

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TESİS İÇİ GERİ KAZANIM-YENİDEN KULLANIM ALTERNATİFİ SONRASINDA
DENİM YIKAMA ATIKSULARININ İNERT KOİ'SİNİN BELİRLENMESİ**

Rukiye GÜNGÖR

ENSTİTÜ NO : 1088120154

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

TEKİRDAĞ- Ocak 2011

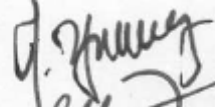
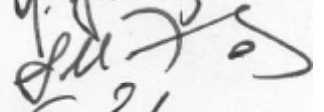
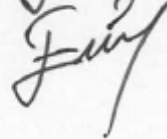
Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE danışmanlığında, Rukiye GÜNGÖR tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Üye : Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO

Üye : Prof. Dr. Emine UBAY ÇOKGÖR

İmza : 
İmza : 
İmza : 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı
kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TESİS İÇİ GERİ KAZANIM-YENİDEN KULLANIM ALTERNATİFİ SONRASINDA DENİM YIKAMA ATIKSULARININ İNERT KOİ'SİNİN BELİRLENMESİ

Rukiye GÜNGÖR

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Tekstil endüstrisi, su tüketiminin yüksek olduğu sanayi kuruluşlarından biri olup, üretimden kaynaklanan atıksu karakteristiği olarak yüksek miktarda kolektif kirletici parametre içermektedir. KOİ parametresi atıksu karakteristiklerinin tanımlanmasında en çok kullanılan kolektif parametre özelliğini taşımasına karşın, biyolojik olarak ayrışamayan ve ortamda kalan kalıcı (inert) kısım başlangıçta ayırt edilememektedir. Dolayısı ile biyolojik arıtma tesislerinin değerlendirilmesinde KOİ'nin bileşenlerinin belirlenmesi yararlıdır. KOİ'nin bileşenlerine ayrılması inert ve biyolojik olarak parçalanabilen KOİ'nin belirlenmesidir. Biyolojik olarak ayrışamayan inert kısım da çözünmüş (S_I) ve partiküler (X_I) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada tekstil endüstrisi kapsamında denim yıkama endüstrisinden kaynaklanan ve tesisin genel atıksu karakteristiğini temsil eden alt prosesler incelenmiştir. Belirlenen rinse yıkama, taş yıkama, lokal yıkama, ağartma yıkama ve tint boyama prosesleri karakterize edilmiştir. Geri kazanım-yeniden kullanım alternatifleri kapsamında yeniden kullanıldığında ürün kalitesini etkilemeyecek atıksu akımları belirlenmiştir. Buna göre, biri toplam akımlar diğeri geri kazanım sonrası kalan akımlar olmak üzere debi orantılı iki adet kompozit numune hazırlanmış ve bu numunelerin inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi deneyleri yapılmıştır. Geri kazanım öncesi ve sonrası atıksu karakteri bazında bir değerlendirme yapıldığında, geri kazanım sonrası toplam ve çözünmüş KOİ değerinin sırasıyla yaklaşık %45 ve %52 oranında arttığı tespit edilmiştir. Deneysel verilere göre, geri kazanımsız kompozit atıksuların çözünmüş inert KOİ (S_I)'si 33 mg/Lt, particulate inert KOİ (X_I)'si 20 mg/Lt, geri kazanımlı kompozit atıksuların çözünmüş inert KOİ (S_I)'si 26 mg/Lt, particulate inert KOİ (X_I)'si 13 mg/L olarak hesaplanmıştır. Deneysel çalışma sonunda aerobik şartlar altında biyolojik giderim verimi %90-93 olmuştur.

Anahtar kelimeler: inert KOİ, biyolojik arıtma, denim endüstrisi, tesis içi atıksu kontrolü

2011, 104 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF INERT COD VALUE OF DENIM WASH WASTEWATER AFTER IN-PLANT RECOVERY-REUSE ALTERNATIVE

Rukiye GÜNGÖR

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Asistant Prof. Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Textile industry is one of the high water-consuming sectors. Textile industry wastewater contains high amounts of collective pollutant parameter. The most widely used parameter to define the characteristics of wastewater COD is the collective property of the parameter. But non-biodegradable inert portion can not be distinguished initially. Therefore, determination the components of COD is helpful for the evaluation of biological treatment plants. The seperation component of COD is the determination of non-biodegradable or inert COD and biodegradable COD. The inert COD is defined in two subgroups as soluble inert COD (S_I) and particulate inert COD (X_I).

In this study, the representing the general character of the wastewater of denim washing facilities within the scope of the textile industry were examined sub-processes. Determined rinse washing, stone washing, local washing, bleaching and tint dyeing processes have been characterized. When re-used within the scope of the recovery-reuse alternatives, wastewater currents will not change the quality of products were determined. Accordingly, flow rate proportional two composite samples as total currents and after recovery remaining currents were prepared and these samples were analyzed to determine the components of inert COD. After recovery, the value of total COD and dissolved COD were increased by respectively 45% and 52%. According to the experimental data, before recovery, the initial inert soluble COD (S_I) and the initial inert particulate COD (X_I) of the composite wastewater have been obtained as 33 mg/l and 20 mg/l, respectively. And after recovery, the initial inert soluble COD (S_I) and the initial inert particulate COD (X_I) of the composite wastewater have been obtained as 26 mg/l and 13 mg/l, respectively. At the end of this experimental study, biological removal efficiency under aerobic conditions has been 90-93%.

Keywords : inert COD, biological treatment, denim industry, in-plant wastewater control

2011, 104 pages

TEŞEKKÜR

Bana sadece tez danışmanı olarak değil her zaman ailemden biri gibi davranan, yüksek lisans eğitimimin her aşamasında yanımda olup, bildiklerini büyük bir sabır, özveri ve şevkle bana aktarmaya çalışan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve mesleki yolumu çizmemde büyük katkıları bulunan çok sevgili danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Günay YILDIZ TÖRE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamda tecrübe ve birikimlerini benimle paylaşan ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Emine UBAY ÇOKGÖR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Farklı bir disiplinden gelip adapte olmaya çalıştığım Çevre Mühendisliği alanında bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan değerli bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO'ya ve tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmam boyunca atıksu numunelerimi temin eden ve ihtiyacım olan tesis içi bilgileri benimle paylaşan denim yıkama endüstrisi çevre ve İSİG mühendisi Sayın Seda YAVUZ'a teşekkürü borç bilirim.

Bana her koşulda inanan ve güvenen, sonsuz sevgi ve desteğiyle her zaman yanımda olan ve hep iyi hissetmemi sağlayan sevgili aileme en içten en samimi duygularıyla teşekkür ederim.

Bu çalışmayı babam Belgin GÜNGÖR'e ithaf ediyorum.

Saygılarımla.

Rukiye GÜNGÖR

Ocak, 2011

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
C _{S0}	: Başlangıçtaki biyolojik olarak ayrışabilen organik madde konsantrasyonu, (mg KOİ/l)
C _{T0}	: Başlangıçtaki toplam organik madde konsantrasyonu, (mg KOİ/l)
C _{T1}	: Ham atıksu reaktörünün sonunda kalan toplam KOİ, (mg/l)
C _{T2}	: Süzülmüş atıksu reaktörünün sonunda kalan toplam KOİ, (mg KOİ/l)
f _{ES}	: Çözünmüş inert biyokütle fraksiyonu
f _{EX}	: Partiküler inert biyokütle fraksiyonu
f _{SS}	: Giriş KOİ'sinin kolay ayrışabilen kısmı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
S _A	: Fermantasyon ürünleri
S _F	: Fermente olabilir kolay ayrışan KOİ
S _{H0}	: Hızlı hidrolize olabilen KOİ (mg KOİ/l)
S _G	: Glikoz reaktörünün sonunda kalan çözünmüş KOİ, (mg KOİ/l)
S _I	: Çözünmüş inert KOİ, (mg KOİ/l)
SMP	: Çözünmüş mikrobiyal ürünler
S _P	: Çözünmüş inert mikrobiyal ürün konsantrasyonu, (mg KOİ/l)
S _R	: Çıkış akımında süzülmüş artık KOİ, (mg KOİ/l)
S _{S0}	: Kolay ayrışabilir organik madde konsantrasyonu, (mg KOİ/l)
S _{T0}	: Başlangıçtaki toplam çözünmüş KOİ, (mg KOİ/l)
S _{T1}	: Ham atıksu reaktörünün sonunda kalan çözünmüş KOİ, (mg KOİ/l)
S _{T2}	: Süzülmüş atıksu reaktörünün sonunda kalan çözünmüş KOİ, (mg KOİ/l)
TOK	: Toplam Organik Karbon
UAKM	: Uçucu Askıda Katı Madde
X _I	: Partiküler inert KOİ, (mg KOİ/l)
X _P	: Partiküler inert mikrobiyal ürün konsantrasyonu, (mg KOİ/l)
X _{S0}	: Partiküler ayrışabilen KOİ, (mg KOİ/l)
X _T	: Toplam partiküler inert KOİ, (mg KOİ/l)
Y _H	: Heterotrofik dönüşüm oranı (mg hücre KOİ/ mg KOİ)
Y _{SP}	: Çözünmüş ürünün toplam KOİ'ye oranı
Y _{XP}	: Partiküler ürünün toplam KOİ'ye oranı

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	2
2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ.....	3
2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı.....	3
2.2. Tekstil Endüstrisinin Türkiye’deki Durumu.....	3
2.3. Tekstil Endüstrisinde Hammadde Kullanımı.....	4
2.4. Tekstil Endüstrisinde Ürün Üretimi.....	5
2.4.1. Kuru prosesler.....	5
2.4.2. Yaş prosesler.....	5
2.5. Tekstil Endüstrisinde Alt Kategorizasyon.....	7
2.5.1. Elyafın cinsine göre alt kategorizasyon.....	7
2.5.2. Kirliliğe göre alt kategorizasyon.....	8
2.5.3. SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)’ye göre alt kategorizasyon.....	11
2.5.4. EPA (Çevre Koruma Teşkilatı)’ya göre alt karakterizasyon.....	12
2.6. Tekstil Endüstrisinde Oluşan Atıksu Miktarı.....	13
2.7. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Kirletici Parametreler.....	14
2.8. Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu.....	15
2.9. Tekstil Endüstrisi Atıksu Arıtma Teknolojileri.....	17
2.10. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Geri Kazanım - Yeniden Kullanım Alternatifleri.....	18
2.10.1. Suyun tekrar kullanımı.....	19
2.10.2. Su kullanımının azaltılması.....	19
2.10.3. Kullanılan kimyasallarda değişiklik.....	20
2.10.4. Madde geri kazanımı.....	20

3. DENİM ENDÜSTRİSİ.....	21
3.1. Denimin Tanımı.....	21
3.2. Denimin Tarihçesi.....	21
3.3. Türkiye’de Denim Giysi İhracatı ve Dünya Denim Pazarı için 2014 Tahminleri.....	22
3.4. Denimin Hammaddesi.....	25
3.5. Denim Kumaşı Üretimi.....	25
3.6. Denim Kumaşının Özellikleri.....	26
3.7. Denim Kumaşların Boyanması.....	26
3.8. Denim Kumaş Çeşitleri.....	27
3.9. Denimin Yıkınması.....	28
3.9.1. Kuru işlemler.....	29
3.9.2. Yaş işlemler.....	29
4. İNCELENEN DENİM ENDÜSTRİSİNİN TANITIMI.....	34
4.1. Tesisin Genel Özellikleri.....	34
4.2. Tesisin Genel İş Akışı.....	34
4.3. Su Kullanımı Ve Atıksu Oluşumu.....	37
4.4. Arıtma Tesisi.....	37
5. BİYOLOJİK ARITMANIN ESASLARI VE İNERT KOİ KAVRAMI.....	39
5.1. Biyolojik Arıtma Kinetiği.....	39
5.2. Atıksu Karakterizasyonu.....	42
5.2.2. Atıksularda KOİ bileşenleri.....	44
5.2.2.a. Giriş akımının KOİ bileşenleri.....	45
5.2.2.b. Çıkış akımının KOİ bileşenleri.....	47
6. KOİ BİLEŞENLERİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ.....	51
6.1. Çözünmüş ve Partiküler inert KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi.....	51
6.1.1. Germirli ve diğerleri tarafından önerilen yöntemler.....	53
6.1.1.a. Karşılaştırmalı yöntem.....	53
6.1.1.b. Kademeli yöntem.....	54
6.1.2. Orhon ve diğerleri tarafından önerilen yöntem.....	55
6.1.2.a. Toplam KOİ değerine sahip atıksu ile yapılan deneysel yöntem.....	55
6.1.2.b. Toplam ve süzölmüş koi değerlerine sahip atıksu ile yapılan deneysel yöntem.....	56
6.1.2.c. Toplam ve süzölmüş atıksu ile glikoz çözeltisi reaktörleri ile yürütölen deneysel yöntem.....	59

6.2. Kolay Ayrışabilen KOİ'nin (S_{S0}) Belirlenmesi.....	64
6.3. Yavaş Ayrışan Organik Madde (X_S)'nin Belirlenmesi.....	65
7. MATERYAL VE METOT.....	66
7.1. Denim İşlemlerini Karakterize Eden Alt Proseslerin Belirlenmesi.....	66
7.2. Alt Proseslerin Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlenme Profilleri.....	70
7.3. Geri Kazanım-Yeniden Kullanım Alternatifi Oluşturacak Atıksu Akımlarının Belirlenmesi.....	73
7.4. Geri Kazanım Öncesi ve Sonrası Atıksuları Karakterize Edecek Kompozit Numunelerin Karakterizasyonu.....	77
8. DENEYSEL ÇALIŞMANIN YÜRÜTÜLMESİ VE DENEYSEL BULGULAR....	78
8.1. Aklimasyon.....	78
8.2. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması.....	78
8.3. İnert KOİ Deney Sonuçları.....	80
9. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	84
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Denim Kumaş Üretimi İşlem Akış Şeması	25
Şekil 4.1. İşletmenin Genel Üretim Akım Şeması.....	35
Şekil 5.1. Atıksudaki KOİ Bileşenlerinin Dağılımı (Henze,1992, Orhon ve Artan, 1994)...	47
Şekil 5.2. Çıkış Akımındaki KOİ Bileşenlerinin Dağılımı (Henze, 1992, Orhon ve Artan,1994).....	48
Şekil 5.3. Toplam çözünmüş inert KOİ (S_R)'nin çamur yaşı ile değişimi (Öztürk ve ark.)...	49
Şekil 6.1. Kalıcı Çözünmüş KOİ'nin Belirlenmesi İçin Karşılaştırmalı Yöntem (Temizsoy, 2002).....	54
Şekil 6.2. X_1 'nin Deneysel Olarak Tayini (Orhon ve ark., 1999).....	59
Şekil 6.3. Ham ve Süzülmüş Atıksu Reaktörü için İnert KOİ Profilleri.....	61
Şekil 6.4. Ham Atıksu Reaktörü ve Süzülmüş Atıksu Reaktörü İnert KOİ Profilleri (Glikoz için).....	62
Şekil 7.1. Rinse Yıkama Prosesi Akım Şeması.....	68
Şekil 7.2. Taş Yıkama Prosesi Akım Şeması.....	68
Şekil 7.3. Lokal Yıkama Prosesi Akım Şeması.....	68
Şekil 7.4. Ağartma Prosesi Akım Şeması.....	69
Şekil 7.5. Tint Boyama Prosesi Akım Şeması.....	69
Şekil 8.1. SET 1'e Ait Çözünmüş KOİ Değerlerinin Zamanla Değişim Grafiği.....	81
Şekil 8.2. SET 2'ye Ait Çözünmüş KOİ değerlerinin Zamana Bağlı Değişim Grafiği.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne Göre Tekstil Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (2 saatlik kompozit) (SKKY, 2004).....	12
Çizelge 2.2. Tekstil Endüstrisi Alt Kategorilerine Göre Atıksu Oluşturan İşlemlerin Dağılımı (EPA, 1978).....	13
Çizelge 2.3. Tekstil Endüstrisi Alt Kategorizasyonuna Ait Atıksu Karakterizasyonu ve Su Kullanımı (EPA, 1978).....	16
Çizelge 2.4. Türkiye için Geçerli Olan Alt Kategorizasyonuna Ait Atıksu Karakterizasyonu (Orhon ve ark., 1996).....	16
Çizelge 2.5. Alt Kategorilerde Konsantrasyon Bazında Atıksu Karakterleri (Köroğlu, 2004).....	17
Çizelge 2.6. Tekstil Endüstrisi Atıksularına Uygulanan Çeşitli Arıtma Yöntemleri ve Arıtma Verimleri (UNEP IE, 1994).....	18
Çizelge 3.1. Türkiye'nin Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatında Denim Giysilerinin Payı (Türkant, 2008).....	23
Çizelge 3.2. Türkiye'nin Dokuma Konfeksiyon İhracatında Denim Giysilerinin Payı (Türkant, 2008).....	23
Çizelge 3.3. Türkiye'nin En Fazla Denim Giysisi İhraç Ettiği Ülkeler (Türkant, 2008).....	24
Çizelge 3.4. Doğal Nişastanın Haşıl Giderimi Sırasında Oluşan Atıksu Kompozisyonu (Yıldız Töre, 2005).....	30
Çizelge 4.1. İncelenen Tesisin Günlük Su Tüketimi.....	37
Çizelge 5.1. Havalı ve havasız arıtım şartlarında glikoz ile yapılan çalışmalar (Öztürk ve ark.).....	50
Çizelge 6.1. Atıksularda İnert Organik Maddelerin Belirlenmesi İçin Önerilen Metotlar (Yıldız Töre, 2005).....	52
Çizelge 6.2. Literatürde verilen partiküler inert KOİ ile ilgili deneysel sonuçlar (Çalışkan, 2007).....	62
Çizelge 6.3. Literatürde Yer Alan Farklı Tip Endüstriyel Atıksularına İlişkin Çözünmüş İnert KOİ Konsantrasyonları (Çalışkan, 2007, Yılmaz, 2009).....	63
Çizelge 6.4. Kolay Ayrışabilen Organik Maddenin Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler (Yıldız Töre, 2005).....	64
Çizelge 7.1. İşletmede Kullanılan Ham Ve Yumuşak Suyun Özellikleri.....	66
Çizelge 7.2. Literatürdeki Geri Kazanım ve Tekrar Kullanım Kriterleri.....	67

Çizelge 7.3. Alt Proseslerden Elde Edilen Ayrık Akımların Atıksu Karakterizasyonu.....	72
Çizelge 7.4. Tesisin İdeal Haldeki Proses Ve Kirlenme Profili.....	73
Çizelge 7.5. İncelenen Tesisin Üretim ve Atıksu Miktarlarının Alt Prosesler Bazında Genel Bir Değerlendirmesi.....	74
Çizelge 7.6. Geri kazanım Sonrası Kalan Akımların Proses Ve Kirlenme Profili.....	75
Çizelge 7.7. Geri Kazanım Sonrası Kalan Akımların Üretim Ve Atıksu Miktarlarının Değerlendirmesi.....	76
Çizelge 7.8. Geri Kazanım Öncesi ve Sonrası Kompozit Atıksu Karakterizasyonu.....	77
Çizelge 8.1. Sol A ve Sol B Çözeltilerinin Karışım İçeriği.....	78
Çizelge 8.2. SET 1: Geri Kazanım Öncesi Toplam Akımların Ham Ve Süzölmüş Kompozit Atıksuları İle Glikoz Çözeltisi Reaktörlerinin İçeriği.....	79
Çizelge 8.3. SET 2: Geri kazanım sonrası ham ve süzölmüş kompozit atıksuları ile glikoz çözeltisi reaktörlerinin içeriği.....	79
Çizelge 8.4. SET 1'e Ait İnert KOİ Analiz Sonuçları.....	81
Çizelge 8.5. SET 1'e Ait İnert KOİ Bileşenleri ve Kinetik Katsayılar.....	81
Çizelge 8.6. SET 2'ye Ait İnert KOİ Analiz Sonuçları.....	82
Çizelge 8.7. SET 2'ye Ait İnert KOİ Bileşenleri ve Kinetik Katsayılar.....	82
Çizelge 9.1. Bu Çalışmada Elde Edilen İnert KOİ Fraksiyonlarının Literatürle Karşılaştırılması.....	86

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Sanayi devriminden günümüze kadar endüstrilerin hızla gelişmesi, özellikle teknolojik gelişmeye paralel olarak faaliyetlerinde artış göstermesi, sürdürülebilirlik ilkesinin göz ardı edilmesi ve kaynakların bilinçsizce kullanılması sonucu bu gün başta su kaynakları olmak üzere birçok çevresel ögenin kirlenmesine ve su kaynaklarının hızla azalmasına sebep olmuştur.

Kirletici yüklerinin fazla olması nedeniyle endüstriyel atıksular su kirliliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Tekstil endüstrisi ise, üretim faaliyetlerinde en yüksek proses suyu kullanımını gerçekleştirmekte ve dolayısıyla yüksek debide atıksu oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisi teknik gelişmeleri ve iş imkanları yönünden Türkiye ekonomisinde de önemli bir yer tutmakta, toplam endüstriyel üretimin %13'ünü ve toplam ihracat gelirlerinin %25,8'ini oluşturmaktadır (Yıldız Töre ve ark., 2010).

Bu çalışmaya konu olan denim üretiminin içinde yer aldığı Tekstil endüstrisi sektörü, kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği nedeni ile son derece değişken bir yapıya sahiptir. Sektördeki değişken yapı atıksu karakterizasyonuna ve uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımakta, tipik bir tekstil atıksuyu ve standart arıtma teknolojisinden söz etmek anlamsız hale gelmektedir (Germirli ve ark., 1990). Diğer yandan yine bu çalışmaya konu olan denim üretiminin yer aldığı tekstil endüstrisi sektörü üretimi sırasında kullandığı kimyasal maddelerin ekosistem üzerinde toksik etki yaratarak son derece zararlı maddeler olması ve bununla birlikte su tüketiminin son derece yüksek olması nedeniyle dikkatle incelenmesi gereken bir endüstri dalıdır.

Ülkemizde denim üretim proseslerinin su kullanımı, atıksu oluşumu ve kirlilik düzeyleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu çerçevede söz konusu üretimin içinde yer aldığı tekstil endüstrisi ülkemizdeki endüstri dallarının en önemlilerinden biri olduğundan, bu endüstride üretim ve atıksu karakterizasyonu ve dolayısı ile arıtma yöntemleri arasındaki ilişkileri doğru kurabilmek, çevre kirlenmesi kontrolüne önemli yararlar sağlayacaktır.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Tekstil endüstrisi, su tüketiminin yüksek olduğu sanayi kuruluşlarından biri olup, üretimden kaynaklanan atıksu karakteristiği olarak yüksek miktarda kollektif kirletici parametre içermektedir. Atıksu karakteristiklerinin tanımlanmasında pek çok kollektif parametre kullanılmasına karşın, biyolojik olarak ayrışamayan ve ortamda kalan kalıcı (inert) kısım başlangıçta ayırt edilememektedir. Dolayısıyla, atıksuyun bünyesinde bulunan kalıcı kısım biyolojik arıtma sonucunda hiçbir değişikliğe uğramadan çıkmaktadır. Bu durumda, özellikle, endüstri kuruluşları açısından standartlarla belirlenen deşarj limitlerinin sağlanmasında pek çok sorun ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, girişteki kalıcı organik içeriğin belirlenmesi ile standartlarda ulaşılacak gerçek sınırlar belirlenerek, çözüm aşamasında büyük kolaylık sağlanmaktadır. Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı; tekstil endüstrisi alt kategorisinde yer alan denim üretimine ait bir kot yıkama fabrikası atıksularının çözünmüş kalıcı (inert) KOİ'sinin belirlenmesidir.

Günümüz çevre biyoteknolojisi anlayışında atıksu karakterizasyonu ve buna bağlı arıtılabilirlik kavramı oldukça önem kazanmıştır. Atıksu karakterizasyonu konvansiyonel çerçevenin dışında KOİ bileşenlerinin (inert ve ayrışabilir KOİ) saptanmasına yardımcı respirometrik ölçümleri de içermektedir. Ayrıca biyolojik arıtılabilirliği yansıtacak kendi içinde bütünlüğe sahip kinetik ve stokiyometrik parametrelerin de saptanması gereklidir. Evsel atıksular için tanımlanmış ve denenmiş bu yeni yaklaşımların bu çalışma kapsamında denim endüstrisi üretimi atıksularına uyarlanması düşünülmektedir.

Tekstil endüstrisinde temiz üretim teknolojilerinin kullanımı atıksu hacmini ve atıksuda bulunan kirleticileri kayda değer düzeyde azaltırken, gereğinden fazla hammadde ve enerji kullanımını da önler. Bu çalışmada, tesis içi atıksu kontrolü ile; üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve pahalı arıtma gereksinimlerinin azaltılması olarak sıralanabilecek çok önemli iki ekonomik avantaj sağlanması hedeflenmektedir.

2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1. Tekstil Endüstrisinin Tanımı

Tekstil endüstrisi doğal, sentetik ve yapay elyafları kullanarak tekstil ürünleri imal eden tesisleri kapsayan endüstri dalı olarak nitelendirilmektedir. Doğal elyafların temizlenmesi ve iplik haline getirilmesi, tekstil endüstrisi kapsamında bulunmaktadır; buna karşın çırçırılama, kimyasal elyafların üretimi ve giyim sanayi tekstil endüstrisi kategorisinin dışında kalmaktadır (Göknil ve ark., 1984, Tünay, 1996).

Tekstil endüstrisi, çok sayıda ve birbirinden oldukça farklı ürünlerin üretimini içermektedir. Kullanılan temel hammaddeler olan yün, pamuk, yapay, sentetik elyaf ve bunların karışımlarıyla başlayan üretim farklılıkları dokuma, örme, keçeleştirme ve benzeri işlemler aracılığıyla yarı ürünlerin oluşturulması sonucunda genişlemekte ve son işlemler olarak nitelendirilen mercerizasyon, ağartma, boyama ve apre gibi işlemler sırasında en fazla çeşitliliğe ulaşmaktadır. Ürünlerdeki ve üretim yöntemlerindeki bu çeşitlilik, tekstil endüstrisi atıksularında da kendisini göstermektedir. Tekstil endüstrisi; kullanılan ham ve kimyasal maddelerin, yürütülen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği ile farklı su kullanımlarına bağlı olarak değişken yapıya sahip bir endüstri dalıdır (Germirli ve ark., 1990, Büyükdere, 2008).

2.2. Tekstil Endüstrisinin Türkiye'deki Durumu

Türkiye tekstil endüstrisi 21,5 milyar dolarlık üretim değeri ile GSMH'nın % 10,7'sini, sanayi üretiminin % 17,7'sini, imalat sanayi üretiminin % 19,1'ini ve imalat sanayii katma değerinin % 15'ini gerçekleştirmektedir. İstihdam rakamları ele alındığında, sanayi istihdamının % 28'i, imalat sanayii istihdamının % 35'i ve SSK'ya kayıtlı toplam istihdamın % 10,9'u tekstil endüstrisi tarafından sağlanmaktadır. Yaklaşık 40 bin firmanın faaliyette bulunduğu endüstride firmaların 1/4'ü aktif ihracatçı konumundadır. Bu bağlamda 500 büyük sanayi kuruluşunun 1/4'ü, tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren firmalardan oluşturmaktadır. Ayrıca, hâlihazırda 21 adet Sektörel Dış Ticaret Şirketi'nin 9'u tekstil endüstrisine yönelik olarak faaliyetlerini sürdürmektedir (DTM 2008, Çalışır, 2010)

Üretimini yaklaşık yarısını ihraç eden Türkiye tekstil endüstrisinin genel ihracattaki payı %17, genel ithalattaki payı ise %4,6'dır. Türkiye tekstil endüstrisi, Dünya tekstil ihracatında %3,7'lik pay ile 7. ve dünya hazır giyim ihracatında % 4,1'lik pay ile 4. sıradadır. (İZTO 2008). İhracat açısından Türkiye tekstil endüstrisinin en önemli pazarı AB ülkeleri'dir. Türkiye tekstil endüstrisinin toplam ihracatı içerisinde AB ülkelerinin payı % 70'tir (İTKİB 2009). Sektörel bazda ele alındığında Türkiye'nin AB piyasasında hazır giyim ürünlerindeki payı % 7,4 ve tekstil ürünlerindeki payı ise % 3 düzeyindedir. Bu bağlamda Türkiye, AB ülkelerinin tedarikçiler listesinde tekstil ürünlerinde ilk sırada hazır giyim ürünlerinde ise Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır (Çalışır, 2010).

2.3. Tekstil Endüstrisinde Hammadde Kullanımı

Tekstil endüstrisinin hammaddesi elyaftır. Elyaf lar ya kesik ya da sonsuz uzunlukta filamanlar şeklinde olup, üç grupta incelenmektedir (Sözen, 1991).

1. Tabii Elyaf:
 - Pamuk
 - Yün
 - Keten
 - Jüt
2. Kimyasal Elyaf
 - 2.a Tabii Polimerden Elde Edilen Elyaf:
 - Viskoz
 - Asetat
 - 2.b Sentetik Polimerden Elde Edilen Elyaf:
 - Poliakrilonitril
 - Poliamid
 - Polyester
 - Polipropilen
 - Poliüretan- Elaso mer
 - Polivinilklorür
3. Sentetik Olarak Üretilen İnorganik Elyaf:
 - Cam Elyafı

- Karbondan ve Metalden Elde Edilen Elyaf

2.4. Tekstil Endüstrisinde Ürün Üretimi

Tekstil Endüstrisinde kullanılan hammaddelere bağlı olarak değişik üretim prosesleri ile ürün üretimi söz konusudur. Tekstil ürünleri esas olarak, kuru ve yaş prosesler şeklinde nitelendirilen prosesler ile elde edilmektedir (Sözen, 1991).

2.4.1. Kuru prosesler

Su kullanımı gerektirmediğinden kirlenme açısından önem taşımamaktadır. Kuru prosesler 3 grupta incelenebilir:

- İplik üretimi; elyaftan iplik çekme, eğirme, çekerek büzme, daha sonraki işlemler için hazırlık adımı olarak bobinlere aktarma ve bükmeyi kapsamaktadır.
- İnce ve uzun ürünlerin üretimi; örgü ve büküm kademelerinden gelmektedir.
- Açık enli ürünlerin üretimi; dokuma, tafting, keçeleştirme ve sağlamlaştırma, örgü ve floklaştırma adımları sayesinde gerçekleştirilmektedir (Sözen, 1991).

