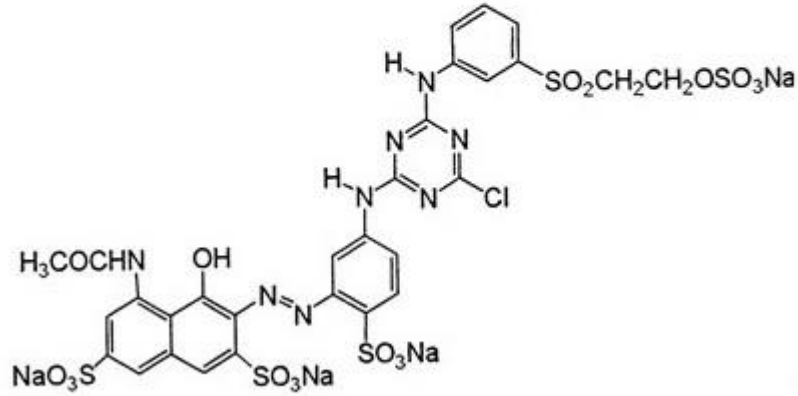
Çalışma sırasında ozon gazının oksidatif etkisinden korunabilmek için Dräger X-plore 6300 Rd40 tüm yüz maskesi kullanılmış (TS EN 14387:2006) ve ekipman içindeki tüm ozon gazının tahliye edilebilmesi için işlemten sonra 3 dk. beklendikten sonra kapak açılmıştır.



(1)



(2)



(3)

**Şekil 3.1.** Pamuklu kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyarmaddeler (1.CI Reactive Blue 221, 2.CI Reactive Yellow 145, 3. CI Reactive Red 223)

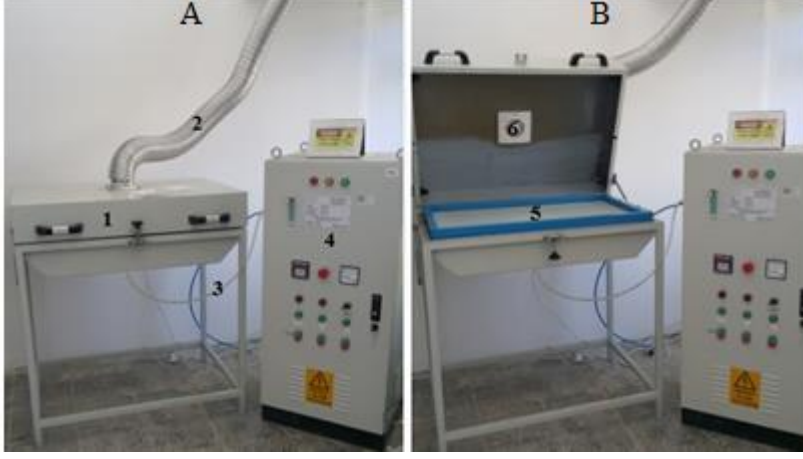


**Çizelge 3.3.** Boyama, baskı ve ozonlama sırasında kullanılan yardımcı kimyasallar.

Yardımcı Kimyasallar	Kullanım Yeri	Firma
Sodyum Karbonat	Boyama	TEKKİM
Sodyum Sülfat	Boyama	TEKKİM
Köpük Kesici (Non-iyonik RUSTOL ZA)	Boyama	RUDOLF DURANER
İyon Tutucu (Verolan NBO)	Boyama	RACL
Sabun (Lavoral RSZ)	Boyama	BOZZETTO GROUP
Aşındırma Maddesi (Rongalit C)	Konvansiyonel Baskı	BASF
Potasyum Karbonat	Konvansiyonel Baskı	TEKKİM
Gliserin	Konvansiyonel Baskı	DURANER
Kıvamlaştırıcı	Konvansiyonel Baskı	DURANER DURAGUM %8
Sabun	Konvansiyonel Baskı	GEMSAL WA
Etilen Glikol (Kıvamlaştırıcı olarak)	Ozon ile Aşındırma Baskı	ROKİM
Gliserin (Kıvamlaştırıcı olarak)	Ozon ile Aşındırma Baskı	ROKİM
Aljinat (Kıvamlaştırıcı olarak)	Ozon ile Aşındırma Baskı	LAMİTEX % 6
Metil Selüloz (Kıvamlaştırıcı olarak)	Ozon ile Aşındırma Baskı	ROKİM
Keçi Boynuzu Unu (Kıvamlaştırıcı olarak)	Ozon ile Aşındırma Baskı	ROKİM



**Şekil 3.2.** Ozon aşındırma baskı ekipmanı şeması (1.Ozon Tahliye Fanı, 2.Vida, 3.Üst Kapak, 4. Şablonlar, 5.Konik Alt Tank, 6. Ozon Besleme Girişi)



**Şekil 3.3.** Ozon jeneratörü ve ozon aşındırma baskı ekipmanının resmi (A. Ozon aşındırma baskı ekipmanı kapak kapalı, B. Ozon aşındırma baskı ekipmanı kapak açık) (1.Ozon Aşındırma Baskı Ekipmanı, 2.Ozon Tahliye Borusu, 3.Ozon Besleme Borusu, 4.Ozon Jeneratörü, 5.Şablonlar, 6.Ozon Tahliye Fanı)

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Kumaşların boyanması

Yapılan deneysel plan doğrultusunda ham kumaşların boyanması Akbaşlar Tekstil A.Ş. AR&GE bölümünde bulunan ATAÇ marka numune tipi jet boyama makinesinde yapılmıştır. Boyama işleminde ana boyarmadde olarak CI Reactive Blue 221 kullanılmıştır. CI Reactive Blue 221 renkle boyanmış numunelerin testleri sonucunda elde edilen en iyi verileri görmek amacıyla ham kumaşlar CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 boyarmaddeler ile boyanmıştır.

Çalışmada kullanılan asıl boyarmadde CI Reactive Blue 221'dir. Bu renkle yapılan çalışmalarda kullanılacak nemlendirme oranı, ozonlama süresi ve ozon akış oranı, çözelti tipi ile ilgili optimizasyon sağlandıktan sonra alınan en iyi sonuçlara göre numuneler CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223' e boyanmış ve denemeler yapılmıştır.

Pamuklu kumaşlara ilk adımda boyama işlemi yapılmıştır. Sonraki adımda numuneler iki gruba ayrılmış birinci gruba konvansiyonel beyaz aşındırma baskı yapılmıştır. İkinci

gruba ise ozonlama ile beyaz aşındırma baskı yapılmıştır. Boyama ve ozonlamadan sonra yıkama ard işlemleri yapılmıştır. Konvansiyonel beyaz aşındırma işleminde ise reçeteye uygun yapılmış yıkama metot kısmında verilmiştir.

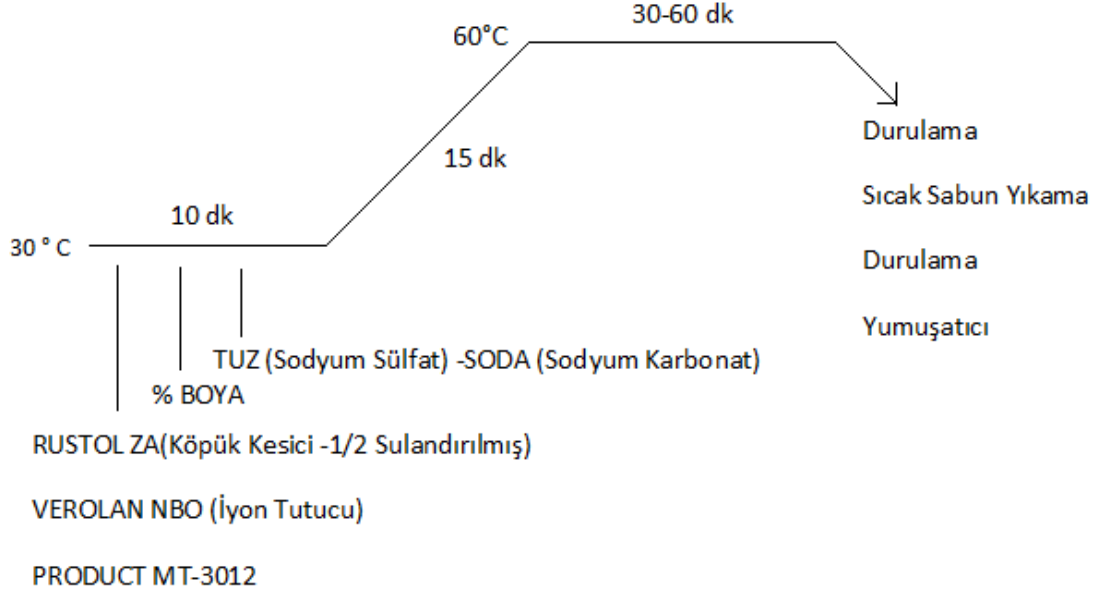
Kumaşlar % 4'lük (kumaş ağırlığına bağlı olarak) boyama oranında Akbaşlar Tekstil A.Ş. dei ATAÇ marka numune tipi jet boyama makinesinde Çizelge 3.4.'de verilen reçeteye göre boyanmıştır. 1:10 flotte oranında çalışılmıştır. Reaktif boyama diyagramı Şekil 3.4.'de verilmiştir.

Köpük kesici, iyon tutucu, boyarmadde, sodyum karbonat ve sodyum sülfat sırasıyla boyamanın ilk 10 dakikasında makineye konulmuştur. Boyama prosesini 3 adımda yıkama prosesleri takip etmiştir. İlk adımda soğuk yıkama ardından yıkama sabunu ile 15 dakika kaynar sabunlama (Lavoral RSZ) ve son olarak tekrar soğuk yıkama ile işlem bitirilmiştir.

**Çizelge 3.4..** Kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyama reçetesi

<b>Kimyasal Ajanlar</b>	<b>Gereken Miktar</b>
Tuz (SODYUM SÜLFAT)	60 g/l
Soda (SODYUM KARBONAT)	20 g/l
Köpük Kesici (RUSTOL ZA)	1 g/l
İyon Tutucu (VEROLAN NBO)	1 g/l
PRODUCT MT-3012	0,5 g/l
Yıkama Sabunu (LAVORAL RSZ)	1 g/l

## REAKTİF BOYAMA DİYAGRAMI



Şekil 3.4. Kumaşların boyanmasında kullanılan reaktif boyama diyagram

### 3.2.2. Konvansiyonel aşındırma baskı

Konvansiyonel aşındırma baskı için gereken baskı patı 1 gece öncesinden hazırlanmıştır. Beyaz aşındırma baskı işlemi için gerekli reçete Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Reçeteye uygun olarak hazırlanmış olan baskı patı Şekil 3.5.'de gösterilen şablonlar kullanılarak kumaş üzerine aktarılmıştır. Bu işlem için kullanılan şablonlar Şekil 3.5.'de gösterilmiştir. Kullanılan şablonların sıklıkları 90 tel/cm'dir.

Beyaz aşındırma baskı patı kumaş üzerine aktarıldıktan sonra Taylan marka etüvde 100 °C'de 2 dakika kurutulan baskılı kumaşlar 100 °C'de doymuş buharda 10 dakika buharlanmıştır. Fikse olan kumaşlar suyla 5 dakika durulanmış, ardından 90-95 °C'de 15 dakika sabunlama yapılmıştır. Bu işlem için 2 g/l soda ve 2 g/l sabun kullanılmıştır. Ardından tekrar 50 °C'de ılık durulama ve soğuk durulama yapılarak konvansiyonel beyaz aşındırma baskı işlemi tamamlanmıştır.

**Çizelge 3.5.** Konvansiyonel beyaz aşındırma baskı reçetesi

Kimyasal Ajanlar	Gereken Miktar
Aşındırma Maddesi (RONGALİT C)	150 g
Sodyum Karbonat (TEKKİM)	50 g
Potasyum Karbonat (TEKKİM)	50 g
Gliserin (DURANER)	50 g
Kıvamlaştırıcı Pat (DURANER DURAGUM %8)	500 g
Su ve/veya Pat	x g
TOPLAM	1000 g

*\*Su veya kıvamlaştırıcı ilave miktarının x gr olması; hazırlanan patın viskozitesine bağlı olarak, ne kadar su veya kıvamlaştırıcı ilave edileceğine karar verilmesinden kaynaklanmaktadır. Baskı patının viskozitesi düşük ise kıvamlaştırıcı, yüksek ise su ilave edilerek, patın şablona sürülecek kıvama getirilmesi sağlanır.*



**Şekil 3.5.** Çalışmada kullanılan şablonlar.

*Şablon A, görsel olarak değerlendirilme ve renk ölçümlerinde kullanılan numunelerin üretimleri için, şablon B ise kopma mukavemeti, yıkama haslığı ve sürtme haslığı testlerinde daha uniform bir sonuç almak için kullanılmıştır.*

Konvansiyonel aşındırma baskı ve ozon ile yapılan baskı yöntemlerinin işlem adımları kıyaslamalı olarak Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Konvansiyonel aşındırma baskı işlemi ve ozon ile yapılan baskı işlemindeki işlem adımları

<b>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</b>	<b>Ozon ile Aşındırma Baskı</b>
<b>İşlem Adımları</b>	<b>İşlem Adımları</b>
1.Baskı patı hazırlanma ~ 15 dk	1.Kumaşları Nemlendirme 2 dk
2.Baskı patınının kumaşa transferi 1 dk	2.Ozon Gazını Uygulanma 5 veya 10 dk
3.Kurutma 2 dk	3.Soğuk Yıkama 2 dk
4.Buharlama 10 dk	
5.Yıkama	
Soğuk Yıkama 5 dk	
Kaynar Sabunlama 15 dk	
Ilık Yıkama 2 dk	
Soğuk Yıkama 2 dk	
<b>TOPLAM ZAMAN 52 dk</b>	<b>TOPLAM ZAMAN 14 dk</b>

#### ***Ozonlama ile aşındırma baskı için işlem şartlarının optimizasyonu***

Çalışmada optimum şartları oluşturabilmek amacıyla, öncelikli olarak ozon gazı ile aşındırma yapılabilmesi için gerekli nem dengesinin ayarlanması için higroskopik nemdeki (kuru) ve % 100, % 80, % 60, % 40, % 20 oranlarında nemlendirilmiş kumaşlarda ozon ile aşındırma denemeleri yapılmıştır. Tüm deneysel çalışmada PRO DO25 O2-PRODOZON marka 25 g/saat ozon gaz akış oranı kapasiteli ozon jeneratörü kullanılmıştır. Şekil 3.6.'da % 100 ve % 80 nem absorpsiyonundaki kumaşlardaki yazıların çok dağıldığı ancak aşınmanın iyi olduğu görülmüştür. % 20 nem absorpsiyonunda ve higroskopik haldeki kuru kumaşa ise istenilen aşınmaya ve netliğe ulaşamamıştır. Çalışmaya % 25 nem absorpsiyonu seçeneği eklenmiş iyi sonuçlar elde edilmiştir. En anlamlı sonuçlar % 60, % 40 ve % 25 lik nem absorpsiyonuna sahip numunelerden alınmıştır.

Perinçek ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada ozonlamada nemlendirmenin önemli olduğunu, % 60 nemlendirmenin kumaşın beyazlık değerlerinde kritik bir nemlendirme sınırı oluşturduğunu ve bu sınırın üzerine çıkıldığında ağartma işleminde (beyazlık konusunda) negatif etki yarattığı belirtilmiştir. Nem miktarının % 60'a kadar artması

ozon gazının lif içinde penetre olmasını sağladığı, %60'ın üzerindeki değerlerde ozonun dekompoze olur ve beyazlık değerlerinin düştüğü rapor edilmiştir.



**Şekil 3.6.** %100 ve %80 nem absorpsiyonun optimizasyonu süresince yayılma yapan numuneler.

A. %100 Af ile nemlendirilmiş kumaş numunesi, B. %80 Af nemlendirilmiş kumaş numunesine uygulanmış ozon ile desenlendirme örnekleri

*\*Kumaşlardaki renk farkı üzerlerindeki nem miktarından kaynaklanmaktadır.*

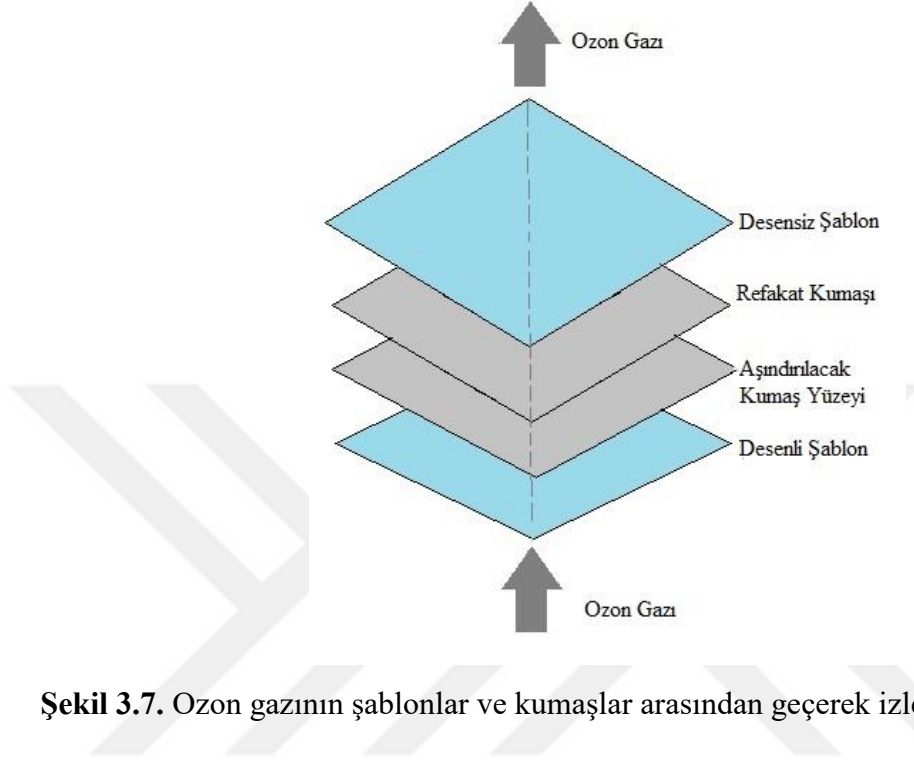
% nem absorpsiyonu ayarlandıktan sonra yayılmanın engellenmesi amacıyla farklı yapıdaki kıvamlaştırıcı maddeler çok düşük miktarda kullanılmıştır (Berry ve Ferguson 1994, Broadbent 2001, Kanık 2012,). Bu kıvamlaştırıcı maddeler Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Ozon gazı akış oranı, ozonlama süresi ile beraber ayarlanmıştır. Bu adımdaki asıl amaç, minimum süre ve minimum ozon dozu kullanmaktır. Bu amaçla, farklı denemeler sonucunda 5 l/dk. ve 5 dk.'lık numuneler ve sonrasında doz ve sürenin iki katı 10 l/dk. ve 10 dk. denenerek çalışma için gerekli veriler alınmıştır.

### **3.2.3. Ozonlama ile aşındırma baskı uygulaması**

Boyanmış kumaşlar % 25, % 40 ve % 60 oranlarında, su ve 5 farklı kıvamlaştırıcı madde ilaveli çözelti ile ıslatılmıştır. Islatma işlemi 1 litre kapasiteli spreyle yapılmış, kumaşların istenilen nemlendirme oranına getirilebilmesi için Mathis marka laboratuvar tipi fular kullanılmıştır. Islatma işleminde; aljinat (1g/l), metil selüloz (1g/l), etilen glikol (1g/l), gliserin (1g/l), keçiyoynuzu unu (1g/l) çözeltileri kullanılmıştır.

Hazırlanan numuneler ozon ekipmanı (Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'de gösterilen) içindeki şablonların içine yerleştirilmiştir.



**Şekil 3.7.** Ozon gazının şablonlar ve kumaşlar arasından geçerek izlediği yol

Nemlendirilmiş kumaşların şablonlar arasında daha stabil durması için, aynı kumaş ve aynı renkte hazırlanmış refakat bezi kullanılmıştır. Ozon gazı Şekil 3.7.'de görüldüğü üzere şablonlardan ve kumaşın içinden geçerek beslenmeye başlamıştır. Ozon jeneratöründen gelen ozon gazı deneyler boyunca 5 dakika boyunca 5 l/dk. ve 10 dakika boyunca 10 l/dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm ozon uygulamaları oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Ozon konsantrasyonu standart iyodometrik metoda göre (APHA Standart Metotlar 2350E) ölçülmüştür. 5 l/dk ozon gaz akışında 8,6 g/saat, 10l/dk ozon gaz akışında 10,5 g/saat ozon konsantrasyonu ölçülmüştür.



### 3.2.4. Uygulanan test ve analizler

Konvansiyonel yöntem ve ozon gazı ile aşındırma baskı işlemleri tamamlandıktan sonra, numunelere renk ve mukavemet ölçümleri, KOİ testleri, yıkama ve sürtme haslık testleri ve son olarak görsel değerlendirme anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sırasında ozon doz ölçümü de yapılan işlemler arasındadır.

#### *Renk farkı ve % renk sökme testleri*

Deneysel çalışmalardan sonra numunelerin spektral değerleri, Konica Minolta CM-3600d spektrofotometre cihazında, D65 ışık kaynağı-10° gözlem açısı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümlerde Color Mission programı kullanılmıştır. Program her kullanımda kalibre edilmiş, CIELab renk uzayı sisteminde çalışılmıştır. Renk ölçümleri, kumaşın boyalı ve aşındırılmış desen bölgesindeki 4 farklı noktadan ölçüm alınarak yapılmıştır.

Her numunenin aşındırılmamış bölgesi ve desen elde etmek için aşındırılmış bölgesinin spektral değerleri alınmış ve  $\Delta E$  (toplam renk farkı) elde edilmiştir.

Ölçüm sonucunda  $\Delta E$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  gibi spektral değerler elde edilmiştir. Sonuçlar  $\Delta E$  değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Konvansiyonel aşındırma baskı işlemi ve ozonlama ile yapılan aşındırma baskı işleminin arasındaki % renk sökme veriminin daha net anlaşılması için % renk sökme formülü kullanılmıştır. Bu formülde 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. 3.1.'de görülen formülde kullanılanlar toplam K/S değeridir.

$$\% \text{ Renk Giderimi} = \frac{\text{K/S sökülmiş} - \text{K/S orjinal boyalı}}{\text{K/S ham} - \text{K/S orjinal boyalı}} * 100 \quad (3.1)$$

### ***KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) testleri***

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) sudaki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarıdır. Aynı zamanda su ve atık su örneklerinde kirliliğin derecesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli test parametresidir. Konvansiyonel beyaz aşındırma baskının tüm süreçleri ve ozonlama ile aşındırma baskı işlemlerinden alınan atık su örneklerini incelemek için Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 5220:C Closed Reflux colorimetric method, 19th Edn (Washington DC: APHA, 1995) standardı kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında alınan su numunelerinin kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) belirlenebilmesi için Merck Spectroquant NOVA 60 marka farklı ölçüm aralıklarına sahip cihaz ve numunelerimizi ölçmek için WTW Merck COD Cell 14541 (25–1500 mg/l) ve 14691 (300-3500 mg/l) KOİ kitleri kullanılmıştır. Kullanılan kite göre numuneden Isoterm mikropipet (1-5ml) yardımıyla belirli bir miktar alınıp kitlerin içindeki çözeltilere ilave edilmiştir. WTW marka CR2200 model Termoreaktör cihazında 148 C’de iki saat bekletilerek reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Süre sonunda alınan örnek oda sıcaklığına soğutulduktan sonra Merck marka Pharo300 Spectroquant modelli makinede kimyasal oksijen ihtiyacı derişimi (mg/l) ölçülmüştür.

### ***Kopma mukavemeti testleri***

Numunelere mukavemet testleri ISO 13934:1999 standardına göre Instron Model 4301 (USA) cihaz kullanılarak yapılmıştır. Kopma mukavemeti testlerine numune üretebilmek için Şekil 3.5.’deki B şablonu kullanılmıştır.

Dokuma kumaşların mukavemet ölçümleri, ASTM D1682-64 test yöntemine göre çözgü yönü doğrultusunda yapılmıştır. 70x350 mm boyutlarında kesilen 3 adet kontrol ve deney numunelerinin genişlikleri tel çekme suretiyle 50 mm’ye indirilmiştir. Mukavemet test cihazı, sabit uzama prensibine göre çalışmakta olup çeneler arası mesafesi 100 mm’ye ayarlanarak numune, biri sabit diğeri hareketli olan iki çene arasına sıkıştırılmış; ardından yük hücresi 5 kN, çene hızı 100 mm/dakika ve kopma

zamamı 30±5 saniye olacak şekilde kopuncaya kadar çekilmiştir. Elde edilen sonuçlar, mukavemet birimi MPa ve uzama birimi % uzama olacak şekilde hesaplanmıştır.

### ***Yıkama haslığı testleri***

Yıkama haslığı testi hem konvansiyonel yöntem ile hem de ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelere uygulanmıştır. ISO105: C06-B2S test metoduna göre yapılmıştır. Yıkama sonu kuruyan numunelerin renkleri Color Mission programının içinde bulunan yıkama haslığı ölçüm bölümünde gri skalaya göre ölçülmüştür. Yıkama haslığı yapılırken laboratuvardaki mevcut TEST Laboratuvar Cihazları 412 NB HT makinesi kullanılmıştır. Yıkama haslığı testlerine numune üretmek için testleri için Şekil 3.5.'deki B şablonu kullanılmıştır.

### ***Sürtme haslığı testleri***

Sürtme haslığı testi, kuru ve yaş sürtme haslığı olmak üzere hem konvansiyonel yöntem ile hem de ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelere uygulanmıştır. ISO 105: A03 gri skala test metoduna göre, James H. Heal marka Crockmeter cihazında yapılmıştır. Test sonuçları Color Mission programının içinde bulunan sürtme haslığı ölçüm bölümünde gri skalaya göre ölçülmüştür. Sürtme haslığı testlerindeki numuneler testleri için Şekil 3.5.'deki B şablonu kullanılarak üretilmiştir.

### ***Ozon doz ölçümü***

Ozon konsantrasyonu ölçümü için içerisinde 200 ml % 2 potasyum iyodür (KI) çözeltisi bulunan gaz yıkama şişeleri seri şekilde bağlanarak ve 3 dakika boyunca 5 l/dk. ve 10 l/dk. ozon gazı beslenerek ozon konsantrasyon ölçümünün birinci adımı gerçekleştirilmiştir. İkinci adımda gaz yıkama şişelerinden alınan çözeltiler karıştırılıp bir beherde toplandıktan sonra içerisine nişasta ve 2N sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) çözeltisi ilave edilerek 0,1 N sodyum tiyosülfat (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) çözeltisiyle Isolab Digirate model titrasyon cihazı ile titrasyonu yapılmıştır. Bu titrasyon sonucunda elde edilen değer, denklemde yerine konularak ozon konsantrasyonu 2350E “Ozone Demand

Requirement-Semi Batch Method” a göre hesaplanmıştır. Hesaplama şekli denklem (3.2)’de gösterilmiştir.

$$\text{Ozon Dozu (mg/dk)} = ((A + B) * N * 24) / T \quad (3.2)$$

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

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

N: Sodyum tiyosülfatın normalitesi

T: Ozonlama süresi (dakika)

### ***Görsel değerlendirme anketi***

Ozon ile yapılan aşındırma baskının, konvansiyonel yöntem ile yapılan aşındırma baskıya göre görsel anlamda değerlendirilebilmesi için açık uçlu bir anket çalışması yapılmıştır. Anket; 18-25 ve 25-35 arasında farklı yaş gruplarına ve cinsiyetlere sahip 50 kişiye uygulanmıştır. Anket yapılan kişilere numuneleri değerlendirmeleri istenmeden önce numunelerin üretimi sırasındaki ekolojik etkiler ve kimyasal kullanımına bağlı ortalama maliyetleri konusunda kısa bir ön bilgilendirme yapılmıştır. Çalışmada anket yapılan kişiler her 10 numuneden 3 adet seçim yapmıştır.

### **3.3. İstatistiksel Veri Analizi**

Çalışmada kullanılan aşındırma baskı yönteminin, kullanılan çözeltinin ve nemlendirme oranının % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri üzerindeki etkisinin olup olmadığını önce grafiksel olarak sonrasında ise grafikleri desteklemek için istatistiksel olarak bulgular değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmenin yapılabilmesi amacıyla üç faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinin hesaplanmasında IBM SPSS Statistics 24 programı kullanılmıştır.

Üç faktörlü sınırlamasız varyans analizinde kurulan hipotezler ve uygulanan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

$$H01: \Sigma A_j = 0$$

$$HA1: \Sigma A_j \neq 0$$

$$H02: \Sigma B_k = 0$$

$$HA2: \Sigma B_k \neq 0$$

$$H03: \Sigma C_m = 0$$

$$HA3: \Sigma C_m \neq 0$$

$$H04: \Sigma AB_{jk} = 0$$

$$HA4: \Sigma AB_{jk} \neq 0$$

$$H05: \Sigma AC_{jm} = 0$$

$$HA5: \Sigma AC_{jm} \neq 0$$

$$H06: \Sigma BC_{km} = 0$$

$$HA6: \Sigma BC_{km} \neq 0$$

$$H07: \Sigma ABC_{jkm} = 0$$

$$HA7: \Sigma ABC_{jkm} \neq 0$$

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + C_m + AB_{jk} + AC_{jm} + BC_{km} + ABC_{jkm} + \varepsilon(ijkm)$$

$Y_{ijk}$  : Ölçüm Değeri;

$\mu$  : Yığının ortalama değeri;

$A_j$  : Birinci faktörün j. seviyesindeki etkisi;

$B_k$  : İkinci faktörün k. seviyesindeki etkisi;

$C_m$  : Üçüncü faktörün m. seviyesindeki etkisi;

$AB_{jk}$  : Birinci faktörün j. seviyesi ile ikinci faktörün k. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$AC_{jm}$  : Birinci faktörün j. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$BC_{km}$  : İkinci faktörün k. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$ABC_{jkm}$  : Birinci faktörün j. seviyesi, ikinci faktörün k. seviyesi ile üçüncü faktörün m. seviyesinin kesişiminin etkisi;

$\varepsilon(ijkm)$  : Birinci faktörün j. seviyesi, ikinci faktörün k. seviyesi, üçüncü faktörün m. seviyesindeki i. gözlemdaki tesadüfi hata.

Analiz sonuçları  $\alpha=0,05$  anlamlılık derecesi için değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda  $P<0,05$  olduğunda incelenen faktörün kumaş özelliklerine etkisi olmadığını,  $P>0,05$  olduğunda incelenen faktörün test edilen özellik üzerine etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Etkisi bulunan faktörün, seviyeleri arasındaki farkı görmek için SNK (Student Newman Keuls) testine başvurulmuştur.

#### **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Doktora tez çalışması 2 ana başlık altında sunulmuştur. Çalışmanın birinci bölümünde; CI Reactive Blue 221 (mavi) boyarmadde ile boyanmış dokuma kumaşlara ozon ile baskı işlemleri ve değerlendirmede yapılan testlerin ölçüm sonuçları verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise CI Reactive Yellow 145 (sarı) ve CI Reactive Red 223 (kırmızı) boyarmaddeleri ile boyanmış kumaşlara uygulanan ozon ile baskı işlemleri ve uygulanan testlerin ölçüm sonuçları sunulmuştur. Deney sonuçları çizelgeler halinde EKLER bölümünde yer almaktadır.

##### **4.1. Ozon ile Aşındırma Baskı Yapılmış CI Reactive Blue 221 ile Boyanmış Kumaşlarda Renk Ölçüm Sonuçları**

CI Reactive Blue 221 ile boyanmış dokuma kumaşlara, konvansiyonel yöntem ve ozon ile aşındırma baskı işlemleri uygulanmıştır. Konvansiyonel aşındırma baskı işlemi Çizelge 3.6.'da verilen reçeteye uygun olarak yapılmıştır. Ozon ile aşındırma baskı numuneleri; 5 l/dk. ve 5 dk. ve 10 l/dk. ve 10 dk. olmak üzere iki farklı ozon gaz akış oranı ve süresinde, % 60, % 40 ve % 25 olmak üzere üç farklı nemlendirme oranı, su ve 5 farklı kıvamlaştırıcı ile oluşturulmuş çözelti tipi (aljinat, etilen glikol, gliserin, keçiboynuzu unu ve metil selüloz) kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen numunelerin fotoğrafları TERMAL marka ışık kabininde D65 ışık altında yapılmış ve Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Spektrofotometrede renk ölçümleri yapılan numunelerin % renk sökme ve renk farkı sonuçları grafiksel ve istatistiksel olarak yorumlanmıştır.



KONVANSİYONEL AŞINDIRMA BASKI

5 L/DK OZON GAZ AKIŞ ORANI VE 5 DK OZON UYGULAMA SÜRESİ



Şekil 4.1. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve 5 l/dk. ve 5 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi ile üretilmiş aşındırma baskılı numunelerin fotoğrafları



KONVANSİYONEL AŞINDIRMA BASKI

10 L/DK OZON GAZ AKIŞ ORANI VE 10 DK OZON UYGULAMA SÜRESİ



Şekil 4.2. Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve 10 l/dk.ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi ile üretilmiş aşındırma baskılı numunelerin fotoğrafları

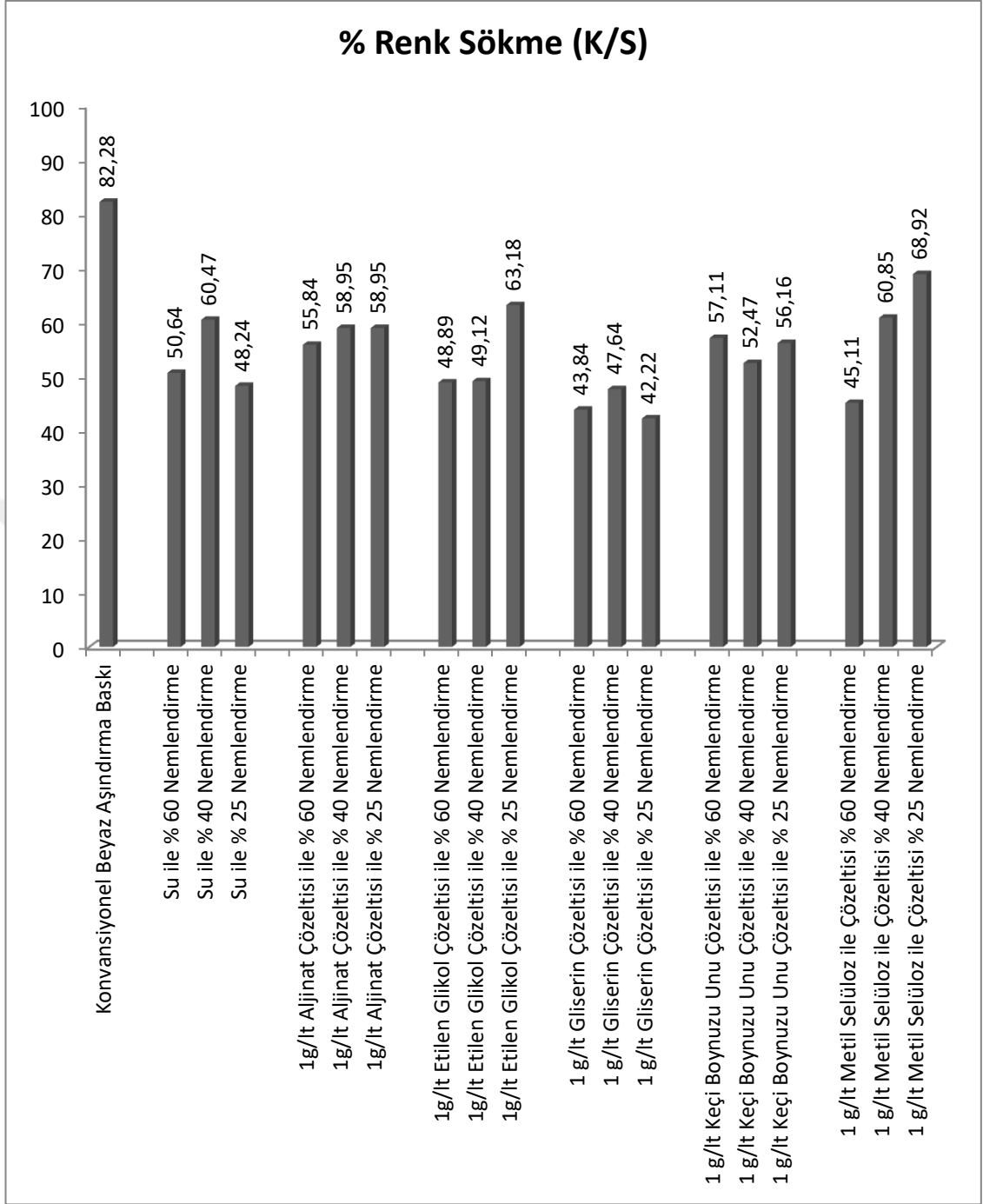


#### **4.1.1. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri**

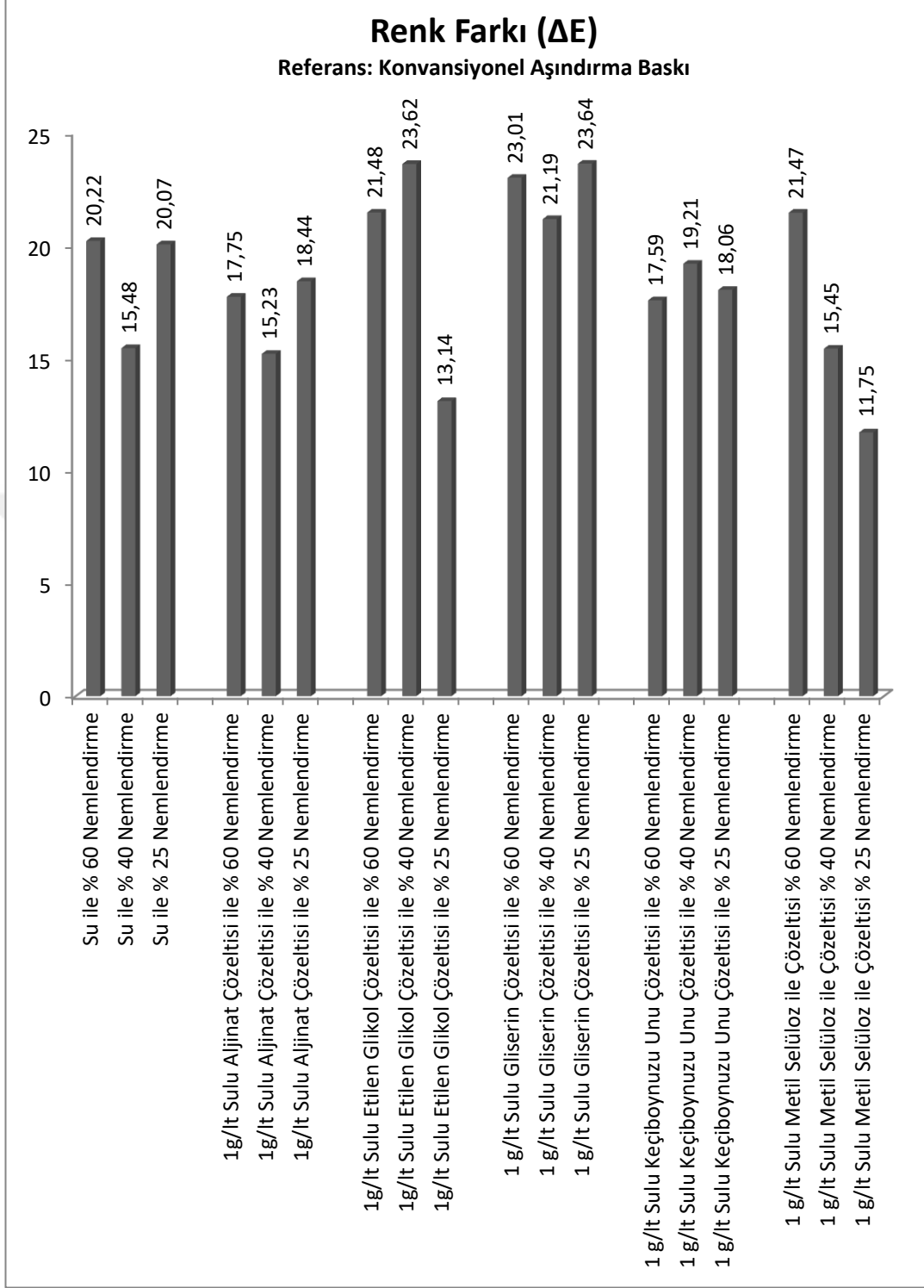
5 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 1.'de, sonuçlara ait grafikler ise Şekil 4.3.'de verilmiştir. Şekil 4.3. incelendiğinde etilen glikol çözeltisi ile % 25 ve metil selüloz çözeltisi ile % 25 nemlendirilmiş numunelerin % renk sökme oranlarının diğer numunelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