2.4.2. Yaş prosesler

Su kullanımı gerektiren, kuru proseslerden sonra uygulanan yaş prosesler şunlardır: (Sözen, 1991)

- Pişirme: Doğal ve sentetik malzemelerde bulunan istenmeyen maddelerin giderilmesi için uygulanır. İşlem sonunda malzemenin görünümü iyileşmektedir. Çırcırlama sırasında pamuk liflerinin içerisine giren yaprak, yağ, parafin gibi yabancı maddeleri uzaklaştırmak için de kullanılmaktadır. Pamuğun yetişmesinde kullanılan kimyasal maddelerinde bu işlem sonucunda atıksulara geçmesi nedeniyle ön terbiye atıksuları toksik özellik göstermektedir. İşlem sırasında; deterjan veya sabun içeren sıcak alkali çözeltiler kostik soda ve soda külü kullanılabilir.
- Haşillama: Pamuk elyaflarının üzerlerinin; nişasta, modifiye nişasta, polivinil asetat, karboksimetil selüloz ve sakız gibi maddeler kullanarak kaplanması sonucunda elyaflarına

dokuma sırasında sağlamlık kazandırılması işlemidir. Bu işlemden oluşan atıslar haşillama kazanlarından, tamburlardan, haşıl karıştırıcıdan, haşillama alanından ve kalan haşillama çözeltilerinin deşarj edilmesi ile meydana gelmektedir. Oluşan atıksu miktarının az olmasına karşın kirletici yükü yüksektir.

- Haşıl Sökme: Haşillama işleminden sonra kumaşa boyama, ağartma işlemlerinin yapılabilmesi için uygulanmaktadır. Haşillama sırasında kullanılan maddelerin büyük kısmı suda çözünmediği için, haşıl sökme işlemleri enzimler, yüzey aktif maddeler, asitler, alkiler kullanılarak yapılır. Haşillama için kullanılan maddelere göre atıksu karakteri değişim göstermektedir. İşlem sonucu oluşan atıksu yüksek Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) ve katı madde içeriğine sahiptir.

- Kassarlama: Pamuk ve diğer elyafların parlaklıklarının arttırılması için uygulanmaktadır. Bu işlem sonucunda yeşilimsi olan doğal renklerin giderilmesi de sağlanmaktadır. Yünlü kumaşlar için sadece açık tonlarda boyanacak kumaş ve trikotajlara uygulanabilmektedir. Hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit veya sodyum klorür, yardımcı olarak da sülfirik asit, hipoklorik asit, kostik soda, sodyum bisülfid gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Yüzey aktif maddeler de kassarlama işleminde yardımcı olarak kullanılmaktadır.

- Mercerizasyon: Kumaşın veya elyafın kuvvetli bir bazik çözeltili ile ıslatılmasıdır. Selüloz bazlı elyaf, pamuk, viskon gibi malzemelere parlaklık kazandırmak için yapılmaktadır. Uygulama işlem sırasında veya sonrasında olabilmektedir. Oluşan atıksu bazik karakterdedir. Genellikle bu suların geri kazanılarak tekrar kullanılmaları söz konusudur.

- Apre - İkmal: Kumaşa su geçirmezlik, buruşmazlık, ateşe dayanıklılık, metal kaplama, saydamlık, çekmezlik gibi özelliklerin kazandırılması için uygulanan son işlemidir.

- Karbonizasyon: Kömürleştirme olarak da bilinen bu işlem kirli yün liflerinde bulunan bitkisel artıkların, yıkama ve diğer işlemler sırasında giderilmeyen kısımlarının uzaklaştırılması için uygulanmaktadır. İşlem sırasında malzeme inorganik asitlerle veya ısıtılınca asidik özellik gösteren tuzlarla yüksek sıcaklıklarda işlem görmektedir.

- Dinkleme: Yün liflerinin keçeleşme özelliğinden yararlanarak kumaşa istenilen görünümün ve formunun verilmesidir. Yağlı kumaş ve yıkanmış dinkleme olarak ikiye ayrılmaktadır.

- Boyama: Elyafa, ipliğe ve kumaşa renk kazandırmak amacıyla yapılmaktadır. Boyama sürekli boyama, yarı sürekli boyama veya kesikli sürekli boyama olarak değişik sürelerde uygulanmaktadır. Reaktif boya, indigo boya, kükürtlü boya gibi boya çeşitleri kullanılmaktadır. Kullanılan boya çeşidi, işlem sonucunda oluşan atıksu karakterini etkilemektedir.

2.5. Tekstil Endüstrisinde Alt Kategorizasyon

Üretim süreçleri sonunda oluşan atıksu kaynaklarını belirlemede kullanılan en önemli yöntemlerden biri de alt kategorizasyondur. Alt kategorizasyonun amacı, aynı kategori içinde olduğu halde üretim farklılıkları olan veya aynı ürünün imalinde farklı proses ve işlemlerin kullanıldığı tesislerin atık sularında meydana gelecek farklılıkların ortaya konmasıdır. Alt kategorizasyon yapılırken, sadece atık su kalitesi benzerliği gruplama için yeterli değildir. Gruplama yapılırken pek çok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Tekstil endüstrisinde alt kategorizasyon için göz önüne alınabilecek başlıca faktörler; imalatta kullanılan prosesler, hammaddeler, ürün cinsleri, su kullanımı, atık su özellikleri olarak sıralanabilir (Büyükdere, 2008).

2.5.1. Elyafın cinsine göre alt kategorizasyon

Tekstil endüstrisinde yer alan proses ve işlemler işlenen elyaf cinsine bağlı olarak bazı farklılıklar göstermektedir. Tekstil endüstrisinde kullanılan elyafın cinsine göre incelendiğinde başlıca üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Pamuklu Elyaf
2. Yünlü Elyaf
3. Sentetik Elyaf'dır.

Pamuk ve sentetik elyaflarda, başlangıçta yıkamayı gerektirecek bir kirlilik bulunmamaktadır. Buna karşılık yün elyafın çok kirli olması nedeniyle iplik haline getirilmeden önce bir yıkama işlemine tabii tutulması gerekmektedir. Yünlü dokuma endüstrisini kirleticilik bakımından diğer tekstil gruplarından ayıran en önemli fark bu yıkama işlemidir. Benzer tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan münferit üretim prosesleri ve her bir proseste ortaya çıkan atıklar incelendiği zaman bu gruplandırma yaklaşımı yararlı olabilir.

Ancak, aynı endüstri grubunda birçok farklı ürün üretilmesi sonucu çıkan atıkların büyük farklılık göstermesi, bu şekilde bir kategorizasyon kullanımını zorlaştırmaktadır (Germirli ve ark., 1998).

2.5.2. Kirliliğe göre alt kategorizasyon

Alt kategorizasyon imalat proseslerine, kullanılan hammaddelere, son ürünlere, su kullanımına ve atık karakteristiklerindeki benzerliklere dayanılarak yapılabilir. Burada kullanılan alt kategorizasyon kirlilik bazlı olup, tekstil endüstrisinde bu amaçla on alt kategori bulunmaktadır (Göknil ve ark., 1984).

1. Yapağı Yıkama
2. Yün Terbiye
3. Az Su Kullanılan İşlemler
4. Dokunmuş Kumaş Terbiyesi
5. Örgü Kumaş Terbiyesi
6. Halı Terbiyesi
7. Açık Elyaf ve İplik Terbiyesi
8. Dokusuz Yüzeyli (Non-Woven) Kumaş İmali
9. Keçeleştirilmiş Kumaş İmali
10. Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi

1- Yapağı yıkama alt kategorisi

Bu alt kategori, ham yün elyafı ve hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Yün elyafı ve hayvan kıllarının önemli ölçüde bir ön temizlemeye ihtiyaç duymasından dolayı yapağı yıkama, tekstil endüstrisinin diğer alt kategorilerinden farklı bir özellik taşır. Bu proseste ham yapağı iplik üretimine sokulmadan önce yıkanmalıdır. Pamuk veya sentetikler bu aşamada yıkanmazlar. Yapağı yıkama işlemi ile kirler ve yağlar emülsiyon hale geçer ve çoğunlukla yağlı bir köpükle kaplı kahverengi, kumlu, bulanık bir atıksu oluşur.

2- Yünlü kumaş son işlemler alt kategorisi

Bu alt kategori, yün elyafı, diğer hayvansal kıl veya yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemezlik, v.b. işlemlerinden birinin uygulanmasını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı terbiye de bu alt kategori kapsamındadır.

Yünlü kumaş son işlemleri değişken kimyasallar ve kendine has tekstil boyaları kullanımı nedeniyle yüksek kirlilik yükü oluşturduğundan ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır. Bu atıksular, yüksek hacim ve konvansiyonel kirletici parametrelerin düşük konsantrasyonda olması ile karakterize edilirler. Non-konvansiyonel kirleticilerden sülfür, renk ve toksik kirleticiler, fenol ve krom hem konsantrasyon, hem de yük bakımından yüksektir. Dinklemeden soma yapılan yıkama, toplam BOİ'nin yaklaşık % 20-35 kadarını meydana getirirken, boyama için bu değer % 6-9'dur.

3- Az su kullanılan işlemler alt kategorisi

Bu alt kategori, iplik yapımı, tekstürize iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, halı tabanı yapımı ve halı tafting gibi çok çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu işlemlerden çıkan atıksu hacmi çok düşüktür. Suyun büyük hacimde atıldığı yerler soğutma ve proses donanımının yıkanması ve temizlenmesidir

4- Dokunmuş kumaş son işlemleri alt kategorisi

Bu alt kategori atıksu yükü bakımından tekstil endüstrisinin önemli bir alt kategorizasyonunu oluşturur. Dokunmuş kumaşlara uygulanan haşıl sökme, yıkama, ağartma, merserize, boyama, basma, apre gibi işlemleri kapsar. Bu alt kategoriye ait atıksular, konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı bakımından oldukça geniş bir aralıkta karakterize edilir.

5- Örgü kumaş son işlemleri alt kategorisi

Bu alt kategori, çoğunluğu örgü olan pamuklu ve/veya sentetik kumaşlara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerini kapsar. Çoğunluğu örgü kumaş terbiyesi olmakla beraber kumaş dokuma ve iplik terbiyesi işlemlerinde bulunan entegre tesislerde bu

alt kategori kapsamındadır. Dokunmuş kumaş son işlemlerinden farkı, haşılama, haşıl sökme ve merserizasyon işlemlerine gerek duyulmamasıdır.

Atıksuları, dokunmuş kumaş son işlemleri atıksuları gibi konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı açısından geniş bir aralık gösterir. Fakat atıklar konsantrasyon bakımından, genellikle dokunmuş kumaş son işlemlerindeki kadar büyük değildir.

6- Halı üretimi son işlemleri alt kategorisi

Tekstil esaslı halılara uygulanan yıkama, ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerini kapsar. İşlemin çoğunluğu halı terbiyesi olup, halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemlerinde bulunan tesisler bu alt kategori kapsamındadır. Sadece halı tafting ve/veya halı tabanı yapan işletmeler az su kullanılan işlemler alt kategorisi kapsamındadır.

Atıksuları, su kullanımının diğer alt kategorilere göre nispeten düşük olmasına rağmen büyük hacimdedir. Bunun nedeni, halı üretiminin özel yapısı ve halının diğer tekstil ürünlerine nazaran daha ağır olmasıdır. Halı son işlemlerinde başlıca atık kaynakları olan boyama ve baskı prosesleri, konvansiyonel ve non-konvansiyonel kirleticilerde ekstrem değerler meydana getirmemektedir.

7- Stok ve elyaf son işlemler alt kategorisi

Bu alt kategori, pamuklu ve/veya sentetik iplik ve elyafa uygulanan yıkama, ağartma, merseze, boyama ve apre işlemlerini kapsar. Karbonizasyon işleminin yer almadığı yün iplik ve yün elyaf terbiyesi de bu alt kategori kapsamındadır.

Atıksuların hacmi diğer son işlem alt kategorilerindekiyle hemen hemen aynıdır. Atıksuları diğer alt kategorilerdeki kadar kuvvetli değildir ve elyafların tek çeşit veya karışık olarak işlenip işlenmediğine bağlı olarak değişir.

8- Dokusuz yüzeyli kumaş üretimi alt kategorisi

Bu alt kategori, yün, pamuk veya sentetik malzemenin yalnız veya karışım halinde mekanik termal ve/veya yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsar. Bu üretimin yapısı, nispeten küçük hidrolik ve kirletici yüklerine sahip bir tesise benzer özellik taşır. Atıksu, lateks ve diğer kirleticileri içerebilir. Bazı tesislerde, özel üretim işlemleri veya diğer kategorilerle ortak faaliyetler, daha fazla atıksu meydana gelmesine neden olabilir.

9- Keçeleştirilmiş yüzeyli kumaş üretimi alt kategorisi

Bu alt kategori, dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsar. Bu prosesle yüksek hacimli fakat genellikle seyreltik yapıda bir atıksu oluşur. Dinkleme ve boyamayı takiben durulamalar yapılıyorsa, su kullanımı ve kirletici miktarları artar.

10- Koza işleme ve doğal ipek üretimi alt kategorisi

Bu alt kategori, pişirme (koza kaynatma), ipek çekimi işlemleri ile ipek ipliği üretimini kapsar. Başlıca kozanın pişirilmesi, serisin giderilmesi, boyama ve yıkamada oluşan atıksuların özelliklerini rakamlarla ifade edebilecek yeterli veri bulunmamaktadır.

Bu alt kategorizasyon yeterli karakter ayrımını sağlayamamakta ve alt kategoriler için belirlenmiş arıtma şemaları birbirleriyle benzerlik göstermektedir. Bir alt kategoriye ilişkin arıtma sistemi spesifikasyonlarının aynı veya yakın olması gerekmektedir; fakat yukarıdaki alt kategorizasyon tanımlamasında çok geniş aralıklar verilmektedir (Germirli ve ark., 1989). Günümüzde kullanılan bu alt kategorizasyon, uygulama açısından kısıtlı kullanıma sahiptir, bu nedenle olayda etkili faktörler daha yakından, uygulanan üretim proseslerine bağlı olarak incelenmeli ve böylelikle yeni bir alt kategorizasyon yapısı ortaya konmalıdır (Germirli ve ark., 1990).

2.5.3. SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)'ye göre alt kategorizasyon

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre tekstil endüstrisi, aşağıda sıralanan yedi alt kategoriye ayrılmaktadır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tekstil endüstrisi

atık sularının alt kategorilere göre kirletici parametreler ve 2 saatlik kompozitlerin alıcı ortama deşarj standartları Çizelge 2.1 'de verilmektedir.

SKKY'ne göre ayrılan alt kategoriler şunlardır:

1. Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye
2. Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
3. Pamuklu Tekstil ve Benzerleri
4. Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri
5. Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
6. Terbiyesi ve Benzerleri
7. Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri

Çizelge 2.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne Göre Tekstil Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (2 saatlik kompozit) (SKKY, 2004).

Parametre	Birim	Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye	Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri	Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Halı Terbiyesi ve Benzerleri	Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri
KOİ	mg/l	350	400	250	400	300	300	400
AKM	mg/l	-	140	160	400	-	160	-
Amonyum Azotu	mg/l	5	5	5	5	5	5	-
Serbest Klor	mg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Toplam Krom	mg/l	2	2	2	2	2	2	-
Sülfür	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sülfid	mg/l	1	1	1	1	1	1	-
Çinko	mg/l	-	-	-	-	-	-	12
Fenol	mg/l	-	1	-	-	1	1	1
Yağ ve Gres	mg/l	10	-	10	200	10	10	-
Balık Biyodenyi	-	4	4	4	4	4	4	3
pH	-	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9

2.5.4. EPA (Çevre Koruma Teşkilatı)'ya göre alt karakterizasyon

Tekstil endüstrisinde kullanılan hammaddeler, son ürünler, su kullanımı ve atıksu özelliklerinin benzerlikleri gözönüne alınarak, EPA (Çevre Koruma Teşkilatı)'ya ait tekstil endüstrisi altkategorileri aşağıda verilmiştir (EPA, 1978):

1. Yapağı Yıkama
2. Yünlü Kumaş Son İşlemleri
3. Az Su Kullanılan İşlemler
4. Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri
5. Örgü Kumaş Son İşlemleri
6. Halı Üretimi Son İşlemleri
7. Stok ve Elyaf, Boyama ve Son İşlemleri

Halı üretimi dışında tüm yünlü kumaş işlemleri 1. ve 2. kategoriler, pamuk ve sentetik üretimi 3.,4.,5. ve 7. kategoriler, halı üretimi de 3. ve 6. kategorilerin kapsamındadır. Tekstil endüstrisi alt kategorilerine göre atıksu oluşturan işlemlerin dağılımı Çizelge 2.2.'de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Tekstil endüstrisi alt kategorilerine göre atıksu oluşturan İşlemlerin Dağılımı (EPA, 1978).

ALTKATEGORİLER	ATIKSU OLUŞTURAN İŞLEMLER
Yapağı Yıkama	Yıkama, durulama
Yün Son İşlemleri	Boyama, ağartma, yıkama, durulama, karbonizleme ve yıkama, dinkleme ve yıkama
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Haşıl sökme, pişirme-yıkama, merserizasyon-yıkama, ağartma-yıkama, boyama-yıkama, basma, apre-ikmal
Örgü Kumaş Son İşlemleri	Yıkama, pişirme-ağartma, boyama, basma, apre-ikmal
Açık Elyaf ve İplik Son işlemleri	Boyama, ağartma, merserizasyon, yıkama
Halı Son İşlemleri	Boyama veya baskı, kurutma, lateks kaplama
Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi	Yapıştırma
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	Durulama
Az Su Kullanılan İşlemler	Haşılama
Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	Pişirme, ipek çekimi, ağartma, boyama, yıkama, avivaj

2.6. Tekstil Endüstrisinde Oluşan Atıksu Miktarı

Tekstil endüstrisinde oluşan atıksu miktarı; üretim prosesine, ürüne ve işletme şartlarına bağlıdır. Aynı elyafın işlendiği veya aynı alt kategori içinde incelenen farklı işletmelerde kullanılan su miktarının, dolayısıyla oluşan atıksu miktarının, farklı prosesler ve kimyasal maddeler nedeniyle aynı olmadığı görülmektedir. Bu nedenle tekstil endüstrisi atıksuları için ortalama bir değer vermek son derece güçtür (Yıldız Töre, 2005).

Tekstil fabrikalarında oluşturulan atıksuyun toplam hacmini müşteri talebi ve işleme ekipmanlarındaki farklılıklardan dolayı tanımlamak imkansızdır. Ancak, 1975 yılında Almanya’da 90 adet tekstil fabrikası arasında yapılan anket çalışmasından atıksu hacimleri ile ilgili bazı rakamlar elde edilebilmektedir. Buna göre en düşük miktar $0,5 \text{ m}^3/\text{gün}$ ve en yüksek miktar da $18\ 000 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak verilmektedir. Araştırmacılar bu değerleri işlenen hammaddeye bağlı olarak değerlendirerek;

- En düşük hızı = $2,5 \text{ l/kg}$
- Ortalama hızı = 140 l/kg
- En yüksek hızı = 560 l/kg

değerlerini bulmuşlardır (Yıldız Töre, 2005).

Tünay (1996)’ın yaptığı araştırmaya göre, birim yükler dikkate alındığında, az su kullanılan proseslerde atıksu miktarı genelde $10 \text{ m}^3/\text{ton}$ kumaş değerinin altında kalmaktadır. Dokunmuş kumaş son işlemleri altkategorisi için bu değer, $50\text{-}300 \text{ m}^3/\text{ton}$ kumaş aralığında yer almaktadır; yünlü kumaş son işlemleri altkategorisi bu aralığın alt sınırına yakın, örgü kumaş son işlemleri altkategorisi ise orta ve üst sınırına yakın değerler civarında atıksu üretmektedir (Tünay, 1996).

2.7. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Kirletici Parametreler

Tekstil endüstrisi atıksuları genellikle gri renkli veya boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir, kullanılan boyanın yapısına ve diğer kimyasal maddelere bağlı olarak hem organik nitelikli hem ağır metal olarak çok sayıda mikrokirletici ve toksik bileşikler içerebilmektedir. Atıksuların kirliliği, elyaftan ekstrakte edilen tabii kirleticiler ve elyafın işlenmesinde kullanılan kimyasal maddelerden de kaynaklanmaktadır. Tekstil endüstrisinde temel kirletici parametreler, BOI_5 , KOİ , AKM, yağ ve gres, toplam krom, fenol, sülfür, sıcaklık, pH, alkalinite, kükürtlü bileşikler, toplam organik karbon ve bulanıklıktır. Ancak; BOI_5 , toplam çözünmüş madde, alkalinite ve sıcaklık değerleri genellikle yüksek olmaktadır.

2.8. Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu

Tekstil endüstrisi, çok sayıda ve birbirinden oldukça farklı ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Kullanılan temel hammaddeler olan yün, pamuk, yapay, sentetik elyaf ve bunların karışımlarıyla başlayan üretim farklılıkları dokuma, örme, keçeleştirme ve benzeri işlemler aracılığıyla yarı ürünlerin oluşturulması sonucunda genişlemekte ve son işlemler olarak nitelendirilen mercerizasyon, ağartma, boyama ve apre gibi işlemler sırasında en fazla çeşitliliğe ulaşmaktadır. Ürünlerdeki ve üretim yöntemlerindeki bu çeşitlilik, tekstil endüstrisi atıksularında da kendisini göstermektedir. Atıksuların tesis bazında karakter farklılıkları göstermesinin yanında, aynı tesiste mevsim ve gün bazında da belirgin farklılıklarla karşılaşılabilmektedir (Tünay, 1988).

Tekstil endüstrisi atıksuları için kesin ortalama değerler vermek mümkün değildir; ancak atıksu karakteri, bazı yaklaşımlar ve karşılaştırmalar sayesinde belirli bir çerçeveye oturtulabilmektedir. Bazı parametreler açısından tekstil endüstrisinin kirletici potansiyeli, evsel atıksuya oranla daha düşük olabilmektedir; örneğin organik azot ve amonyum azotu, baskı işlemi gerçekleştirilmeyen tekstil endüstrisi atıksularında oldukça az miktarda bulunmaktadır. pH değeri, daha çok bazik ortamda yer alıp bazen yedinin altına düşebilmektedir. Organik madde açısından kirlilik yükü, yaklaşık olarak evsel atıksu seviyesinde olup bazen çok daha yüksek değerlere de ulaşabilmektedir. İletkenlik, sodyum tuzları (sülfat, klorür, anyonik yüzey aktif maddeler) nedeniyle oldukça yüksektir. Polifosfatların kullanımı halinde, fosfat konsantrasyonları yüksek olabilmektedir; aksi takdirde evsel atıksulardan daha düşük değerlere rastlanmaktadır. Klorlu organik maddelerin miktarı, büyük ölçüde ürüne ve ilave katkı maddelerine bağlıdır; klorla ağartma yapılması durumunda ise, atıksudaki klorlu organik madde miktarı artmaktadır. Premetalize boyaların kullanıldığı hallerin dışında, ağır metal konsantrasyonu düşüktür; koloidal madde içeriği ise, evsel atıksulara oranla daha azdır (Sözen, 1991).

EPA alt kategorizasyonuna ilişkin tekstil endüstrisi atıksu karakterizasyonu Çizelge 2.3'de verilmektedir (EPA, 1978). Orhan ve arkadaşları (1996) tarafından Türkiye'de tekstil endüstrisi için yapılan çalışmalardan elde edilen atıksu karakterizasyonu tanımlanmıştır (Çizelge 2.4.). Bu karakterizasyonda denim yıkama işlemleri ayrı bir alt kategori olarak dikkate alınmaktadır ve jean yıkama işlemlerinin esas olarak Dokunmuş kumaş son

işlemlerinde yer aldığı belirtilmektedir. Köroğlu (2004)'nun çalışmasından alınan alt kategorilerde konsantrasyon bazında atıksu karakterleri Çizelge 2.5.'de verilmektedir.

Çizelge 2.3. Tekstil Endüstrisi Alt Kategorizasyonuna Ait Atıksu Karakterizasyonu ve Su Kullanımı (EPA, 1978)

Alt Kategori Parametre	Yapağı Yıkama	Yünlü Kumaş Son İşlemler	Az Su Kullan. İşlemler	Dokunmuş Kumaş Son İşl.	Örgü Kumaş Son. İşl.	Halı Üretimi Son İşl.	Stok ve Elyaf Son İşl.
KOI (mg/lt)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
AKM (mg/lt)	8000	130	200	300	300	120	75
Yağ Gres (mg/lt)	5500	-	-	14	53	-	-
Top.Krom (mg/lt)	0,05	4	0,014	0,04	0,05	0,42	0,27
Fenol (mg/lt)	1,5	0,5	-	0,04	0,4	0,13	0,12
Sülfid (mg/lt)	0,2	0,1	-	3	0,2	0,14	0,09
pH	8	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık (°C)	28	60	21	37	40	20	38
SuKullanımı (l/kg)	35	35	12	112	150	70	150

Çizelge 2.4. Türkiye için Geçerli Olan Alt Kategorizasyonuna Ait Atıksu Karakterizasyonu (Orhon ve ark., 1996)

Altkategoriler	Parametreler						
	Ortalama Konsantrasyon (mg/lt)						
	KOİ	BOİ	AKM	Yağ Gres	Cr	Fenol	S ⁻
Yün Yıkama	9000	3000	4000	3000	-	-	-
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	1200	300	200	-	-	-	1
Örgü Kumaş Son İşlemler	1000	350	300	53	0,5	0,24	0,2
Stok ve İplik Son İşlemler	1200	500	40	100	5	-	2
Dokunmuş Kumaş Son İşlemler	1200	650	300	14	0,04	0,04	3
Halı Son İşlemler	2000	700	100	30	0,005	0,001	0,002
Dokusuz Yüzeyle Kumaş İşlemler	3850	1230	80	-	-	-	-
Jean Yıkama İşlemler*	1000	300	300	-	-	-	-

*Esas olarak Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri altkategorisinde yer almaktadır.

Çizelge 2.5. Alt Kategorilerde Konsantrasyon Bazında Atıksu Karakterleri (Köroğlu, 2004)

Parametreler	ALT KATEGORİLER								
	Yapağı Yıkama	Yünlü Kumaş Son İşl.	Az Su Kullanılan İşl.	Dokunmuş Kumaş Son İşl.	Örgü Kumaş Son İşl.	Halı Üretimi Son İşl.	Stok ve Elyaf Son İşl.	Dokusuz Yüzeyle Kumaş Son İşl.	Keçeleştirilmiş Kumaş Son İşl.
Debi [m ³ /gün]	38-2800	190-16000	23-1100	42-29000	11-13000	76-6900	45-9600	53-1900	11-1500
BOİ ₅ [mg/lt]	310-6700	66-750	37-2600	19-2200	60-1900	190-560	43-1600	64-630	55-380
KOİ [mg/lt]	100-18000	280-2000	120-3000	200-5100	340-19000	280-2100	140-4800	200-3900	230-2100
TAM [mg/lt]	120-13000	17-240	10-530	16-2400	18-2200	37-210	2-4200	59-180	68-280
Sülfür [µg/lt]	500	1100-6000	1000	25-580	20-7100	10-450	1-4400	1000	1200
Yağ ve gres [mg/lt]	80-5000	Veri yetersiz	80	6-1400	6-460	3-93	1-180	Veri yetersiz	Veri yetersiz
Fenol [µg/lt]	Veri yetersiz	90-160	80	10-600	1-1700	1-1100	3-620	45	Veri yetersiz
Krom [µg/lt]	10-220	190-880	15-97	1-1200	10-600	4-300	4-1600	4-10	Veri yetersiz
Renk [APHA]	2200	1000-2000	10	20-10000	37-1500	65-1900	57-3000	35-140	190

2.9. Tekstil Endüstrisi Atıksu Arıtma Teknolojileri

Tekstil endüstrisi, kullanılan ham ve kimyasal maddelerin; yürütülen işlemlerin; her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği ile farklı su kullanımlarına bağlı olarak değişken yapıya sahip bir endüstri dalıdır (Germirli ve ark., 1990, Lin ve Peng, 1994, Freeman, 1995, Eremektar ve ark., 1997, Lin ve Chen, 1997). Bu dinamik yapı, atıksu karakterizasyonu ve uygulanan arıtma teknolojilerine de yansımaktadır. Bu nedenle, tekstil endüstrisi için tipik bir atıksu ve standart arıtma teknolojisinden söz edilememektedir (Eremektar ve ark., 1997). Tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler, genellikle tek tek değil, birbirlerinin ardı sıra uygulanmaktadır (Brower ve Reed, 1987, Paprowicz ve Slodezyk, 1988, Tünay, 1988, Tünay ve ark., 1989). Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında işlem gören başlıca arıtma teknolojileri arasında ızgaradan geçirme, krom indirgeme, çökeltme-yüzdürme, dengeleme, nötralizasyon, emülsiyon kırma, kimyasal çöktürme, biyolojik arıtma, aktif karbon adsorpsiyonu ve kimyasal oksidasyon bulunmaktadır. Ayrıca, ileri arıtma teknikleri olarak renk ve çözünmüş madde giderimini sağlamak üzere ters osmoz, iyon değişimi gibi arıtma

yöntemleri de uygulanmaktadır. Tekstil endüstrisi atıksularına uygulanan çeşitli arıtma yöntemleri ve arıtma verimleri Çizelge 2.6.'de özetlenmektedir.

Çizelge 2.6. Tekstil Endüstrisi Atıksularına Uygulanan Çeşitli Arıtma Yöntemleri ve Arıtma Verimleri (UNEP IE, 1994)

PROSES	GİDERİM VERİMİ (%)				
	BOİ ₅	KOİ	AKM	Yağ ve Gres	Renk
BİRİNCİL ARITMA					
Izgara	0-5	-	5-20	-	-
Dengeleme	0-20	-	-	-	-
Nötralizasyon	-	-	-	-	-
Kimyasal Koagülasyon	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
İKİNCİL ARITMA					
Konvansiyonel Aktif Çamur ve Çökeltme	70-95	50-70	85-95	0-15	20
Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur ve Çökeltme	70-94	50-70	85-95	0-15	
Havalandırmalı Lagün ve Çökeltme	60-90	45-60	85-95	0-10	
Havalandırmalı Lagün	50-80	35-60	50-80	0-10	
Dolgulu Kolon	40-70	20-40	-	-	
ÜÇÜNCÜL ARITMA					
Koagülasyon	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
Karbon Adsorbsiyonu	25-40	25-60	25-40	-	80-90
Klorlama	0-5	0-5	-	0-5	0-5
Ozonlama	-	30-40	50-70	-	70-80
İLERİ ARITMA					
Ters Osmoz	95-99	90-95	95-98	-	-

Tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında uygulanmakta olan arıtma alternatifleri arasında en yaygın kullanım alanına sahip olanı, karbon gideriminin verimli ve ekonomik olarak gerçekleştirildiği aktif çamur biyolojik arıtma sistemleridir (Büyükdere, 2008). Ancak, tekstil endüstrisi atıksularının çok değişken karakterde olması ve arıtılmaları için çok sayıda yöntemin bulunması, uygun arıtma düzeninin belirlenebilmesini güçleştirmektedir. Bu güçlüğü üstesinden gelebilmek için her tesis için ayrı ayrı atıksu karakterinin ve arıtılabilirliğinin dikkate alındığı detaylı bir inceleme yapılmalıdır.