#### **4.1.2. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri**

5 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda elde edilen renk farkı ( $\Delta E$ ) değerlerine ait sonuçlar EK 2.'de, sonuçlara ait grafikler ise Şekil 4.4.'de verilmiştir. Şekil 4.2.'de  $\Delta E$  değerleri için konvansiyonel aşındırma baskı referans (0) alınarak değerlendirilmiştir. Renk sökme yüzdesi ne kadar yüksek ise renk farkı değerinin o kadar düşük olması beklenmektedir. Grafikteki değerler incelendiğinde ise tüm değerlerin 1'i geçtiği görülmektedir ancak sonuçlar; 1'e en yakın olan değerler üzerinden yorumlanmıştır. 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda 11,75 ile en az renk farkının elde edildiği numune olmuştur. 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ve 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 25 oranında nemlendirilmiş numunelerin renk farkı değerlerinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu dolayısı ile referans değere daha yakın oldukları için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



**Şekil 4.3.** CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri

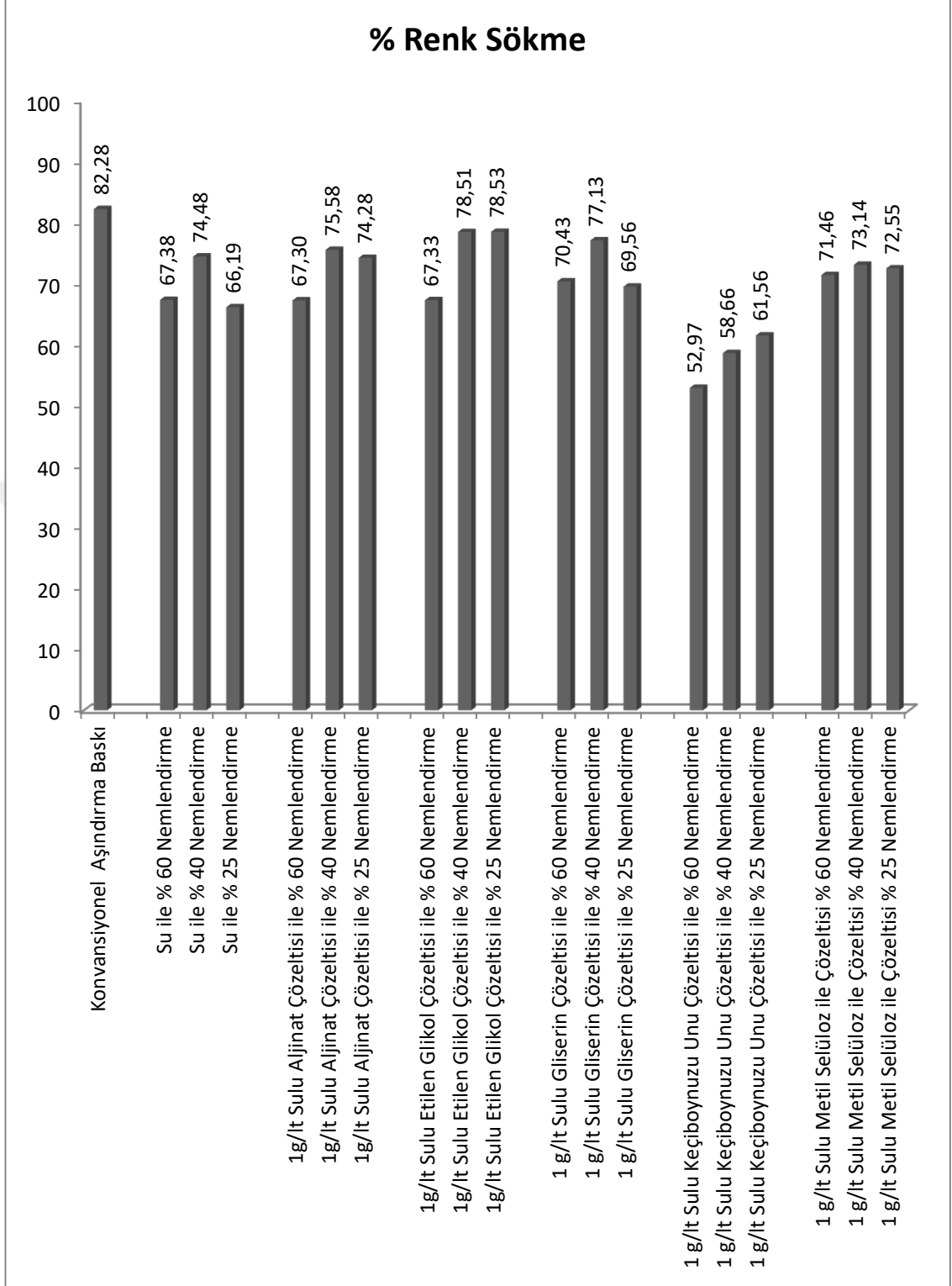


**Şekil 4.4.** CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 5 l/dk. - 5 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri

#### **4.1.3. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri**

10 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 3.'te, sonuçlara ait grafikler ise Şekil 4.5.'te verilmiştir. Şekil 4.3. incelendiğinde ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi arttıkça % renk sökme değerinin arttığı, özellikle % 40 ve % 25 nemlendirme oranlarındaki numunelerin % renk sökme değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 ve % 25 oranlarında nemlendirilmiş numunelerin % renk sökme değerlerinin, konvansiyonel yöntem ile elde edilen aşındırma baskıya çok yakın değerlerde oldukları görülmektedir. Tüm numunelerin 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değerlerinin 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlama sonunda elde edilen değerlere göre yükseldiği görülmektedir. Bu durum ozon gaz akış oranı ve süresinin, kumaştaki % renk sökme oranını arttırdığını göstermektedir. % 40 oranında nemlendirilmiş kumaşlarda % renk sökme değerleri % 60 nemlendirilmiş kumaşlardan daha yüksek, % 25 nemlendirilmiş kumaşlar ile benzer değerler göstermektedir. Kumaşların üzerindeki artan nem miktarı reaksiyona girmek isteyen ozon gazına bariyer özelliği oluşturmakta ve ozon gazının reaksiyona girmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca kumaşın fazla nemlendirilmesi, ozonun kumaştaki kapiler kanallardan ilerlemesine ve aşınmanın bu bölgelere kadar dağılırarak belli bir bölgede yoğunlaşmamasına ve daha dağınık bir aşındırma efekti oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 4.2.'den de görüldüğü üzere % 60 nemlendirilmiş kumaşlardaki desenin % 40 nemlendirilmiş desenlere göre daha çok dağıldığı görülmektedir.

CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonrası elde edilen % renk sökme değerlerine ait EK 3.'te verilmiştir.

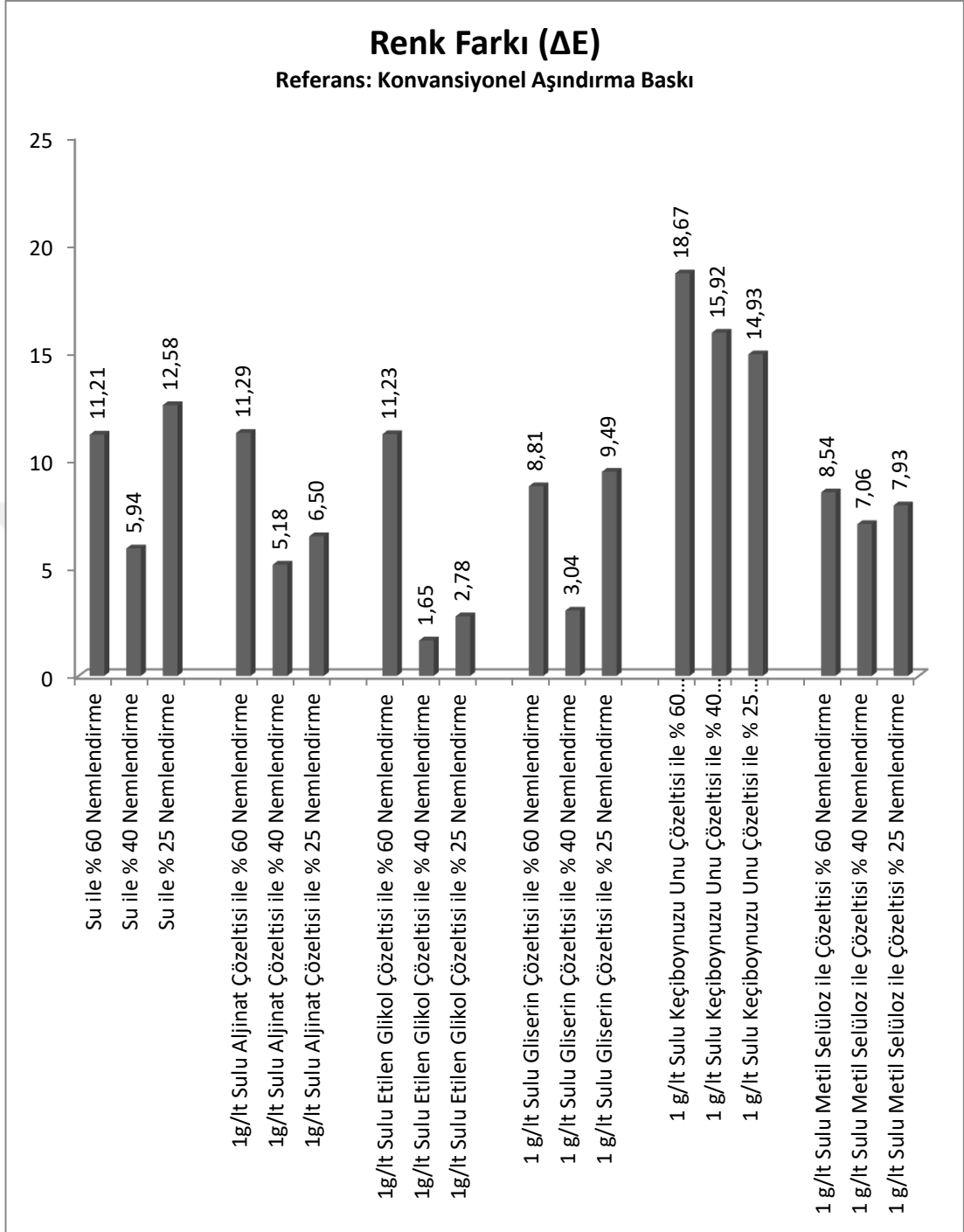


**Şekil 4.5.** CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri

#### **4.1.4. CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değışimleri**

10 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda elde edilen renk farkı değerlerine ait sonuçlar EK 4.'de, sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.6.'te verilmiştir.

Şekil 4.6.'daki renk farkı değerleri incelendiğinde 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlanmış numunlerin renk farkı değerlerinin 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlanmış numunelere göre daha iyi olduğu, % renk sökme değerlerinde olduğu gibi ozon gaz akış oranının ve ozonlama süresinin renk farkı değerleri üzerinde de etkili olduğu görülmektedir. 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 ve % 25 oranında nemlendirilmiş kumaşlarda renk farkı değerlerinin 1'e en yakın değerlerde olduğu grafikten okunmaktadır. 1 g/l keçiboynuzu unu çözeltisi ile nemlendirilen numuneler haricinde tüm numunelerde % 40 oranında nemlendirmenin daha başarılı olduğu söylenebilir. Diğer numunelerin aksine 1 g/l keçiboynuzu unu ile % 40 oranında nemlendirilmiş numunelerin standart sapma değerlerinin çok yüksek çıkması bu farklılığı açıklamaktadır.



**Şekil 4.6.** CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri

#### 4.2. İstatistiksel Veri Analiz ve Yorumları

Tez çalışmasında CI Reactive Blue 221 (mavi) ile boyanmış dokuma kumaşlara; konvansiyonel ve ozon gazı ile aşındırma baskı işlemleri yapılmıştır. Ozon gazı ile

aşındırma baskı yöntemlerinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri üzerindeki istatistiksel etkisi araştırılmıştır. İstatistiksel olarak en iyi sonucu veren numunelere yıkama ve sürtme haslığı, kopma mukavemeti (kN), KOİ ve görsel değerlendirme anketleri yapılmış ve yorumlanmıştır.

#### **4.2.1. Ozon akış oranı ve süresinin, nemlendirme oranının ve kullanılan çözeltideki kıvamaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerlerine etkisinin istatistiksel analizi**

Ozon gazı ile aşındırma baskı numuneleri; iki farklı ozon gaz akış oranı ve süresinde (5 l/dk. ve 5 dk. ve 10 l/dk. ve 10 dk.), üç farklı nemlendirme oranı (% 60-% 40-% 25) ve 6 farklı çözelti tipi kullanılarak elde edilmiştir. Numunelerin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) ölçümleri yapılmış, ozon gaz akış oranı ve süresi, nemlendirme oranı ve kullanılan çözelti tipinin bu değerler üzerindeki etkileri istatistiksel olarak incelenmiştir.

Ozon gaz akış oranı ve süresinin, nemlendirme oranının ve kullanılan kıvamaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri üzerine etkisini anlamak için üç faktörlü sınırlamasız varyans analizi yapılmıştır. ( $\alpha:0.05$   $0,05>p$ ) Çalışmada seçilen faktörlerin etkilerine ait ANOVA sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Aşındırma baskı yöntemlerinin % renk sökme ve renk farkı değerlerine göre ortalama değerleri Çizelge 4.2.'de ve faktörlere ait SNK test sonuçları ise Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Ortalama değerler incelendiğinde, konvansiyonel yöntem ile yapılan aşındırma baskının % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri, ozon gazı ile yapılan aşındırma baskıya göre beklendiği gibi daha yüksektir. Ozon gazı ile yapılan aşındırma baskı değerleri kendi içinde incelendiğinde ise; 10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve süresinde yapılan aşındırma baskı % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerlerinin konvansiyonel aşındırma baskıda elde edilen değerlere ya en yakın değerler olduğu görülmüştür. Bu verilerden yola çıkılarak çalışmanın devamında 10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve süresinde yapılan baskılı numuneler ile çalışılmıştır.



**Çizelge 4.1.** Ozon ile aşındırma baskı yönteminin % renk sökme değerleri için ANOVA değerleri

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F	H <sub>0</sub>
Aşındırma Yöntemi	1	7043,823	7043,823	3106,540	Kabul
Kullanılan Çözelti	5	1269,086	253,817	111,941	Kabul
Nemlendirme Oranı	2	737,323	368,662	162,591	Kabul
Aşındırma Yöntemi × Kullanılan Çözelti	5	1649,867	329,973	145,528	Kabul
Aşındırma Yöntemi × Nemlendirme Oranı	2	66,283	33,141	14,616	Kabul
Kullanılan Çözelti × Nemlendirme Oranı	10	950,813	95,081	41,934	Kabul
Aşındırma Yöntemi × Kullanılan Çözelti × Nemlendirme Oranı	10	634,186	63,419	27,970	Kabul
Hata	72	163,254	2,267		
Toplam	108	424950,531			

**Çizelge 4.2.** Aşındırma baskı yöntemlerinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) sonuçlarının ortalama değerleri

Aşındırma Baskı Yöntemi	% Renk Sökme (K/S)	Renk Farkı ( $\Delta E$ )
Ozonlama ile Aşındırma Baskı 5 l/dk. ve 5 dk.	53,3135	18,7107
Ozonlama ile Aşındırma Baskı 10 l/dk. ve 10 dk.	69,8728	9,0411
Konvansiyonel Aşındırma Baskı	82,2833	0

Çizelge 4.3.'deki SNK test sonuçları incelendiğinde, nemlendirme oranının % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. % 25 ve % 40 nemlendirme oranlarının renk sökme üzerindeki etkisinin benzer, % 60 nemlendirme oranının ise farklı olduğu görülmektedir. SNK test sonuçları ışığında çalışmanın devamında % 25 ve % 40 alınan nemlendirme oranlarının ozon ile aşındırma baskı yapılmış numuneler ile çalışılmıştır.

**Çizelge 4.3.** Nemlendirme oranının % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri etkisi üzerine yapılan SNK test sonuçları

<b>Nemlendirme Oranı</b>	<b>% Renk Sökme (K/S)</b>	<b>Renk Farkı (<math>\Delta E</math>)</b>
% 60	58,1106 a	15,9397 a
% 25	63,4186 b	13,2731 b
% 40	63,8614 b	12,4150 c

**Çizelge 4.4.** Kullanılan çözeltilerdeki kıvamlaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri etkisi üzerine yapılan SNK test sonuçları

<b>Kullanılan Çözelti</b>	<b>% Renk Sökme (K/S)</b>	<b>Renk Farkı (<math>\Delta E</math>)</b>
Keçi Boynuzu Unu	56,4917 a	17,3972 e
Gliserin	58,3067 b	14,8644 d
Su	61,2328 c	14,2472 c
Etilen Glikol	64,2622 d	12,3150 b
Aljinat	65,1489 d	12,3983 b
Metil Selüloz	65,3389 d	12,0333 a

Çizelge 4.4.'deki SNK test sonuçları incelendiğinde, kullanılan çözeltilerdeki kıvamlaştırıcı cinsinin % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri üzerinde farklı etkiler gösterdiği görülmektedir. % renk sökme değerleri içinde etilen glikol, aljinat ve metil selüloz çözeltileri benzer etkiler göstermiş olsalar dahi, % renk sökme ve renk farkı değerleri birbiri ile bağlantılı değerler oldukları için renk farkı üzerindeki etkilerine de bakılmış, etilen glikol ve aljinatın renk sökme de de benzer etkiyi gösterdiği görülmüştür. % renk sökme ve renk farkı değerlerinde en az etki keçi boynuzu unu ile elde edilen çözeltilerde görülmüştür. Ancak kıvamlaştırıcı cinslerinin arasında belirgin bir farklılık olmaması nedeniyle tüm kıvamlaştırıcılar ile çalışılmaya devam edilmiştir.

Grafiksel ve istatistiksel değerlendirme sonuçları incelenmiş ve elde edilen optimum parametrelerdeki numuneler Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Yıkama haslığı, sürtme haslığı, kopma mukavemeti ölçümleri bu numuneler üzerinden yapılmıştır.

**Çizelge 4.5.** Optimum parametrelerdeki numuneler

Numune	Ozon Gaz Akış Oranı ve Süresi	Nemlendirme Oranı	Kıvamaştırıcı/Çözelti Cinsi
1	10l/dk. ve 10 dk.	%40	Su
2	10l/dk. ve 10 dk.	%40	1 g/l Aljinat
3	10l/dk. ve 10 dk.	%25	1 g/l Etilen Glikol
4	10l/dk. ve 10 dk.	%40	1 g/l Gliserin
5	10l/dk. ve 10 dk.	%25	1 g/l Keçiyoynuzu Unu
6	10l/dk. ve 10 dk.	%40	1 g/l Metil Selüloz

### 4.3. Yıkama Haslığı Ölçüm Sonuçları

Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin yıkama haslığı değerleri ölçülmüş ve bulunan değerler Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. incelendiğinde hem konvansiyonel aşındırma baskı yapılmış numunelerin hem de ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin haslık değerleri çok iyidir. Konvansiyonel aşındırma baskı yapılmış numunelerde akrilik, poliester ve pamukta lekelenmenin 5, yüzde 4-5 ve poliamitte 4 olduğu görülmektedir. Konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerde çok az bir düşüş söz konusudur. Bu durumun; Çizelge 3.7.'de görüldüğü üzere konvansiyonel baskıya uygulanan yıkama işlemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Konvansiyonel aşındırma baskı sürecindeki 4 adımlı yıkama uygulanmasına rağmen, indirgen madde ile aşındırılan zemindeki boyarmaddenin kumaştan uzaklaşması için yıkama etkisi ve sayısının yeterli gelmemiş olması yıkama haslığındaki mevcut düşüşe neden olabilmektedir. Yıkama haslığı testi standardına göre numunelerin yıkama süresi aşındırma baskıda sonunda yapılanaya göre daha uzun ve mekaniktir. Kumaş aşındırma baskı prosedüründen daha fazla yıkama işlemine maruz kalmakta bu işlemde varsa mevcut indirgenmiş boyarmaddelerin multifiber bezi kirletmesine sebep olduğu, konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerde daha fazla baskı patı kullanımı ve yardımcı kimyasal kullanımlarının da haslıktaki bu düşüşü desteklemiş olabileceği düşünülmektedir. Ancak sonuçlar açıkça

göstermektedir ki ozon ile aşındırma baskı yapılmış numunelerde yıkama haslığı çok iyi sonuçlar vermiştir.

**Çizelge 4.6.** Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin yıkama haslığı değerleri

		Yün	Akrilik	Poliester	Poliamid	Pamuk	Asetat
	<b>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</b>	4-5	5	5	4	5	4
<b>10/dk. Ozon Akış Oranında 10dk. Ozonlama</b>	<b>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</b>						
	Su ile % 40	5	5	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	5	5	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	5	5	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 40	5	5	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 25	5	5	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	5	5	5	5	5	5

#### 4.4. Sürtme Haslığı Test Sonuçları

Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin sürtme haslığı değerleri ölçülmüş ve bulunan değerler Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. incelendiğinde yıkama haslığı test sonuçlarında olduğu gibi, sürtme haslığı test sonuçlarının da çok iyi olduğu görülmektedir. Konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerin yaş ve kuru / atkı yönündeki, haslık değerlerinin 4-5 çıktığı ancak 1 g/l aljinat çözeltisindeki yaş/çözgü yönündeki (4-5) haslık değerinin diğer değerlere göre daha düşük çıktığı ve ihmal edilebilir seviyede olduğu söylenebilmektedir. Sonuç olarak ozon gazı ile yapılan aşındırma baskılı numunelerin sürtme haslığı değerleri çok iyi sonuçlar vermiştir.

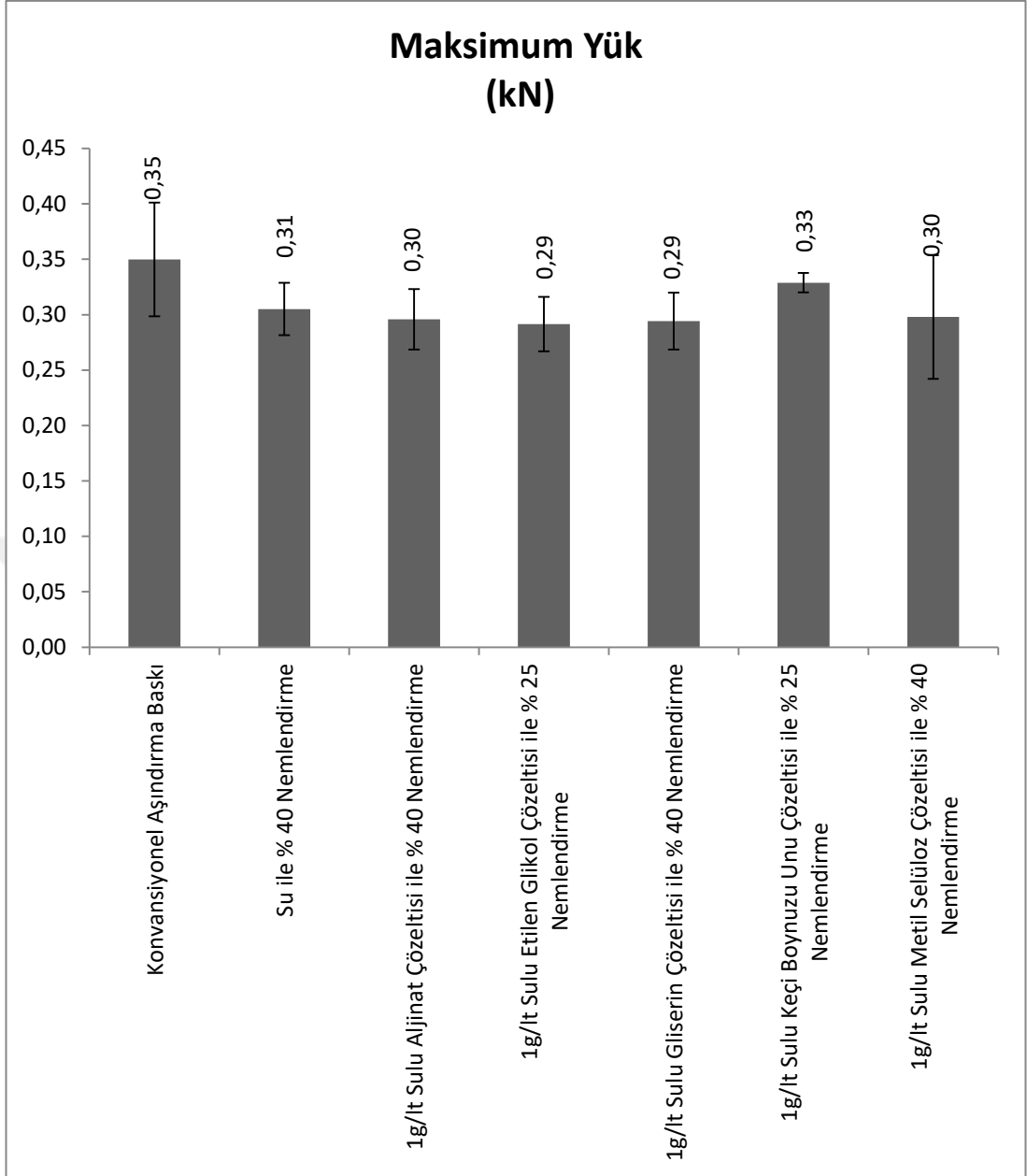
**Çizelge 4.7.** Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin sürtme haslığı değerleri

		YAŞ		KURU	
		Atkı	Çözü	Atkı	Çözü
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	4-5	5	4-5	5
<b>10/dk. Ozon Akış Oranında 10dk. Ozonlama</b>	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
	Su ile % 40	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Aljinat Çözültisi ile % 40	5	4-5	5	5
	1 g/l Sulu Etilen Glikol Çözültisi ile % 25	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Gliserin Çözültisi ile % 40	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Keçiboynuzu Unu Çözültisi ile % 25	5	5	5	5
	1 g/l Sulu Metil Selüloz Çözültisi ile % 40	5	5	5	5

#### 4.5. Kopma Mukavemeti Ölçüm Sonuçları

Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin kopma mukavemetleri ölçülmüş ve maksimum yük (kN) değerleri EK 5.'de, sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.7.'de verilmiştir.

Şekil 4.7. incelendiğinde; 10 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 10 dk. ozonlama sonrası yüksek renk sökme değerlerine sahip olan numunelere kopma mukavemeti ölçümleri yapılmıştır. Ozon ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin mukavemet kayıpları % 6-16 arasında değişmektedir. En az mukavemet kaybı, renk sökme oranlarının da çok düşük olduğu, sulu keçiboynuzu unu çözeltisi ile nemlendirilmiş numunelerde görülmektedir. Şekil 4.7.'de gösterildiği gibi 10 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 10 dk. ozonlama yapılmış sulu etilen glikol çözeltisi ile nemlendirilmiş numunelerin yüksek % renk sökme etkisi gösterdiği ve buna bağlı olarak mukavemet kayıplarının da daha fazla olduğu görülmektedir. Ozon uygulamasına bağlı yüksek mukavemet kayıpları, ozonun yüksek derecede kararsız olmasından kaynaklanmaktadır. Ozon gazının bu kararsızlığı ona yüksek bir oksidasyon özelliği kazandırır (Perincek ve ark. 2009).

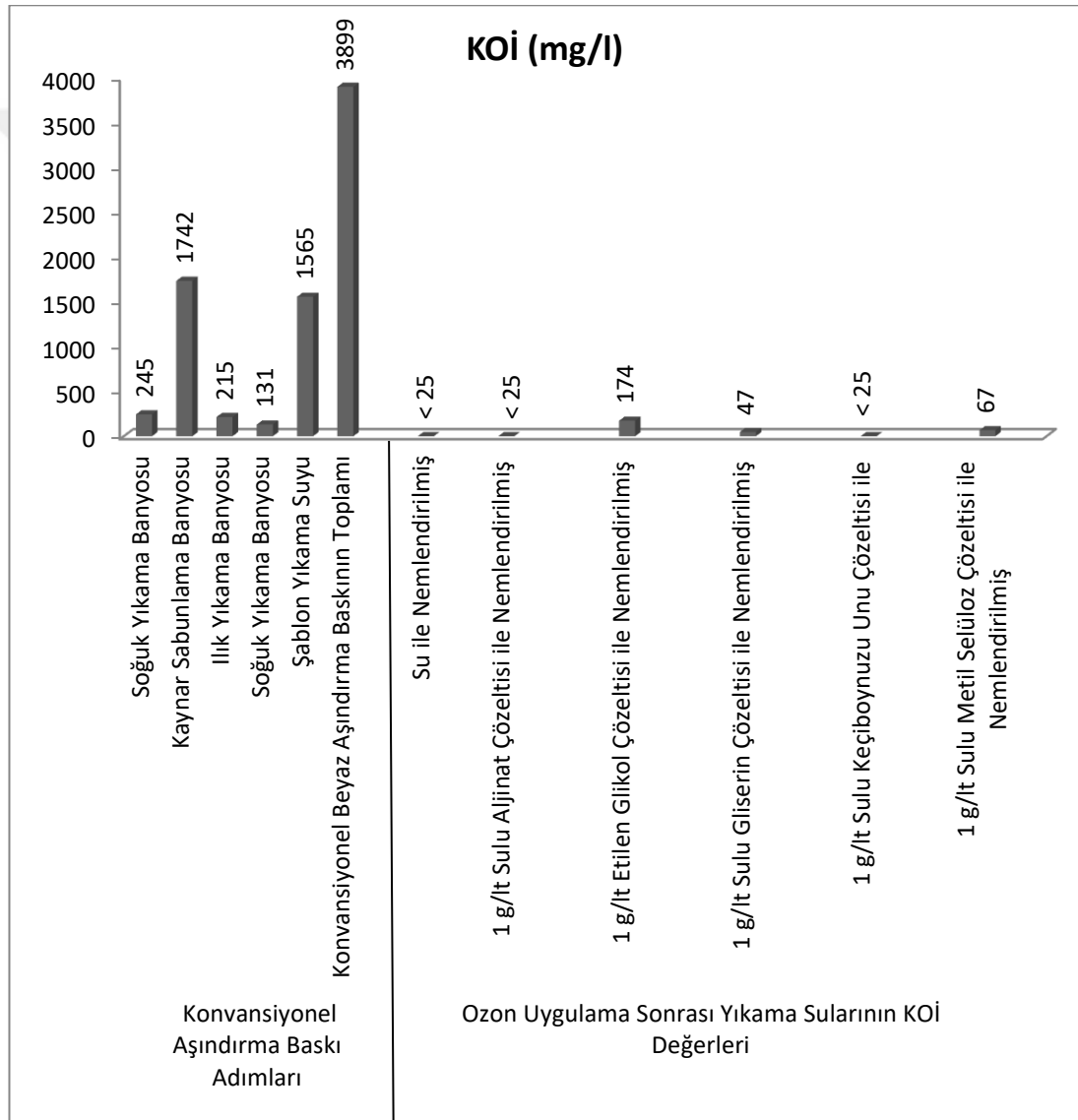


**Şekil 4.7.** Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin kopma mukavemeti (kN) değişimleri

#### 4.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Ölçüm Sonuçları

Konvansiyonel aşındırma baskının tüm aşamalarında ve ozon gazı ile yapılan aşındırma baskılardan sonra alınan atık suların KOİ değerleri ölçülmüş ve bulunan değerler EK 6.'da, sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.8.'de verilmiştir.

Konvansiyonel aşındırma baskı ve ozon ile aşındırma baskı yöntemlerine ait proses adımları Çizelge EK 6.'da verilmiştir. Çizelgenin üst bölümünde konvansiyonel baskı yöntemindeki her adıma ait atık yükleri ve toplam atık yük miktarı bulunmaktadır. Konvansiyonel aşındırma baskıya ait toplam KOİ yükü, yöntemin her adımındaki atık yüklerinin toplamıdır. Konvansiyonel aşındırma baskı için şablon üzerindeki pat proses sonunda mutlaka temizlenmelidir ve temizlenen pat atıkların bir parçası olarak suya karışmaktadır. Konvansiyonel aşındırma baskıya ait toplam KOİ 3899 mg/l olarak ölçülmüştür.



**Şekil 4.8.** Konvansiyonel aşındırma baskının tüm aşamalarında ve ozon gazı ile yapılan aşındırmalardan sonra alınan atık suların KOİ değerleri

Ozon ile aşındırma baskıya ait atıkların KOİ değerleri Çizelge EK 6.'nın alt kısmında yer almaktadır. Ozon ile aşındırma baskıya ait atıklar sadece ozonlanmış numunelerin yıkanması sonrası oluşmaktadır. Bu numuneler ait KOİ değerlerinin çoğu çok düşük ya da aralık dışında kalmıştır. Çizelge EK 6. incelendiğinde; KOİ değerlerinde, ozon ile aşındırma yönteminde konvansiyonel yöntem göre % 95-99 oranında bir düşme olduğu görülmektedir. Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere pek çok endüstri proses atıklarının çevresel yükünü hesaplamak için kullanılan KOİ değerlerini düşürmek için ozonlama metodunu kullanmaktadır. Çünkü tekstil atık suları sadece toksik özellikli oldukları için değil aynı zamanda içerdikleri renkli maddelerin ışığın geçişini engelleyip, mikroorganizmaların ışıktan yararlanmalarına izin vermedikleri için zararlı sayılmaktadırlar. Bu durum ekosistem için birçok problem oluşturmaktadır. Ozonlama ile organik malzemeler oksidize edilmektedir (Cooper 1993).

#### **4.7. Görsel Değerlendirme Sonuçları**

Görsel ve sayısal değerlendirmeler sonucunda seçilen 10 numune için yapılan açık uçlu görsel değerlendirme anket sonuçları EK 7.'de, grafikler ise Şekil 4.9.'da verilmiştir.

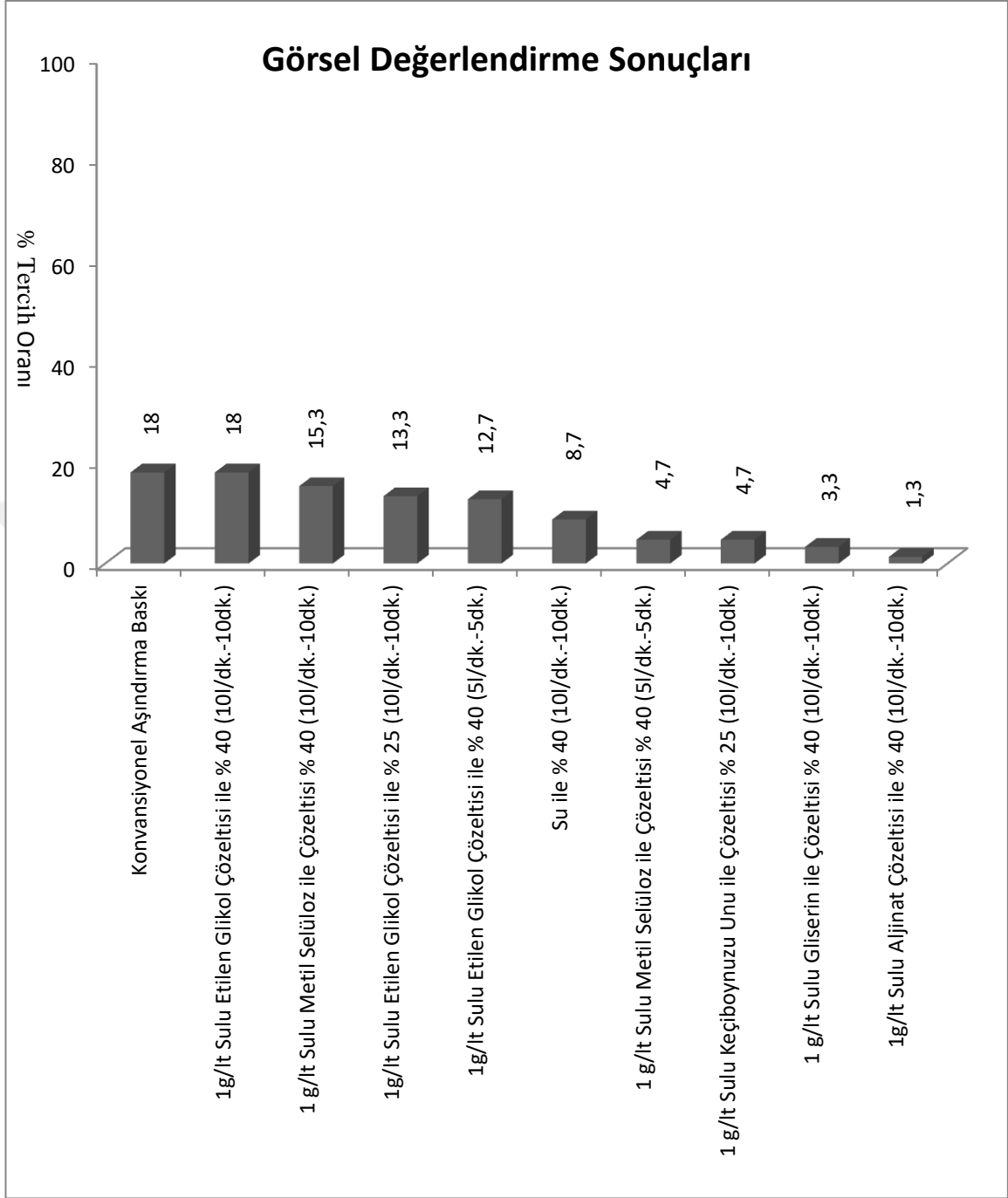
Kontur netliğinin, aşındırma baskılı ürünün seçiminde tek perspektif olmadığı göz önüne alınarak, insanların beğenilerini belirlemek için bir görsel değerlendirme çalışması yapılmıştır. Ozon ile oluşturulan desenlerin kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerdeki kadar net olmasa dahi, oldukça iyi bir görüntüye ulaştığı görülmektedir.