2.10. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Geri Kazanım - Yeniden Kullanım Alternatifleri

Tekstil endüstrisinde endüstriyel kirlenme kontrolü, iki aşamalı bir yaklaşım izlenerek gerçekleştirilmelidir. İlk adım tesis içi kontrolün uygulanmasını, bunu izleyen ikinci adım ise

oluşacak atık miktar ve karakterine göre tasarlanacak bir arıtma tesisinin işletilmesini kapsamaktadır. Tekstil endüstrisinde uygulanacak tesis içi atıksu kontrolü aşağıda sıralanan 4 ana gruba ayrılmaktadır:

1. Suyun tekrar kullanımı
2. Su kullanımının azaltılması
3. Kullanılan kimyasallarda değişiklik
4. Madde geri kazanımı

2.10.1. Suyun tekrar kullanımı

Tekstil endüstrisinde bazı durumlarda proses sularının birden fazla işlemde kullanılması ile arıtma sistemine girecek atıksu debisi azaltılabilmektedir. Suyun tekrar kullanımı için yapılabilecek en yaygın uygulamalar; kirlenmemiş soğutma suyunun, sıcak su gerektiren proseslerde kullanılması ve bir procesten çıkan suyun, farklı bir processte kullanılması olarak gruplanabilir (Veldhuisen, 1994). Kondensatör, ısı eşanjörleri, yün kurutucuları, hava kompresörleri gibi çeşitli ekipmanlarda kullanılan temassız soğutma sularının, hiçbir işlemde geçirilmeden toplanılıp tekrar kullanılması da önemli oranda enerji tasarrufu sağlayacak ve gereksiz su tüketimini engelleyecektir. (Büyükdere, 2008). Öte yandan son durulama sularının, ilk durulama banyosu hazırlanırken tekrar kullanılması, baskıdan çıkan atıksuların ekipman ve yerlerin düşük düzeyde temizliği için tekrar kullanılması, ağartma atıksularının yıkama veya haşıl gidermede tekrar kullanılması, deşarj edilen atıksu debisinin büyük oranda azalmasına yol açacaktır.

2.10.2. Su kullanımının azaltılması

Literatürde bu endüstri için gereksiz su tüketimlerinin kısıtlanması sonucu su kullanımında %10-30 arasında azalma gerçekleştirilebileceği kaydedilmektedir (Veldhuisen, 1994, Smith, 1986, 1988). Proses banyolarının gerektiğinden daha fazla su ve banyo kimyasalları ile hazırlanmasından kaçınılması, akış göstergesi ve sayaçlarının, seviye şalterlerinin ve akış hızını azaltıcı cihazların kullanılması, vana vs. gibi aletlerin bozukluğunun farkedildiği anda değiştirilmesi, otomatik vanaların kullanımının tercih edilmesi, konteynir ve ızgaraların temizliğinin otomatik yapılması, gereksiz ürün yıkamalarının kısıtlanması için üretim yapılan alanın kirden, yağdan, pastan vs. arınmış

olmasını sağlamak, bunun için çalışanların teşviki ve eğitiminin sağlanması tekstil endüstrisinde su kullanımını sınırlandıran son derece basit ancak etkin önlemlerdir.

Proseslerde kullanılan su miktarının düşürülmesi için uygulanabilecek yöntemlerden bir tanesi ters akımlı yıkama veya durulamadır. Kolay ve ucuz olan bu yöntem, son yıkamadan kaynaklanan en az kirlenmiş atıksuyun, bir önceki yıkama adımında yeniden kullanılması ve sistemin bu şekilde sondan başa doğru düzenlenmesi esasına dayanır (Smith, 1986, 1988). Yeniden kullanılan sudaki kirletici düzeyi suyun hangi aşamada deşarj edilmesi gerektiğini belirler. Ters akımlı yıkama veya durulama yönteminin sürekli boyama, haşıl sökme, ağartma gibi proseslerde uygulanabileceği kaydedilmektedir (Veldhuisen, 1994).

2.10.3. Kullanılan kimyasallarda değişiklik

Tekstil endüstrisinde kullanılan bazı kimyasalların değiştirilmesiyle atıksuyun kirlilik yükü azaltılabilmektedir. Bunun için literatürde pamuklu tekstil ürünlerinin işlenmesi sırasında ağartma adımında sıkça kullanılan hipoklorit yerine hidrojen peroksitin kullanılması (Elvers, 1995), küp boyaların oksidasyonunda dikromat yerine periyodat veya peroksit kullanılması (Smith, 1988), metal içeren reaktif boyaları metal içermeyen küp boyalarla değiştirilmesi (Smith, 1988), reaktif boyamada kesikli prosesler yerine sürekli veya yarı sürekli proseslerin uygulanarak tuz kullanımından kaçınılması (Elvers, 1995), haşıl sökme işleminde asetik asit yerine sülfürik asit kullanılması, haşıllamada nişasta yerine sentetik haşıllayıcılar kullanılması (Veldhuisen, 1994), mercerizasyon işleminde kostik yerine sıvı amonyak kullanılması (Smith, 1986, 1988, Routte, 1996) önerilmektedir.

2.10.4. Madde geri kazanımı

Tekstil endüstrisinde boya banyolarının yeniden kullanımı, haşıl ve kostik geri kazanımı gibi uygulamalar mevcuttur. Haşıllamada kullanılan nişasta; asit, enzim veya oksitleyicilerle söküldüğünden geri kazanılamaz hale gelir. Ancak, Polivinilalkol, poli(met)akrilat gibi sentetik haşıllayıcıların sözkonusu olduğu durumlarda ultrafiltrasyon vb. metodlar yardımıyla geri kazanım sağlanabilmektedir (Elvers, 1995). Pamuklu karışımların mercerizasyonunda kullanılan konsantre sodyum hidroksit çözeltisi membran teknolojileri ve buharlaştırma yöntemleri uygulayarak %98 oranında kostik soda geri kazanılabilmektedir (UNEP IE, 1994, Elvers, 1995).

3. DENİM ENDÜSTRİSİ

3.1. Denimin Tanımı

Denim genel tanımıyla tamamen pamuk ipliklerden üretilen çözgüsü indigo boyalı, atkı ipliği boyanmamış ham pamuk ipliğinden dokunmuş kumaştır. Orta ağırlıkta, dayanıklı, çözgü yüzeyle dimi örgüsüdür. Çözgünün boyalı olması ve atkının boyasız olması nedeniyle kumaşın yüzü ve tersi, örgünün özelliği nedeni ile renk olarak farklı gözükmemektedir (Bircihan Korkmaz, 2009).

3.2. Denimin Tarihçesi

Tekstil sektöründe önemi hızla artmakta olan denimin tarihçesi yüzyıllara dayanmaktadır. Denim, Nimes adlı bir Fransız kasabasında dokunan yün karışımı kumaşlar için kullanılan "serge de nimes" tamlamasından bozularak İngilizceye geçmiş bir kelimedir.

Denim kumaşının üretimi 18. Yüzyılın sonunda Atlantik okyanusunu aşarak Amerika'ya ulaşmış ve Amerika'da da küçük ölçütlerde denim kumaş üreten tesisler kurulmaya başlanmıştır. 18. yüzyılda kumaşın dayanıklılığı ve kolay aşınmaması sebebi ile işçilerin, 19. yüzyılda ise madencilerin pantolonları olarak kullanım alanı bulmuştur. II. Dünya Savaşı sonrası Avrupa'da olduğu gibi Türkiye'de de Amerikan üsleri kurulmuş ve Amerikan askerinin sivil hayatta giydiği denim pantolon rağbet görmeye başlamıştır. O zamanlar "yıkılmış denim pantolon" diye bir kavram gelişmemiştir. Üretimin nihai aşaması olarak da yıkanması söz konusu değildir. Dükkandaki hali neredeyse zımpara kağıdı gibi ham ve serttir. Son derece sert olan denim kumaşı ancak uzun kullanım süresi sonunda o yumuşak ve mavimsi haline kavuşabiliyordu. Bu süreci çabuklaştırmak için deniz kıyısında taşlamak, tahta fırçayla fırçalamak, vücuda oturması için denize pantolonla girmek gibi yöntemler deneniyordu. Tüm bu ilgi ve alaka sonucu denim pantolon, işçi giysisi olmaktan çıkıp, gençlik, özgürlük ve demokrasinin giysisi olduğunu ilan etmiş ve bununla birlikte tüm dünyaya yayılmıştır.

Tarihsel bir süreçten geçen "denim" günümüze gelene kadar gerek formunda, gerek üzerine yapılan süslemelerde, farklı yıkamalarla, hatta kumaşında çeşitli terbiye işlemleri

geliştirilerek yenilikler sağlanmıştır. Daha iyi bir form ve daha fazla rahatlık için denim kumaşlarına ilave olarak poliamid, licra, polyester gibi karışımlar kullanılmıştır. Üzerine yapılan işlemler sonucunda değişen tarzı ile denim adeta evrim geçirmiştir (Bircihan Korkmaz, 2009).

3.3. Türkiye’de Denim Giysi İhracatı ve Dünya Denim Pazarı için 2014 Tahminleri

Günümüzde denim kumaşlar ve terbiye işlemleri geliştirilerek, yenilikler yapılarak tüketicinin denim giysilere olan ilgisi taze tutulmaya çalışılmaktadır. Ergonomik olarak tasarlanmış ve vücut formuna uygun şekillendirilmiş denim pantolonlar, gelişmiş ürün grubuna örnek olarak verilebilmektedir (İTKİB 2005).

Türkiye denim kumaş üretiminde dünya çapında isim yapmış bulunmaktadır ki bu kaliteli kumaşlarla üretilen denim giysiler özellikle son birkaç yılda dokuma konfeksiyonun en sağlam kalesi haline gelmiştir. Mavi Jeans, Colin's, Loft, Redstar, Motor, Interpoll Jeans, Uncle Sam, Cross Jeans, Balin's Jeans gibi Türk markaları yaratılmış ve tüm dünyaya tanıtılmıştır. (İTKİB 2005).

Türkiye denim giysi üretiminde gerek tasarım gerek markalaşma gerekse etkin pazarlama stratejileri ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri durumuna gelmiştir. Denim giysi üreticilerinin dünyanın en prestijli fuarlarına katılarak, Avrupa'dan Amerika'ya dünyanın dört bir yanında mağazalar, showrooomlar açarak yürüttükleri yoğun ve etkin pazarlama stratejileri, 2000’li yıllarda meyvelerini vermiştir (Türkant, 2008).

Türkiye'nin toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı içerisinde denim giysilerinin payı 2000 yılında %5,6 iken 2007 yılında %14 olarak hesaplanmıştır. 2007 yılında Türkiye’den 142 ülkeye 2,1 milyar dolar değerinde denim giysisi ihracatı yapılmıştır. 2008 yılının Ocak-Mayıs döneminde ise denim giysi ihracatı 756 milyon dolar değerinde olmuş ve toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı içerisindeki payı % 11,1 olarak hesaplanmıştır (Türkant, 2008). Yıllar itibariyle denim giysi ihracatının Türkiye toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatındaki payı Çizelge 3.1.’de verilmiştir. Diğer yandan, denim giysi ihracatının Türkiye'nin dokuma konfeksiyon ihracatı içerisindeki payı 2000 yılında %16,4 iken, 2007 yılında bu pay %40'a yükselmiştir. 2007 yılında Türkiye'den 5,4 milyar dolar değerinde dokuma konfeksiyon ihracatı yapılmış; bu rakamın 2,1 milyar dolarlık kısmı da

denim giysi ihracatından kaynaklanmıştır. 2008 yılının ilk beş ayı içerisinde Türkiye'den yapılan 2,3 milyar dolarlık dokuma konfeksiyon ihracatının 756,1 milyon dolarlık, diğer bir ifade ile %31,6'lık kısmını denim giysi ihracatı oluşturmuştur (Türkant, 2008). Yıllar itibariyle denim giysi ihracatının dokuma konfeksiyon ihracatı içerisindeki payı Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Türkiye'nin Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatında Denim Giysilerinin Payı (Türkant, 2008)

TÜRKİYE'NİN HAZIRGIYIM VE KONFEKSİYON İHRACATINDA DENİM GİYSİLERİN PAYI 2000 - 2008				
YILLAR	HAZIRGIYIM KONFEKSİYON İHRACATI 1000 ABD \$	VE	DENİM İHRACATI 1000 ABD \$	GİYSİ DENİM GİYSİLERİN PAYI %
2000	7.250.960		409.101	5,6
2001	7.332.107		571.752	7,8
2002	8.945.787		885.302	9,9
2003	11.171.096		1.015.716	9,1
2004	12.643.690		1.510.363	11,9
2005	13.411.464		1.935.830	14,4
2006	13.558.054		1.865.062	13,8
2007	15.560.170		2.174.262	14,0
2007 Ocak-Mayıs	6.011.839		822.786	13,7
2008 Ocak-Mayıs	6.794.080		756.130	11,1

*DTM Bilgi Sistemi/ Temmuz 2008

Çizelge 3.2. Türkiye'nin Dokuma Konfeksiyon İhracatında Denim Giysilerinin Payı (Türkant, 2008)

TÜRKİYE'NİN DOKUMA KONFEKSİYON İHRACATINDA DENİM GİYSİLERİN PAYI 2000 - 2008			
YILLAR	DOKUMA KONFEKSİYON İHRACATI 1000 ABD \$	DENİM GİYSİ İHRACATI 1000 ABD \$	DENİM GİYSİLERİN PAYI %
2000	2.501.046	409.101	16,4
2001	2.635.680	571.752	21,7
2002	3.248.076	885.302	27,3
2003	3.806.602	1.015.716	26,7
2004	4.527.932	1.510.363	33,4
2005	4.851.363	1.935.830	39,9
2006	4.699.348	1.865.062	39,7
2007	5.429.952	2.174.262	40,0
2007 Ocak-Mayıs	2.072.227	822.786	39,7
2008 Ocak-Mayıs	2.391.674	756.130	31,6

*DTM Bilgi Sistemi/ Temmuz 2008

2008 yılının ilk beş ayı itibariyle 2007 yılına kıyasla denim giysi ihracatında az da olsa performansının düştüğü görülmektedir.

Türkiye'nin denim giysi ihracatında en büyük pazarları Almanya, İngiltere, İspanya, Avrupa Serbest Bölgesi ve Hollanda olarak sıralanmaktadır. 2007 yılında ve 2008 yılının Ocak-Mayıs döneminde en fazla denim giysisi ihraç edilen ülkeler ve bu ihracattaki değişimler Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Buna göre, çizelgede yer alan 15 ülkeye ihracat payı, 2007 yılı ocak-mayıs aylarında toplam ihracatın %87'sini ve 2008 yılı ocak-mayıs aylarında toplam ihracatın %88'ini oluşturmaktadır.

Çizelge 3.3. Türkiye'nin En Fazla Denim Giysisi İhraç Ettiği Ülkeler (Türkant, 2008)

TÜRKİYE'NİN EN FAZLA DENİM GİYSİ İHRAÇ ETTİĞİ ÜLKELER							
ÜLKE	BİRİM	2007 OCAK-MAYIS		2008 OCAK-MAYIS		2007 / 2008 DEĞİŞİM	
		MİKTAR	DEĞER (\$)	MİKTAR	DEĞER (\$)	MİKTAR (%)	DEĞER (%)
ALMANYA	ADET	10.153.441	153.314.129	6.622.594	140.374.437	35	8
İNGİLTERE	ADET	10.012.582	141.440.585	5.972.605	107.646.052	40	24
İSPANYA	ADET	5.350.150	68.296.371	4.440.272	69.305.426	17	1
AVRUPA SERBEST BÖL	ADET ¹	2.419.546	41.773.874	3.206.902	68.184.613	33	63
HOLLANDA	ADET	3.720.862	54.758.949	2.921.312	62.866.010	21	15
DANİMARKA	ADET	3.096.773	49.603.785	2.427.705	49.777.217	22	0
İTALYA	ADET	1.547.961	31.319.568	1.551.627	37.953.125	0	21
ÇEK CUMHURİYETİ	ADET	1.722.993	18.837.542	1.599.692	27.127.639	7	44
FRANSA	ADET	2.355.785	33.705.265	1.228.347	23.394.922	48	31
RUSYA FEDERASYONU	ADET	1.678.040	23.789.610	1211.853	20.082.690	28	16
İST TRAKYA SER. BÖL.	ADET	2.121.623	37.564.117	1356.913	19.395.808	36	48
İSVEÇ	ADET	772.066	11.659.451	614.856	12.410.069	20	6
CEZAYİR	ADET	1.746.700	14.213.032	1.032.371	9.498.175	41	33
BELÇİKA	ADET	958.445	12.898.677	569.625	9261.648	41	28
AB.D.	ADET	1.610.707	19.079.499	517.334	8.330.619	68	56
İLK 15 ÜLKENİN TOPLAMI		49.267.674	712.254.454	35.274.008	665.608.450	28	7
TÜRKİYE DENİM GİYSİ İHRACATI	TOPLAM	72.424.636	822.786.211	43.389.108	756.130.240	40	8
15 ÜLKENİN PAYI (%)			87		88		

Just-style adlı moda ve tekstil haber ve rapor sitesinin yayınladığı "Denim Giysi ve Jeans Sektörleri Küresel Pazar Değeriendirmesi-2014" adlı raporun özetinde, 2007 yılında 51,6 milyar dolar olarak tahmin edilen Dünya denim giysi pazarının hacminin, 2014 yılında 56,2 milyar dolar seviyesine çıkması öngörülmektedir. Böylece 2007 ile 2014 yılları arasında küresel denim giysi pazarı dolar bazında % 8,9 oranında büyümüş olacaktır. Miktar bazında ise 2007 yılında 1 milyar 784 milyon adet olarak tahmin edilen pazar hacminin, 2014 yılında

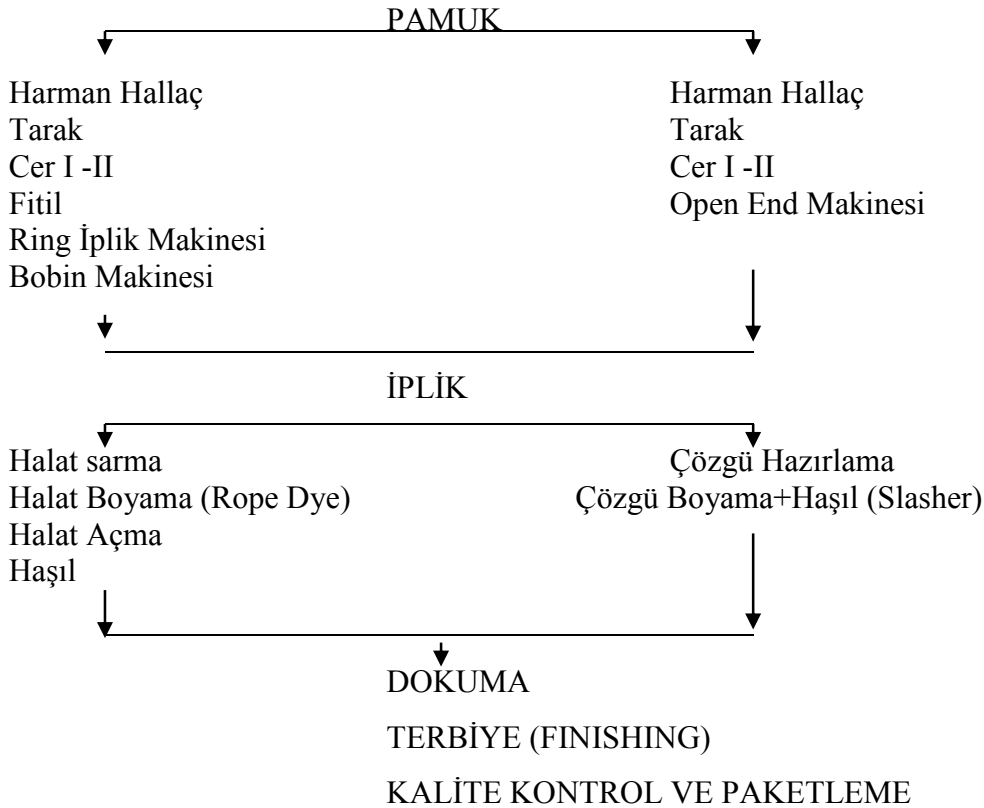
1 milyar 990 milyon adede yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu durumda miktar bazında yedi yıllık artış oranının % 11,5 olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, miktar bazındaki artışın, değer bazındaki artıştan % 30 fazla olması öngörülmektedir (Türkant, 2008).

3.4. Denimin Hammaddesi

Denimin hammaddesi %100 pamuktur. Pamuk bitkisi, keten ve yün ile birlikte tekstilde kullanılan en eski elyafıdır. Antartika hariç dünyanın her yerinde yetişir. Ancak pamuk daha çok nemli ve sıcak havayı sever. Anavatanı Hindistan'dır. Bunun yanında; Çin, Meksika, Pakistan, Brezilya, Türkiye, Mısır, A.B.D., B.D.T. (Özbekistan ve Kazakistan) ve Sudan'da da pamuk üretimi önemli bir yer tutmaktadır (Başer, 1992).

3.5. Denim Kumaşı Üretimi

Tipik bir denim kumaşı üretimi işlem akış şeması Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Denim Kumaş Üretimi İşlem Akış Şeması (Tekstil (2006). Denim üretimi, <http://www.kumasci.com/Formlar/dosyakategori.aspx?id=5> (erişim tarihi, 11.12.2010))

Pamuk elyafı; iplik yapımı, dokumaya hazırlık ve ürünlerinin terbiyesi olarak üç aşamada işlenir. İplik yapımı, açma temizleme, tarama, çekme, eğirme, bobinleme gibi işlemleri kapsar. Bunlar çoğunlukla mekanik kuru işlemlerdir. Dokumaya hazırlık işlemleri, bobin ve çile hazırlanması, çözgüler, tahar, haşillama ve dokuma işlemlerini kapsar, bu işlemler de kuru işlemlerdir. Terbiye işlemlerinde ise önemli miktarda su kullanımı vardır.

3.6. Denim Kumaşının Özellikleri

Denim kumaşının genel özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Denim kumaşlarının çözgü ipliği indigo boya veya sülfür boyalarla boyanmış pamuk ipliğidir.
2. Atkı ipliği ise beyaz pamuk ipliğidir. Bu atkı iplikleri daha sonra boyanabilir.
3. Çözgü ipliği atkı ipliğine göre daha ince ve sık bükümlüdür.
4. Denim kumaşı, çözgü yüzeyli dimi örgüleri ile dokunur. En çok 2/1 ve 3/1 çözgü dimileri kullanılır.
5. Kumaş örgüsünden dolayı ön ve arka yüzleri farklıdır. Arka yüzde beyaz atkı iplikleri belirgin, ön yüzde ise boyalı çözgü iplikleri belirgindir.
6. Denim kumaşların pH değeri 8-10 arasında olmalıdır.
7. Işık haslığı 4, ter haslığı 5, sürtünme haslığı boyalılarda en çok 3, bunun dışındakiler de ise en çok 5 olmalıdır.
8. Çekmezlik değeri atkı ve çözgü yönlerinde en çok % 2-3, gerilme toleransı ise % 1 olmalıdır.
9. Denim kumaşları belirli bir dikim kolaylığına da sahip olmalıdır (Yakartepe, 2005).

3.7. Denim Kumaşların Boyanması

Denim kumaşların bilinen özelliği, çözgü ipliklerinin indigo boyarmaddesi ile boyalı olmasıdır. İndigo boyarmaddesi sayesinde düşük yıkama haslığına, orta dereceli ışık haslığına ve düşük derecede kuru sürtme haslığına sahip denim kumaşlar üretilmekte ve bu kumaştan dikilmiş mamuller, çeşitli fiziksel ve kimyasal eskitme yöntemlerine tabi tutularak, mamul üzerinde modaya uygun eskimiş, yıpranmış hissi veren efektlerin oluşması sağlanmaktadır (Tahran, 2005).

Denim kumaşların boyanmasında kullanılan doğal indigo; orijinal olarak tropik iklimlerde (özellikle Hindistan ve Çin'de) yaygın şekilde bulunan "*Indigofera tinctoria L.*" bitkisinin yapraklarından üretilmiştir. Bu bitkinin tarımı Hindistan'da 4000-5000 yıldan bu yana yapılmaktadır ve bu zaman sürecinden beri tekstil boyamacılığında kullanılmaktadır. Indigo boyarmaddesi suda çözünmeyen bir yapıya sahiptir. Suda çözünür hale gelmesi ancak alkali ve indirgen ortamda mümkün olmaktadır. Suda çözünen bu yapıya "sodyum löyko (leuco) indigo" adı verilmektedir. İndigonun yapısındaki kromofor gruplar (C=O) indirgendiğinde reaksiyon bir renk değişikliği ile yürür. Mavi renkli indigo, sodyum löyko bileşiğine indirgendiğinden çözeltili sarı renkli olur. Sarı renkli bu bileşik selüloz tarafından çekilerek lifleri boyar ve daha sonra hava oksijeni ile tekrar yükseltgenerek mavi renkli indigoya dönüşür (Tahran, 2005).

3.8. Denim Kumaş Çeşitleri

- Mavi Denim: Çözücü indigo boyarmaddesiyle maviye boyanmış ve atkı ipliği beyaz, çözücü dimisi şeklinde dokunmuş kumaştır.
- Siyah Denim: Çözücü iplik halinde siyaha boyanmış veya kumaş halinde siyaha boyanmış denim cinsidir. Kumaş veya parça halindeki siyah boyamalarda kükürt boyarmaddeleri kullanılmaktadır.
- Basic Colored Denim: Temel renklerde boyanmış denim kumaşların üretiminde reaktif boyarmaddeler kullanılmaktadır, fikse işlemi için soda kullanılmaktadır. Fikse işlemi ardından durulama, asitleme ve sabunlama adımları gerçekleştirilmektedir.
- Çok Renkli Denim: Çok renkli çözücü iplikleri klasik indigo ile boyanmış çözücü ipliklerinin kükürt boyarmaddeleriyle boyama işlemine alınması ile üretilmektedir.
- Çift Taraflı Denim: Ön ve arka kumaş yüzleri farklı iki değişik boya grubu ile özel metotlarla boyanarak veya basılarak renklendirilmiş denim cinsidir. Renklendirme işlemi kumaş halindeyken yapılabildiği gibi, atkı ve çözücü ipliklerinin farklı renklerde boyanmasıyla da yapılabilmektedir.
- Ring Efektli Denim: Atkısı ve/veya çözücü ring iplikten dokunmuş denim kumaşlar için kullanılan bir ifadedir. Sadece çözücünün ring olması durumunda yıkama sonrasında mamul üzerinde boyuna çizgili bir efekt elde edilmektedir. Atkı ve çözücü ipliklerinin her ikisinin de ring olması durumunda yıkama sonrasında hem atkı hem de çözücü yönünde çizgili bir efekt elde edilmektedir.

- Streç Denim: Yapısında elastan iplikler içeren denim cinsidir. Bu denimler, kumaş eni yönünde elastikiyete sahiptirler.
- Aşındırılmış İndigo Denim: İndigo boyanmış kumaşın aşındırma patı ile basılarak, desene göre zemin boyarmaddesinin tahrip edilmesi ile elde edilen denim kumaşlardır (Özdemir ve Duran, 2006).

3.9. Denimin Yıkama

Son birkaç yıla kadar parça yıkama denince akla gelen, siyah veya mavi indigo boyalı denim mamullerin yıkamasıydı. Günümüzde ise yıkama; hemen her türlü hazır giyim mamulü için uygulanabilen çok farklı, değişik görünüm ve tuşelerin elde edilebildiği bir sektör haline gelmiştir.

Denim giysilere uygulanan yıkama işlemlerini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

1. Kuru işlemler

- Zımpara
- Kumlama (Sand blasting)
- Eskitme-Yıpratma
- Kılçıklama
- Lazer
- Reçine(Kaplama)

2. Yaş işlemler

- Ön yıkama (Haşıl sökme)
- Taş/Enzim yıkama
- Ağartma
 - Sodyumhipokloritklorit ağartması
 - Potasyumpermanganat ağartması
 - Enzimatik ağartma
 - Ozon ağartması
- Tint
- Yumuşatma (Rotta Kimya, 2005)

3.9.1. Kuru İşlemler

Kuru işlemler; denim giysisine, istenen kullanılmış görüntüyü vermek için yapılan ve giysiye mekanik olarak uygulanan işlemlerdir. Denim kumaş üretiminde kullanılan çözgü ipliği, dokuma sırasındaki gerilimlere karşı dayanıklı olması amacıyla haşıl denilen nişasta türevi bir malzeme ile kaplanmaktadır. Kumaş üretildikten sonra konfeksiyoncuya haşılı olarak sevk edilmektedir. Haşıl malzemesi kumaşta bir sertlik oluşturduğundan, kuru işlemler sırasında aşındırma amaçlı olarak kullanılan zımpara, daha kolay etki göstermektedir. Bu sebeple kuru işlemler, ilk proses olarak uygulanmaktadır (Çakır, 2010).

3.9.2. Yaş işlemler

1. Haşıl sökme (Ön yıkama)

Haşıl malzemesi genellikle, nişasta veya modifiye nişasta esaslıdır ve bununla beraber bir miktar ıslatıcı kimyasal ve yumuşatıcı da haşıl reçetesinde bulunmaktadır. Yıkamada kırıksız, abrajısız ve istenilen tuşede bir yıkama yapılması için kullanılan haşıl malzemelerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem sentetik haşılarda çok kolaydır çünkü bunlar su ile yıkandığında ürün üzerinden uzaklaşmaktadırlar. Ama nişasta bazlı haşıl kullanıldığında durum değişir çünkü nişasta suda çözülmediği için nişastayı parçalamak gerekmektedir. Bu amaç için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yıkamada bu yöntemlerden en çok kullanılanı haşıl sökücü enzimlerdir (alfa amilaz).