En çok tercih edilen numuneler konvansiyonel aşındırma baskılı ve 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 oranında nemlendirilmiş, 10 l/dk. ile 10 dk. ozonlanarak elde edilmiş numunelerdir. Her iki numunenin de tercih edilme oranı % 18'dir. İkinci yüksek tercih edilme oranı ise 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 40 oranında nemlendirilmiş, 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlanarak elde edilmiş numunelerdir.



Seçimlerin geneline bakıldığında; konvansiyonel aşındırma baskılı numune % 18 oranında, ozon ile yapılan aşındırma baskılı numuneler ise % 82 oranında seçildiği ve ozonlamanın başarılı olduğu görölmektedir.

Anket yapılan kişiler tercihlerinde; numunelerin görüntü netliğine ve okunabilirliğine dikkat ettiklerini belirtmişlerdir. Bu durum konvansiyonel aşındırma baskı için beklendik bir durumdur. Ancak ozon ile yapılan aşındırma baskılar konvansiyonel aşındırma baskı kadar net olmamakla birlikte aynı seçim oranlarına sahiptir. Kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskıdaki kadar belirgin olmayan numunelerin seçilmesinde ise; son zamanlarda tekstil ürünlerinde (Jean vb) çok sık gördüğümüz eskitme etkili tasarım görüntüsünün etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.



**Şekil 4.9.** Görsel değerlendirme anketi sonuçları

Ülkemiz nüfusunun yaklaşık % 32'sinin 17-35 yaşındaki gençlerden oluştuğu dikkate alındığında ve en fazla tekstil ve hazır giyim tüketiminin yine bu yaş aralığındaki kişiler tarafından gerçekleştirildiği bilindiğinden bu sonuçlar daha fazla anlam taşımaktadır. Anket sonuçlarından görülebileceği gibi ozon ile yapılan aşındırmada kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskıdaki kadar net olmamasına rağmen tercih edilebilmektedir (<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 2017).

Genç ve eğitimli tüketicilerin hazır giyim ürünlerini talep ederlerken tasarıma, kaliteye ve çevresel unsurlara diğer unsurlardan daha fazla önem verdikleri yapılan çalışmalarda ve bizim anket sonuçlarımızda da görülmektedir (Atılğan 2003).

#### **4.8. Ozon ile Aşındırma Baskı Yapılmış CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 ile Boyanmış Kumaşlarda Renk Ölçüm Sonuçları**

Tez çalışmasının ilk aşaması CI Reactive Blue 221 (mavi) boyalı kumaşlar ile yapılmıştır. Ozonlama ile aşındırma baskının farklı renklerdeki kumaşlar üzerindeki etkilerini görebilmek çalışmaya; mavinin dışında kalan ana renklerden CI Reactive Yellow 145 (sarı) ve CI Reactive Red 223 (kırmızı) ile devam edilmiştir. Bu bölümde amaçlanan; ozon ile aşındırma baskı yapıldıktan sonra kumaştaki desen oluşumunu görmek, % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) değerlerini ölçmektir. Konvansiyonel aşındırma baskı ve ozon ile aşındırma baskı uygulanmış CI Reactive Blue 221, CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların fotoğrafları Şekil 4.10.'de kıyaslamalı olarak verilmiştir.

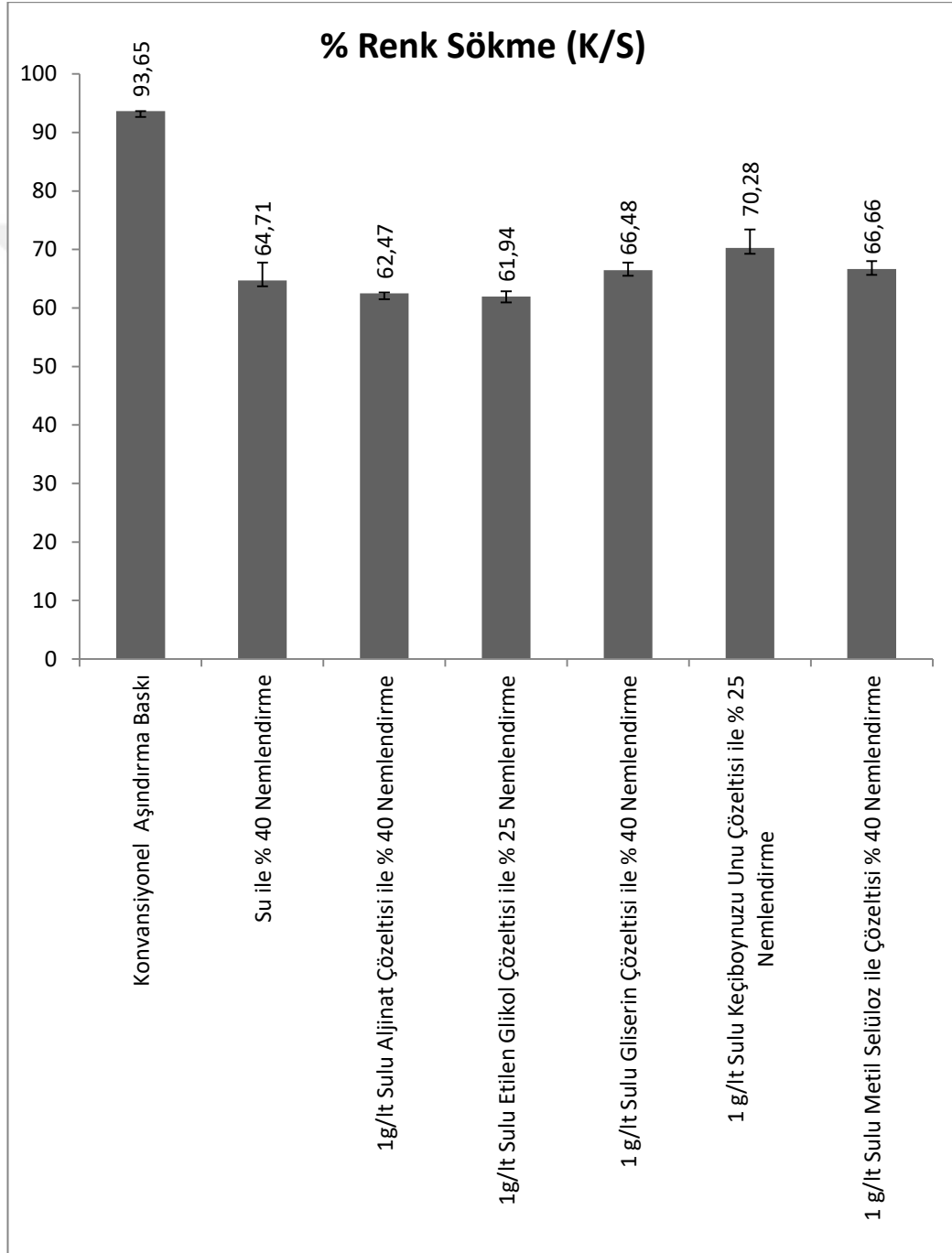
CI Reactive Yellow 145 (sarı) ve CI Reactive Red 223 (kırmızı) boyanmış dokuma kumaşlara, konvansiyonel yöntem ve ozon ile aşındırma baskı işlemleri yapılmıştır. Konvansiyonel aşındırma baskı Çizelge 3.6.'da verilen reçeteye uygun olarak yapılmıştır. Ozon ile aşındırma baskı ise Çizelge 4.5.'deki verilen optimum parametreler ile elde edilen numuneler üretilerek çalışılmıştır. Elde edilen numunelerin spektrofotometrede renk ölçümleri yapılmış, % renk sökme ve renk farkı ( $\Delta E$ ) sonuçları grafiksel olarak yorumlanmıştır.

<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>	<i>Mudag Universitesi</i>
Kontrol Numunesi Konvansiyonel Beyaz Aşındırma Baskı	Su ile % 40 Nemlendirilmiş Numune	1 g/l Ajiinat Çözeltisi ile % 40 Nemlendirilmiş Numune	1 g/l Etilen Glköl Çözeltisi ile % 25 Nemlendirilmiş Numune	1g/lt Gliserin Çözeltisi ile %40 Nemlendirilmiş Numune	1 g/lt KeçiBoyuzu Unu Çözeltisi ile % 40 Nemlendirilmiş Numune	1 g/lt Metil Seülloz Çözeltisi ile % 40 Nemlendirilmiş Numune				

**Şekil 4.10.** Konvansiyonel aşındırma baskı ve 10 l/dk. ile 10dk. ozon ile aşındırma baskı uygulanmış CI Reactive Blue 221, CI Reactive Yellow 145 ve CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşlar

#### 4.8.1. CI Reactive Yellow 145 için % renk sökme değışimleri

10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 8.'de, sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.11.'de verilmiştir.



Şekil 4.11. CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değışimleri

Şekil 4.11. incelendiğinde; CI Reactive Blue 221 ile boyanmış kumaşlardaki sonuçların aksine 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 25 oranında nemlendirilmiş kumaşlarda % renk sökme oranlarının daha az olduğu görülmektedir. 1 g/l sulu gliserin ve 1 g/l sulu metil selüloz ile nemlendirilmiş numunelerin % renk sökme oranlarının birbirine çok yakın olduğu, en yüksek renk sökme değerinin ise 1 g/l sulu keçiyoynuzu unu ile % 25 oranında nemlendirilmiş numunelerde olduğu görülmektedir. Ancak 1 g/l sulu keçiyoynuzu unu çözeltisi ile % 25 nemlendirilmiş numunelerdeki standart sapma değerlerinin çok yüksek olması, renk sökme değerlerindeki yükselişin nedenini açıklamaktadır.

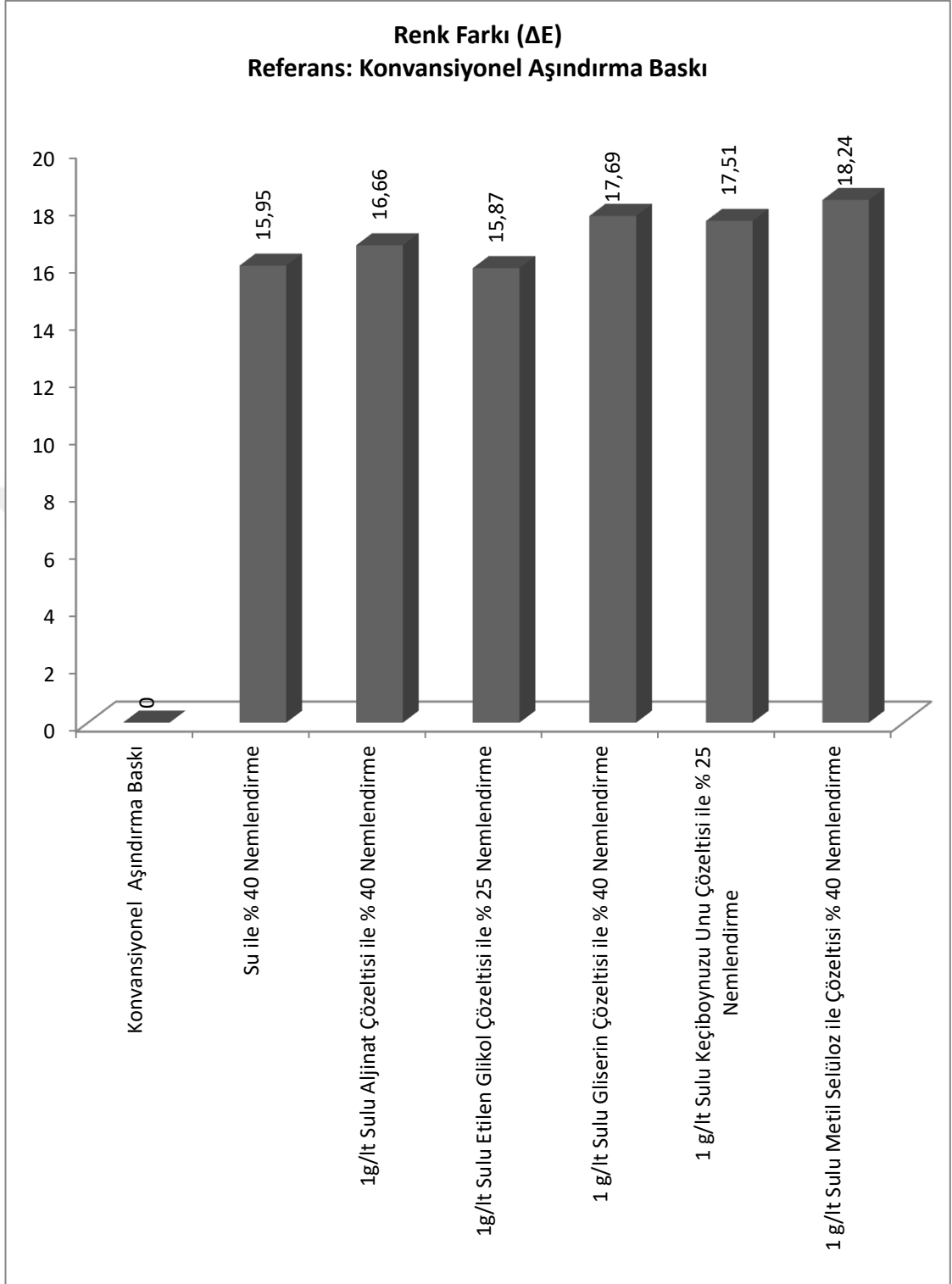
#### **4.8.2. CI Reactive Yellow 145 için renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri**

10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 9.'da sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.12.'da verilmiştir.

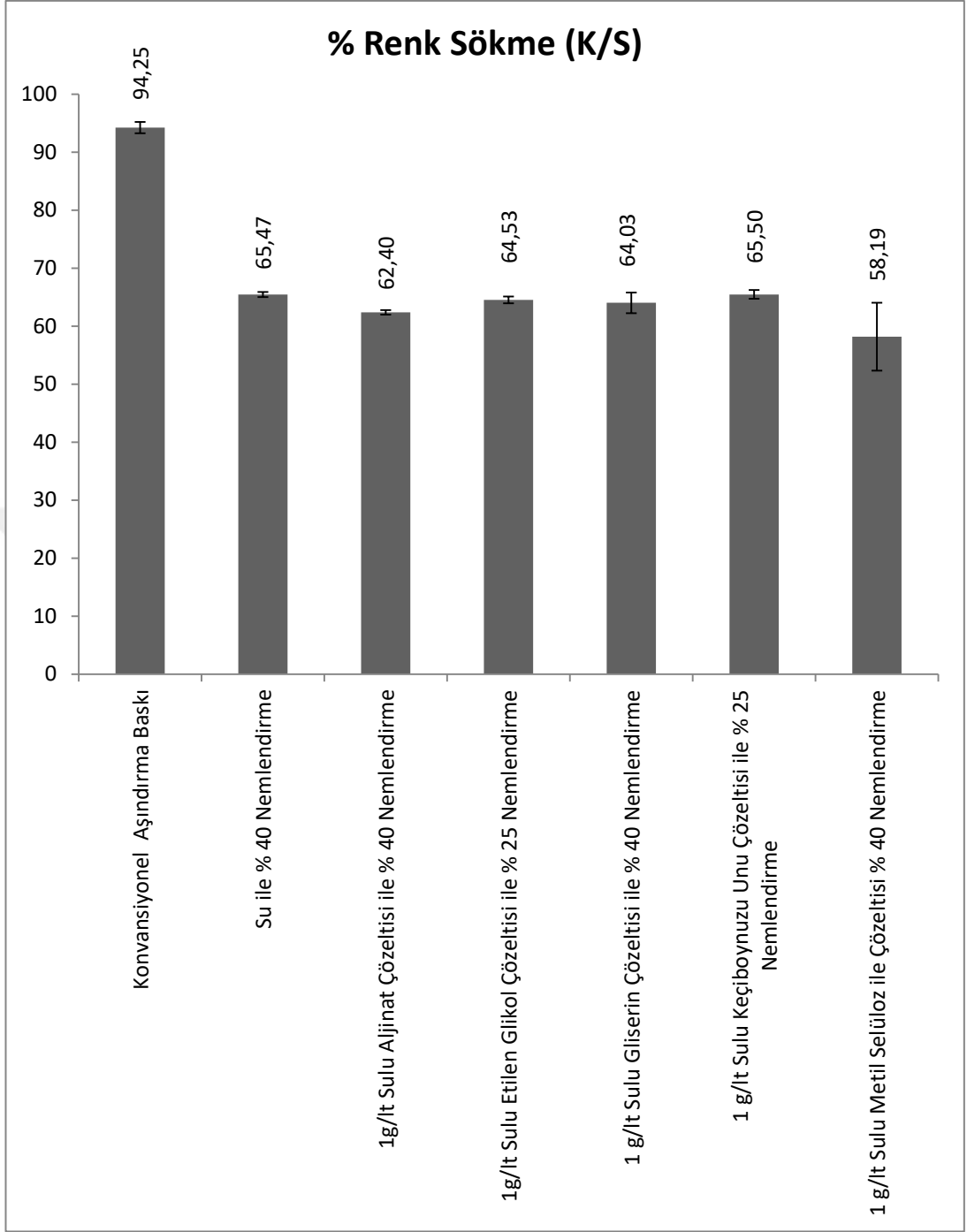
Şekil 4.12. incelendiğinde 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 25 oranında nemlendirilmiş numunelerin renk farkı değerlerinin diğer numunelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. 1 g/l sulu keçiyoynuzu unu çözeltisinin % renk sökme değerlerinin standart sapmasının yüksek olmasından dolayı yüksek çıktığı elde edilen renk farkı değerleri ile de desteklenmiştir.

#### **4.8.3. CI Reactive Red 223 için % renk sökme değişimleri**

10 l/dk. ozon gaz akış oranı ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 10.'da, sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.13.'de verilmiştir.