Haşıl sökücü enzimler bakterilerden elde edilirler ve etkin hale gelmeleri için uygun koşullar oluşturulmalıdır. Bu koşulları pH ve sıcaklık olarak özetleyebiliriz. Aksi takdirde düzgün ve yeterli etki gösteremezler. Ancak kumaş üzerine terbiye işlemleri sırasında tatbik edilen diğer kimyasallar veya yabancı maddeler, amilaz ile uzaklaştırılmaz. Zaman zaman bunların uzaklaştırılması için, kullanılan enzimle uyumlu çalışabilecek bir deterjan gereklidir. Deterjanlar non-iyonik ve anyonik olabilirler. Anyonik deterjanlar daha iyi bir temizleyici olmakla beraber, amilazı çökertme ihtimali olabilir. Bu sebeple amilaz ile beraber genelde non-iyonik deterjanlar kullanılır. Ayrıca kullanılan enzimin çalışabileceği pH aralığına ve en aktif olduğu sıcaklık derecesine göre, gerekiyorsa asetik asit kullanılmakta ve sıcaklık ayarlanmaktadır (Orta Anadolu, 2006).

Haşıl giderme işlemi atıksuyu, genel atıksuyun organik yüküne (bazı yağ ve gresler de dahil) temelde katkıda bulunan önemli işlemlerden biridir ve nihai atıksudaki askıda katı maddenin büyük bir miktarı bu işlemde kaynaklanmaktadır. Sentetik haşılama maddeleri (PVA, CMC, PAA) sabit bir BOİ₅ ve yüksek bir KOİ'ye sahipken, doğal nişasta haşılının BOİ₅ değeri oldukça yüksektir. Çizelge 3.1.'de doğal nişasta ile enzimatik ve ait tipi haşıl gidermeden oluşan maddeler listelenmiştir. Enzim gideriminden oluşan atıksuyun pH'ı yaklaşık nötrdür. Ancak sülfürik asit giderimi sırasında pH 1 yada 2'lere düşebilir (Yıldız Töre, 2005).

Çizelge 3.4. Doğal Nişastanın Haşıl Giderimi Sırasında Oluşan Atıksu Kompozisyonu (Yıldız Töre, 2005)

İşlemin Tipi	Üretilen atıklar	Atık karakteristikleri
Enzim	- Nişasta - Yağ, wax - Enzimler -NaCl, Islatma kimyasalları	-(İn)organik çözülmüş katılar - AKM - Yağ ve gres - Renk: Açık
Sülfürik Asit	- Nişasta kalıntıları - Yağ, wax - Sülfürik asit	-(İn)organik çözülmüş katılar - AKM - Yağ ve gres - Renk: Açık

Haşıl giderme işlemleri bir tekstil fabrikasından oluşan organik yüke %50'ye varan mertebelerde katkıda bulunabilmektedir. Haşıl giderme ünitesinden gelen organik yükler KOİ parametresini direkt etkilediğinden, atıksu kirliliği üzerine önemli bir etkiye sahiptir.

2. Taş/enzim yıkama

Ponza taşı, kum gibi aşındırıcı materyaller kumaş yüzeyinde mekanik bir aşınma sağlar ve çözgü ipliğinin üst tabakasındaki boyar maddenin aşınma yoluyla uzaklaştırılmasını sağlar. Mekanik etkiler, kumaşın mukavemetini, kimyasal etkilere göre daha az düşürürler. Bunun sebebi ise aşındırmanın, sadece üst tabakaya yapıyor olmasıdır. Kimyasal aşındırma ise, moleküler bazda yapıldığı için kumaşın dayanımlarında zayıflığa yol açar. Ancak, belli bir ağırlığın altındaki kumaşlara uzun süre taş yıkama yapıldığında, deliklere yol açabilir.

Mekanik aşındırma, tek başına kullanıldığında, çoğu zaman arzu edilen görüntüyü vermez. Bu sebeple, genelde enzim ve taş beraber kullanılır.

Tekstil mamullerinin finish işlemlerinde kullanılan enzimler çoğunlukla selülozik enzimlerdir. Aslında bu enzimler özel bir katalitik etkiye sahip olan protein molekülleridir. Temel olarak etkileri, pamuğu oluşturan büyük selüloz moleküllerini daha küçük parçalara ayırmaktır. Selüloz molekülleri, yıkama makinesinin içindeki işlem sırasında parçalanır ve kumaştan ayrılır. Dolayısı ile pamukla reaksiyona girmiş olan indigo boyar maddesi de kumaştan ayrılmış olur (Çakır, 2010).

Taş/enzim yıkama atıksularında, yıkama esnasında ponza taşının ufalanması sonucu yüksek oranlarda askıda katı madde oluşurken, ponza taşı biyolojik reaksiyonlara girmemekte ve KOİ vermemektedir. Bu nedenle atıksudaki ponza taşının giderimi için çeşitli elekler ve çöktürme havuzları kullanılmalıdır. Ancak taş yıkamada ponza taşı ile birlikte çeşitli taş enzimleri de kullanılmaktadır. Enzimlerin aktiviteleri ile selüloz moleküllerinin ve indigo boyar maddesinin suya geçmesi sonucunda yüksek miktarda askıda katı maddeler oluşmakta ve KOİ parametresi de yükselmektedir. Ayrıca çözülmüş ve partiküler formda atıksuya geçen indigo boyar maddesi de atıksuyun rengini koyulaştırarak bulanıklılığı arttırmaktadır.

3. Ağartma

Ağartma işlemi kumaşın renginin açılması amacıyla yapılan, kimyasal bir işlemidir. Redüksiyon veya oksidasyon reaksiyonları ile ağartma yapılabilir.

-Oksidasyon (yükseltgenme): Oksidasyon reaksiyonları, indigo boyarmaddeye direkt etki ederek, boyarmaddenin bozunması esasına göre çalışmaktadır. Hipoklorit ağartması, permanganat ağartması, ozon ve enzimatik ağartma gibi uygulama çeşitleri vardır.

-Redüksiyon (indirgenme): Redüksiyon ile beyazlatma yapılırken, indigo boyarmaddesi indirgenerek leyko formuna (indigo boyar maddenin suda çözülebilir hali) dönüştürülmekte ve suda çözünerek uzaklaştırılmaktadır (Sefer, 2009).

- Sodyumhipoklorit (NaOCl) - Hipo ağartması

Hipo, spesifik özellikleri olan bir ağartıcı değildir. Yükseltgenme özelliği olan tüm maddeler (selüloz, boyarmadde v.b.) ile reaksiyona girer. Boyar maddeler arasında, hiponun kükürt ile girdiği reaksiyon, indigo ile olana göre daha hızlıdır. Bu sebeple kükürt zemin (bottom) veya üst boyamalı (topping) kumaşlarda, hipo önce kükürt boyar maddeyi uzaklaştırır. Potasyum Permanganat ağartmasına kıyasla, hipo ile ağartma da renk tonu daha mavi olur. Hipo ile yapılan ağartma işleminde, süre uzun olacaksa hiponun kademeli olarak beslenmesi gerekir çünkü hipo, belli bir süre sonra aktivitesini kaybeder. Kimyasal olarak oksidatif reaksiyonun kontrol edilebildiği pH 10.0-11.0 aralığında çalışırlar. Kostik (NaOH) eklenerek pH 12.0'ye çıkarıldığında, daha yavaş ama daha kontrollü bir ağartma yapılabilir.

Hipokloritle ağartma atıksularında klorlu hidrokarbonlar oluşmaktadır. Materyal üzerindeki kirleticilerin miktarlarına ve ağartma banyosunda işlenen tekstil materyalinin toplam ağırlığına bağlı olarak oluşan klorlu hidrokarbonların miktarı, atıksuyun kirliliğini etkileyen temel etmendir.

- KMnO₄ (Potasyum permanganat) ağartması

Ağartıcı, önce indigo ile reaksiyona girdiğinden, permanganat ağartması, hipo ağartmasına göre daha gri bir renk tonu verir. Nötralizasyon yapılmadan önce nasıl bir renk elde edildiği görülemez. Bu sebeple yıkama banyosunda yapılan ağartmalarda çok kullanılan bir yol değildir. Daha çok lokal ağartmalarda sprey veya tabanca ile uygulanır.

- Enzimatik ağartma

Ağartıcı enzim sadece indigo ile reaksiyona girerek enzimatik ağartma yapar. Mukavemet kaybına sebep olmaz. Sadece indigoya etki ettiği için, kükürt boyar madde içeren denim kumaşlarda, gri renk tonunun korunmasını sağlar.

- Ozon Ağartması

Oksidasyon (yükseltgenme) sistemlerinden biri olan ozon, denim giysi üzerine gaz formunda uygulanır. Geri boyamayı çok yüksek verimle temizler ve eşsiz bir görüntü yaratır. Ayrıca denim kumaşta, kontrast görüntüyle beraber, çok hafif sarı/gri bir ton oluşturur. Islak/nemli mamule uygulandığında ise, tüm yüzeylerde homojen bir ağartma görevi görür.

Ozon ve enzimatik ağartma haricindeki tüm oksidasyon sistemleri, nötralizasyon prosesini gerektirirken, redüksiyon sistemlerinde böyle bir gereksinim yoktur (Çukurova Tekstil Mühendisliği (İ.Ö.) (2009). Denim Giysiye Yapılan Bitim İşlemleri, <http://cutekstil.blogcu.com/denim-giysiye-yapilan-bitim-islemleri/4711665> (erişim tarihi, 11.12.2010)).

4. Tint

Denim giysilerin, son görünümüne bir değişim verilmek amacıyla hafifçe renklendirilmesi işlemidir. Pantolonun tamamen boyanması (overdye) söz konusu değildir, sadece son görünümünde bir değişiklik meydana gelir (Goyal ve Prabhu, 2006).

5. Yumuşatma

Final proses olarak adlandırabilecek yumuşatma işleminde, kumaşın nihai görüntüsü ve tuşesi yakalanır. Çoğu zaman katyonik yumuşatıcılar, zayıf asit ortamda (ph 5) kumaşa uygulanır. Amonyum esaslı olan bu maddeler, kimyasal olarak yağ içerikli gruplar içerir, bu grupların yapısına göre sikon veya normal yumuşatıcılar olarak adlandırılırlar.

Yumuşatma adımı kullanılarak kullanılan uzun karbon zincirli katyonik yumuşatıcılar, atıksuyun organik içeriğini arttırarak BOİ ve KOİ parametresini yükseltmektedir. Ayrıca yumuşatıcının katyonik yapısı atıksuyun yağ-gres parametresini de olumsuz yönde etkilemektedir.

4. İNCELENEN DENİM ENDÜSTRİSİNİN TANITIMI

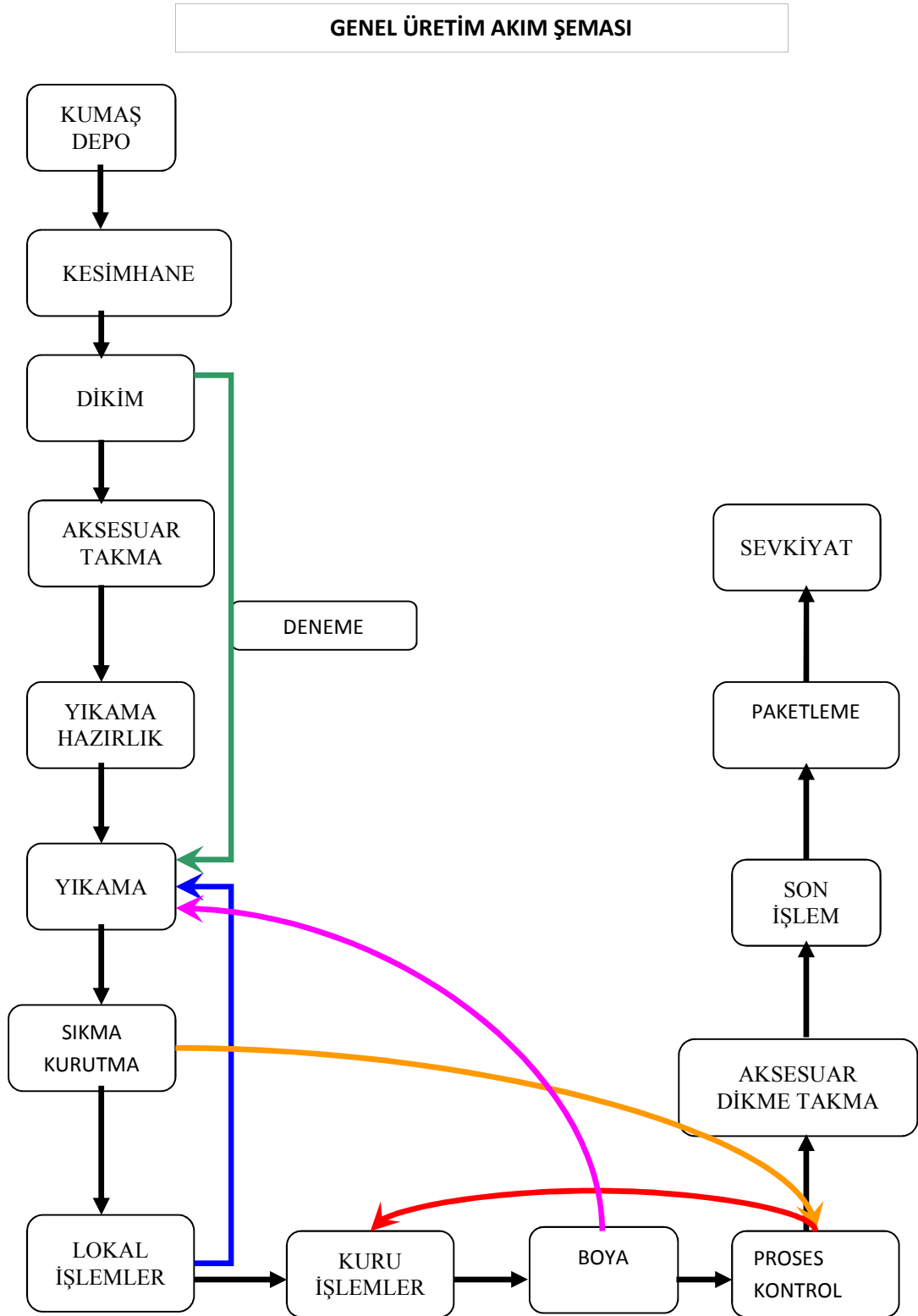
4.1. Tesisin Genel Özellikleri

Bu çalışma, Çorlu/Tekirdağ'da bulunan ve pamuk esaslı dokunmuş denim kumaşları işleyen bir tekstil fabrikasından elde edilen dataların değerlendirilmesi sonucu gerçekleştirilmiştir. Fabrika, kirlenme bazında sınıflandırma esasına göre Tekstil endüstrisinin "Dokunmuş Kumaş Terbiyesi" alt kategorisinde yer almaktadır. Fabrikada yürütülen faaliyetler; %100 pamuk esaslı iplikten dokunmuş ve indigo boya (bitkisel kökenli boya) ile boyanmış denim kumaşı, gabardin ve benzeri kumaşlarının kullanıma hazır hale getirilmesi amacıyla uygulanması gereken tekstil terbiye işlemlerini kapsamaktadır. Dokunmuş Kumaş Terbiyesi (denim yıkama) yapan fabrikanın kurulu kapasitesi 30000 adet pantolon/gündür. Hali hazırda kullanılan kapasite ise bölümlere göre değişmektedir. Fabrika 27997 m²'lik toplam alan üzerinde faaliyet gösterecek şekilde planlanmış olup, üretimin gerçekleştirildiği kapalı alan 20585 m² ve arıtma tesisinin kurulu olduğu alan 1916 m²'dir. Fabrikada yaklaşık 2000 işçi, günde 3 vardiya ve haftada 6 gün ve yılda yaklaşık 312 gün faaliyet göstermektedir.

4.2. Tesisin Genel İş Akışı

Tesisin genel üretim akım şeması Şekil 4.1.'de verilmiştir. Buna göre işletmedeki iş akışı şu şekilde özetlenebilmektedir:

Pamuklu dokuma işlemlerinden çıkmış ve indigo boya ile boyanmış toplar (rulo) halinde gelen kumaşlara Tekstil Destek Bölümü'nde yıkama tiplerine göre çekme ve renk testi uygulanır. Modelhaneden gelen kalıp, çekme ve renk testi sonuçları, siparişin beden dağılımı ve kesim planı dikkate alınarak asorti planları yapılır ve ürünler kesilir. Metolama bölümünde siparişe bağlı olarak parça nakış, parça baskı, parça zımpara işlemleri yapılabilir bu işlemleri görmüş yada sadece kesimi yapılmış pantolon parçaları beden ve siparişe göre etiketlenerek karışıklık olması engellenir. Amaç aynı ürün üzerinde renk farkları olmasını engellemektir. Dikim atölyesine gelen kesilmiş ürünler; dikim talimatı ve numune baz alınarak bant sistemi ile birleştirilir. Dikilmiş bütün ürünler ürün kabul bölümüne gelir ve burada fason atölyeden gelen ürünler için ölçü ve kalite kontrolü yapılır.



Şekil 4.1. İşletmenin Genel Üretim Akım Şeması

Dikimden gelen her ürün için deneme adı verilen bir işlem uygulanır ve deneme sonuçları onaylanmadan ürünler işleme alınmazlar. Bu işlemin amacı ürünü kütleli olarak üretmeden önce mevcut bütün işlemleri uygulayarak problem olan noktaları görmek ve üretim esnasında gereken tedbirleri almaktır. Deneme aşamasında ayrıca ürünler için reçeteler ve şarj adetleri netleştirilir ve imalata hazır hale gelir.

Deneme işlemi tamamlanan ürünler ya kuru işlemler ve/veya reçine bölümüne ya da direkt olarak yıkama bölümüne gelir. Yıkama hazırlık yıkama öncesi sipariş, renk baz alınarak şarjların hazırlandığı bir durak noktasıdır. Deneme aşamasında onaylanan reçete üzerinden numunedeki istenilen efekti sağlayabilmek için ürün belirli kimyasallar ile yıkanır ve kurutulur. Yıkama bölümüne gelen her ürün rinse yada taş yıkama işleminden geçer. Ürünün renk ve model uygunluğunun kontrolü için yıkama işleminden çıkan bütün ürünler proses kontrol bölümünde teker teker gözden geçirip kontrolleri yapılır. Yapılması gereken tamirler ve uygunluk durumu incelenerek gerekli durumlarda ürün yeniden yıkama işlemlerine tabi tutulur. Bazı siparişler için kimyasallı işlemler bölümünde istenen efektlerin elde edilmesi için işlem yapılır. Bu yapılan işlemden sonra lokal yıkama diye adlandırılan bir yıkama işlemi daha yapılır. Siparişe bağlı olarak yıkama işlemleri içinde ürün direkt boyar madde ile yıkanır; bu işleme tint boyama adı verilir ve ardından ürün kontrol edilir. Renk ve model kontrollerinden onay alan ürün metal aksesuar çakma bölümünde numuneye bağlı kalınarak işleme tabi tutulur ve ürün üzerindeki metal aksesuarlar çakılır.

Ürün üzerinde yıkama sonrası dikilecek herhangi bir aksesuar veya baskı işlemi varsa ekstra işlemler ve baskı bölümünde işleme alınır. Sevkiyat öncesinde ürünün son olarak uğradığı nokta son işlem bölümüdür. Amaç ürünlerin ütü-kalite kontrol-paketleme ve kolileme işlemlerini yaparak sevkiyata hazır hale getirmektir. Burada özellikle kalite kontrol işlemi son derece kritiktir. Çünkü problemlili olan ürünler bu noktada ayrılmakta ya yeniden işleme alınmakta ya da ikinci kalite olarak ayrılmaktadır. Amaç müşteriye doğru ürünü göndermektir. Bu sürecin çıktısı kolilenmiş üründür ve artık bütün ürünler müşteriye gönderilmek üzere hazır hale gelir.

4.3. Su Kullanımı Ve Atıksu Oluşumu

İncelenen tesisteki su bilançosu incelendiğinde; üretimde kullanılmak üzere 3 adet kuyudan 50 m³/saat kapasite ile çalışan 2 asıl 1 yedek pompa yardımı ile ham su temin edilmektedir. Bu ham su öncelikle 350 m³ kapasiteli sert su deposuna aktarılmakta ve işletmede kullanılabilir sertliğe (0-1,5 F) getirilmek üzere reçineli yumuşatma sisteminden geçirilerek 80 m³ hacimli yumuşak su deposuna alınarak üretim proseslerine gönderilmektedir. Fabrikada günlük su kullanımına ait veriler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İncelenen Tesisin Günlük Su Tüketimi

SU KULLANILAN BÖLÜM	MİKTAR (m ³)	%
YIKAMA	1320	84,6
LOKAL	40	2,6
YARDIMCI TESİS (BUHAR)	128	8,2
EVSEL	72	4,6
TOPLAM	1560	100

Fabrikanın 2009 yılı kayıtları değerlendirildiğinde; aylık ortalama su tüketimi 40801 ton/ay olarak tespit edilmiştir. İşletmenin aylık ortalama buhar tüketimi 3843 ton /ay'dır. 2007 yılı başında kurulan kojenerasyon sistemi; aylık olarak tüketilen buhar miktarının % 9'unu ve aylık sıcak su tüketiminin % 15' ini karşılamaktadır.

İşletmedeki yıkama işlemi müşteri tarafından istenen siparişe göre belirlenmekte, herhangi bir standardı bulunmamaktadır. Genellikle birden fazla yıkama türünün kombinasyonları uygulanmaktadır. Bu nedenle tesiste oluşan atıksular belli bir karaktere sahip olmamakla birlikte, işletmede en fazla uygulanan 5 farklı alt kategori ile atıksular karakterize edilmektedir. Bu alt kategoriler taş yıkama, lokal yıkama, rinse yıkama, tint boyama ve ağartma prosesleri olarak sıralanabilir.

4.4. Arıtma Tesisi

Demin yıkama fabrikasının fiziksel ve biyolojik arıtma üniteleri şunlardır:

1. Fiziksel Arıtma

- Izgara Kanalı (Kaba Izgara)
- Ponza Taşı Tutma Havuzu
- Ön Çökeltme Havuzu
- Statik Elek
- Nötralizasyon Havuzu (pH ayarlama)

2. Biyolojik Arıtma

- Havalandırma Havuzu I (Dengeleme)
- Havalandırma Havuzu-II
- Çökeltme Havuzu I-II

3. Çamur Arıtma ve Susuzlaştırma

- Çamur Yoğunlaştırma Havuzu
- Çamur Susuzlaştırma (Filtrepres Düzeni)

İşletmeden gelen proses, proses dışı ve evsel nitelikli atıksular fiziksel ve biyolojik arıtıma tabii tutulmaktadır. Fiziksel arıtmada atıksuyun içindeki ponza taşı, ponza unu ve çökelebilen kaba elyaf parçaları önce çıkışında kademeli olarak yerleştirilmiş ince ızgaralardan geçirilmekte ve daha sonra bir ön çökeltim işlemine tabii tutulmaktadır. Ponza taşı havuzu ve ön çökeltim havuzunda tutulamayan yüzer haldeki elyaf parçaları daha sonra 0,5 mm ve 0,25 mm elek aralığına sahip statik eleklerden geçirilmekte ve daha sonra dengeleme havuzuna (havalandırma havuzu I) alınmaktadır. Dengeleme havuzunda karışım 2 adet dubalı jet aeratörle sağlanıp havalandırma işlemi yapıldıktan sonra nötralizasyon havuzuna alınarak kireç dozlaması ile pH 9,5'a yükseltildikten sonra cazibe ile biyolojik reaksiyonların gerçekleştiği bir klasik aktif çamur sistemi havalandırma havuzuna geçmektedir. Burada biyolojik olarak arıtılmış sular yaklaşık 250 m³ kapasiteli iki ayrı dikdörtgen çökeltme havuzuna gönderilmekte ve buradan da kaçan askıda katı maddeler çoklu filtre ortamında, 20 mikron hassasiyetindeki granüler filtrasyon işlemine tabii tutulmaktadır. Filtre yatağındaki basınç artışına bağlı olarak mikroprosesör kontrollü valfler vasıtasıyla başlatılan ters yıkama işlemi ile yatakta tutulan askıda katı maddeler drene edilerek dengeleme havuzuna geri devrettirilmektedir. Filtrasyon sisteminden çıkan arıtılmış su, temiz su havuzunda toplandıktan sonra ergene nehrinin kollarından biri olan Çorlu deresine yine cazibe ile deşarj edilmektedir.

5. BİYOLOJİK ARITMANIN ESASLARI VE İNERT KOİ KAVRAMI

5.1. Biyolojik Arıtma Kinetiği

Biyolojik arıtma, atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözülmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtma değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Ortamda oksijen varlığına göre aerobik veya anaerobik olarak sınıflandırılan bu sistemler, kullanılan mikroorganizmaların sistemdeki durumuna göre süspanse veya sabit film prosesleri olarak da sınıflandırılabilirler.

En önemli biyolojik arıtma sistemlerinden birisi olan aktif çamur sistemi, aerobik ve süspanse büyümenin görüldüğü bir sistem olup, bu metot ilk defa Arden ve Lockett tarafından 1914'te Manchester'da bulunmuştur. Metot, fiziksel arıtmadan geçmiş atıksuyun havalandırılması esasına dayanır. Bu esnada, ortamdaki mikroorganizmalar kısmen çözülmüş, kısmen süspanse haldeki organik maddeleri yeni hücre sentezlemek ve enerji elde etmek amacıyla kullanırlar ve bunun sonucunda da çoğalırlar. Bu sırada organik maddelerin bir kısmı oksitlenerek CO₂'e dönüşürken diğer bir kısmı da hücre sentezinde kullanılır. Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve suda asılı maddelere tutunarak yumaklar (floklar) oluştururlar. Doldurulup boşaltılarak çalışan kesikli reaktörlerde havalandırma işlemi durdurularak bu yumaklar çöktürülürse üstte kalan berrak sıvı, suyun arıtılmış olduğunu gösterir. Sürekli çalışan sistemlerde ise çöktürme işlemi ayrı bir tank (son çöktürme havuzu) içerisinde yapılır. Tabana çökelen katı maddelere aktif çamur denir. Aktif çamur, canlı ve cansız mikroorganizmalar ile onlara yapışmış asılı ve iplikli maddelerden oluşur. Organik maddenin bu şekilde, aerobik olarak ayrıştırılması, atıksu ile ne kadar çok mikroorganizma temas haline getirilirse, o kadar hızlı bir şekilde cereyan edecektir. Bu nedenle sürekli sistemlerde çökelen çamur geri devrettirilerek sistemin aşılması yoluna gidilir.

Aktif çamur proseslerinde organik madde giderim hızını belirlemek amacıyla kullanılan kinetik modeller KOİ konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Biyolojik olarak parçalanabilen KOİ, flok formu mikroorganizmalarca ayrıştırılabildiği gibi, filamentli organizmalarca yarışmalı olarak da parçalanabilmektedir.

Arıtma işlemlerinde yer alan bakteri kültürünün çoğalması ve organik maddenin giderim mekanizması kompleks bir yapıya sahiptir. Konvansiyonel reaksiyon kinetiğinde mikrobiyal çoğalma ve ölüm olmak üzere iki temel proses yer almaktadır. Mikrobiyal çoğalma prosesinde kullanılan en yaygın model Monod modelidir (İnsel, 1997). Buna göre, mikroorganizmaların çoğalma hızı;

$$dX/dt = \mu \cdot X \quad (5.1)$$

denklemlerle ifade edilmiştir. Bu denklemde, μ , spesifik çoğalma hızı; X , biyokütle konsantrasyonudur. Spesifik çoğalma hızı (μ);

$$\mu = \mu_{\max} \cdot (S / (K_S + S)) \quad (5.2)$$

denklemlerle ifade edilmektedir. Burada, μ_{\max} , maksimum spesifik çoğalma hızı; S , substrat konsantrasyonu; K_S , yarı doyumluk sabitidir.

Denklem (5.1) ve (5.2) birleştirildiğinde;

$$dX/dt = \mu_{\max} \cdot (S / (K_S + S)) \cdot X \quad (5.3)$$

denklemler elde edilir.

Substrat gideriminde üç ardışık süreç yer almaktadır. Bunlar; hücrenin substrat ile karşılaşması, substrat molekülünün hücre içine taşınması ve hücre içinde substratın kullanılmasıdır.

Bu mekanizmaya göre, bakteri hücrelerinin substratı metabolize edebilmesi için hücre çeperinden içeri taşınması gerekmektedir. Hücre içine taşınamayan kompleks yapıdaki moleküller de hücre içine taşınabilecek yapıdaki forma dönüştürülüp hücre içine alınır (Ekama ve Marais, 1984).

Çoğalma ifadesi, substrat giderimi ve bakteriyel çoğalma ifadeleriyle birlikte düzenlendiğinde aşağıdaki denklem elde edilmektedir.

$$dX/dt = - Y (dS/dt) \quad (5.4)$$

Denklemdaki Y, dönüşüm oranı, giderilen birim substrat başına üreyen biyokütle (mg KOİ/ mg UAKM) miktarını göstermektedir.

Substrat giderim hızı Monod denklemi ile şu şekilde ifade edilmektedir:

$$dS/dt = - (\mu_{\max}/Y_H) \cdot (S/(K_S+S)) \cdot X \quad (5.5)$$

Burada Y_H , hetetrofik dönüşüm oranıdır.

Aktif çamur sistemlerinde biyokütle substratı kullanılarak elde edilen enerjinin bir kısmı çoğalma, aktif transport, hareket, hücre organellerinin yenilenmesi için kullanılır. Bu sebeple gerçek dönüşüm oranının belirttiği değerden daha az biyokütle gözlenir. Bakım ihtiyacının yanında hücre erimesi (ölüm) de gerçekleşmektedir. Genellikle biyokütle azalmasına yol açan olayların tümü "biyokütle kaybı" olarak adlandırılır (İnsel, 1997).

Biyokütlenin bozunma kinetiği;

$$dX/dt = - k_d \cdot X \quad (5.6)$$

Bu denklemde k_d , bozunma (ölüm) katsayısıdır.

Literatürde biyokütle kaybını matematiksel model olarak ifade eden üç model bulunmaktadır. Bunlar; klasik model, ölüm yenilenme modeli ve içsel solunum modelidir.

Çoğalma ve ölüm ifadeleri birleştirildiğinde, biyokütle çoğalma denklemi elde edilmektedir:

$$dX/dt = [\mu_{\max} \cdot (S/(K_S+S)) \cdot X] - k_d \cdot X \quad (5.7)$$

Yukarıdaki denklemlerde kullanılan μ_{\max} , K_s , k_d katsayıları "Kinetik Sabitler", Y dönüşüm oranı ise "Stokiyometrik Katsayı" olarak adlandırılmaktadır (Görgün, 1991).