**Şekil 4.12.** CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri



**Şekil 4.13.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değişimleri

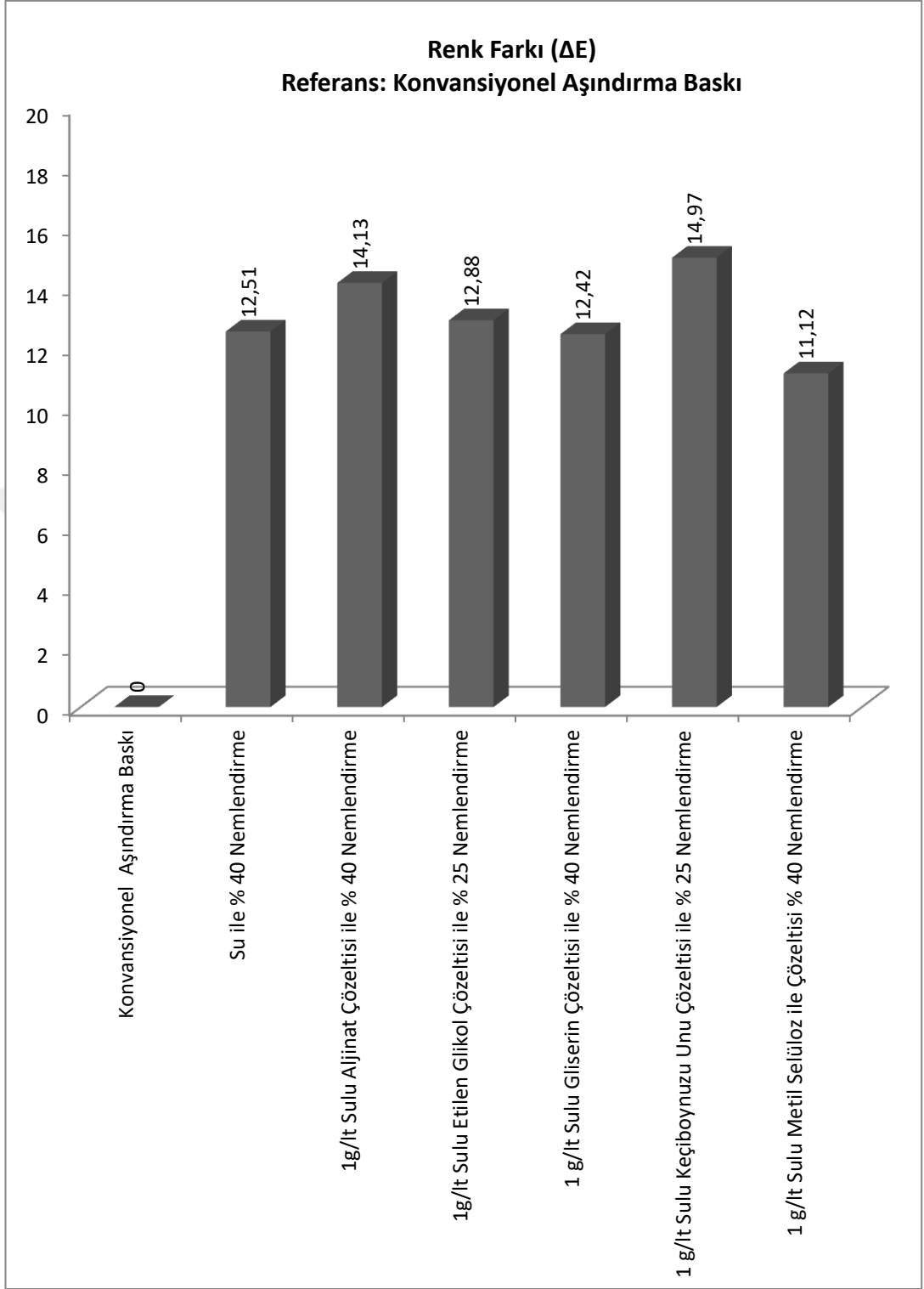
Şekil 4.13. incelendiğinde, 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 40 oranından nemlendirilmiş numunenin % renk sökme değeri diğer numunelere göre daha düşük olması, numuneye ait standart sapma değerlerinin diğer numunelere göre çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



#### 4.8.4. CI Reactive Red 223 için renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri

10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerlerine ait sonuçlar EK 11.'de sonuçlara ait grafik ise Şekil 4.14.'de verilmiştir.

Şekil 4.14. incelendiğinde 1 g/l metil selüloz çözeltisi ile % 40 oranında nemlendirilmiş numunelerin renk farkı değerinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı numunenin % renk sökme değerinin düşük olması standart sapmadan kaynaklı olduğu, 11.12 olan renk farkı değeri ile desteklenmektedir. Su, etilen glikol ve gliserin çözeltileri ile nemlendirilmiş numunelerde ise renk farkı değerlerinin birbirine yakın olduğu, keçiboynuzu unu çözeltisi ile nemlendirilmiş numunelerde renk farkı değerlerinin en yüksek çıktığı görülmektedir. Sonuç olarak  $\Delta E$  değerinin 1 den büyük olmaması gerekmektedir ancak ozon ile aşındırılmış tüm numunelerin  $\Delta E$  değerleri 1'den büyüktür. Ancak görsel değerlendirme anketinde de belirtildiği gibi desenin okunabilirliği ve görüntüsü numuneye seçilme şansı verdiği için renk farkı değerlerindeki bu düşüklüğü başarısızlık olarak yorumlamak doğru bir yorum olmamaktadır.



**Şekil 4.14.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değişimleri

## 5. SONUÇ

“Aşındırma Baskıda Ozon Kullanımı” isimli doktora tez çalışması kapsamında reaktif boyarmaddeler ile boyanmış pamuklu kumaşlara ozon ile aşındırma baskı yapılmıştır. Sonuçlar konvansiyonel yöntem ile aşındırma baskı yapılmış numuneler ile hem istatistiksel olarak hem de grafiksel veriler ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Ozon ile aşındırma baskı numuneleri; 5 l/dk. ve 5 dk., 10 l/dk. ve 10 dk. olmak üzere iki farklı ozon gaz akış oranı ve süresinde, % 60, % 40 ve % 25 olmak üzere üç farklı nemlendirme oranı, su ve 5 farklı kıvamlaştırıcı (aljinat, etilen glikol, gliserin, keçiboynuzu unu ve metil selüloz) kullanılarak 6 çözelti tipi elde edilmiştir. Numunelerin öncelikli olarak % renk sökme ve renk farkı değerleri kıyaslanarak yorumlanmıştır.

5 l/dk. ve 5 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerleri incelendiğinde 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 25 ve 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 25 nemlendirilmiş numunelerin % renk sökme oranlarının diğer numunelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Renk farkı değerlerine bakıldığında ise tüm numunelerin değerlerinin 1'in üstünde olduğu görülmektedir. Renk farkının başarılı sayılabilmesi için 1'in altında kalması beklenmektedir ancak tüm değerler 1'in üzerinde olduklarından değerlendirmede 1'e en yakın değer üzerinden yorum yapılmıştır. % renk sökme değerlerinde olduğu gibi % 25 oranında 1 g/l metil selüloz çözeltisi ile nemlendirilmiş numunenin renk farkı değeri 11.75 ile 1'e en yakın çıkan değerdir. 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ve 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 25 oranında nemlendirilmiş numunelerin renk farkı değerlerinin diğer numunelere göre daha düşük olduğu dolayısı ile referans değere daha yakın oldukları için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi sonunda elde edilen % renk sökme değerleri incelendiğinde ozon gaz akış oranı ve ozonlama süresi arttıkça % renk sökme değerinin arttığı, özellikle % 40 ve % 25 nemlendirme oranlarındaki numunelerin % renk sökme değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 ve % 25 oranlarında nemlendirilmiş numunelerin % renk

sökme değerlerinin, konvansiyonel yöntem ile üretilmiş aşındırma baskılı numunelerin % renk sökme oranlarına çok yakın oldukları görülmüştür. % 40 oranında nemlendirilmiş kumaşlarda % renk sökme değerleri % 60 nemlendirilmiş kumaşlardan daha yüksek, % 25 nemlendirilmiş kumaşlar ile benzer değerler göstermektedir. Kumaşların üzerindeki artan nem miktarı reaksiyona girmek isteyen ozon gazına bariyer özelliği oluşturmakta ve ozon gazının reaksiyona girmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca kumaşın fazla nemlendirilmesi, ozonun kumaştaki kapiler kanallardan ilerlemesine, aşınmanın dağılmasına, belli bir bölgede yoğunlaşmamasına dolayısıyla daha dağınık bir aşındırma efekti oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum Şekil 4.2.'deki numunelere ait fotoğraflar incelendiğinde daha net anlaşılmaktadır. Sonuç olarak; % 60 oranında nemlendirilmiş numunelerdeki desenin % 40 nemlendirilmiş numunelerdeki desenlere göre daha çok dağıldığı bu nedenle % renk sökme değerlerinin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

10 l/dk. ve 10 dk. ozonlanmış numunelerin renk farkı değerlerinin 5 l/dk. ve 5 dk. ozonlanmış numunelere göre daha anlamlı olduğu, % renk sökme değerlerinde olduğu gibi ozon gaz akış oranının ve ozonlama süresindeki artışın renk farkı değerlerini iyileştirdiği görülmektedir. Renk farkı değerlerinde 1'e en yakın sonuçlar 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 ve % 25 oranında nemlendirilmiş numunelerde ulaşılmıştır. 1 g/l keçiyoynuzu unu çözeltisi ile nemlendirilen numuneler haricinde tüm numunelerde % 40 oranında nemlendirmenin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Yapılan istatistiksel veri analizleri de % renk sökme ve renk farkı ölçümleri sonucunda elde edilen verileri desteklemektedir. Uygulanan ozon gaz akış oranı ve süresinin, nemlendirme oranının ve kullanılan kıvamlaştırıcı tipinin tüm numuneler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Numunelere uygulanan yıkama haslığı test sonuçları; hem konvansiyonel aşındırma baskı yapılmış numunelerin hem de ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin haslık değerlerinin çok başarılı olduğu yönündedir. Ancak konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerde çok az bir düşüş söz konusudur. Bu düşüşün; konvansiyonel baskı işlemi sürecindeki 4 adımlı yıkama uygulanmasına rağmen, indirgen madde ile

aşındırılan zemindeki boyarmaddenin kumaştan uzaklaşması için yıkama etkisi ve sayısının yeterli gelmemiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü kullanılan yıkama haslığı testi standardına göre numunelerin yıkama süresi, aşındırma baskı işlemi sonunda yapılabildiğine göre daha uzun ve mekaniktir. Dolayısıyla kumaş aşındırma baskı prosedüründen daha fazla yıkama işlemine maruz kalmış ve varsa mevcut indirgenmiş boyarmaddelerin multifiber bezi kirletmesine sebep olabilmektedir. Ayrıca konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerde daha fazla baskı patı kullanımı ve yardımcı kimyasal kullanımlarının da haslıktaki bu düşüşü desteklemiş olabileceği yapılan yorumlardandır. Yıkama haslığı test sonuçlarında olduğu gibi, sürtme haslığı test sonuçlarının da çok başarılı olduğu görülmektedir. Konvansiyonel baskılı numunelerde görülen düşük değer ihmal edilebilir seviyededir. Sonuçlar açıkça göstermektedir ki ozon ile aşındırma baskı yapılmış numunelerde haslık değerleri çok iyi sonuçlar vermiştir.

10 l/dk. ve 10 dk. ozon gaz akış oranı ve ozonlama sonrası yüksek renk sökme değerlerine sahip olan numunelere kopma mukavemeti ölçümleri yapılmıştır. Ozon ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin mukavemet kayıpları % 6-16 arasında değişmektedir. En az mukavemet kaybı, renk sökme oranlarının da çok düşük olduğu, 1 g/l sulu keçiyoynuzu unu çözeltisi ile nemlendirilmiş numunelerde, en yüksek mukavemet kaybı ise 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile nemlendirilmiş numunelerin yüksek % renk sökme etkisi gösterdiği numunelerde görülmüştür. Ozon uygulamasına bağlı yüksek mukavemet kayıpları, ozonun yüksek derecede kararsız olmasından kaynaklanmaktadır. Ozon gazının bu kararsızlığı ona yüksek bir oksidasyon özelliği kazandırmaktadır.

Konvansiyonel aşındırma baskıya ait toplam KOİ yükü, yöntemin her adımındaki atık yüklerinin toplanarak hesaplanmıştır. Konvansiyonel aşındırma baskı için şablon üzerindeki pat proses sonunda mutlaka temizlenmelidir ve temizlenen pat atıkların bir parçası olarak suya karışmaktadır. Bu şekilde değerlendirildiğinde konvansiyonel aşındırma baskının her aşamasında atık yükü mevcuttur. Ozon ile aşındırma baskıya ait atıklar sadece ozonlanmış numunelerin yıkanması sonrası oluşmaktadır. Bu numunelere ait KOİ değerlerinin çoğu ya çok düşük ya da aralık dışında kalmıştır. KOİ sonuçları

değerlendirildiğinde; ozon ile aşındırma yönteminde konvansiyonel yöntem göre % 95-99 oranında bir düşme olduğu görülmektedir. Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere pek çok endüstri proses atıklarının çevresel yükünü hesaplamak için kullanılan KOİ değerlerini düşürmek için ozonlama metodunu kullanmaktadır. Çünkü tekstil atık suları sadece toksik özellikli oldukları için değil aynı zamanda içerdikleri renkli maddelerin ışığın geçişini engelleyip, mikroorganizmaların ışıktan yararlanmalarını izin vermedikleri içinde zararlı sayılmaktadırlar. Bu durum ekosistem için birçok problem oluşturmaktadır. Ozonlama ile organik malzemeler oksidize edilmektedir.

Kontur netliğinin, aşındırma baskılı ürünün seçiminde tek perspektif olmadığı göz önüne alınarak, insanların beğenilerini belirlemek için bir görsel değerlendirme çalışması yapılmıştır. Ozon ile oluşturulan desenlerin kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskılı numunelerdeki kadar net olmasa dahi, oldukça iyi bir görüntüye ulaştığı görülmektedir. En çok tercih edilen numuneler konvansiyonel aşındırma baskılı ve 1 g/l sulu etilen glikol çözeltisi ile % 40 oranında nemlendirilmiş, 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlanarak elde edilmiş numunelerdir. Her iki numunenin de tercih edilme oranı % 18'dir. Yüksek tercih edilme oranı bakımından ikinci sırada 1 g/l sulu metil selüloz çözeltisi ile % 40 oranında nemlendirilmiş, 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlanarak elde edilmiş numunelerdir. Sonuçlar incelendiğinde; konvansiyonel aşındırma baskılı numune % 18 oranında, ozon ile yapılan aşındırma baskılı numuneler ise % 82 oranında seçildiği ve ozonlamanın başarılı olduğu görülmektedir. Anket yapılan kişiler tercihlerinde; numunelerin görüntü netliğine ve okunabilirliğine dikkat ettiklerini belirtmişlerdir. Kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskıdaki kadar belirgin olmayan ozonlu numunelerin seçilmesinde ise; son zamanlarda tekstil ürünlerinde (Jean vb) çok sık gördüğümüz eskitme efektli tasarım görüntüsünün etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ülkemiz nüfusunun % 32'sinin 17-35 yaşındaki gençlerden oluştuğu dikkate alındığında ve en fazla tekstil ve hazır giyim tüketiminin yine bu yaş aralığındaki kişiler tarafından gerçekleştirildiği bilindiğinden bu sonuçlar daha fazla anlam taşımaktadır. Anket sonuçlarından görülebileceği gibi ozon ile yapılan aşındırmada kontur netliği konvansiyonel aşındırma baskıdaki kadar net olmamasına rağmen tercih sebebi olabilmektedir. Genç ve eğitilmiş tüketicilerin hazır giyim ürünlerini talep ederlerken

tasarıma, kaliteye ve çevresel unsurlara diğer unsurlardan daha fazla önem verdikleri yapılan çalışmalardan ve tez kapsamındaki anket sonuçlarımızda da görülmektedir.

CI Reactive Blue 221 (mavi), CI Reactive Yellow 145 (sarı) ve CI Reactive Red 223 (kırmızı) ile boyanan kumaşlar üzerinde ozon ile aşındırma baskıda ulaşılmış en iyi sonuçlara ait fotoğraflar incelendiğinde; Uludağ Üniversitesi deseni tüm numunelerde okunabilmesine rağmen mavi kumaşlar üzerinde daha iyi gözükmektedir. Başlangıçta mavi rengin daha koyu olması nedeniyle gözün bu şekilde algıladığı şeklinde bir değerlendirme yapılmış olsa dahi, mavi renkli numunelere göre sarı ve kırmızı renkli numunelerde renk sökme oranının % 10 daha az olduğu görülmektedir. Bu sonucun kullanılan boyarmaddelerin kimyasal yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Mavi boyarmadde (CI Reactive Blue 221) formazan kromofor grubuna sahip bir boyarmadde iken, sarı (CI Reactive Yellow 145) ve kırmızı (CI Reactive Red 223) azo kromofor gruplu boyarmaddelerdir. Kromofor gruplarının ozon uygulamasına karşı davranışları benzer olsa dahi, formazan grupların azo gruplara nazaran dekolorizasyon (renksizleştirme) oranlarının daha yüksek olduğu literatürde rapor edilmiştir.

Sonuçları özetlemek gerekir ise; ozon ile yapılan aşındırma baskılı numunelerin % renk sökme ve renk farkı değerlerinin konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ile elde edilen numunelere göre değerlendirildiğinde, istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Yüksek haslık değerleri, ilmal edilebilir seviyede mukavemet kaybına ve gösterdiği daha düşük çevresel etki ile kontur netliğine ihtiyaç duyulmayan desenler için temiz üretime katkıda bulunabileceği açıktır. Literatür araştırması sonunda ozon gazının tekstilde kullanım alanlarına dair pek çok çalışma görülmüş ancak hiçbir kaynakta ozon gazı ile desen oluşturma konusu ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle yapılan tez çalışması bu konuda özgün olma niteliği taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1995a.** APHA Standard Methods 5220 D: Closed Reflux, Colourimetric Method, 19th Edn (Washington, DC: American Public Health Association, 1995).
- Anonim, 1995b.** APHA Standard Methods 2350 E, 19th Edn (Washington, DC: American Public Health Association, 1995).
- Anonim, 1999.** ISO 13934-1:1999 Textiles: Tensile properties of fabrics. Part 1:Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method (Geneva: ISO, 1999).
- Anonim, 2001.** ISO 105-X12:2001 Textiles: Tests for colour fastness. Part X12:Colour fastness to rubbing(Geneva: ISO, 2001).
- Anonim, 2010.** ISO 105 C06:2010 Textiles — Tests for colour fastness — Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering ‘Determination of colour fastness to washing’.
- Anonim, 2013.** <http://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=496>-(Erişim tarihi: 25.03.2017)
- Anonim, 2015a.** Tekstil baskısında geçmiş ve gelecek, <http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/tekstil-baskisinda-gecmis-ve-gelecek/>-(Erişim tarihi: 05.12.2016)
- Anonim, 2015b.** Aşındırma Baskı Yöntemi. [http://digi-mania.net/mimaki\\_GP\\_1810/mimaki\\_%20gp\\_detayli\\_bilgi.html](http://digi-mania.net/mimaki_GP_1810/mimaki_%20gp_detayli_bilgi.html)-(Erişim tarihi:26.12.2015)
- Anonim, 2016a.** Patent Araştırma. <http://online.turkpatent.gov.tr/EPATENT/servlet/PreSearchRequestManager>-(Erişim tarihi: 22.08.2016)
- Anonim, 2016b.** [www.google.com/patents](http://www.google.com/patents)-(Erişim tarihi: 22.08.2016)
- Anonim, 2017a.** BLOCK PRINT TEXTILES: 15 GREAT SOURCES, <http://meghancarter.com/420-blockprint-bedding-linens-and-fabric-10-great-sources/>-(Erişim tarihi:25.09.2017)
- Anonim, 2017b.** Thornback & Peel, London, <https://www.we-heart.com/2013/04/11/thornback-peel-london/>-(25.09.2017)
- Anonim, 2017c.** [aves.erciyes.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=2&USER=2153](http://aves.erciyes.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=2&USER=2153)-(Erişim tarihi:02.02.2017)
- Anonim, 2017d.** Why is ethylene glycol polar?. <https://socratic.org/questions/why-is-ethylene-glycol-polar>-(Erişim tarihi:17.09.2017)
- Anonim, 2017e,** What is glycerin?. <http://www.nutrientsreview.com/carbs/edible-glycerin.html>-(Erişim tarihi: 17.09.2017)
- Anonim, 2017f.** <https://www.unionink.com/screenprinting-inks/>-(Erişim tarihi: 19.09.2017)
- Anonim, 2017f.** Methyl Cellulose. <https://www.mpbio.com/product.php?pid=02155496&country=215>-(Erişim 18.09.2017)
- Anonim, 2017.** Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>-(Erişim tarihi:20.01.2017)
- Anonim, 2017g.** <http://www.thread-press.com/get-samples/>-(Erişim tarihi: 11.07.2017)
- Anonim, 2017h.** Zip Hoodie. [http://www.allposters.com/-sp/Zip-Hoodie-Discharge-Hear-Nothing-Front-Back-Posters\\_i13666635\\_.htm?UPI=F84X8R0](http://www.allposters.com/-sp/Zip-Hoodie-Discharge-Hear-Nothing-Front-Back-Posters_i13666635_.htm?UPI=F84X8R0)-(Erişim tarihi: 19.09.2017)
- Anonim, 2017ı.** About Ozone. <http://www.ozonetech.com/about-ozone>-(Erişim tarihi: 01.06.2017)



- Anonim, 2017i.** Ozon ve UV Radyasyon. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/brosurler/ozon.pdf>-(Erişim tarihi: 16.09.2017)
- Anonim, 2017j.** Ozon Nedir? <http://www.airozon.com/ozon-o3/ozon-nedir.htm>-(Erişim tarihi: 16.09.2017)
- Anonim, 2017k.** About Ozone Bleach. <http://www.ozone-bleach.com/en/index.htm>-(Erişim 18.09.2017)
- Anonim, 2017l.** Ozone Information. <http://www.ozoneapplications.com/ozoneinfo.htm>-(Erişim 15.07.2017)
- Anonim, 2017m.** Ozone Info. <http://www.oxidationtech.com/ozone.html> (Erişim tarihi:18.09.2017)
- Anonim, 2017n.** <http://www.tubaterim.gov.tr>-(Erişim tarihi:20.06.2017)
- Anonim, 2017o.** <http://www.dewelli.com.tr> (Erişim tarihi: 19.09.2017)
- Anonim, 2017ö.** <http://ozonteknoloji.com/index.php/nerelerde-kullanilir/> (Erişim tarihi: 19.09.2017)
- Anonim, 2017p.** Ozon Gazı Uygulama Alanları, <http://www.yeojen.com/ozon-gazi-uygulamalari.html>-(Erişim tarihi: 25.09.2017)
- Anonim, 2017r.** Starches. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Organic/carb.html>-(Erişim tarihi:14.09.2017)
- Anonim, 2017s.** TR Dizin, <http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?cwid=3&vtadi=TPRJ>-(Erişim tarihi: 06.01.2017)
- Alaton, I.A., Kornmüller, A., Jekel, M.R., 2002.** Ozonation of Spent Reactive Dye-Baths: Effects Of  $\text{HCO}_3^{-2}/\text{CO}_3^{-2}$  Alkalinity. *Journal Of Environmental Engineering*, 128(8): 689-696.
- Altuntop, N. 2005.** Güneş enerjisi tesisatlarında antifriz olarak etilen ve propilen glikol kullanımının incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 86: 31-38.
- Anış, P. ve Eren, H.A. 1998.** Boyahane Atık Sularından Rengin Uzaklaştırılmasında Uygun Teknolojilerin Gözden Geçirilmesi. *Tekstil Terbiye & Teknik*, 3(31): 74-79.
- Arooj, F., Ahmad, N., Chaudhry, M. N. 2015.** A Pilot-Scale Application of Ozone to Bleach Raw Cotton Fabric Using Various Additives. *Ozone: Science & Engineering*, 37(3): 203-215.
- Arslan, I., Balcioglu, I. A. 2000.** Effect of common reactive dye auxiliaries on the ozonation of dyehouse effluents containing vinylsulphone and aminochlorotriazine dyes. *Desalination*, 130(1): 61-71.
- Arslan, G. 2011.** Gıda katkı maddeleri ve yeni yapılan dioksimlerin gıda katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi. <http://acikerisim.selcuk.edu.tr> (Erişim tarihi 20.08.2017)
- Aspland, J. R. 1993.** Chapter 13-Dyeing Blends-Polyester Cellulose. *Textile Chemist and Colorist*, 25(8): 21-26.
- Atav, R., Yurdakul, A. 2011.** Effect of the ozonation process on the dyeability of mohair fibres. *Coloration Technology*, 127(3), 159-166.
- Atilgan, T. 2003.** Ege Üniversitesi Öğrencilerinin Tekstil Ürünlerinin Markaları Hakkındaki Görüşleri Üzerine Bir Araştırma. *Ege Academic Review*, 3(1): 90-118.
- Avinc, O., Eren, H. A., Uysal, P., & Wilding, M. 2012.** The effects of ozone treatment on soybean fibers. *Ozone: Science & Engineering*, 34(3), 143-150.
- Avşar, Y., Batıbay, A., 2010.** Ozone application as an alternative method to chemical treatment technique for textile wastewater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(12): 2788-2794.

- Babu, B. R., Parande, A. K., Raghu, S., Kumar, T. P. 2007.** Textile technology-an overview of wastes produced during cotton textile processing and effluent treatment methods. *Journal of Cotton Sciences*, 11:110.
- Bahtiyari, M. İ., Benli, H. 2016.** Ozone bleaching of cotton fabrics with the aid of ultrasonic humidifier. *Cellulose*, 23(4): 2715-2725.
- Balci, N., Ömeroğullari, Z., Kut D., Eren, H. A. 2015.** Effects of plasma and ozone treatments on tensile and whiteness properties of 100% silk. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 20(2): 43-56.
- Barredo-Damas, S., Iborra-Clar, M. I., Bes-Pia, A., Alcaina-Miranda, M. I., Mendoza-Roca, J. A., & Iborra-Clar, A. 2005.** Study of preozonation influence on the physical-chemical treatment of textile wastewater. *Desalination*, 182(1-3): 267-274.
- Benli, H., & Bahtiyari, M. İ. 2015.** Combination of ozone and ultrasound in pretreatment of cotton fabrics prior to natural dyeing. *Journal of Cleaner Production*, 89: 116-124.
- 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.
- Broadbent, A.D.,2001.** "Basic principles of textile coloration." 332-357p.
- Coşkun Üstündağ, G., Karaca, E. 2009.** Poli (vinil alkol)/sodyum alginat karışımlarından elektro çekim yöntemi ile elde edilen nanolifli yüzeylerin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(1):159-172.
- Ciardelli, G., Ranieri, N. 2001.** The Treatment and Reuse of Wastewater in The Textile Industry by Means of Ozonation And Electroflocculation. *Water Research.*, 35(2): 567-572
- Clarke, W. 2013.** An Introduction to Textile Printing. London, England, 296 p.
- Clifford, B., Ferguson, J. 1994.** Discharge, resist and special styles: Textile Printing Ed: Miles, C., Leslie, W. C. West Yorkshire, England, 196-217p.
- Cooper, P. 1993.** Removing Colour From Dyehouse Waste Waters – A Critical Review of Technology Available, *JSDC*, 109(3): 97-100
- Çoban, S. 1999.** Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, İzmir, Türkiye, 68 s.
- Dale, S., 2013.** Discharge Printing. *Wearables*, p. 26-27(www.wearablesmag.com-(Erişim Tarihi 24.08.2015)
- Dawson, T. L., Hawkyard, C. J. 2000.** A new millennium of textile printing. *Coloration Technology*, 30(1): 7-20
- Dereli, S. 2006.** Ozon, UV, Ultrason Teknolojileri ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye İşlemlerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Y.Lisans Taz., EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Devaraju, S., & Selvakumar, N. 2012.** Effect of Ozone Treatment on the Dyeing Properties of Mulberry and Tassar Silk Fabrics. *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*, 7(3):p 22-27
- Dufficy, M. K., Khan, S. A., Fedkiw, P. S. 2015.** Galactomannan binding agents for silicon anodes in Li-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(22):12023-12030.
- Duran, K., Bahtiyar. M.İ., K. Ekmekçi, A., Perinçek. S.,Özdemir. D. 2006.** Ozonun Tekstilde Kullanım Olanakları. *E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 4:258-261s.
- El-Thalouth, I. A., Kantouch, F., Nassar, S. H., El-Hennawi, H. M., Youssef, M. A. 2008.** Ecofriendly discharge printing on cotton fabrics using laccase enzyme. *Indian J Fibre Text Res*,3(33): 52-57.

- Eren, H. A., Aniş, P. 2006.** Tekstil Boyama Atıksularının Ozonlama ile Renk Giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1):83-91s.
- Eren, H. A. 2006.** Afterclearing by ozonation: a novel approach for disperse dyeing of polyester. *Coloration technology*, 122(6): 329-333.
- Eren, H. A. 2007.** Simultaneous afterclearing and decolorisation by ozonation after disperse dyeing of polyester. *Coloration Technology*, 123(4):224-229.;
- Eren, H.A., Anis, P. 2007.** Ozone Application Studies In Textile Finishing. 6<sup>th</sup> International Conference TEXSCI, Poster presentation, June 5-7 Liberec, Czech Republic.
- Eren, H.A., Aniş, P., Günay, A.B., 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, Pamukkale Üni-BUTAL, Denizli
- Eren, H.A., Aniş, P. 2009.** Surface Trimer Removal Of Polyester Fibres By Ozone Treatment, *Textile Research Journal*, 79(7), 652-656.
- Eren, H. A., Ozturk, D., Eren, S. 2012.** Afterclearing of disperse dyed polyester with gaseous ozone. *Coloration Technology*, 128(2):75-81.
- Eren, H. A., Avinc, O., Erişmiş, B., & Eren, S. 2014.** Ultrasound-assisted ozone bleaching of cotton. *Cellulose*, 21(6), 4643-4658.
- Eren, S., Gümüş, B., & Eren, H. A. 2016.** Colour stripping of reactive-dyed cotton by ozone treatment. *Coloration Technology*, 132(6), 466-471.
- Eren, S., Yiğit, İ., 2017.** Ozone Bleaching Of Woven Cotton Fabric. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Doi: 10.5505/pajes.2017.82231 (Yayın No: 3576116)
- Eryuruk, S. H. 2012.** Greening of the textile and clothing industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (6A (95)): 22-27.
- Gnoni, M. G., & Elia, V. 2013.** An environmental sustainability analysis in the printing sector. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(3), 188-197.
- Gontek, J., Montes, I., Nadolski, A., Wojcik, K., Seoanez, C., Öztürk, A.E., Yılmaz, K., Aktaş, I., Demir, M., Tok, E., Savaş, Ş., Gülay, Ö., Gürpınar, Ö., Başarısoy, P., 2012.** Tekstil Sanayi için MET Kılavuzu., TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Grande, G.A., Rovero, G., Sicardi,S., Giansetti, M. 2017.** Degradation of residual dyes in textile wastewater by ozone: Comparison between mixed and bubble column reactors. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 95(2): 297-306.
- Gundogan, S., Eren, H. A. 2014.** Practical realisation of ozone clearing after disperse dyeing of polyester. *Coloration Technology*, 130(5): 357-362.
- Gutowska, A., Kaluźna-Czaplińska, J., Józ, W. K. 2007.** Degradation mechanism of Reactive Orange 113 dye by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup> and ozone in aqueous solution. *Dyes and Pigments*, 74(1): 41-46.
- Güneş, Y., Atav, R., Namırtı, O. 2012.** Effectiveness of ozone in decolorization of reactive dye effluents depending on the dye chromophore. *Textile Research Journal*, 82(10): 994-1000.
- Husain, I., Husain, J., Arif, M. 2013.** Environmental impact of dyeing and printing industry of Sanganer, Rajasthan (India). *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 37(3): 272-285.
- Iglesias, S.C. 2002.** Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2,4-Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Ozone, Universität de Barcelona, Barcelona. November 2002, pp37-39.

- 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. 2012.** Baskı Teknolojisi. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Bursa.
- Kanık, M., 2015.** "Dijital (İnk Jet) ve Rotasyon Baskıda Yenilikler Eğitim Kitapçığı" Butekom Akademi Tekstilde Özel Konular, Bursa, Türkiye, 7: 5-6.
- Kant, R. 2012.** Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural science*, 4(1): 22-26.
- Karthikeyan, K., Dhurai, B. 2011.** New method of discharge printing on cotton fabrics using horseradish peroxidase. *AUTEX Res J*, 11(2): 61-65.
- Ketenci, F., Özcan, A., Bozkur, Ş., Bozkur B., 2013.** "Yarn and Carpet Printing" <https://www.slideshare.net/aybalaozcan/yarn-and-carpet-printing> (Erişim tarihi: 09.09.2017)
- Khuntia, S., Majumder, S. K., Ghosh, P. 2015.** A pilot plant study of the degradation of Brilliant Green dye using ozone microbubbles: mechanism and kinetics of reaction. *Environmental technology*, 36(3): 336-347.
- Koch, M., Yediler, A., Lienert, D. 2002.** Ozonation Of Hydrolysed Azo Reactive Yellow 84. *Chemosphere*, 46(1): 109-113.
- Konsowa, A.H., 2003.** Decolorisation of Wastewater Containing Direct Dye by Ozonation in a Batch Bubble Column Reacto. *Desalination* 158(1): 233- 240
- Kozak, M. 2010.** Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması. *Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1): 62-70
- Kumar, M., Kumar, N. 2004.** Studies on The Effect Of Inorganic Salts on Decolouration of Acid Dye Effluents by Ozonation. *Dyes And Pigments*, 62(3): 221-228.
- Küni, G. 2009.** Reaktif Kırmızı 195 Azo Boyarmaddesinin İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Parçalanması. *Y. Lisans T.*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Adana.
- Lacasse, K., Baumann, W. 2004.** Textile Chemicals: Environmental data and facts. Springer Science & Business Media, Heidelberg, New York, 1180p.
- Lakshmanan, A. 2014.** Finishing of Angora Rabbit Fibers. *American Journal of Materials Engineering and Technology*, 2(2): 20-25.
- Lin, C. C., Liu, W. T. 2003.** Ozone oxidation in a rotating packed bed. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 78(2-3): 138-141.
- Morali, E. K., Uzal, N., Yetis, U. 2016.** Ozonation pre and post-treatment of denim textile mill effluents: effect of cleaner production measures. *Journal of Cleaner Production*, 137: 1-9.
- Mukherjee, A., Mukherjee, A. 2015.** Discharge Printing with Natural Dyes. *International Education & Research Journal [IERJ]*, 1(2): 18-19
- 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(1): 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(2): 101-108.

- O'Neill, C., Hawkes, F.R., Hawkes, D.L. 1999.** Colour In Textile Effluents-Sources, Measurement, Discharge Consents And Simulation: A Review, *Journal Of Chemical Technology And Biotechnology*. 74: 1009-1018.
- Ö. Küçükçapraz, D., Üçgül, İ., Elibüyük, U. 2016.** Alginatlar ve Tekstil Uygulamaları. *Anka E-Dergi: Teknik ve Sosyal Bilimler* 1(1): 8-16.
- Öztürk, D., Eren, H. A. 2010.** Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 15(2): 35-52.
- Panda, K. K., Mathews, A. P. 2014.** Ozone oxidation kinetics of Reactive Blue 19 anthraquinone dye in a tubular in situ ozone generator and reactor: Modeling and sensitivity analyses. *Chemical Engineering Journal*, 255: 553-567.
- Perincek, S. D. 2006.** Ozon, UV, Ultrason Teknolojileri ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye İşlemlerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması. *Y. Lisans T.*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Perincek, S. D., Duran, K., Korlu, A. E., Bahtiyari, İ. M. 2007.** An investigation in the use of ozone gas in the bleaching of cotton fabrics. *Ozone: Science and Engineering*, 29(5): 325-333.
- Perincek, S., Bahtiyari, I., Korlu, A., Duran, K. 2009.** New techniques in cotton finishing. *Textile Research Journal*, 79(2): 121-128.
- Perincek, S., Bahtiyari, M. İ., Körlü, A. E., Duran, K. 2011.** Effect of ozone and ultrasound on the fiber properties of angora rabbit. *Journal of Applied Polymer Science*, 120(6): 3119-3125.
- Perincek, S., Duran, K., & Korlu, A. E. 2013.** Combination of Ozonation and Hydrogen Peroxide Bleaching for Linen Fabrics: Optimization of the Process Using Experimental Design Technique. *Ozone: Science & Engineering*, 35(4): 316-327.
- Perincek, S., Duran, K., & Korlu, A. E. 2015.** The Bleaching of Soybean Fabric by Different Treatments Combined with Ozonation. *Ozone: Science & Engineering*, 37(3): 195-202.
- Perincek, S. 2016.** Ozonation: A New Patterning Method For Optical Bleached Fabrics. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(1): 76-83.
- Piccoli, H. H., Ulson de Souza, A. A., Ulson de Souza, S. M. A. G. 2015.** Bleaching of knitted cotton fabric applying ozone. *Ozone: Science & Engineering*, 37(2): 170-177.
- Prabaharan, M., Nayar, R. C., Kumar, N. S., Rao, J. V. 2000.** A study on the advanced oxidation of a cotton fabric by ozone. *Coloration Technology*, 116(3): 83-86.
- Prabaharan, M., Rao, J. V. 2003.** Combined desizing, scouring and bleaching of cotton using ozone. *Indian Journal Of Fibre And Textile Research*, 28(4): 437-443.
- Qi, L., Wang, X., Xu, Q. 2011.** Coupling of biological methods with membrane filtration using ozone as pre-treatment for water reuse. *Desalination*, 270(1): 264-268.
- Ragheb, A.A., Haggag, K., El-Thalouth, I. A., Rekaby, M.T. 2013.** Bio-discharge Printing on Cotton Knitted Fabrics Using Enzyme and Brewers Yeast. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(1): 205-225
- Rao, J. V. 2001.** Study on ozone bleaching of cotton fabric-process optimisation, dyeing and finishing properties" *Coloration Technology*, 117(2): 98-103.
- Rabe, M., Mahltig, B., Eicken, U., Schrick, J. 2012.** ITMA 2011, Green, green, green are all of my...", Melliland International, 38-42
- Sando, Y., Nakano, E., Ishidosiro, H. and Sando, K. 1995.** Method and apparatus for the pretreatment of a cloth, US Patent 5407446.
- Sayar, R. 1991.** Aşındırma ve Rezerve Baskı. *Tekstil ve Mühendis*, 5(27)