5.2. Atıksu Karakterizasyonu

Biyolojik arıtma sistemlerinde mikrobiyal büyüme ve substrat kullanım hızları sistemdeki nutrient konsantasyonu ile orantılıdır. Bu nedenle substrat özelliğine sahip olan maddelerin giderilmesi ve miktarının doğru olarak ölçülmesi gerekir (Grady ve Lim, 1980).

Biyolojik arıtma sistemlerinde substratın metabolize edilmesi sırasında, biyolojik olarak ayrışabilen ara ürünler oluştuğu ya da ölen mikroorganizmaların hidrolizi ile ayrışabilir organik maddeler üretildiği gözönüne alınırsa, spesifik substrat ölçümlerinin kullanılması, arıtma amacına uymamaktadır (Artan, 1987). Bunun yerine tüm organik madde içeriğinin dolaylı bir indeksi niteliğindeki kollektif parametreler yardımıyla tanımlanması benimsenmiştir. Bu sebeple metabolize edilecek olan organik maddelerin ölçümünde Toplam Organik Karbon (TOK), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) gibi spesifik olmayan analiz metodları kullanılmaktadır.

- Toplam Organik Karbon (TOK)

Özellikle çok küçük organik madde konsantrasyonları için uygun bir parametredir. Bu parametre, bilinen konsantrasyonlarda bir numuneyi yüksek sıcaklıkta bir fırına enjekte ederek saptanmaktadır. $BOİ_5/TOK = 1-1,6$ alınabilir.

Toplam organik maddenin ölçülmesinde, TOK yöntemi, BOİ ve KOİ yöntemlerine göre daha uygun olmasına rağmen iki dezavantajı vardır. Bunlardan ilki biyolojik olarak ayrışabilen ve ayrışamayan organik maddeler arasında ayırım yapılamaz. İkincisi ise, TOK yönteminin organik maddenin oksidasyon kademesinden bağımsız olması ve organik bileşiklerin oksidasyon kademesi hakkında herhangi bir fikir vermemesidir.

- Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Organik maddenin ölçüsü olarak, biyokimyasal oksidasyon (karbonlu maddelerin oksitlenmesi) sırasında harcanan oksijen miktarı esas alınmakta ve bu değer de BOİ olarak adlandırılmaktadır.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı kavramı, aerobik organotrofik mikroorganizmalar için elverişli bir organik karbon kaynağı içeren bir atıksuyun kirlenme potansiyelinin, mikroorganizmaların bu sudan alınmış bir örnekte gelişmeleri sırasında harcadıkları oksijenin ölçülmesiyle belirlenebilir (Gaudy, 1972). Biyokimyasal oksidasyon, su içinde bir yanma olayı olup, bu yanma esnasında suda çözülmüş (erimiş) oksijen kullanılır. Ne kadar fazla oksijen sarf edilirse, sudaki organik madde miktarı da o kadar fazla demektir.

BOİ₅; sadece 5 gün zarfında ayrışan substratı temsil ettiğinden bu parametre atıksudaki substrat düzeyini tamamıyla yansıtmaz. Deneyde aşı olarak kullanılan mikroorganizmaların atıksudaki substrata aklime edilmediğinde veya atıksu biyolojik gelişmeyi inhibe edici maddeler içerdiğinde hatalı BOİ₅ sonuçları elde edilebilir. Biyolojik olarak kalıcı organik maddeler de, BOİ₅ deneyinin önemli hata kaynaklarından birini oluşturur. Ayrıca, yöntemin oldukça zahmetli olması, 5 gün sürmesi, deney koşullarından çok fazla etkilenmesi gibi dezavantajları, BOİ₅ parametresinin, biyolojik arıtma sistemlerinin tasarım ve işletilmesinde kullanışlılığını azaltmaktadır (Yıldız Töre, 2005).

- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ, kuvvetli bir kimyasal oksitleyici ile oksitlenebilen organik madde içeriğinin oksijen cinsinden eşdeğerinin bir ölçüsüdür. Atıksu örneklerinin 2 saat içerisinde, kuvvetli asit ortamda ve kaynama sıcaklığında indirgedikleri Cr⁺⁶ miktarının ölçülmesi ilkesine dayanır. Böylelikle, KOİ deneyi, deney koşulları ve deney süresi içerisinde bikromatla yükseltgenebilir maddelerin atıksulardaki konsantrasyonunu bulmakta kullanılır. KOİ deneyinin yetersizliği, mikroorganizmalar için uygun substrat oluşturmayan yükseltgenebilir maddelerin ve bu arada biyolojik olarak inert organik maddelerin de, Cr⁺⁶'yı indirgemeleri nedeniyle ölçüm sonuçlarına yansımalarından ileri gelir. KOİ deneyinin diğer bir dezavantajı da, biyolojik olarak ayrışabilen aromatik hidrokarbonların, organik maddelerin Cr⁺⁶ ile yükseltgenememeleridir. Ancak ölçüm yöntemleri arasında, organik substrat, biyokütle ve kullanılan oksijen arasında eşdeğeri cinsinden ilişki kurabilen ve bir kütle dengesi kurulabilmesine olanak tanıyan sadece KOİ ölçümüdür. KOİ aynı zamanda biyolojik olarak ayrışabilirlik açısından organik maddeler arasında bir ayırım yapmaz. Dolayısıyla, KOİ diğer yöntemlere tercih edilir. Ayrıca, KOİ daha az emek ve zaman gerektiren ölçüm yöntemidir (Yıldız Töre, 2005).

Atıksu arıtımında organik maddelerin rolü son 20 yıldan bu yana son derece değişmiştir. Arıtma sistemlerinin tasarımında atıksulardaki organik madde miktarının net bir şekilde ortaya konulması, KOİ gideriminin yanında denitrifikasyon ve biyolojik fosfor giderimi gibi diğer prosesler için de önemlidir (Dold ve ark., 1980, Henze, 1992, Henze ve ark., 1995). Evsel atıksularda partiküler formda bulunan organik maddeler, organik yükün %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Aktif çamur sistemlerinde bu organik partiküllerin bir çoğu hidroliz olmakta ve biyolojik olarak giderilmektedir (Eliosov ve Argaman, 1995). Bu yüzden homojen olmayan organik maddelerin tanımlanması büyük öneme sahiptir. Atıksulardaki organik bileşenler üç grupta incelenebilir (Yıldız Töre, 2005);

1. Kimyasal gruplarına göre karakterizasyon, (yağlar, proteinler, karbonhidratlar vs.), (Heukelekian ve Balmat, 1959, Hunter ve Heukelekian, 1965).
2. Boyut dağılımına göre karakterizasyon, (Levine ve ark., 1991, Balmat, 1957, Rickert ve Hunter, 1967).
3. Biyolojik ayrışma hızlarına göre karakterizasyon

Kimyasal gruplarına göre karakterizasyon çalışması son derece zor ve pratik olmadığından kullanımı oldukça sınırlıdır.

5.2.2. Atıksularda KOİ bileşenleri

Atıksu karakterizasyonunda organik madde içeriği, hem proses kinetiği hem de çıkış suyu kalitesi açısından önem taşımaktadır. Biyolojik olarak ayrışabilir ve inert maddeler arasında bir ayırım yapamamasına karşın, biyokütle ve elektron eşdeğeri cinsinden çözünmüş oksijen arasında uygun ilişkiler kurulabilmesini sağladığından, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresi fraksiyonların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Germirli, 1990).

Günümüzde tek substrat ve biyokütle bileşenlerinden oluşan konvansiyonel aktif çamur modelleri geçerliliğini yitirmiştir. Gerek atıksu karakterizasyonu bakımından gerekse aktif çamur prosesinin daha iyi açıklanması ve anlaşılması için çok bileşenli modellere geçilmiştir. Yakın geçmişe kadar yaygın olarak kullanılan iki bileşenli aktif çamur modelleri çıkış kalitesinin giriş substrat konsantrasyonundan bağımsız olduğu ve çıkış substrat konsantrasyonlarının aynı karaktere sahip oldukları noktasından hareketle gerçekleştirilmişlerdir. Ancak çok sayıda yapılan araştırma çıkış suyu kalitesinin giriş substrat

konsantrasyonuna bağımlı olduğunu ve giriş ile çıkış substrat karakterinin tamamıyla farklı olduğunu göstermiştir (Ubay Çokgör ve ark., 1999).

Aktif çamur sistemlerinde substratın biyolojik olarak ayrışması sonucu biyolojik açıdan inert bazı ürünlerin ortama bırakıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca iki bileşenli modellerde substrat ölçümleri için uygulanan kolektif parametreler (KOİ, BOİ, TOK vs.) teorik kavramların karşılığı olamamaktadır. Bu nedenlerden dolayı günümüzde, reaktördeki biyokütle fraksiyonları, giriş ve çıkış akımlarındaki çözünmüş substrat bileşenleri fraksiyonları ile birlikte sistemden atılan çamur miktarı hakkında daha gerçekçi bilgiler veren çok bileşenli aktif çamur modelleri kullanılmaktadır.

KOİ, modelleme açısından biyolojik olarak ayrışabilen ve inert organik madde veya hızlı ve yavaş biyolojik ayrışabilen fraksiyonlar arasındaki farklılığı veremez. İntert KOİ giriş suyunda bulunabileceği gibi biyolojik ayrışma esnasında kalıcı mikrobiyal ürünlerden de meydana gelebilir. Kalıcı KOİ fraksiyonu, konvansiyonel atıklar için önemli (kritik) olmamakla birlikte, özellikle kuvvetli endüstriyel atıksularda biyolojik arıtılabilirlik ve kinetik analizlerde yanlış yorumlamalara yol açtığından önemli hale gelmektedir.

5.2.2.a. Giriş akımının KOİ bileşenleri

KOİ parametresi, biyolojik ayrışma özelliklerine bağlı olarak daha detaylı bir sınıflandırmayı gerektiren farklı formlardaki organik karbonu kapsamaktadır. Bu nedenle girişteki toplam KOİ (C_{T0}), toplam ayrışabilen KOİ (C_{S0}) ile toplam inert KOİ (C_I) şeklinde iki ayrı sınıfta ele alınmaktadır. İntert KOİ fraksiyonu da çözünmüş inert KOİ (S_I) ve partiküler inert KOİ (X_I) biçiminde ikiye ayrılmaktadır. Girişteki çözünmüş inert KOİ, reaktördeki biyokimyasal reaksiyonlardan etkilenmeden sistemi terk ederken, partiküler inert KOİ ise, aktif çamur tarafından bünyesine alınarak birikime uğramakta ve atılan çamur akımıyla sistemden uzaklaştırılmaktadır (Doğruel, 2000).

Biyolojik olarak ayrışabilen KOİ (C_{S0}), Dold ve Marais (1986) tarafından ikili substrat modelinde dallara ayrılmaktadır. Buna göre; kolay ayrışabilen KOİ (S_{S0}) ve yavaş ayrışabilen KOİ (X_{S0}) şeklinde tanımlanmaktadır. Bu iki fraksiyon farklı biyolojik ayrışma hızlarına sahiptir. Her bir fraksiyon kendi içinde çok sayıda farklı biyolojik ayrışma hızlarına sahip bileşenlerden oluşmaktadır (Dold ve ark., 1980).

Kolay ayrışabilen KOİ, basit karbonhidratlar, uçucu yağ asitleri, amino asitler, alkoller vb. gibi çözünmüş bileşiklerden meydana gelmekte ve sentez için doğrudan absorbe edilmektedir. Son yıllarda kolay ayrışabilen KOİ, fermente olabilir kolay ayrışan KOİ, S_F ve fermantasyon ürünleri, S_A olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu fermantasyon ürününün, ürünler oldukça fazla olmasına rağmen, asetik asite ait olduğu düşünülmektedir (Henze ve ark., 1995). Bu yeni sınıflandırma, özellikle biyolojik fosfor gideriminin matematik modellemesi için önerilmektedir.

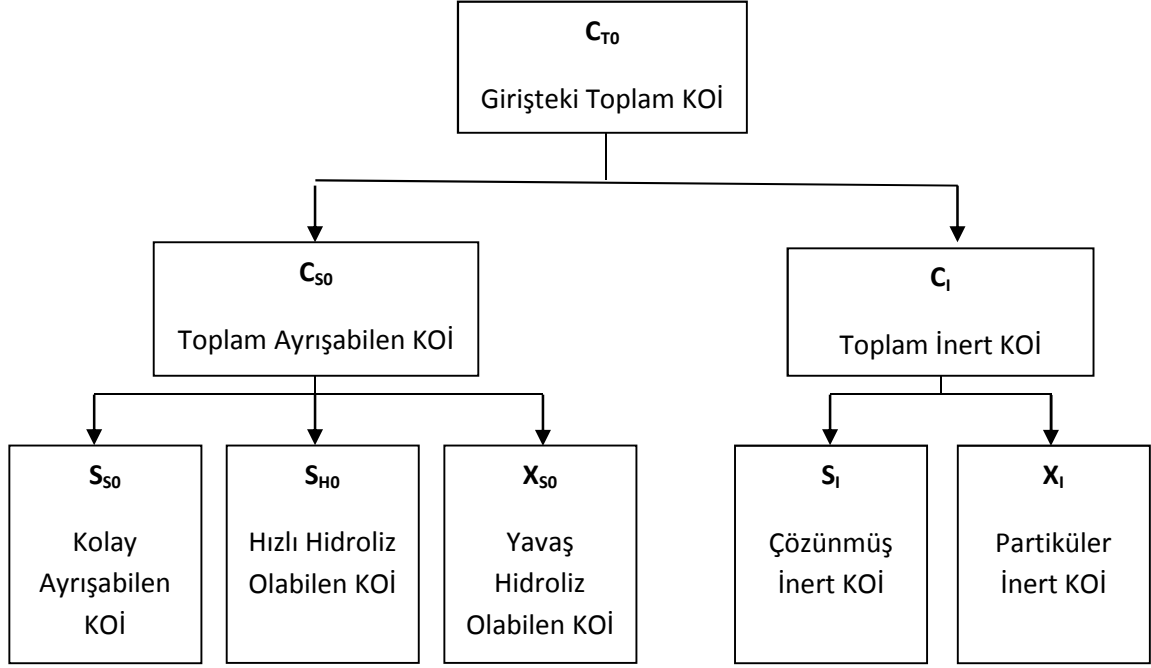
Son yıllarda kolay ayrışabilen KOİ, fermente olabilir kolay ayrışan KOİ, S_F ve fermantasyon ürünleri, S_A olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu fermantasyon ürününün, ürünler oldukça fazla olmasına rağmen, asetik asite ait olduğu düşünülmektedir (Henze ve ark., 1995). Bu yeni sınıflandırma, özellikle biyolojik fosfor gideriminin matematik modellemesi için önerilmektedir. Dold ve Marais (1986) tarafından önerilen modelde partiküler organikler olarak tanımlanan yavaş ayrışabilen kısmın, partikül boyutuna göre çözünmüş, kolloidal ve kompleks yapıda büyük organik maddelerden oluştuğu kabul edilmiştir. Bu bileşenin temel özellikleri, hücre duvarından geçememeleri ve adsorbsiyonları için hücre dışı hidrolize ihtiyaç duymalarıdır. Hidroliz, yavaş ayrışabilen organik maddelerin kullanım hızından dolayı hız sınırlayıcı adımı oluşturmaktadır. Hidroliz hızı atıksudaki farklı maddeler için önemli değişiklikler gösterdiğinden, tek bir değer için, bu fraksiyonun karakterize edilmesi güç olmaktadır. Bu bileşen ile ilgili yeni yaklaşım, hızlı hidrolize olabilen KOİ (S_{H0}) ve yavaş hidroliz olabilen KOİ (X_{S0}) şeklindedir (Henze, 1992, Orhon ve Artan, 1994). Atıksularda bulunan KOİ fraksiyonları ile ilgili bileşenler Şekil 5.1’de verilmiştir.

Giriş akımında toplam atıksuda ölçülen organik madde miktarı, çözünmüş (kolay ayrışan, S_{S0} + yavaş ayrışan, S_{H0} + çözünmüş inert, S_{I0}) ve partiküller (yavaş ayrışan, X_{S0} + partikül inert, X_{I0}) bileşenlerinin tamamını yansıtmaktadır.

$$C_{T0} = (S_{S0} + S_{H0} + S_{I0}) + (X_{S0} + X_{I0}) \quad (5.8)$$

Süzülmüş atıksuda ise sadece çözünmüş bileşenler dikkate alınmalıdır.

$$S_{T0} = S_{S0} + S_{H0} + S_{I0} \quad (5.9)$$



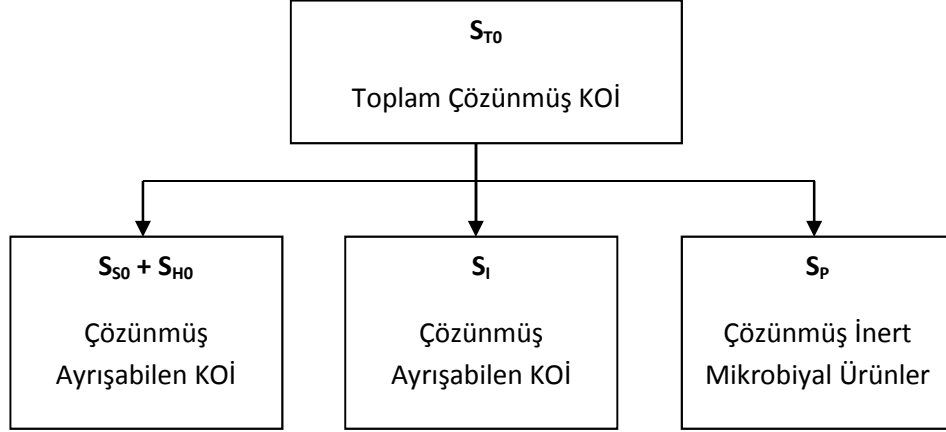
Şekil 5.1. Atıksudaki KOİ Bileşenlerinin Dağılımı (Henze,1992, Orhon ve Artan, 1994)

5.2.2.b. Çıkış akımının KOİ bileşenleri

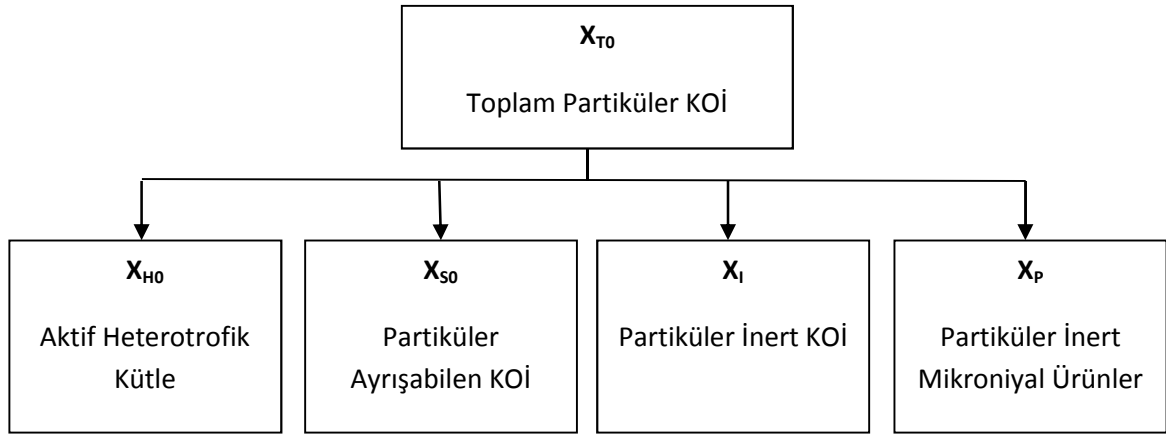
Biyolojik arıtmanın çıkış akımı, atıksudan daha farklı bir KOİ yapısına sahiptir (Şekil 5.2). Çıkış akımındaki toplam çözünmüş KOİ (S_{T0}), atıksudan kaynaklanan ve sisteme girdiği gibi çıkan biyolojik olarak ayrışmayan kısımdan (S_I), biyolojik oksidasyondan sonra geriye kalan küçük bir kısmından ($S_{S0}+S_{H0}$) ve çözünmüş inerte mikrobiyel ürünlerden (S_p) meydana gelmektedir (Şekil 5.2.a). Sonuç olarak, çıkış akımı genellikle atıksudan daha fazla çözünmüş inerte KOİ içermektedir. Çıkıştaki toplam çözünmüş kalıcı KOİ (S_R), sistemden değişime uğramadan ayrılan atıksudaki çözünmüş inerte KOİ'nin dışında çözünmüş inerte mikrobiyel ürünleri de bünyesinde barındırmaktadır ($S_R=S_I+S_p$) (Ubay Çokgör ve ark.,1999).

Partiküler KOİ, çıkış akımında 4 bileşene sahiptir (Şekil 5.2.b). Başlıca bileşen, karbon ve enerji kaynağı olarak biyolojik ayrışabilir KOİ'yi kullanan ve reaktör içinde tutulan aktif biyokütle, X_{H0} 'dir. Diğer bileşen, hidroliz ve sonrasındaki kullanımdan kalan partiküler ayrışabilen organiklerin küçük bir kısmı olan X_{S0} 'dir. Çıkış akımında ayrıca, çamur tarafından tutulan ve reaktörde biriken giriş akımında mevcut partiküler inerte KOİ (X_I)'de yer alır. Dördüncü bileşen mikrobiyel metabolik aktivitenin sonucunda oluşan partiküler inerte ürün olan X_p 'dir (Orhon ve Artan, 1994). Bu spektrum UAKM cinsinden ifade edilir ve aktif

çamurun yalnızca organik yapısını dikkate alır. Aktif çamuru inorganik bileşeni de proses boyutlandırılmasında önemli olup, karışım sıvısındaki AKM ve UAKM konsantrasyonları arasındaki farkı belirler.



Şekil 5.2.a. Çözünmüş KOİ Bileşenleri



Şekil 5.2.b. Partiküler KOİ Bileşenleri

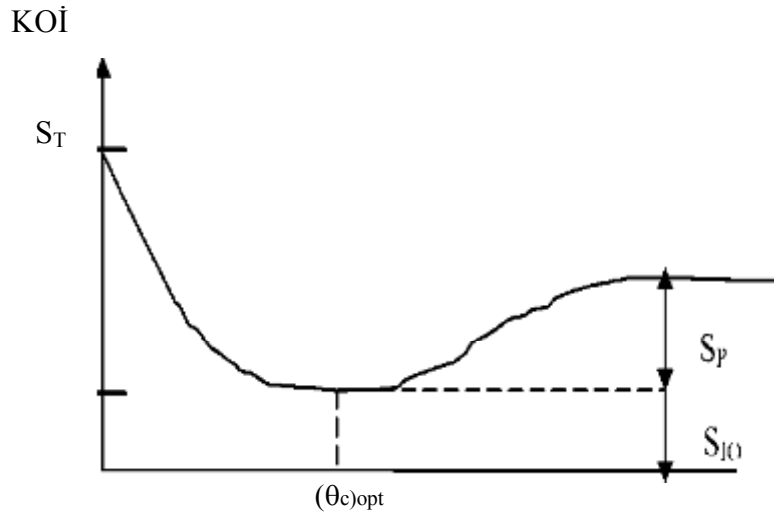
Şekil 5.2. Çıkış Akımındaki KOİ Bileşenlerinin Dağılımı (Henze, 1992, Orhon ve Artan, 1994).

S_P oluşumu ile ilgili olarak literatürde, özellikle glikoz kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde glikoz giderimi ve KOİ giderimi arasındaki farkın ürün oluşumundan ileri geldiği başka bir deyişle, biyokütleden ortama organik bileşikler verildiğini Rao ve Gaudy (1966) göstermişlerdir. Deney sonuçlarına göre, glikoz ve KOİ olarak ölçülen substrat giderim değişimleri arasında oldukça büyük farklar olduğu dikkat çekmiştir. Bu fark açığa çıkan

metabolik ara ve son ürünlerin KOİ'sini göstermektedir. Bazı araştırmacılara göre, S_T konsantrasyonu yüksek olan reaktörlerde daha fazla çözünmüş metabolik ürün veya toplam KOİ, bulunmasına neden olmuştur (Chudoba, 1967, Grady ve Williams, 1975).

Germirli ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, farklı giriş konsantrasyonlarında kesikli reaktörlere beslenen glikozun ayrışması sırasında sisteme salınan metabolik ürünlerin yapı ve üretimlerinin, çalışmada tamamıyla değişik karakterde endüstriyel atıksulara aklime edilmiş, dolayısıyla birbirinden farklı, mikroorganizma kültürleri tarafından yönlendirildiği sonucunu getirmektedir (Germirli, 1991).

Görgün ve Orhon (1991), atıksuların biyolojik arıtılabilirliğinin incelenmesi amacıyla yaptıkları çok sayıda deneysel çalışmanın sonucunda, başlangıçta inert fraksiyon bulunmadığını, ancak girişteki ayrışabilir KOİ'nin yaklaşık %6-7 'sinin kalıcı mikrobiyal ürüne dönüştüğünü belirlemişlerdir. Buradaki mikrobiyal inert KOİ (S_p) bileşeni başlıca atıksu tipi, toplam çözünmüş KOİ (S_T) ve çamur yaşının bir fraksiyonu olmaktadır. Toplam çözünmüş inert KOİ (S_R)'nin çamur yaşı ile değişimi Çizelge 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Toplam çözünmüş inert KOİ (S_R)'nin çamur yaşı ile değişimi (Öztürk ve ark.)

Çözünmüş mikrobiyal ürünler (SMP);

- Mikroorganizmaların çevreye uyum sağlarken ortama saldıkları enzim türü bazı organik maddeler,

- Substratın ayrışması ve mikroorganizmaların metabolik süreçleri sırasında meydana gelen organik maddeler,
- İçsel solunum sonucunda (hücre çözünmesi ve ölümü) oluşan organik maddeler, olarak sistemde bulunurlar.

Biyolojik arıtma sistemlerinde oluşan SMP'nin belirlenmesi için glikoz ile havalı ve havasız biyolojik arıtma tesislerinde yürütülen deneysel çalışmaların sonuçları Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Havalı ve havasız arıtım şartlarında glikoz ile yapılan çalışmalar (Öztürk ve ark.)

Proses	S_T (mg KOİ/l)	SMP (mg KOİ/l)	SMP/S_T
Aerobik	405	31	0,077
	1470	65	0,044
	2560	118	0,046
	3130	132	0,042
	3625	148	0,041
	3850	157	0,041
	4560	186	0,041
Anaerobik	2135	34	0,016
	2600	42	0,016
	3250	48	0,015
	4105	59	0,015
	5640	80	0,013

Çizelge 5.1.'de görüldüğü gibi fermantasyon endüstrisi atıklarıyla glikoz ile karşılaştırmalı olarak yapılan çalışmalarda, havalı proseste havasız proseste kıyasla 2-3 kat fazla SMP oluşmuştur. Ayrıca atıksu giriş konsantrasyonu, S_T , arttıkça her iki proseste de SMP/S_T oranı azalmıştır (Öztürk ve ark.).

6. KOİ BİLEŞENLERİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Arıtma tesisi çıkışıındaki toplam organik madde miktarını, giriş akımındaki çözünmüş inert KOİ (S_I) ve partiküler inert KOİ (X_I) ile biyolojik arıtma sürecinde metabolik aktivitelerle üretilen çözünmüş inert mikrobiyal ürünler (S_P) ve partiküler inert mikrobiyal ürünler (X_P) belirlemektedir. Özellikle kuvvetli atıksularda giriş akımındaki çözünmüş KOİ bileşenleri sistemin arıtılabilirliğini ciddi olarak etkileyebilmekte veya farklı endüstri kategorileri için geliştirilmiş deşarj standartlarına ulaşmasını engelleyebilmektedir. Girişteki çözünmüş inert organik madde de yapısını hiç değiştirmeden çıkış akımına geçmektedir. Bu bileşen konvansiyonel atıklarda oldukça büyük öneme sahip olmaktadır (Germirli ve ark., 1991).

6.1. Çözünmüş ve Partiküler inert KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi

Atıksuda mevcut çözünmüş inert organik maddenin (S_I) önemi, literatürde çok sayıda araştırmacı tarafından ifade edilmiştir. Ekama ve arkadaşları (1986), çamur yaşı 10-20 gün olan tam karışımı laboratuvar ölçekli tavsiye etmekte ve girişteki çözünmüş inert KOİ'nin filtrelenmiş çıkış KOİ'sine eşit olacağı belirtilmiştir. Daha sonraları, IAWPRC Task Grup, tam karışımı sürekli çalışan ve çamur yaşı 10 günün üzerinde olan bir reaktörden alınan ve kesikli bir reaktörde havalandırılan farklı bir metot tanımlamışlardır (Henze ve ark., 1987). Periyodik olarak alınan ve analizi yapılan numunelerde girişteki çözünmüş inert KOİ'ye eşit olduğu varsayılan nihai çözünmüş kalıcı KOİ belirlenmiştir. Bu tip metotlar, çıkıştaki çözünmüş inert maddeler ile mikrobiyal ürünlerin çözünmüş fraksiyonlarını ayıramamak ve birlikte ölçmek gibi dezavantaja sahiptir. Bu basitleştirilmiş yaklaşım, evsel atıksularda kalıcı ürünlerin belirlenmesini sağlayan diğer organik fraksiyonların belirlenmesi yöntemiyle tolere edilebilir.

Çözünmüş mikrobiyal ürünlerin yapısı iyi bir şekilde tanımlanmamıştır. Birçok çalışmada bu maddelerin kalıcı oldukları, bazı araştırmalarda ise girişteki biyolojik ayrışabilen KOİ'den daha yavaş fakat biyolojik olarak parçalanabilir oldukları ve sistemde biriktikleri iddia edilmektedir. Bu ürünlerin oluşum ya da birikim hızlarının formülasyonu kabul edilen modele bağlıdır. Atıksulardaki inert fraksiyonun belirlenmesi için önerilen metotlar Çizelge 6.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 6.1. Atıksularda İnert Organik Maddelerin Belirlenmesi İçin Önerilen Metotlar (Yıldız Töre, 2005)

Organik Fraksiyon	Test Metotları	Kaynaklar
Çözünmüş İnert Madde	Kesikli	(Chudoba, 1985)
	Sürekli	(Ekama ve ark., 1986)
	Kesikli	(Henze ve ark., 1987)
	Kesikli	(Boero ve ark., 1991)
	Kesikli	(Germirli ve ark., 1991)
	Kesikli/Sürekli	(Solfrank ve ark., 1992)
	Kesikli	(Lesouef ve ark., 1992)
	Kesikli	(Germirli ve ark., 1993)
Partiküler İnert Madde	Sürekli + Model Kalibrasyonu	(Ekama ve ark., 1986)
	Çamur Üretimi ile Kalibrasyon	(Henze ve ark., 1987)
	Kesikli	(Orhon ve ark.,1992)
	Kesikli	(Kapeller ve Gujer,1992)
	Kesikli	(Lesouef ve ark.,1992)
	Kesikli	(Germirli ve ark., 1991)

Giriş akımındaki partiküler inert maddelerin (X_I) belirlenmesi için genellikle önerilen prosedür, kararlı halde çamur yaşı 5 günden fazla olan, laboratuvar ölçekli tam karışimli bir aktif çamur ünitesinde kinetik analizlerin yapılmasıdır. Ekama ve arkadaşları (1986), X_I 'in hesabı için proses kinetiğinin temelinde hesaplanan değer ile tam karışımda ölçülen UAKM konsantrasyonunun karşılaştırılmasını önermektedirler.

Task Grup da, gözlenen ve ölçülen çamur üretimini baz alan benzer bir yaklaşım önermektedir. Bu yaklaşımda, deneysel metotlardan bağımsız olarak doğru belirlenmiş, heterotrofik dönüşüm oranı (Y_H), içsel solunum hızı (b_H) ve biyokütlenin inert kısmı (f_{EX}) olmak üzere 3 kinetik sabite gereksinim duyulmaktadır.

Germirli ve arkadaşları (1991) tarafından çözünmüş inert KOİ, S_I ölçümü için önerilen yöntem, zamana karşı KOİ giderimindeki farklılığı birbirinden ayırmanın çok güç olduğu toplam ve çözünmüş KOİ değerlerinin birbirine çok yakın olan atıksularda kullanılmaktadır. Bu durum bazı endüstriyel atıksularda ya da çok basamaklı arıtım sistemlerinde kuvvetli atıksuların kimyasal arıtma çıkışı açısından önem taşımaktadır.

Girişteki partiküler ve çözünmüş inert fraksiyonlarının doğrudan deneysel olarak belirlenmesi için yeni bir yöntem önerilmiştir (Orhon ve ark., 1994, Kapper ve Gujer, 1992). Bu yöntem daha önceki yaklaşımlarla ilgili temel problemleri elimine etmekte ve yalnızca KOİ ölçümlerine dayanmaktadır.

6.1.1. Germirli ve arkadaşları tarafından önerilen yöntemler

Germirli (1990), kesikli bir sistemde, kolay ayrışabilen organik madde S_s, tamamen tükendiği zaman, KOİ profilinin bir minimuma ulaştığını ve bu noktada kalan organik maddenin ise S_R ve S_I'nin toplamından ibaret olduğunu belirtmiştir. Germirli çalışmasında, giriş suyundaki S_I'nin belirlenmesi için iki farklı yöntem önermiştir. Her iki yöntemde de inert fraksiyonu tayin edilecek atıksu yanında farklı bir organik madde olarak, organik kısmının tamamen ayrıştığı kabul edilen glikoz kullanılmıştır. Atıksuyun partiküler KOİ' sinin çözünmüş KOİ' sine yakın olması halinde Germirli ve arkadaşları (1991) tarafından önerilen yöntem kullanılmaktadır. Deneylerde kullanılan biyokütlenin alıştırılma işlemi doldur-boşalt reaktörlerde, alışmış mikroorganizma ve besi maddesi ilavesiyle yürütülmektedir. Biyokütlenin alıştırılması % 50 glikoz çözeltisi ve % 50 atıksu kullanılarak gerçekleştirilir (Temizsoy, 2002).

6.1.1.a. Karşılaştırmalı yöntem

Bu yöntemde süzölmüş atıksu ve aynı konsantrasyonda glikoz çözeltisi iki ayrı reaktörde, aklime olmuş aşu mikroorganizma ve gerekiyorsa nutrient ilavesi ile kesikli olarak çalıştırılır ve zamana karşı çözünmüş KOİ değerleri izlenir (Şekil 6.1). Çözünmüş KOİ profili minimuma ulaştığında, aradaki farktan çözünmüş inert madde S_I belirlenir. Deneyde aynı KOİ değeriyle başlayan iki reaktör kararlı hale geldiğinde;

$$(S_I)_{\text{atıksu}} = (S_I + S_P)_{\text{atıksu}} - (S_P)_{\text{glikoz}} \quad (6.1)$$

$$(S_P)_{\text{atıksu}} = (S_P)_{\text{glikoz}} \quad (6.2)$$

kabulü yapılır. Her iki sistem de aynı başlangıç çözünmüş KOİ değerine sahip olduğundan, aşu mikroorganizmaların hem atıksuya hem de glikozu aklime edilmiş olması nedeniyle böyle bir kabulün rahatlıkla geçerli olduğu belirtilmektedir (Germirli ve ark., 1990).

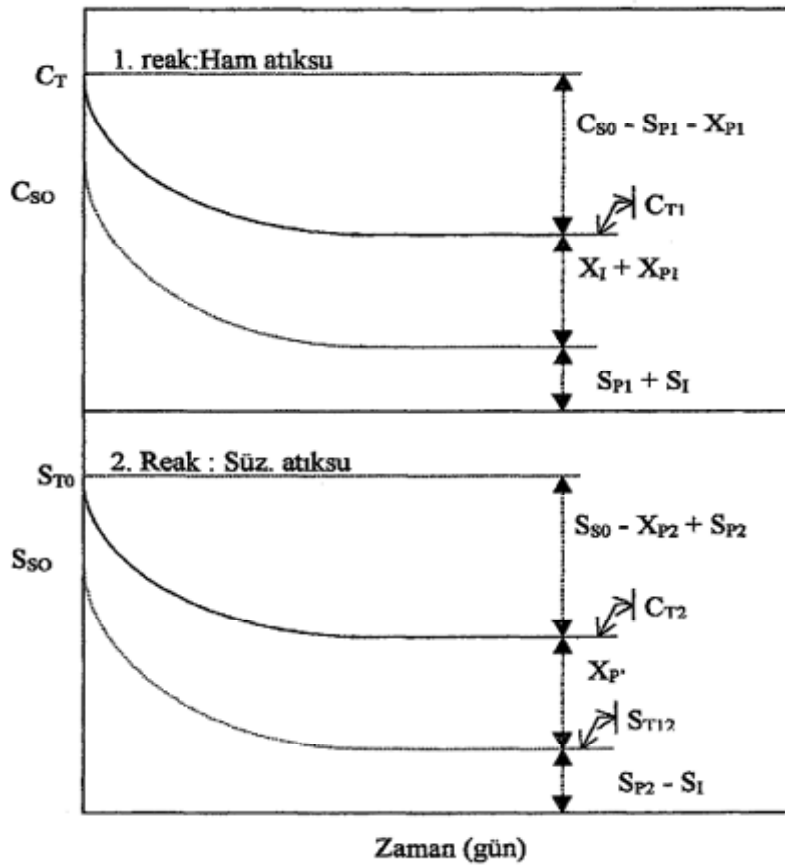
Y_I gibi bir katsayı ile S_{T0} ve S_I arasında bir ilişki kurulabilir.

$$Y_I = S_I / S_{T0} \quad (6.3)$$

Mikrobiyal aktivite tarafından oluşturulan çözünmüş inert KOİ'nin dönüşümü olan Y_P ise;

$$Y_P = (S_R - S_I) / (S_{T0} - S_I) = S_P / S_{S0} \quad (6.4)$$

olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.1. Kalıcı Çözünmüş KOİ'nin Belirlenmesi İçin Karşılaştırmalı Yöntem (Temizsoy, 2002)

6.1.1.b. Kademeli yöntem

Bu yönteme göre, kesikli reaktörde aynı konsantrasyonda seyreltik çözünmüş atıksu üzerine kademeli olarak artan konsantrasyonlarda glikoz ilavesi ile elde edilen sistemlerin,

düşük konsantrasyonda aşı mikroorganizma ilave edilerek işletilmesi ve reaktördeki çözünmüş KOİ değerlerinin zamana karşı izlenmesi adımlarından oluşmaktadır (Germirli ve ark., 1991). Buna göre karşılaştırmalı yöntemde olduğu gibi reaktörler her birinde süzölmüş KOİ sabit bir S_R değerine ulaşana kadar işletilir. Bu kalan KOİ'nin atıksudan veya mikrobiyal aktivitelere gelen çözünmüş inert organiklerden kaynaklandığı farz edilir:

$$S_R = S_P + S_I \quad (6.5)$$

$$S_R = Y_P \cdot S_{T0} + (1 - Y_P) \cdot S_I \quad (6.6)$$

Bu yöntemle, her bir reaktördeki S_I konsantrasyonu (reaktörlerde eşit miktarda atıksu bulunduğu için) sabit tutulmakta, ancak S_{S0} konsantrasyonları farklı olduğundan farklı S_R değerlerine ulaşılmaktadır. Bütün reaktörlerdeki çözünmüş KOİ değerlerinin ulaştıkları nihai değerler esas alınarak çözünmüş KOİ'ye karşı, çözünmüş giriş KOİ değerleri çizilmiş ve bu doğrunun KOİ eksenini kestiği değer, atıksuyun çözünmüş inert KOİ değeri olarak hesaplanmıştır.

6.1.2. Orhon ve arkadaşları tarafından önerilen yöntem

Giriş atıksuyunda çözünmüş ve partiküler inert maddeleri belirleyen sadece deneysel ölçümlere dayalı yeni bir yöntem önerilmiştir (Orhon ve ark., 1986, 1992). S_I 'nin değerlendirilmesi için Germirli ve arkadaşları (1991) tarafından daha önce önerilen yöntemin bir modifikasyonu olarak Orhon ve arkadaşları (1994, 1999) tarafından partiküler ve çözünmüş inert KOİ'nin doğrudan tayin edilmesi hesabında kullanılmıştır (Şekil 6.2).

Orhon ve arkadaşları (1994, 1999) tarafından giriş akımındaki partiküler ve çözünmüş inert KOİ'yi belirlemek için 3 yöntem önerilmiştir.

6.1.2.a. Toplam KOİ değerine sahip atıksu ile yapılan deneysel yöntem

Birinci yöntemin esası, toplam KOİ (C_{T0}) değerine sahip atıksu ve çok az miktarda biyokütle ilavesi yapılan bir sistemde zamana karşı toplam ve çözünmüş KOİ değerlerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Tüm biyokütlenin mineralizasyonunu ve tüm ayrışabilen substratın tükenmesini sağlamak amacıyla ölçümler uzun bir reaksiyon süresince

yapılmaktadır. Giriş akımındaki partiküler inert KOİ ve biyokütlenin ölümü sonucu üretilen kalıcı partiküler ürünlerin toplamı, X_T 'nin ölçülen değeri,

$$X_T = X_I + X_P \quad (6.7)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Çalışkan ve ark., 2002).

6.1.2.b. Toplam ve süzölmüş KOİ değeriğine sahip atıksu ile yapılan deneysel yöntem

İkinci yöntemin esası, biri toplam atıksu (C_{T0}) ve diğeri süzölmüş atıksu (S_{T0}) ile beslenerek havalandırılan kesikli reaktörlerde yapılan deneysel çalışmaya dayanmaktadır. Bu yöntemde, girişteki ve reaksiyon sırasında oluşan çözünmüş inert organikler ayrı ayrı tanımlanmalı ve partiküler inert madde tayininde S_P girişiminden kaçınılmalıdır. Ayrıca Y_H , b_H ve f_{EX} gibi diğeri stokiometrik ve kinetik sabitlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu deneysel yaklaşım, çözünmüş ve partiküler mikrobiyal ürünleri (S_P , X_P) ve girişteki biyolojik ayrışabilir KOİ (C_{S0})' nin bir fraksiyonu olarak kabul edilen X_P' yi kullanır. Deneysel çalışmada biri süzölmüş (S_{T0}) diğeri toplam atıksu (C_T) reaktöründen oluşmaktadır. İki reaktörde de biyolojik olarak ayrışabilir tüm substratın kullanıldığı ve tüm biyokütlenin mineralize olduğuna emin olunan, bununla birlikte KOİ ölçümlerinin değerişmediği bir eşik değeri ulaşınca kadar yeterince uzun bir süre toplam ve çözünmüş KOİ değeriği izlenir. Her iki reaktöre önceden aklime olmuş çok az miktarda (10-50 mg UAKM/1) biyokütle ilave edilir (Eremetar ve ark., 1999).

Birinci reaktör için toplam KOİ içeriği şu şekilde verilebilir:

$$C_{T0} = S_{T0} + X_{S0} + S_I + X_I = C_{S0} + S_I + X_I \quad (6.8)$$

İkinci reaktör için çözünmüş KOİ ise şu şekilde verilebilir:

$$S_{T0} = S_{S0} + S_I \quad (6.9)$$

Deneyin sonunda, tüm biyolojik aktivite sona erdiğinden $X_H = 0$ ve tüm ayrışabilen substrat tükendiğinden $S_S=0$, $X_S=0$ olduğü kabulüyle;

$$C_{T1} = S_{P1} + S_I + X_I + X_{P1} \quad (6.10)$$

$$S_{T1} = S_{P1} + S_I \quad (6.11)$$

$$C_{T1} - S_{T1} = X_{P1} + X_I \quad (6.12)$$

Süzülmüş atıksu ile beslenen ikinci reaktör için aynı değerler:

$$C_{T2} = S_{P2} + S_I + X_{P2} \quad (6.13)$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad (6.14)$$

$$C_{T2} - S_{T2} = X_{P2} \quad (6.15)$$

Bu deneysel yöntem, mikrobiyal olarak üretilen partiküler ve çözünmüş KOİ, X_P ve S_P ; girişteki biyolojik olarak ayrışabilen KOİ' nin (C_{S0}) fraksiyonları olduğunu kabul eder. Buna göre;

I. reaktörde,

$$X_{P1} = Y_{XP} \cdot C_{S0} \quad (6.16)$$

$$S_{P1} = Y_{SP} \cdot C_{S0} \quad (6.17)$$

II. reaktörde,

$$X_{P2} = Y_{XP} \cdot S_{S0} \quad (6.18)$$

$$S_{P2} = Y_{SP} \cdot S_{S0} \quad (6.19)$$

I. reaktörde giderilen toplam KOİ;

$$\Delta C_{T1} = C_{T0} - C_{T1} = C_{S0} - S_{P1} - X_{P1} \quad (6.20)$$

(6.16) ve (6.17) eşitliklerinin kullanılmasıyla bu denklem düzenlenecek olursa:

$$\Delta C_{T1} = (1 - Y_{XP} - Y_{SP}) \cdot C_{S0} \quad (6.21)$$

Aynı şekilde II. reaktör için:

$$\Delta C_{T2} = S_{T0} - C_{T2} = S_{S0} - S_{P2} - X_{P2} \quad (6.22)$$

yazılabilir. (6.18) ve (6.19) eşitlikleri kullanıldığında;

$$\Delta C_{T2} = (1 - Y_{XP} - Y_{SP}) \cdot S_{S0} \quad (6.23)$$

olur. X_{P2} deneylerde doğrudan ölçülmektedir. (6.16) ve (6.18) numaralı eşitlikler birleştirilirse;

$$X_{P1} = X_{P2} \cdot (C_{S0} / S_{S0}) \quad (6.24)$$

elde edilebilir. Benzer şekilde (6.21) ve (6.23) eşitliklerinin birleştirilmesi C_{S0} / S_{S0} yerine doğrudan ölçülen $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ oranı kullanılabilir. Buna göre;

$$X_{P1} = X_{P2} \cdot (\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}) \quad (6.25)$$

(6.12) denkleminde X_I çekilirse;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - X_{P1} \quad (6.26)$$

elde edilir. (6.25) denklemini bu eşitlikte yerine konulursa;

$$X_I = C_{T1} - S_{T1} - (C_{T2} - S_{T2}) \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad (6.27)$$

(6.11) denkleminde (6.14) ifadesi çıkarılırsa;

$$S_{T1} - S_{T2} = S_{P1} - S_{P2} \quad (6.28)$$

$$S_{P1} / S_{P2} = C_{S0} / S_{S0} \quad (6.29)$$

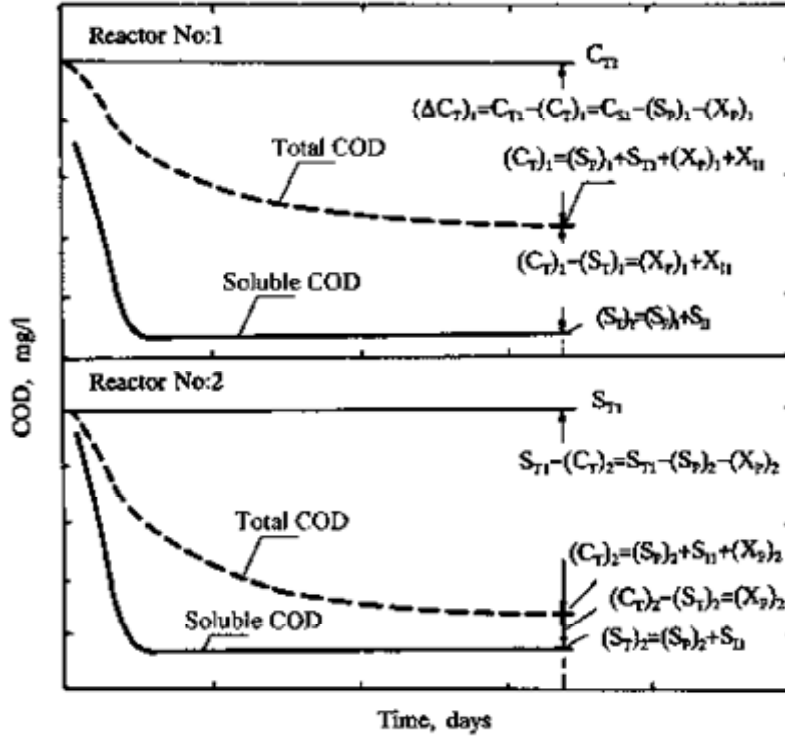
C_{S0} / S_{S0} yerine $\Delta C_{T1} / \Delta C_{T2}$ yazılırsa;

$$S_{P1} / S_{P2} = \Delta C_{T1} / \Delta C_{T2} \quad (6.30)$$

$$S_{P1} = (S_{T1} - S_{T2}) / [1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1})] \quad (6.31)$$

$$S_I = S_{T1} - [(S_{T1} - S_{T2}) / (1 - (\Delta C_{T2} / \Delta C_{T1}))] \quad (6.32)$$

elde edilir. (6.27) eşitliğinde verilen X_I denklemi gibi (6.32) eşitliğindeki tüm değerlerde deneysel olarak bulunabilir.



Şekil 6.2. X_I 'nin Deneysel Olarak Tayini (Orhon ve ark., 1999)

6.1.2.c. Toplam ve süzölmüş atıksu ile glikoz çözeltilisi reaktörleri ile yürütölen deneysel yöntem

Üçüncü yöntemde ise, ikisi atıksu ile üçüncüsü glikoz ile çalışan üç adet kesikli reaktör kullanılmaktadır. Bu yöntem, partiköler KOİ değeri makul ölçüde büyük atıksu numuneleri için kullanılabilir. Yeni yöntem uyarınca ham atıksu reaktörü (C_{T0}), süzölmüş atıksu reaktörü (S_{T0}) ile süzölmüş atıksuya eş değeri konsantrasyonda KOİ içeren glikoz reaktörü kullanılarak; çözünmüş KOİ konsantrasyonunun toplam KOİ içerisindeki oranının büyük olması halinde ise, süzölmüş atıksu reaktörü ile süzölmüş atıksuya eşdeğeri konsantrasyonda KOİ içeren glikoz reaktörünün yardımıyla deneysel çalışmalar yürütölmektedir (Yılmaz, 2009). Önceden aklime olmuş çok az miktarda (10-50mgUAKM/l) biyokötle ilave edilen her üç reaktörde de toplam ayrışabilen substratın tüketilmesi ve tüm biyokötlemin mineralize olması sonucunda, KOİ deneylerinde elde edilen değeri sabit bir

eşik değerine ulaşmaktadır. Bu yönteme ilişkin inert KOİ profilleri Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'de verilmiştir (Doğruel, 2000).

Süzülmüş atıksu örneği ile beslenen ikinci reaktör ve glikozla beslenen üçüncü reaktöre ait KOİ değerleri aracılığıyla aşağıdaki bağıntılar elde edilebilmektedir (Orhon ve ark., 1999):

Glikoz reaktöründen f_{ES} 'nin belirlenmesi;

$$Y_{SP} = f_{ES} \cdot Y_H = S_G/S_{T0} \quad (6.33)$$

$$f_{ES} = (1/Y_H) \cdot (S_G/S_{T0}) \quad (6.34)$$

Bu denklemde S_{T0} olarak ifade edilen Şekil 6.4'de görüleceği üzere glikoz reaktörünün başlangıçtaki çözünmüş KOİ değeridir.

Süzülmüş atıksu reaktöründe S_I ve f_{EX} 'in belirlenmesi;

$$S_{P2} = S_{T2} - S_I \quad (6.35)$$

$$S_{P2} = f_{ES} \cdot Y_H \cdot (S_{T0} - S_I) \quad (6.36)$$

$$S_I = [S_{T2} - (f_{ES} \cdot Y_H \cdot S_{T0})] / (1 - f_{ES} \cdot Y_H) \quad (6.37)$$

$$X_{P2} = C_{T2} - S_{T2} \quad (6.38)$$

$$S_{S0} = S_{T0} - S_I \quad (6.39)$$

$$Y_{XP} = f_{EX} \cdot Y_H = X_{P2} / S_{S1} \quad (6.40)$$

$$f_{EX} = (1 / Y_H) \cdot [(C_{T2} - S_{T2}) / (S_{T0} - S_I)] \quad (6.41)$$

S_I ve f_{EX} belirlenmesi denklemlerinde S_{T0} olarak ifade edilen Şekil 6.3.'de görüleceği üzere süzülmüş atıksu reaktörünün başlangıçtaki çözünmüş KOİ değeridir.

Ham atıksu reaktöründen X_I 'in belirlenmesi;

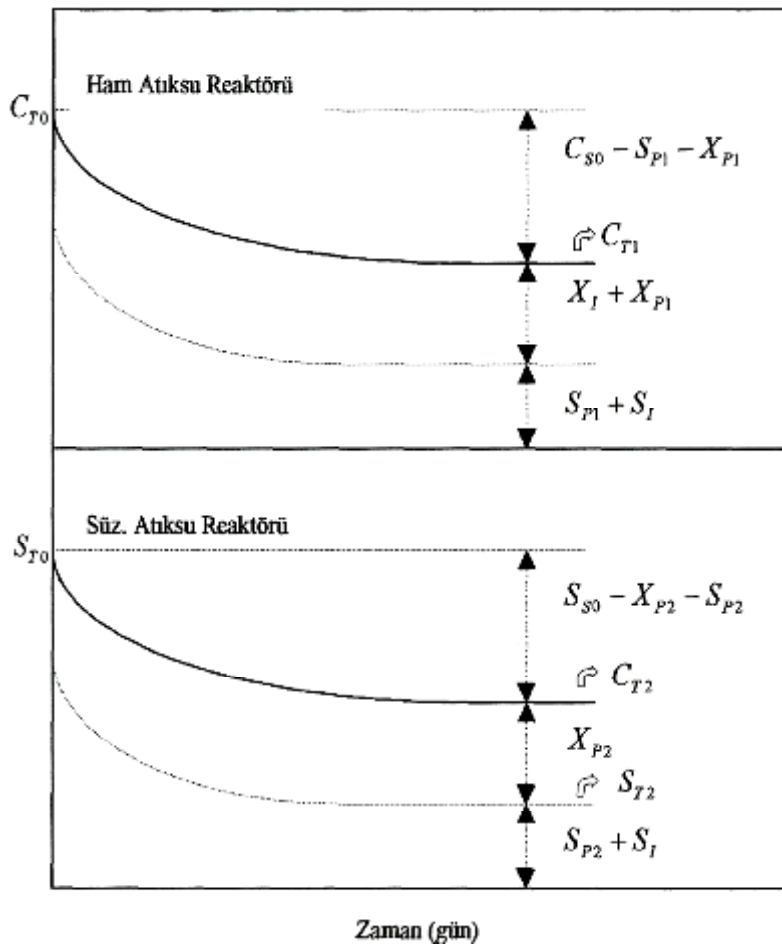
$$X_{T1} = C_{T1} - S_{T1} = X_I + X_{P1} \quad (6.42)$$

$$C_{S0} = C_{T0} - X_I - S_I \quad (6.43)$$

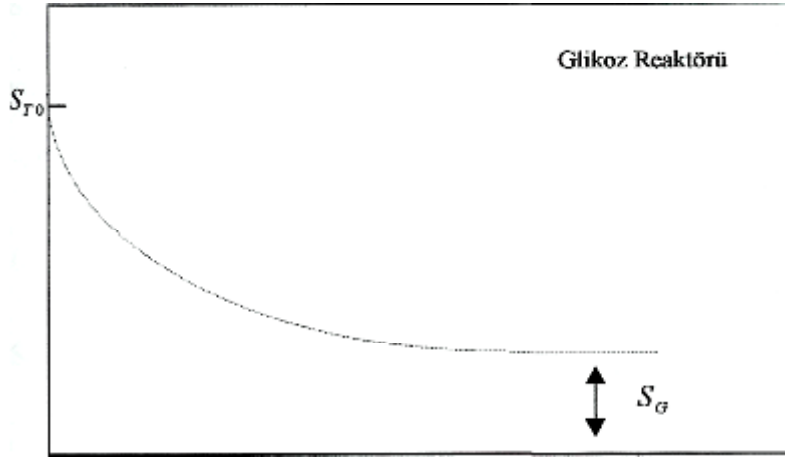
$$X_{P1} = f_{EX} \cdot Y_H \cdot (C_{T0} - X_I - S_I) \quad (6.44)$$

$$X_I = [(X_{T1} - f_{EX} \cdot Y_H \cdot (C_{T0} - S_I)) / (1 - f_{EX} \cdot Y_H)] \quad (6.45)$$

(6.35) ve (6.36) numaralı bağıntılar aracılığıyla elde edilen S_{P2} değerinin birbiriyle karşılaştırılması yoluyla yapılan hesaplamaların doğruluğu kontrol edilebilmektedir.



Şekil 6.3. Ham ve Süz. Atıksu Reaktörü için İnert KOİ Profilleri



Şekil 6.4. Ham Atıksu Reaktörü ve Süzölmüş Atıksu Reaktörü İnerit KOİ Profilleri (Glikoz için)

Literatürde yukarıda sözü edilen yöntemler yardımı ile belirlenen, çeşitli atıksulardaki partiküler ve çözünmüş inerit KOİ değerleri Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'de verilmektedir. Çizelge 6.2'deki daların değerlendirilmesinde çıkış suyu kalitesinin, kalıcı mikrobiyal ürünlerin oluşumu ile olduğu kadar, girişteki inerit KOİ fraksiyonundan da etkilendiği dikkate alınmalıdır.

Çizelge 6.2. Literatürde verilen partiküler inerit KOİ ile ilgili deneysel sonuçlar (Çalışkan, 2007).

Atıksu Tipi	C_{T0} (mg KOİ / l)	X_I (mg KOİ / l)	Kaynaklar
Belediye Atıksuları			
Evsel	314	29	Orhon ve ark.,1994b
	360	36	Orhon ve ark.,1994b
	440	30	Lesouef ve ark.,1992
Belediye (Evsel-Deri)	390	112	Orhon ve ark.,1994b
Endüstriyel Atıksular			
Tekstil			
Örgü Fabrikası	535	73	Orhon ve ark.,1992
	994	12	Eremektar ve ark.,1996
Kuvvetli Atıksular			
Peynir Altı Atıksuyu			
Aerobik Giriş	2761	28	Germirli ve ark.,1993
Sitrik Asit Üretimi			
Aerobik Giriş	2945	228	Germirli ve ark.,1993

Çizelge 6.3. Literatürde Yer Alan Farklı Tip Endüstriyel Atıksularına İlişkin Çözünmüş İnerit KOİ Konsantrasyonları (Çalışkan, 2007, Yılmaz, 2009)

Atıksu Tipi	S _{T1} (mg KOİ /l)	S _{T2} (mg KOİ /l)	Y _{SP}	Kaynaklar
Belediye Atıksuları				
Evsel	150	8	0.096	Orhon ve ark.,1994b
	164	13	0.064	Orhon ve ark.,1994b
	250	15	0.062	Lesouef ve ark.,1992
Belediye(Evsel-Deri)	190	15	0.086	Orhon ve ark.,1994b
Endüstriyel Atıksular				
Deri	1500	323	0.040	Kordaşlı ve ark.,1994
	1075	262	0.040	Kordaşlı ve ark.,1994
	1870	464	0.045	Kordaşlı ve ark.,1994
Tekstil				
Dokuma Kumaş	1176	90	0.044	(Orhon ve ark.,1992)
Orgü Kumaş	800	88	0.040	(Orhon ve ark.,1992)
Orgu Kumaş	535	117	0.088	(Orhon ve ark.,1992)
Orgü Kumaş	686	150	0.064	(Eremektarve ark.,1997)
Pamuklu	1165	260	0.080	(Germirli ve ark.,1998)
Pamuklu	1900	170	0.039	(Germirli ve ark.,1999)
Pamuklu ve Sentetik	1000	190	0.083	(Germirli ve ark.,1991)
Pamuklu ve Polyester	1690	250	0.060	(Germirli ve ark.,1998)
Polyester	1485	415	0.070	(Germirli ve ark.,1998)
Jean	1700	100	0.045	(Germirli ve ark.,1998)
Organize Tekstil Sanayi	710	26	0.058	(Ubayçokgör,1997)
Atıksuyu	470	12	0.026	(Ubayçokgör,1997)
	560	21	0.038	(Ubayçokgör,1997)
Süt				
Entegre	480	-	0.068	Orhon ve ark.,1993
Yoğurt&Tereyağı	1190	-	0.062	Orhon ve ark.,1993
Kağıt				
	3340	137	0.057	Germirli ve ark.,1991
	560	160	0.116	Ubay, 1996
Et				
	1990	110	0.057	Germirli ve ark.,1991
Antibiyotik				
	9330	2520	0.100	Germirli ve ark.,1991
Kuvvetli Atıksular				
Peynir Altı Atıksuyu				
Anaerobik Giriş	60 000		0.027	Germirli ve ark.,1993
Aerobik Giriş	1020		0.054	Germirli ve ark.,1993
Sitrik Asit Üretimi				
Anaerobik Giriş	29 300		0.054	Germirli ve ark.,1993
Aerobik Giriş	2025		0.210	Germirli ve ark.,1993
Anaerobik Giriş	28 100		0.060	Germirli ve ark.,1993
Aerobik Giriş	4055		0.078	Germirli ve ark.,1993

6.2. Kolay Ayrışabilen KOİ'nin (S_{S0}) Belirlenmesi

Kolay ayrışabilen KOİ (S_{S0}), biyokütle tarafından doğrudan tüketilen absorblanabilen uçucu yağ asitleri, basit karbonhidratlar, alkoller, aminoasitler gibi çözülmüş bileşenler içermektedir. Atıksularda kolay ayrışabilen KOİ'nin doğru olarak belirlenmesi teorik ve pratik açıdan oldukça büyük öneme sahiptir. Bu bileşen, heterotrofik büyüme için hız kısıtlayıcı olarak kabul edilirken, yavaş ayrışabilen KOİ (X_S)'in belirlenmesinde de rol oynar. Kolay ayrışabilen KOİ, toplam KOİ'nin bir fraksiyonu olarak ifade edilebilmektedir:

$$S_{S0} = f_{SS} \cdot C_{T0} \quad (6.46)$$

Burada, f_{SS} giriş KOİ'sinin kolay ayrışabilen kısmıdır. Kolay ayrışabilen organik maddenin belirlenmesi için önerilen yöntemlerin nerdeyse tamamı aktif çamurda meydana gelen değişikliklerin respirometrik analiz yöntemlerine dayanmaktadır. Respirometrik yöntemler, organik maddenin bir elektron transfer edilmesiyle bu elektronu alacak elektron alıcısı miktarının deneysel olarak belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Buna göre atıksudaki organik maddenin hidroliz hızına göre oksijen tüketim hızı yavaşlamaktadır. Çeşitli araştırmacılar sistemlerde Oksijen Tüketim Hızı (OTH) ölçümleri (Ekama ve ark., 1986) ya da aerobik-anoksik kesikli reaktörlerde OTH/NTH ölçümlerini önermişlerdir (Ekama ve ark., 1986, Solfrank ve Gujer, 1992, Krintensen ve ark., 1992). Atıksularda kolay ayrışabilen organik maddenin belirlenmesi için önerilen yöntemler Çizelge 6.4.'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Kolay Ayrışabilen Organik Maddenin Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler (Yıldız Töre, 2005)

Kullanılan Yöntem	Fraksiyon	Kaynaklar
Gaz Kromotograf	S _A	APHA,1985
OTH Test	S _S	Ekama ve ark.,1986
Çökelme, Poli-Alüminyum Klorit	S _S	Henze ve Harremoes,1992
NUR Test	S _S	Krintensen ve ark.,1992
Kesikli + Modelleme	S _S	Kappeler ve Gujer,1992
Çökelme, Çinko Sülfat	S _S	Mamais ve ark,1993
Hidroliz + Gaz Kromotograf	S _F	Johansson,1994
Kesikli + Modelleme	S _S	Novak ve ark.,1994
Çözülmüş Protein + Karbonhidrat	S _F	Henze ve ark.,1995

Araştırmacıların çoğu, işletilmeleri daha kolay ve reaktör hidroliginden bağımsız olduğu için kesikli reaktörler ile çalışmayı tercih etmektedirler.

6.3. Yavaş Ayırılan Organik Madde (X_S)'nin Belirlenmesi

Günümüz aktif çamur modellerinde yavaş ayırılan organik maddenin hidroliz kademesinden geçerek kolay ayırılan substrata dönüşmesi ve bu şekli ile çoğalmanda kullanılması benimsenmektedir. Çözünmüş ya da partiküler formda olan bazı yüksek moleköl ağırlıklı organik maddeler yavaş ayırılan madde kapsamında ele alınabilmektedir. Buradan hareketle yavaş ayırılan (X_{S0}) formları, çözünmüş S_{H0} ve partiküler X_S olarak gösterilebilmektedir.

Giriş akımındaki toplam atıksuda ölçülen toplam organik madde miktarı çözünmüş ve partiküler bileşenlerinin toplamını yansıtmaktadır.

$$C_{T0} = S_{S0} + S_{H0} + S_{I0} + X_{S0} + X_{I0} \quad (6.47)$$

Süzülmüş atıksuda ölçülen organik miktarı ise sadece çözünmüş bileşenleri yansıtmaktadır.

$$S_{T0} = S_{S0} + S_{H0} + S_{I0} \quad (6.48)$$

Bu bağıntılar yardımıyla atıksulardaki yavaş ayırılan organik madde bileşenleri belirlenebilir (Ubay Çokgör, 1997).

7. MATERYAL VE METOT

7.1. Denim İşlemlerini Karakterize Eden Alt Proseslerin Belirlenmesi

Bu çalışmada; denim yıkama atıksularının geri kazanım-yeniden kullanım alternatifleri araştırılarak bu atıksuların inert KOİ'si belirlenmiştir. Bunun için ilk adım olarak denim yıkama olarak adlandırılan denim terbiye proseslerinde kullanılan suyun üretimin yapısını etkilemeyecek şekilde sahip olması gereken özellikler, tesisin üretim mühendisleri ile yapılan karşılıklı görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. İşletmede kullanılan ham ve yumuşak suyun özellikleri Çizelge 7.1'de verilmiştir. Üretimin yapısını etkileyebilecek üç temel parametre vardır. Bunlar KOİ, iletkenlik ve renktir. Bu bağlamda, literatürdeki geri kazanım ve tekrar kullanım kriterleri Çizelge 7.2'de sunulmuştur.

Çizelge 7.1. İşletmede Kullanılan Ham ve Yumuşak Suyun Özellikleri

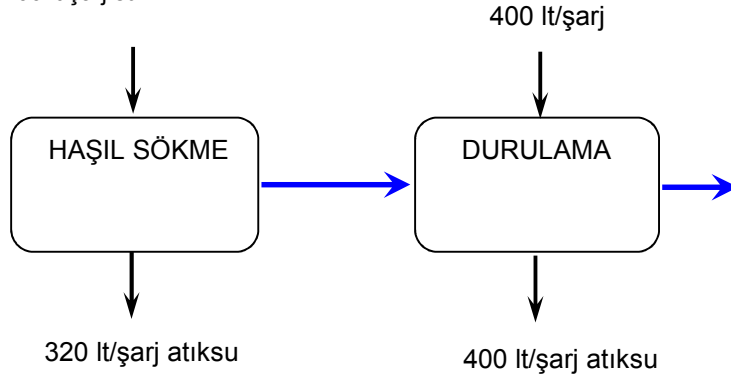
Parametre	Birim	İşletmede kullanılan suyun karakteri	
		Ham su	Yumuşak su
Görünüm	-	-	-
Koku	-	-	-
pH Değeri	-	7,65	7,65
Toplam Sertlik,	mg CaCO ₃ /l	140	10
Çözünmüş katı maddeler	mg/l	260	250
İletkenlik	µS/cm	390	380
renk	-	-	-
Katı madde kalıntıları, (AKM)	mg/l	<10	<10
KOİ	mg/l	Ölçülemedi	Ölçülemedi
Demir Miktarı (Fe)	mg/l	0,28	3
Mangan Miktarı	mg/l	-	-
Bakır miktarı (Cu)	mg/l	0,05	0,07
Nitrat miktarı (NO ₃ ⁻¹)	mg/l	2,5	3,5
Nitrit miktarı	mg/l	-	-
T-Alkalinite	mg/l	65	60

Çizelge 7.2. Literatürdeki Geri Kazanım ve Tekrar Kullanım Kriterleri

Kaynak	Parametre			Tekrar Kullanım Kriteri
	KOİ, mg/L	İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	Renk	
Goodman ve Porter, 1980	178-218	1650-2200	20-30 Pt-Co	%100 pamuklu kumaşın reaktif boyama prosesi için tekrar kullanım
Comodo ve ark., 1993	40	2000	0.02 (426 nm)	Düşük kalitede yün boyama için tekrar kullanım
Li ve Zhao, 1999	0-160	800-2200	0-2 Lovibond	Reaktif ve asit boyama proseslerinde tekrar kullanım
Rozzi ve ark., 1999	30	1800	0.01 (426 nm)	Sentetik elyaf boyaması
Rozzi ve ark., 1999	<10	<40	Renksiz	Tekstil fabrikaları için tekrar kullanım
Ciardelli ve ark., 2001	34	35	0.002 (420 nm)	Tekstil fabrikalarının bütün prosesleri için uygun su kalite özellikleri
Marcucci ve ark., 2001	8-10	330-2350	-	Doğal ve sentetik iplik boyama ve açık renklilerin yıkanması için tekrar kullanım
Bes-Pia ve ark., 2003, 2005	100	1000	-	Ağartma prosesinde tekrar kullanım için yeterli kalite
Brik ve ark., 2006	<30	<1800	<1m ⁻¹ (426 nm)	Tekstil endüstrisinde tekrar kullanım için genel kriterler
Gozalvez-Zafrilla ve ark., 2008	<20	<500	-	Tekstil endüstrisinde tekrar kullanım suyu için spesifikasyonlar
Lu ve ark., 2009	<50	-	10 time	Boyama ve baskı prosesleri için tekrar kullanım

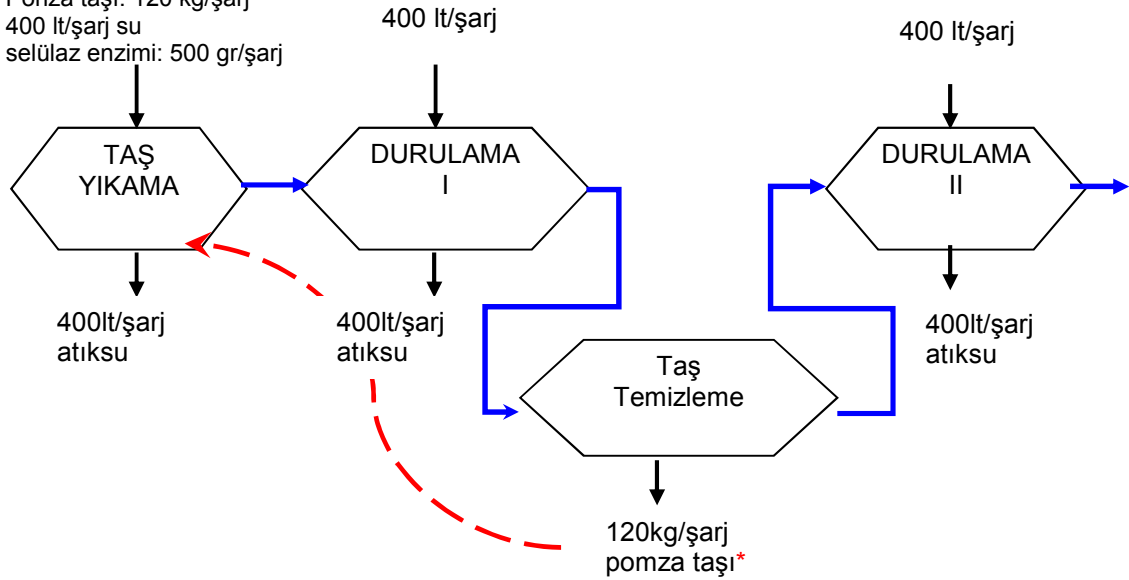
Denim yıkama tesisinde birçok farklı prosesle yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla farklı kirliliklerde atıksular meydana gelmektedir. Bu bazda üretimden sorumlu tekstil mühendisi ile işbirliğine gidilmiş, tesis içinde uygulanan her bir proses kademesinde çok kullanılan ve konvansiyonel denim işlemlerini karakterize eden 5 farklı alt proses belirlenmiştir. Bunlar; rinse yıkama, taş yıkama, lokal yıkama, ağartma ve tint boyama prosesleridir. İncelenen tesise ait proses akım şemaları Şekil 7.1., 7.2., 7.3., 7.4., 7.5.'de verilmiştir.

Islatıcı:500 gr/şarj
Dispergator: 500 gr/şarj
Amilaz enzimi: 250 gr/şarj
400 lt/şarj su

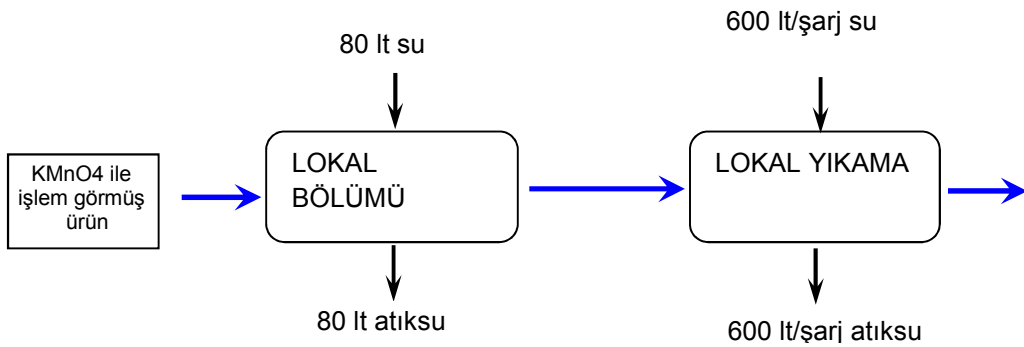


Şekil 7.1. Rinse Yıkama Prosesi Akım Şeması

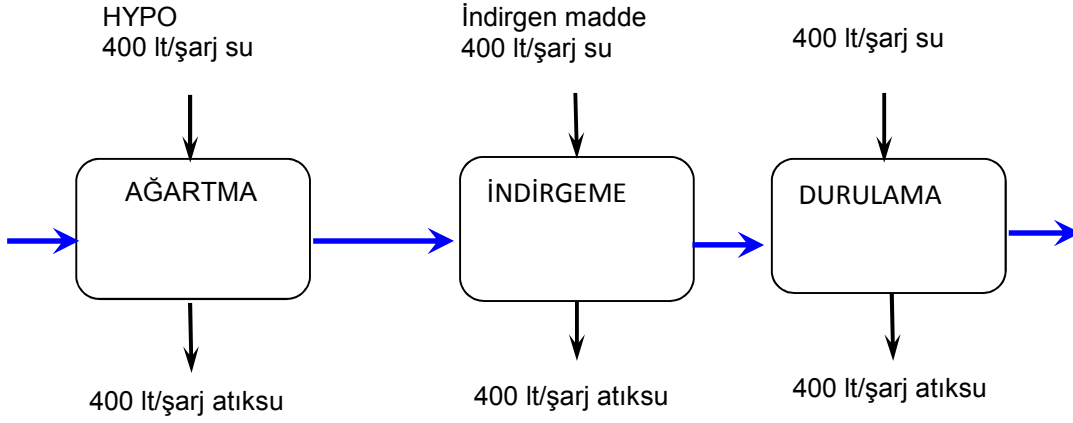
Islatıcı: 500 gr/şarj
Dispergator: 500 gr/şarj
Ponza taşı: 120 kg/şarj
400 lt/şarj su
selülaz enzimi: 500 gr/şarj



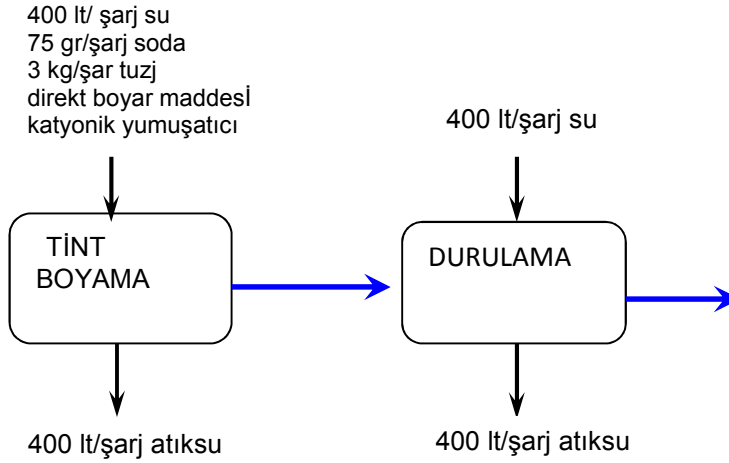
Şekil 7.2. Taş Yıkama Prosesi Akım Şeması



Şekil 7.3. Lokal Yıkama Prosesi Akım Şeması



Şekil 7.4. Ağartma Prosesi Akım Şeması



Şekil 7.5. Tint Boyama Prosesi Akım Şeması

Tesiste denim terbiyesi yapılan ürünler, müşteri siparişine uygun olarak Şekil 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 ve 7.5’de verilen 5 alt prosesin reçetede yapılan kombinasyonlarına göre yıkanmakta, hiçbir zaman tek başına bir proses yeterli olmamaktadır. Özellikle yıkama reçetelerinde rinse yıkama ve taş yıkama proseslerinden biri mutlaka yer almaktadır. Denim yıkama tesisinde 5 alt prosesin kombinasyonlarından oluşan 14’ün üzerinde yıkama reçetesi uygulanmaktadır.

İncelenen işletmede kesikli yıkama işlemleri uygulanmaktadır. Her prosesin ayrı bir yıkama makinesi bulunmakta, bir prostesten çıkan ürünler, reçetede işlem sırasına göre diğer prosese girmesi için elle taşınmaktadır. Dolayısıyla alt proseslerin her adımında çıkan atıksuları kolaylıkla alabilir ve alt proseslerin kirlenme profillerini çıkarabiliriz.

Ayrıca, tesiste kullanılan denim kumaşları indigo boya ile boyanmış halde işletmeye gelmekte ve burada sadece terbiye işlemleri yapılmaktadır. Tint boyama prosesi ise, indigo boya ile boyanmış denim kumaşın üzerine renk efekti verilmesi işlemidir. Tam bir boyama işlemi değildir.

Atıksu karakterizasyonuna esas oluşturacak rinse yıkama, taş yıkama, lokal yıkama, ağartma ve tint boyama proseslerinden numune alma programı oluşturulmuş, buna göre proseslerin her bir adımında atıksuların boşaltımının başında, ortasında ve sonunda anlık numuneler alınmıştır. Haşıl sökme, haşıl durulama, taş yıkama, taş durulama I ve II, lokal yıkama, ağartma, indirgeme, ağartma durulama, tint boyama ve tint durulama akımları olmak üzere 11 adet numune toplanmıştır. Numune alım işlemleri sırasında lokal yıkama prosesinin ilk adımında çok küçük miktarda (80 lt/şarj) su kullanıldığından buradan çıkan atıksular dikkate alınmamıştır.

Her bir prosesten bu bazda ayrı ayrı toplanan numuneler analizi yapılmak üzere Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölüm laboratuvarına getirilmiştir.

7.2. Alt Proseslerin Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlenme Profilleri

Literatürden elde edilen verilere göre, atıksuların geri kazanım açısından uygunluğunu karakterize eden pH, çözülmüş KOİ, toplam KOİ, bulanıklık, iletkenlik ve renk parametreleri bazında atıksu karakterizasyon çalışması yürütülmüş ve bu bilgiler ışığında alt proseslerin kirlenme profilleri çıkarılmıştır.

Atıksuların karakterizasyonunda KOİ parametresi ISO 6060, 1986 da tanımlandığı gibi ölçülmüştür. Durapore-membran filtre kağıtları ile vakum filtrasyon sisteminde filtrelenen numuneler çözülmüş fraksiyon olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışmalar sırasında renk ölçümleri Jenway 6105 UV Visible model spektrofotometrede 10 mm'lik kuvarz cam küvet kullanılarak yapılmış ve absorpsiyon ölçümleri ise EN ISO 7887 standardına göre belirlenmiştir. Bulanıklık ölçümleri, LOVIBOND DRT-15 CE model türbidimetre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. pH ve iletkenlik ölçümleri WTW pH 330i model pH ve iletkenlik ölçer cihaz ile yapılmıştır. Karakterizasyon çalışmasından elde edilen bulgular Çizelge 7.3.'de sunulmuştur.

Ayrık akımların toplam KOİ konsantrasyonları, haşıl sökme 5090 mg/lt, haşıl durulama 1252 mg/lt, taş yıkama 3029 mg/lt, taş durulama I 1129 mg/lt, taş durulama II 400 mg/lt, lokal yıkama 652 mg/lt, hipo yıkama 310 mg/lt, indirgeme 356 mg/lt, ağartma durulama 177 mg/lt, tint boyama 117 mg/lt ve tint durulama 145 mg/lt olarak ölçülmüştür. Buna göre rinse yıkama ve taş yıkama proseslerinin oldukça yüksek konsantrasyona sahip oldukları görülmüştür.

Ayrık akımların çözünmüş KOİ'sine bakıldığında ise, haşıl sökme 2478 mg/lt, haşıl durulama 727 mg/lt, taş yıkama 788 mg/lt, taş durulama I 466 mg/lt, taş durulama II 233 mg/lt, lokal yıkama 468 mg/lt, hipo yıkama 144 mg/lt, indirgeme 179 mg/lt, ağartma durulama 65 mg/lt, tint boyama 18 mg/lt ve tint durulama 114 mg/lt olarak ölçülmüştür.

Atıksu karakterizasyonuna esas oluşturacak rinse yıkama, taş yıkama, lokal yıkama, ağartma ve tint boyama proseslerinden tesisin ideal haldeki kirlenme prosesi çıkarılmıştır. Buna göre proseslerin kirliliğe katkılarına bakıldığında; rinse yıkama prosesinin %30,1 , taş yıkama prosesinin %50,8 , lokal yıkama prosesinin %12,7 , ağartma prosesinin %5 ve tint boyama prosesinin %1,4 olduğu hesaplanmıştır (Bkz. Çizelge 7.4.).

Çizelge 7.3. Alt Proseslerden Elde Edilen Ayrık Akımların Atıksu Karakterizasyonu

PARAMETRELER	BİRİM	RİNSE YIKAMA PROSESİ		TAŞ YIKAMA PROSESİ			LOKAL YIKAMA PROSESİ	AĞARTMA PROSESİ			TİNT BOYAMA PROSESİ	
		Haşıl Sökme	Durulama	Taş Yıkama	Durulama I	Durulama II	Lokal Yıkama	Hipo Yıkama	İndirgeme	Durulama	Tint Boyama	Durulama
pH		6,37	6,45	6,34	6,92	6,87	6,46	6,32	6,42	6,37	6,85	6,93
İletkenlik	mS/cm	0,91	0,47	2,11	0,93	0,54	3,92	4,47	1,98	0,89	6,61	2,67
Toplam KOİ	mg/lt	5090	1252	3029	1129	400	652	310	356	177	117	145
Çözünmüş KOİ	mg/lt	2478	727	788	466	233	468	144	179	65	18	114
Renk	Pt-Co	557,5	577,5	40844	2015	1277	61	272	214	165	124	80,4
Renk 340 nm	Abs	3,229	2,097	over range	1,463	0,968	0,193	0,82	0,26	0,212	0,151	0,1
436 nm	Abs	1,914	0,753	3,037	0,697	0,623	0,035	0,18	0,117	0,086	0,058	0,041
525 nm	Abs	2,118	0,824	3,5	0,695	0,595	0,021	0,144	0,099	0,074	0,043	0,034
620 nm	Abs	3,177	1,515	4,229	0,915	0,657	0,033	0,121	0,112	0,08	0,056	0,047
Bulanıklık	NTU	1218	510	1554	260	96	14	30	34	29	23	18

Çizelge 7.4. Tesisin İdeal Haldeki Proses Ve Kirlenme Profili

Proses	Birim Atıksu	Üretim	Su Kullanımı (»Atıksu miktarı)		KOİ		
	(lt/pantolon)		(pantolon/gün)	(m ³ /gün)	(%)	(mg/lt)	(kg/gün)
Haşıl Sökme	3,1	7138	22	5	5090	112	23,1
Durulama	3,8	7138	27	6	1252	34	7,0
Proses I –Rinse Yıkama	6,9	7138	49	11	2975	146	30,1
Tint Boyama	3,8	6964	26,5	6	117	3	0,6
Durulama	3,8	6964	26,5	6	145	4	0,8
Proses II –Tint Boyama	7,6	6964	53,1	12	131	7	1,4
Lokal Yıkama	5,7	16556	94,6	21	652	62	12,7
Proses III -Lokal Yıkama	5,7	16556	94,6	21	652	62	12,7
Ağartma	3,8	7574	29	6,5	310	9	1,9
İndirgeme	3,8	7574	29	6,5	356	10	2,1
Durulama	3,8	7574	29	6,5	177	5	1,1
Proses IV -Ağartma Yıkama	11,4	7574	87	19,6	281	24	5,0
Taş Yıkama	3,8	14202	54	12,1	3029	164	33,7
Durulama I	3,8	14202	54	12,1	1129	61	12,6
Durulama II	3,8	14202	54	12,1	400	22	4,5
Proses V –Taş Yıkama	11,4	14202	162	36,4	1519	246	50,8
Toplam Kompozit (hesaplanan)	8,5	52434	445	100	1090	485	100
Toplam Kompozit	8,5	52434	445	100	1208*	538	100

*ölçülen

7.3. Geri Kazanım-Yeniden Kullanım Alternatifi Oluşturacak Atıksu Akımlarının Belirlenmesi

İncelenen tesisin 2009 yılı kayıtları değerlendirildiğinde; yıllık ortalama su tüketimi 489612 m³/yıl ve ortalama buhar tüketimi 46116 m³/yıl olarak tespit edilmiştir. İşletmenin üretim ve atıksu miktarlarının alt prosesler bazında genel bir değerlendirmesi yapıldığında ise yıllık ortalama 15730186 adet denim giysi terbiyesi yapıldığı ve yıllık ortalama 133644 m³ atıksu oluştuğu bulunmuştur. Tesisin alt prosesler bazında üretim ve atıksu miktarlarının değerlendirmesi Çizelge 7.5.'de sunulmuştur.

Çizelge 7.5. İncelenen Tesisin Üretim Ve Atıksu Miktarlarının Alt Prosesler Bazında Genel Bir Değerlendirmesi

PROSES	ORTALAMA ÜRETİM	GENEL ÜRETİM BAZINDA PROSESİN ÜRETİMDEKİ %'Sİ	(Adet/Şarj)	(Şarj/yıl)	ATIKSU OLUŞUMU				TOPLAM ATIKSU BAZINDA PROSESİN ATIKSU OLUŞUMU İÇİNDEKİ %'Sİ	
	(Adet/Yıl)				(l/şarj)	(m3/yıl)	(l/adet)	(l/adet) %'si	düzeltilmiş (m3/yıl)	%'si
RİNSE YIKAMA	2141455									
Haşıl Sökme			105		320	6526	3,05	7%	33068	5%
Durulama			105		400	8158	3,8	9%	41335	6%
ARA TOPLAM	2141455	14%	105	20395	720	14684	6,9	16%	74402	11%
TİNT BOYAMA	2089223									
Tint Boyama					400	7959	3,8	9%	40326	6%
Durulama					400	7959	3,8	9%	40326	6%
ARA TOPLAM	2089223	13%	105	19897	800	15918	7,6	18%	80653	12%
LOKAL YIKAMA	4966726									
Lokal yıkama					600	28381	5,7	13%	143802	21%
ARA TOPLAM	4966726	32%	105	47302	600	28381	5,7	13%	143802	21%
AĞARTMA	2272272									
Ağartma					400	8656	3,8	9%	43860	6%
İndirgeme					400	8656	3,8	9%	43860	6,5%
Durulama					400	8656	3,8	9%	43860	6,5%
ARA TOPLAM	2272272	14%	105	21641	1200	25969	11,4	27%	131579	19%
TAŞ YIKAMA	4260511									
Taşla yıkama					400	16231	3,8	9%	82237	12%
Durulama I					400	16231	3,8	9%	82237	12%
Durulama II					400	16231	3,8	9%	82237	12%
ARA TOPLAM	4260511	27%	105	40576	1200	48692	11,4	27%	246711	36%
GENEL TOPLAM	15730186	100%	105	149811	4520	677147	43,0	100%	677147	100%

Atıksu karakterizasyonu bazında bir değerlendirme yapıldığında, endüstrinin de ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, özellikle boyama dışında ön yıkama ve durulama gibi akımlarda kullanılabilir karaktere sahip atıksular tespit edilmiştir. Bu anlamda; Tint yıkama ve Ağartma yıkaması atıksularının tamamı ile taş yıkama prosesinin Durulama II akımının tesis içinde su geri kazanımı açısından uygun olacağı noktasında tesis yetkilileri ile fikir birliğine varılarak 6 atıksu akımının geri kazanım-yeniden kullanım alternatifi olarak değerlendirilmesine karar verilmiştir. Bu yaklaşıma göre, geri kazanılacak atıksu akımları çıkarılarak kalan atıksu akımlarının kirlenme profili belirlenmiş, kalan atıksu akımlarının debi orantılı atıksu oluşum %'si belirlenmiştir. Buna göre Çizelge 7.6.'da kirlenme profili ve Çizelge 7.7.'de geri kazanım sonrası kalan akımların üretim ve atıksu miktarlarının değerlendirmesi verilmiştir.

Çizelge 7.6. Geri kazanım Sonrası Kalan Akımların Proses Ve Kirlenme Profili

Process	Birim Atıksu	Üretim	Su Kullanımı (»Atıksu Miktarı)		KOİ		
	(lt/pantolon)		(pantolon/gün)	(m3/gün)	%	(mg/lt)	(kg/gün)
Haşıl Sökme	3,1	7138	22	9	5090	112	26
Durulama	3,8	7138	27	11	1252	34	8
Proses I -Rinse Yıkama	6,9	7138	49	19	2975	146	34
Lokal Yıkama	5,7	16556	94,6	38	652	62	14
Proses III - Lokal Yıkama	5,7	16556	94,6	38	652	62	14
Taş Yıkama	3,8	14202	54	21	3029	164	38
Durulama I	3,8	14202	54	21	1129	61	14
Proses IV - Taş Yıkama	7,6	14202	108	43	2079	225	52
Toplam Kompozit (hesaplanan)	6,7	37896	176	70	2460	432	100
Toplam Kompozit	6,7	37896	252	100	1750*	441	100

*ölçülen

Çizelge 7.7. Geri Kazanım Sonrası Kalan Akımların Üretim Ve Atıksu Miktarlarının Değerlendirmesi

PROSES	ORTALAMA ÜRETİM	GENEL ÜRETİM BAZINDA PROSESİN ÜRETİMDEKİ %'Sİ	(Adet/Şarj)	(Şarj/yıl)	ATIKSU OLUŞUMU				TOPLAM ATIKSU BAZINDA PROSESİN ATIKSU OLUŞUMU İÇİNDEKİ %'Sİ	
	(Adet/Yıl)				(l/şarj)	(m3/yıl)	(l/adet)	(l/adet) %'si	düzeltilmiş (m3/yıl)	%'si
RİNSE	2141455									
Haşıl Sökme					320	6526	3,05	15%	19835	9%
Durulama					400	8158	3,8	19%	24793	11%
ARA TOPLAM	2141455	19%	105	20395	720	14684	6,9	34%	44628	19%
LOKAL YIKAMA	4966726									
Lokal yıkama					600	28381	5,7	28%	86256	38%
ARA TOPLAM	4966726	44%	105	47302	600	28381	5,7	28%	86256	38%
TAŞ YIKAMA	4260511									
Taşla yıkama					400	16231	3,8	19%	49328	21%
Durulama I					400	16231	3,8	19%	49328	21%
ARA TOPLAM	4260511	37%	105	40576	800	32461	7,6	38%	98655	43%
GENEL TOPLAM	11368692	100%	105	108273	2120	229539	20,2	100%	229539	100%

7.4. Geri Kazanım Öncesi ve Sonrası Atıksuları Karakterize Edecek Kompozit Numunelerin Karakterizasyonu

Atıksu oluşturma yüzdeleri göz önünde tutularak biri toplam akımlar diğeri geri kazanım sonrası kalan akımlar olmak üzere debi orantılı iki adet kompozit numune hazırlanmıştır. Geri kazanım sonrasında nihai atıksu debisinde yaklaşık %44'lük bir azalma olurken, toplam KOİ bazında ise %45'lik konsantre bir kirlilik oluşumu tespit edilmiştir. Kompozit numunelerin karakterizasyonuna ait KOİ analizleri ISO 6060, 1986'da standartına göre, renk ölçümleri Jenway 6105 UV Visible model spektrofotometrede 10 mm'lik kuvarz cam küvet kullanılarak yapılmış ve absorbans ölçümleri ise EN ISO 7887 standardına göre belirlenmiştir. Bulanıklılık ölçümleri, LOVIBOND DRT-15 CE model türbidimetre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. pH ve iletkenlik ölçümleri WTW pH 330i model pH ve iletkenlik ölçer cihaz ile yapılmıştır. Diğer tüm analizler Standart Methodlar (APHA, 1989)'da belirtildiği üzere yapılmıştır. Geri kazanım öncesi ve sonrası kompozit atıksu karakterizasyonu analiz sonuçları Çizelge 7.8.'de sunulmuştur.

Çizelge 7.8. Geri Kazanım Öncesi ve Sonrası Kompozit Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Birim	Geri kazanım öncesi toplam akımların kompozit numunesi	Geri kazanım sonrası kalan akımların kompozit numunesi
pH		6,46	6,45
İletkenlik	mS/cm	2,5	2,36
KOİ top.	mg/l	1208	1750
KOİ süz.	mg/l	710	1080
AKM	mg/l	6765	9735
UAKM	mg/l	615	795
TKN	mg/l	0,28	0,28
T-P	mg/l	4,3	6,2
Alkalinite	mg/l	2,5	2,5
Bulanıklık	NTU	59,8	98,7
Renk 340 nm	abs	0,812	1.259
436 nm	abs	0,187	0,305
525 nm	abs	0,224	0,388
620 nm	abs	0,443	0,769

8. DENEYSEL ÇALIŞMANIN YÜRÜTÜLMESİ VE DENEYSEL BULGULAR

8.1. Aklımasyon

İnert KOİ deneylerinde kullanılmak üzere, incelenen denim yıkama endüstrisi arıtma tesisinden temin edilen aktif çamurun, yine aynı arıtma tesisin havalandırma havuzundan alınan 24 saatlik kompozit atıksu ve glikozun %50-%50 oranlarında ilavesiyle aklımasyonu gerçekleştirilmiştir. Mikroorganizmaların besi maddesi ve vitamin ihtiyacını karşılamak üzere Sol A ve Sol B çözeltileri hazırlanmış (Bkz. Çizelge 8.1.) ve 1000 mg KOİ için 10 ml (O'Connor, 1972) olacak şekilde reaktöre ilavesi yapılmıştır. Laboratuvar şartlarında 3 litrelik doldur-boşalt reaktörlerde çamur yaşı (θ_x) 10 gün, F/M oranı 0,3 mg KOİ/mg UAKM-gün olacak şekilde bir ay süresince alıştırlarak deneysel çalışmalara hazırlanmıştır.

Çizelge 8.1. Sol A ve Sol B Çözeltilerinin Karışım İçeriği

	KİMYASAL MADDE	KONSANTRASYON
SOL A	K ₂ HPO ₄	320 gr/l
	KH ₂ PO ₄	160 gr/l
	NH ₄ Cl	120 gr/l
SOL B	MgSO ₄ .7H ₂ O	15 gr/l
	FeSO ₄ .7H ₂ O	0.5 gr/l
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.5 gr/l
	MnSO ₄ .3H ₂ O	0.5 gr/l
	CaCl ₂	2 gr/l

8.2. Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

İncelenen tesisin alt proseslerinden elde edilen atıksu akımları ile biri toplam akımlar diğeri geri kazanım sonrası kalan akımlar olmak üzere debi orantılı iki adet kompozit numune hazırlanmıştır. Geri kazanım öncesi toplam akımların kompozit atıksuları inert KOİ'sinin belirlenmesi deneyi için SET 1 ve geri kazanım sonrası kalan akımların kompozit atıksuları inert KOİ'sinin belirlenmesi deneyi için SET 2 olarak adlandırılan deney düzenekleri kurulmuştur. İnert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla Orhon ve arkadaşlarının (1999) önerdiği yöntem uyarınca her set için 3'er tane aerobik kesikli reaktör kurulmuştur. Bunlardan

ilkine ham atıksu, ikincisine 0,45 μ 'luk filtre kağıdından süzölmüş atıksu ve üçüncüsüne süzölmüş atıksuya eşdeğer miktarda KOİ içeren glikoz çözeltilisi ile daha önceden %50-%50 atıksu-glikoz çözeltilisine aktime edilmiş olan aşu mikroorganizmalardan oldukça az miktarda (10-50 mg UAKM/lt) ilave edilmiştir. Ayrıca mikroorganizmaların besi maddesi ve vitamin ihtiyacını karşılamak için sol A ve Sol B çözeltileri ile çok az miktarda nitrifikasyon inhibitörü eklenmiştir. SET 1 ve SET 2 de bulunan reaktörlerin içerikleri Çizelge 8.2. ve Çizelge 8.3.'de verilmiştir.

Çizelge 8.2. SET 1: Geri Kazanım Öncesi Toplam Akımların Ham ve Süzölmüş Kompozit Atıksuları İle Glikoz Çözeltilisi Reaktörlerinin İçeriğı

Reaktör İçeriğı	SET 1		
	Ham Atıksu	Süzölmüş Atıksu	Glikoz
Atıksu Hacmi	1000 ml	1000 ml	1000 ml
Reaktör Hacmi	1057 ml	1057 ml	1057 ml
KOİ	1208 mg/lt	710 mg/lt	710 mg/lt
Biyokütle	7 ml	7 ml	7 ml
1/2 Seyreltik Sol A	25 ml	15 ml	15 ml
1/2 Seyreltik Sol B	25 ml	15 ml	15 ml
Nitrifikasyon inhibitörü	0,5 gr	0,5 gr	0,5 gr

Çizelge 8.3. SET 2: Geri Kazanım Sonrası Ham ve Süzölmüş Kompozit Atıksuları İle Glikoz Çözeltilisi Reaktörlerinin İçeriğı

Reaktör İçeriğı	SET 2		
	Ham Atıksu	Süzölmüş Atıksu	Glikoz
Atıksu Hacmi	725 ml	725 ml	725 ml
Reaktör hacmi	782,1 ml	782,1 ml	782,1 ml
KOİ	1269 (1750 mg/lt)	783 (1080 mg/lt)	783 (1080 mg/lt)
Biyokütle	5,1 ml	5,1 ml	5,1 ml
1/2 Seyreltik Sol A	26 ml	16 ml	16 ml
1/2 Seyreltik Sol B	26 ml	16 ml	16 ml
Nitrifikasyon inhibitörü	0,5 gr	0,5 gr	0,5 gr

SET 1 ve SET 2 olarak kurulan reaktörlerin beslemeleri yapıldıktan sonra 6 N NaOH ve 6 N H₂SO₄ çözeltileri ile pH 7'ye ayarlanmış. Bu aşamadan sonra SET 1 ve SET 2 hava kompresörüne bağlanarak, tüm reaktörlerde aynı anda deneye başlanılmıştır. Reaktörlerden

periyodik olarak eş zamanlı numuneler alınmış ve çözünmüş KOİ ölçümleri yapılmıştır. Numune almadan önce bir önceki seviyeye kadar, buharlaşan kısım kadar distile su ilave edilmiş ve her numune alma işleminden sonra işaretleme yapılmıştır. SET 1 ve SET 2’de bulunan reaktörlerde toplam ayrışabilen substrat tükenip, tüm biyokütle mineralize olup ve KOİ deneylerinde sabit bir eşik değerine ulaşıncaya kadar deneylere devam edilmiştir.

8.3. İnert KOİ Deney Sonuçları

İncelenen denim yıkama tesisinin atıksu karakterizasyonu incelendiğinde AKM oranının yüksek olmasına rağmen UAKM/AKM oranının düşük olduğu belirlenmiştir. Literatürde Yıldız Töre ve arkadaşlarının (2004) daha önceden gerçekleştirdiği çalışmalar ile uyumlu olduğu göz önünde bulundurularak özellikle çözünmüş KOİ analizi yapılmasına karar verilmiştir. SET 1 ve SET 2’nin ilk ve son halini karakterize etmek amacıyla yalnızca başlangıçtaki toplam KOİ ile deney sonucundaki toplam KOİ değerleri ölçülmüştür.

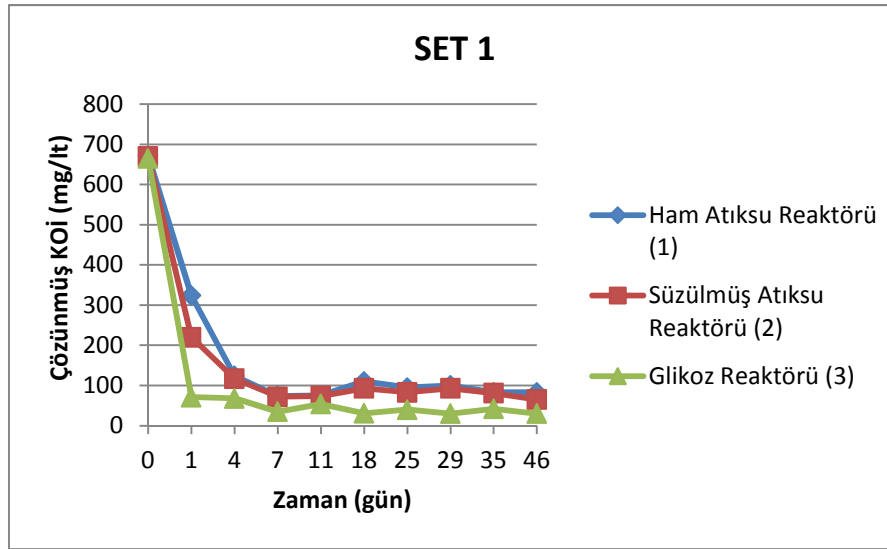
Geri kazanım öncesi ve sonrası durumu temsil eden kompozit atıksu numunelerinde çözünmüş inert KOİ değerinin tespit edilmesi amacıyla sırasıyla toplam 49 ve 56 gün boyunca çözünmüş KOİ değerinin zamanla değişimi ölçülmüştür. SET 1 (geri kazanım öncesi toplam akımlar kompozit atıksuyu) ve SET 2 (geri kazanım sonrası kalan akımlar kompozit atıksuyu)’ye ait inert KOİ analiz sonuçları Çizelge 8.4. ve Çizelge 8.6’da, çözünmüş KOİ değerlerinin zamanla değişim grafikleri Şekil 8.1. ve Şekil 8.2.’de verilmiştir.

Yürütülen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilerden inert KOİ bileşenleri 3. yöntemle göre hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan hetetrofik dönüşüm oranı (Y_H), literatürde denim endüstrisi için verilen 0,68 mg hücre KOİ/mg KOİ değeri kabul edilmiştir. S_I ve f_{ES} ’nin hesabı için süzölmüş atıksu ve glikoz reaktörlerinin sonucu kullanılmıştır. f_{EX} parametresinin hesabında süzölmüş atıksu reaktörü ve X_I ’ın hesabında ise ham atıksu reaktörünün sonuçları kullanılmıştır. Geri kazanım öncesi ve sonrası durumu karakterize eden SET 1 ve SET 2 deneylerinin inert KOİ bileşenleri ve kinetik katsayıları Çizelge 8.5. ve Çizelge 8.7.’de verilmiştir.

Çizelge 8.4. SET 1'e Ait İnert KOİ Analiz Sonuçları

Zaman (gün)	Ham Atıksu Reaktörü (1)		Süzülmüş Atıksu Reaktörü (2)		Glikoz Reaktörü (3)	
	Top. KOİ	Çöz. KOİ	Top. KOİ	Çöz. KOİ	Top. KOİ	Çöz. KOİ
0	1250	671	725	670	728	665
1		324		220		71
4		124		117		68
7		74		72		35
11		75		74		54
18		110		93		31
25		95		83		40
29		100		93		30
35		83		81		42
46		83		65		30
49	250	80	142	62	110	30

Şekil 8.1. SET 1'e Ait Çözünmüş KOİ Değerlerinin Zamanla Değişim Grafiği



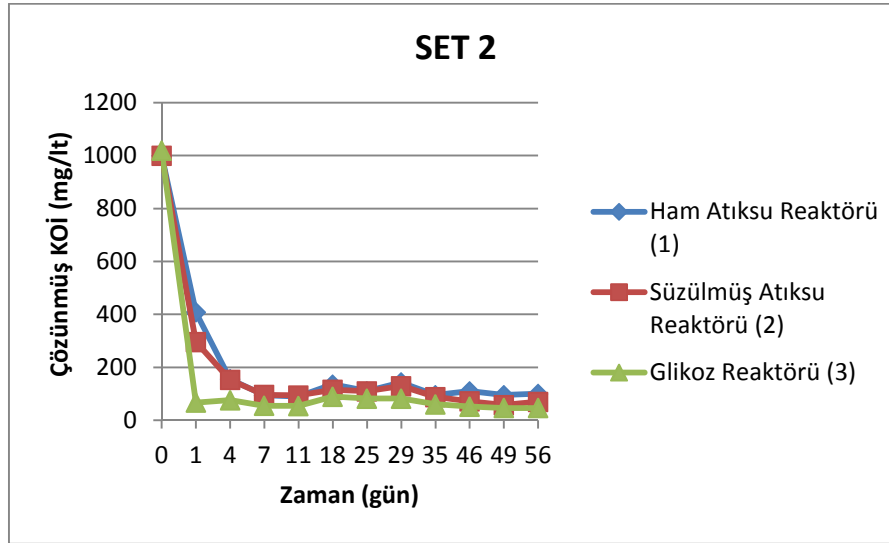
Çizelge 8.5. SET 1'e Ait İnert KOİ Bileşenleri ve Kinetik Katsayılar

Y_{SP}	f_{ES}	Süzülmüş Atıksu Reaktörü			Y_{XP}	f_{EX}	Ham Atıksu Reaktörü		
		S_I (mg/lt)	S_{P2} (mg/lt)	X_{P2} (mg/lt)			X_{T1} (mg/lt)	X_I (mg/lt)	X_{P1} (mg/lt)
0,045	0,066	33	29	80	0,126	0,185	170	20	150

Çizelge 8.6. SET 2'ye Ait İnert KOİ Analiz Sonuçları

Zaman (gün)	Ham Atıksu Reaktörü (1)		Süzülmüş Atıksu Reaktörü (2)		Glikoz Reaktörü (3)	
	Top. KOİ	Çöz. KOİ	Top. KOİ	Çöz. KOİ	Top. KOİ	Çöz. KOİ
0	1675	1000	1055	1000	1055	1019
1		408		296		67
4		155		153		76
7		94		96		55
11		89		94		54
18		135		115		89
25		110		110		82
29		143		129		82
35		95		88		60
46		110		72		52
49		95		58		46
56	320	100	193	70	168	46

Şekil 8.2. SET 2'ye Ait Çözünmüş KOİ değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi



Çizelge 8.7. SET 2'ye Ait İnert KOİ Bileşenleri ve Kinetik Katsayılar

Y _{SP}	f _{ES}	Süzülmüş Atıksu Reaktörü			Y _{XP}	f _{EX}	Ham Atıksu Reaktörü		
		S _I (mg/lt)	S _{P2} (mg/lt)	X _{P2} (mg/lt)			X _{T1} (mg/lt)	X _I (mg/lt)	X _{P1} (mg/lt)
0,045	0,066	26	44	123	0,126	0,186	220	13	207

Geri kazanım öncesi durumu temsil eden kompozit atıksu numunesi ile yürütülen (SET 1) deneysel çalışmalarda, çözünmüş inert KOİ (S_I) 33 mg/lt, çözünmüş mikrobiyal ürün (S_{P2}) 29 mg/lt, toplam partiküler KOİ (X_{T1}) 170 mg/lt, partiküler inert KOİ (X_I) 20 mg/lt ve partiküler inert mikrobiyal ürün (X_{P1})'sinin 150 mg/lt olarak hesaplanmıştır.

Benzer şekilde geri kazanım sonrası durumu temsil eden kompozit numunesi ile yürütülen (SET 2) deneysel çalışmalarda ise, çözünmüş inert KOİ (S_I) 26 mg/l, çözünmüş mikrobiyal ürün (S_{P2}) 44 mg/lt, toplam partiküler KOİ (X_{T1}) 220 mg/l partiküler inert KOİ (X_I) 13 mg/l ve partiküler inert mikrobiyal ürün KOİ (X_{P1})'si 207 mg/l olarak hesaplanmıştır.

9. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada tekstil endüstrisi kapsamında denim yıkama endüstrisinden kaynaklanan ve genel atıksu karakteristiğini temsil eden alt prosesler incelenmiştir. Belirlenen rinse yıkama, taş yıkama, lokal yıkama, ağartma yıkama ve tint boyama prosesleri karakterize edilmiştir. Geri kazanım-yeniden kullanım alternatifleri kapsamında yeniden kullanıldığında ürün kalitesini etkilemeyecek atıksu akımları belirlenmiştir. Buna göre, biri toplam akımlar diğeri geri kazanım sonrası kalan akımlar olmak üzere debi orantılı iki adet kompozit numune hazırlanmış ve bu numunelerin Orhon ve arkadaşlarının (1999) önerdiği 3. yöntemle göre inert KOİ belirlenmesi deneyleri yapılmıştır. Burada amaç; proses suyunu yeniden kullanarak su ve enerji tasarrufu sağlarken kalan düşük debili konsantre kirliliğe sahip atıksu akımlarının çevreye bırakacakları kalıcı bileşenlerinin ne ölçüde değişebileceğinin bir ön araştırmasını yapmaktır. Bu anlamda, deneysel verilere dayanarak inert KOİ bileşenleri ve kinetik katsayılar hesaplanmıştır.

Geri kazanım öncesi ve sonrası kompozit atıksuların karakteri bazında bir değerlendirme yapıldığında;

- ✓ Geri kazanım sonrası kompozit atıksularının toplam ve çözülmüş KOİ değerlerinin sırasıyla yaklaşık %45 ve %52 oranında arttığı tespit edilmiştir.
- ✓ Geri kazanım öncesi ve sonrası kompozit numunelerde toplam fosfor parametresi sırasıyla 4,3 ve 6,2 mg/l olarak ölçülmüştür. Her iki kompozit numunede de toplam fosfor değerinin yüksek olması proselerde kullanılan fosfor yapılı kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, geri kazanım sonrası kalan akımların içerisinde taş yıkama prosesinin bulunduğu ve atıksu karakterine katkısının %52 olduğu göz önüne alındığında, askıda katı madde ve toplam fosfor konsantrasyonunun artışının özellikle KOİ vermeyen ve inorganik yapılı ponza taşından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- ✓ Geri kazanım öncesi ve sonrası kompozit numunelerin bulanıklık ve renk absorbansları karşılaştırıldığında, geri kazanım sonrası kompozit atıksularının bulanıklık ve renk değerlerinin arttığı görülmektedir. Rinse yıkama ve taş yıkama sırasında pamuk liflerinin kumaştan ayrılması sonucunda indigo boyanın suya geçtiği bilinmektedir. Geri kazanıma uygun akımların toplam akımlardan ayrılması sonucu

rinse yıkama ve taş yıkama proseslerinin kompozitlenme oranlarının yükselmesinin bu parametreleri etkilediği görülmektedir.

- ✓ Denim yıkama tesisinden temin edilen 11 adet ayırık akım numunelerinin iletkenliklerine bakıldığında 6,61 mS/cm ile tint boyamanın en yüksek, 4,47 mS/cm ile hipo yıkamanın ikinci en yüksek iletkenliğe sahip olduğu görülmüştür. Ancak, tint boyama ve hipo yıkama akımlarının çözünmüş KOİ değerleri geri kazanım kriterlerinin altında olması nedeniyle geri kazanılacak akımlar arasına alınmıştır. Bu durum, geri kazanım sonrası kompozit numunenin iletkenliğini %6 oranında azaltmıştır.

Geri kazanım öncesi ve sonrası atıksu karakteri inert KOİ bileşenleri bazında bir değerlendirme yapıldığında ise;

- ✓ Geri kazanıma uygun olan akımların ayrılması sonucu kalan akımların kompozit atıksularının çözünmüş inert KOİ (S_I)'si %21, partiküler inert KOİ (X_I)'si %35 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre, geri kazanım sonrası kalan akımların toplam ayrışabilen KOİ (C_{S0}) değeri artmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar, atıksuların inert KOİ içeriğinin atıksuyun yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ve mutlaka deneysel olarak belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada incelenen geri kazanım öncesi toplam atıksu akımları (SET 1) ve geri kazanım sonrası kalan atıksu akımları (SET 2) inert KOİ fraksiyon değerlerinin literatürle karşılaştırılması yapılmış ve Çizelge 9.1'de verilmiştir. Buna göre; denim yıkama endüstrisinin diğer tekstil alt kategorilerinin ve evsel atıksularının yanında çözünmüş inert KOİ açısından oldukça zayıf karakter sergilediği görülmektedir. Literatürde denim yıkama atıksularına ilişkin elde edilen veriler ile incelenen tesis verileri çözünmüş inert KOİ'nin giriş toplam KOİ'ye oranı ($f_{S_I} = S_I / C_{T0}$) bazında karşılaştırıldığında; bu çalışmada elde edilen gerek geri kazanım öncesi kompozit atıksuları gerekse geri kazanım sonrası kompozit atıksuları f_{S_I} fraksiyonu oldukça düşük olduğu görülmüştür. Yıldız Töre ve arkadaşlarının 2004'de denim yıkama atıksuları ile yaptığı çalışmada partiküler inert KOİ'nin giriş toplam KOİ'ye oranı %27 olarak hesaplanmışken, bu çalışmada geri kazanım öncesi ve sonrası atıksularının X_I / C_{T0} oranı sırasıyla %1,6 ve %0,8 olarak elde edilmiştir. Bu durumun, geçen zaman içerisinde üretim teknolojilerinin gelişmesinden, tesislerin proseslerinde ve kullanılan ham maddelerinde

yaptığı değişikliklerden ve temiz üretime olan ilginin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 9.1. Bu Çalışmada Elde Edilen İnert KOİ Fraksiyonlarının Literatürle Karşılaştırılması

ENDÜSTRİ	C_{T0}	S_{T0}	S_I	X_I	S_I/C_{T0} (%)	X_I/C_{T0} (%)
POLYESTER DOKUMA (Germirli, 1998)	1985	1485	415	110	21	6
PAMUKLU DOKUMA (Germirli, 1998)	1470	1165	260	17	18	1
PAMUKLU POLYESTER DOKUMA (Germirli, 1998)	2400	1690	250	112	10	5
DENİM BOYAMA (Çalışkan, 2002)	660	433	91	2	14	0,3
TEKSTİL TERBİYE (Selçuk ve ark., 2006)	1700	945	280	79	16	5
TEKSTİL TERBİYE (Selçuk ve ark., 2006)	1685	995	255	9	15	0,5
DENİM YIKAMA (İnsel, 1997)	1850	1550	230	-	12	-
DENİM YIKAMA (Germirli,1998)	2400	1700	100	-	4	-
DENİM YIKAMA (Orhon ve ark., 2001)	1910	1570	240	-	13	-
DENİM YIKAMA (Yıldız Töre ve ark., 2004)	640	395	100	175	16	27
EVSEL ATIKSU (Orhon ve ark., 1999)	650	230	37	39	6	6
EVSEL ATIKSU (Orhon ve Okutman, 2003)	540	110	36	86	7	16
İNCELENEN DENİM YIKAMA TESİSİ						
GERİ KAZANIM ÖNCESİ	1250	670	33	20	2,7	1,6
GERİ KAZANIM SONRASI	1676	1000	26	13	1,6	0,8

Yapılan inert KOİ deneyleri sonucunda, atıksu akımlarının geri kazanım-yeniden kullanım alternatifi olarak kullanılması halinde kalan düşük debili, yüksek konsantrasyonda kirletici içeren atıksuların arıtımında büyük güçlüklerle karşılaşılacağı düşünülmektedir. Ayrıca geri kazanım sonrası kalan akımlarla yapılan çalışmada çözünmüş inert KOİ'nin %21 dolaylarında azaldığı ve incelenen denim yıkama endüstrisinin iyi işleyen bir arıtma tesisinin bulunduğu dikkate alındığında hem Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde hem de Avrupa Birliği Direktiflerinde belirlenen deşarj standartlarını da aşmayacağına kanaat getirilmiştir.

Bu çalışmada belirlenen ağartma prosesinin ağartma, indirgeme, durulama akımları; tint boyama prosesinin boyama ve durulama akımları ile; taş yıkama prosesinin durulama II akımı olmak üzere geri kazanılabilecek 6 adet atıksu akımı, ayrı bir atıksu havuzunda toplanıp, küçük bir arıtmadan geçirilerek, iletkenliğin ürünün yapısını etkilemeyeceği düşünülen proseslerde yeniden kullanılacağı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca bu atıksu akımları tesis içinde ters akımlı yıkama/durulama adımlarında da kullanılabilir. Bunun için ayrı bir arıtmaya da gerek olmadığından tesise uygulanması daha ucuz bir yöntemdir. Ancak incelenen denim yıkama tesisine uygulanabilirlik fizibilitesinin yapılması gerekmektedir.

Bu uygulama ile incelenen tesisin proses suyunun üretim maliyetlerini düşürdüğü gibi ileride atıksu kaynaklarının azalması sonucu kuyu sularının ücretlendirilmesi olasılığına karşı da su tasarrufu sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- Artan, N., 1987. Aktif Çamurda Çözünmüş Kalıcı Ürün Oluşumu Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Başer, İnci, Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesin Yayını, İstanbul, Türkiye (1992) s.27
- Başbüyük, M., Yüceer, A., Yılmaz, T., 1998. Tekstil Atıksulanda Renk Giderilmesinde Kullanılan İleri Teknolojiler, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu.
- Bircihan Korkmaz, İ., 2009, Denim Kumaş İmalatı ve Üzerine Uygulanan İşlemler, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi.
- Brower, G. R. and Reed, G. D. 1987. Economic Pretreatment for Color Removal from Textile Dye Wastes, Proc. 41st Purdue Industrial Waste Conference, Lafayette, Ind., USA.
- Büyükdere, A., 2008. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Membran Teknolojileri ile Arıtılması ve Geri Kazanılması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Çakır, N., 2010, Kot Pantolon Üretiminde Bitim İşlemlerinin ve Farklı Denim Kumaşları Fit Üzerine Etkileri, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- Çalışır, M., 2010, Tekstil Terbiyesi Atıksularında Renk Giderimi ve Ekonomik Analiz, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
- Çalışkan M., Değirmenci, M., Çiner, F. 2002. Kot Boyama Tekstil Atıksuyunda Kalıcı KOİ'nin Belirlenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 4 Sayı: 1
- Çalışkan, S., 2007. Kot Yıkama Tesisi Atıksularının İnert KOİ'sinin Deneysel Olarak Belirlenmesi, Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi.
- Chudoba, J., 1967, "Residual Organic Matter in Activated Sludge Process Effluents-I: Degradation of Saccharides, Fatty Acids and Amino Acids Under Batch Conditions", Sci.Pap. Inst., Chem.Tecno, Prague F12, 39-76
- Çetin, E., 2005. Karton Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Arıtımı ve Arıtma Kinetiği, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi
- Doğruel, S. 2000. Bir Pamuklu Son İşlemleri Endüstrisinde Ozonlamanın KOİ Bileşenleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Dold, P. L., Ekama, G. A. And Marais, G.V.R. 1980. A general model for the activated sludge process, *Prog. Wat. Technol.*, 12, 47-77.
- Dold, P. L., Ekama, G. A. And Marais, G.V.R. 1986. Evaluation of the activated sludge model proposed by the IAWPRC Task Group, *Wat. Sci. Tech.*, 18 (6), 63-90.
- Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Ders notları (2005), İzmir.
- Ekama, G.A., Dold, P.L., Marais, G.V.R., 1986. Procedures for Determining Influent COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Heterotrophs in Activated Sludge Systems, *Wat.Sci.Tecnol.*, Vol. 18, pp. 91-114.
- Elvers, B., 1995. Elvers' s Encyclopedia of Industrial Chemistry, A26 (14), pp. 487
- Eremektar G., Germirli Babuna F. ve İnce O., 1999. Fate of Inert COD Fractinations in Two-Stage Biological Treatment of a Strong Wastewater, *J. Environ. Sci. Health*, A34(6), 1329-1340
- Eremektar, G., Germirli, F., Çeki, S., Tünay, O., 1997. Tekstil endüstrisi atıksularında inert KOİ - örnek uygulama, *Su Kirlenmesi Kontrolü*, 7 (2), 2531.
- Freeman, H. M., 1995. Pollution prevention in the textile industries, in *Industrial Pollution Prevention Handbook*, pp. 829-847, McGraw-Hill, Inc.
- Germirli, F., Tünay, O., and Orhon D. 1989. An Overview of the Textile Industry in Turkey- Pollution Profiles and Treatability Characteristics, *International Symposium on Waste Management Problems in Agro Industries*.
- Germirli F., 1990, The Incremental and Comparison Methods for the Assessment of Initial Soluble Inert COD, Ph. D. Thesis, Istanbul Technical University.
- Germirli, F., Orhon, D. ve Tünay, O. 1990. Tekstil endüstrisinde atıksu özelliklerini etkileyen faktörler-örnek tesislerde uygulama, *İ.T.Ü. 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu*, İstanbul, 24-26 Eylül, 95-108.
- Germirli F., Tünay, O., Orhon, D., 1990. An overview of the textile industry in Turkey - pollution profiles and treatability characteristics, *Water Science and