- Saunders, F. M., Gould, J. P., Southerland, C. R. 1983.** The effect of solute competition on ozonolysis of industrial dyes. *Water Research*, 17(10): 1407-1419.
- 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.Technolog. Biotechnol*,77(7): 842-850.
- Shaikh, I. A., Ahmed, F., Sahito, A. R., Pathan, A. A. 2014.** In-situ Decolorization of Residual Dye Effluent in Textile Jet Dyeing Machine by Ozone. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 15(2): 6.
- Shang S.M. 2012.** Process control in printing of textiles: Process control in textile manufacturing. Ed: Majumdar, A., Alagirusamy, Das, A., R., Kothari, V. K., Woodhead, New Delhi, India, pp: 345-348.
- Shore, J. 1998.** Blends Dyeing, Society Of Dyers And Colourists Publication, Manchester- UK,
- Slater, K. 2003.** Environmental impact of textiles: production, processes and protection (Vol. 27). Woodhead Publishing.
- Slokar, Y. M., & Le Marechal, A. M. 1998.** Methods of decoloration of textile wastewaters. *Dyes and pigments*, 37(4): 335-356.
- Somensı, C.A., Simionatto, L.E., Bertoli, L. S., Wisniewsk, A., Redetski M.C. 2010.** Use of ozone in a pilot-scale plant for textile wastewater pre-treatment: Physico-chemical efficiency, degradation by-products identification and environmental toxicity of treated wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, 175(1-3): 235–240.
- Strickland, A.F., Perkins, W.S.1995.** Decolorization Of Continious Dyeing Wastewater by Ozonation. *Textile Chemist and Colorist*, 27(5):11-15.
- Tarakçıoğlu, I. 2000.** Tekstil Terbiyesinde Aplikasyon Yöntem ve Makinaları, İzmir. Türkiye 102s.
- Turhan, K., Durukan, I., Ozturkcan, S. A., & Turgut, Z. 2012.** Decolorization of textile basic dye in aqueous solution by ozone. *Dyes and Pigments*, 92(3): 897-901.
- Uzun, S. 2011.** Su kalitesinin iyileştirilmesinde ozon kullanımı ve kimyasal etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*,68(2):105–113s.
- Vandevivere, P.C., Bianchi, R., Verstreate, W. 1998.** Treatment and Reuse of Wastewater From The Textile Wet Processing Industry: Review Of Emerging Technologies. *Journal Of Chemical Technology And Biotechnology*,72: 289-302.
- Wu, J., Wang, T. 2001.** Ozonation of aqueous azo dye in a semi-batch reactor. *Water Research*, 35(4): 1093-1099.
- Yang, J. S., Xie, Y. J., He, W. 2011.** Research progress on chemical modification of alginate: A review. *Carbohydrate polymers*, 84(1): 33-39.
- Yavaş, A. Ö., Özgüney, A. T., Çay, A., Eser, B. 2011.** A Study On The Process Parameters Of Discharge Printing Of Cotton Fabrics. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(4): 349-355.
- Yıldız, P. O., Yangılar, F. 2014.** Ozon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1): 94-101.
- Yiğit, İ., Eren, S. 2017.** Hasil Sökme Islemine Alternatif Bir Metot; Ozon Uygulamasi. *Uludag University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(1): 139-139.
- Zhou, L., Shan, J., Liu, X., Shao, J. 2015.** Study of the application of modified thiourea dioxide discharge agent in D5 non-aqueous medium. *Coloration Technology*, 131(2):149-156.

## EKLER

**EK 1.** 5 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden alınan değerler ile hesaplanmış % renk sökme oranlarının değerleri

**EK 2.** 5 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden ölçülen renk farkı ( $\Delta E$ ) oranlarının değerleri

**EK 3.** 10 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden alınan değerler ile hesaplanmış % renk sökme oranlarının değerleri

**EK 4.** 10 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden ölçülen renk farkı ( $\Delta E$ ) oranlarının değerleri

**EK 5.** Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin kopma mukavemeti (kN) değerleri

**EK 6.** Konvansiyonel aşındırma baskının tüm aşamalarında ve ozon gazı ile yapılan aşındırma baskılardan sonra alınan atık suların KOİ değerleri

**EK 7.** Görsel değerlendirme anketi sonuçları

**EK 8.** CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değerleri

**EK 9.** CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri

**EK 10.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda % renk sökme değerleri

**EK 11.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri

**EK 1.** 5 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden alınan değerler ile hesaplanmış % renk sökme oranlarının değerleri

	% Renk Sökme				
	1	2	3	Ort.	
<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	81,58	82,97	82,30	82,28	
<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>					
<b>5 l/dk Ozon Akış Oranında 5 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 60	51,86	50,16	49,90	50,64
	Su ile % 40	62,72	59,14	59,54	60,47
	Su ile % 25	49,57	49,18	45,97	48,24
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 60	55,13	54,10	58,29	55,84
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 40	57,11	59,75	59,99	58,95
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 25	58,17	55,98	62,72	58,96
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 60	48,88	49,11	48,68	48,89
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 40	40,62	42,30	40,43	41,12
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 25	64,11	63,58	61,87	63,19
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 60	43,64	43,54	41,34	42,84
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 40	46,84	46,07	50,01	47,64
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 25	43,89	42,22	40,56	42,22
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 60	57,99	55,27	58,08	57,11
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 40	53,47	52,16	51,81	52,48
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 25	56,36	56,54	55,60	56,17
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 60	44,34	46,28	44,73	45,12
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 40	60,21	59,94	62,42	60,86
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 25	68,16	68,31	70,29	68,92



**EK 2.** 5 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 5 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden ölçülen renk farkı ( $\Delta E$ ) oranlarının değerleri

		Renk Farkı ( $\Delta E$ )			
		1	2	3	Ort.
	<i>Referans: Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	0	0	0	0
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
<b>5 l/dk Ozon Akış Oranında 5 dk Ozonlama</b>	Su ile % 60	19,99	20,16	20,52	20,22
	Su ile % 40	15,13	15,32	15,99	15,48
	Su ile % 25	19,98	20,00	20,21	20,07
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 60	17,74	17,59	17,92	17,75
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	15,10	15,30	15,28	15,23
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 25	18,94	17,86	18,52	18,44
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 60	21,79	21,27	21,37	21,48
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 40	23,44	23,68	23,76	23,62
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	13,13	13,12	13,16	13,14
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 60	23,04	22,89	23,11	23,01
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 40	21,22	21,15	21,20	21,19
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 25	23,82	23,48	23,61	23,64
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 60	18,48	16,98	17,32	17,59
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 40	19,06	19,31	19,26	19,21
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 25	18,38	17,86	17,93	18,06
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 60	21,34	21,59	21,48	21,47
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	15,73	15,32	15,31	15,45
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 25	11,83	11,74	11,67	11,75

**EK 3.** 10 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden alınan değerler ile hesaplanmış % renk sökme oranlarının değerleri

	% Renk Sökme				
	1	2	3	Ort.	
<i>Konvansiyonel Beyaz Aşındırma Baskı</i>	81,58	82,97	82,30	82,28	
<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>					
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 60	66,60	67,52	68,03	67,38
	Su ile % 40	74,00	74,12	75,31	74,48
	Su ile % 25	66,18	66,10	66,29	66,19
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 60	65,91	68,74	67,24	67,30
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	76,22	78,00	72,51	75,58
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 25	74,33	75,53	72,96	74,28
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 60	67,21	68,00	66,78	67,33
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 40	78,33	78,02	79,19	78,51
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	80,64	78,32	76,65	78,53
	1 g/lt Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 60	70,44	71,58	69,33	70,43
	1 g/lt Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 40	76,94	77,30	77,15	77,13
	1 g/lt Sulu Gliserin Çözeltisi ile % 25	69,12	69,44	70,11	69,56
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 60	53,47	53,63	51,81	52,97
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 40	57,11	59,74	59,13	58,66
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltisi ile % 25	60,97	59,14	64,57	61,56
	1 g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 60	73,16	70,31	70,90	71,46
	1 g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	75,17	70,69	73,55	73,14
	1 g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 25	72,39	72,59	72,66	72,55

**EK 4.** 10 l/dk. ozon gazı akış oranında ve 10 dk. ozonlama süresi sonunda spektrofotometreden ölçülen renk farkı ( $\Delta E$ ) oranlarının değerleri

	Renk Farkı ( $\Delta E$ )				
	1	2	3	Ort.	
<i>Referans: Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	0	0	0	0	
<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>					
5 l/dk. Ozon Akış Oranında 5 dk. Ozonlama	Su ile % 60	11,57	10,92	11,13	11,21
	Su ile % 40	6,03	5,88	5,90	5,94
	Su ile % 25	12,95	12,49	12,28	12,58
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 60	11,54	11,15	11,18	11,29
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 40	5,18	5,19	5,17	5,18
	1g/lit Sulu Aljinat Çözeltilisi ile % 25	6,48	6,52	6,51	6,50
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 60	11,30	11,29	11,10	11,23
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 40	1,66	1,64	1,64	1,65
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözeltilisi ile % 25	2,95	2,64	2,73	2,78
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 60	9,27	8,62	8,55	8,81
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 40	3,28	2,96	2,89	3,04
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözeltilisi ile % 25	9,43	9,77	9,27	9,49
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 60	19,27	18,19	18,55	18,67
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 40	16,19	14,71	16,87	15,92
	1 g/lit Sulu Keçiboynuzu Unu Çözeltilisi ile % 25	14,84	14,56	15,39	14,93
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 60	8,64	8,47	8,51	8,54
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 40	7,19	6,93	7,07	7,06
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz ile Çözeltilisi % 25	8,01	7,84	7,93	7,93

**EK 5.** Konvansiyonel aşındırma baskı yöntemi ve ozon gazı ile aşındırma baskı yapılmış numunelerin kopma mukavemeti (kN) değerleri

		Maksimum Yük (kN)			
		1	2	3	Ort.
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	0,33	0,31	0,41	0,35
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 40	0,29	0,33	0,29	0,31
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	0,28	0,33	0,28	0,30
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	0,27	0,32	0,29	0,29
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	0,32	0,29	0,27	0,29
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	0,34	0,32	0,33	0,33
	1g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	0,24	0,35	0,30	0,30

**EK 6.** Konvansiyonel aşındırma baskının tüm aşamalarında ve ozon gazı ile yapılan aşındırma baskılardan sonra alınan atık suların KOİ değerleri

	YÖNTEM	KOİ (mg/l)			
		1	2	3	Ort.
<b>Konvansiyonel Aşındırma Baskı Adımları</b>	Soğuk Yıkama Banyosu	231	260	244	245
	Kaynar Sabunlama Banyosu	1489	1796	1944	1743
	Ilık Yıkama Banyosu	203	182	260	215
	Soğuk Yıkama Banyosu	157	127	109	131
	Şablon Yıkama Suyu	1689	1500	1506	1565
	Konvansiyonel Aşındırma Baskı Toplamı	3760	3885	4052	3899
<b>Ozon Uygulama Proseslerinin KOİ Değerleri</b>	Su ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlanması Sonrası Yıkama Banyosu	< 25	< 25	< 25	< 25
	1 g/lit Sulu Aljinat Çözültisi ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlama Sonrası Yıkama Banyosu	< 25	< 25	< 25	< 25
	1g/lit Sulu Etilen Glikol Çözültisi ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlama Sonrası Yıkama Banyosu	171	169	180	174
	1 g/lit Sulu Gliserin Çözültisi ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlama Sonrası Yıkama Banyosu	45	52	44	47
	1 g/lit Sulu Keçi Boynuzu Unu Çözültisi ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlama Sonrası Yıkama Banyosu	< 25	< 25	< 25	< 25
	1 g/lit Sulu Metil Selüloz Çözültisi ile Nemlendirilmiş Numunelerin Ozonlama Sonrası Yıkama Banyosu	71	68	62	67

**EK 7. Görsel değerlendirme anketi sonuçları**

		<b>Seçilme Yüzdesi (%)</b>
	<b><i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i></b>	18
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 40	8,7
	1 g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	1,3
	1 g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	13,3
	1 g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 40	12,7
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	3,3
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	4,7
	1 g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	15,3
<b>5 l/dk. Ozon Akış Oranında 5dk. Ozonlama</b>	1 g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 40	12,7
	1 g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	4,7

**EK 8.** CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. Ozonlama sonunda % renk sökme değerleri

		Renk Sökme (K/S)			
		1	2	3	Ort.
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	93,65	93,62	93,67	93,65
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 40	62,85	64,71	68,84	65,46
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	62,47	62,66	62,28	62,47
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	61,94	61,03	62,84	61,94
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	66,21	65,34	67,85	66,47
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	70,44	73,32	67,09	70,28
	1g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	65,64	66,67	63,99	65,43

**EK 9.** CI Reactive Yellow 145 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. Ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri

		Renk Farkı ( $\Delta E$ )			
		1	2	3	Ort.
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	0	0	0	0
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama	Su ile % 40	15,58	16,10	16,17	15,95
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	16,68	16,45	16,86	16,66
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	15,79	15,70	16,13	15,87
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	18,05	17,32	17,69	17,69
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	17,46	17,27	17,80	17,51
	1g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	18,20	18,19	18,34	18,24



**EK 10.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk. ve 10 dk. Ozonlama sonunda % renk sökme değerleri

		Renk Sökme (K/S)			
		1	2	3	Ort.
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	95,25	94,25	93,26	94,25
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 40	65,93	65,05	65,41	65,46
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	62,55	62,67	61,96	62,39
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	64,03	64,37	65,18	64,53
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	64,62	65,43	62,04	64,03
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	64,62	65,76	66,05	65,48
	1g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	64,03	58,20	52,33	58,19

**EK 11.** CI Reactive Red 223 ile boyanmış kumaşların 10 l/dk.-10 dk. Ozonlama sonunda renk farkı ( $\Delta E$ ) değerleri

		Renk Farkı ( $\Delta E$ )			
		1	2	3	Ort.
	<i>Konvansiyonel Aşındırma Baskı</i>	0	0	0	0
	<i>Numune Nemlendirme Şekli ve Oranı</i>				
<b>10 l/dk. Ozon Akış Oranında 10 dk. Ozonlama</b>	Su ile % 40	12,40	12,82	12,31	12,51
	1g/lt Sulu Aljinat Çözeltisi ile % 40	13,91	14,25	14,23	14,13
	1g/lt Sulu Etilen Glikol Çözeltisi ile % 25	12,88	12,79	12,98	12,88
	1 g/lt Sulu Gliserin ile Çözeltisi % 40	12,40	12,14	12,72	12,42
	1 g/lt Sulu Keçiboynuzu Unu ile Çözeltisi % 25	15,16	14,64	15,10	14,97
	1g/lt Sulu Metil Selüloz ile Çözeltisi % 40	11,42	10,71	11,22	11,12

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İdil YETİŞİR YİĞİT  
Doğum Yeri ve Tarihi : Erzurum/24.05.1984  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise : Erzurum Anadolu Lisesi (1995-2002)

Lisans : Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı (2002-2006)

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı (2008-2010)

Doktora : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı (2010-2017)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Taha Giyim San. Ve Tic. A.Ş. (LCW) (2006-2008)  
Biesseci Tekstil San. Ve Tic. A.Ş. (2010)  
İstanbul Kavram Meslek Yüksekokulu (2013-.....)

İletişim (e-posta) : idilyetisir@yahoo.com, idil.yigit@kavram.edu.tr

Yayınları

*Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan / Yayımlanmaya Kabul Edilen Makaleler:*

**Yiğit,İ., Eren,S., Eren H.E., 2017,** Ozone Utilisation for Discharge Printing For Reactive Dyed Cotton. Coloration Technology, Doi: 10.1111/cote.12306 (Yayın No: 3576144)

**Eren,S., Yiğit,İ., 2017,** Ozone Bleaching Of Woven Cotton Fabric. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Doi: 10.5505/pajes.2017.82231 (Yayın No: 3576116)

**Yiğit,İ., Eren,S., 2017,** Haşıl Sökme İşlemine Alternatif Bir Metot; Ozon Uygulaması. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 22(1), 139-139., Doi: 10.17482/uumfd.309460 (Yayın No: 3576129)

*Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler:*

**Eren,S., Yiğit,İ., Eren,H.A., 2017,** Decolorisation of Disperse Dark Blue 148 with Ozone, 17th World Textile Conference Autex 2017 (Yayın No:3576179)

**Eren,S., Yiğit,İ., Eren,H.A., 2017,** Hidrojen Peroksit ve Ultraviyole Işık Kullanımıyla C.I. Reactive Red 239 Çözeltisinin Dekolorizasyonu, 16. ULUSLARARASI TEKSTİL TEKNOLOJİSİ VE KİMYASINDAKİ SON GELİŞMELER SEMPOZYUMU (Yayın No:3576190)

**Eren, H.A., Eren,S., Yiğit,İ., 2016,** Ozone Clearing Of Disperse Blue 56 60 And 79 Dyes On Dyed Polyester, 16th World Textile Conference Autex 2016, (Yayın No:2630680)

**Eren,S., Eren, H.A., Yiğit,İ., 2016,** New Generation Discharge Printing Machine Printing By Ozone. Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektörü VIII. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı Zirvesi (Yayın No:2821118)

**Eren, H.A., Eren,S., Yiğit,İ., 2015,** Decolorisation of CI Reactive Red 195 By Ultrasound Assisted Fenton Process. ITU- 5 th International Istanbul Textile Congress (Yayın No:2630647)

**Eren,S., Eren, H.A., Yiğit,İ., 2015,** Rapid Color Removal Of CI Reactive Blue 222 With Ozone and Ultrasonic Homogenizer. 15th World Textile Conference Autex 2015(Yayın No:2630664)

**Yigit,İ., Kavuşturan,Y., 2010.,** Fine And Super Fine Knitted Technical Fabrics Poster Presentation. IV. Technical Textile Sempozyum, DEÜ, 103(Yayın No:877329)

*Yazılan Ulusal/Uluslararası Kitaplardaki Bölümler:*

**Yigit,İ., 2015,** Butekom Akademi Tekstilde Özel Konular Cilt 8 Fonksiyonel İşlemler Eğitim Kitapçığı, Bölüm adı: HİBRİD İPLİKLER, Uludağ İhracatçı Birlikleri / Butekom, Editör:Pascual Javier / FornésFrancesc, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 29, ISBN:978-605-9193-02-3, Türkçe (Araştırma (Tez Hariç) Kitabı), (Yayın No: 2630695)

*Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler/Posterler:*

**Eren,S., Yigit,İ., 2017,** Yenilikçi, Çevreci, Sürdürülebilir Bir Yöntem: Ozon Gazı İle Aşındırma Baskı, Uludağ Üniversitesi V1 Bilgilendirme Ve Ar-Ge Günleri (Yayın No:3576192)

**Eren,H.A., Yigit,İ., 2014,** Yenilikçi Terbiye Yöntemlerinin Pamuk Yün ve Polyester Lifleri Üzerine Etkileri. IV. Bilgilendirme ve AR-GE Günleri- ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ (Yayın No:2630672)

**Yigit,İ., Kavuşturan,Y., 2009,** Süper İnce Örne Kumaşlar. Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 134-140. (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:876498)

**Kavuşturan,Y., Yigit,İ., 2010,** Süper İnce Örne Kumaşların Temiz Odalarda Kullanımı. II. Arge Proje Pazarı, Poster Sunumu, UİB, 157-158.(Yayın No:877102)

***Sertifika***

İş Güvenliği Uzmanlığı, İş Güvenliği Uzmanlığı -C Sınıfı Sertifika, Bursa

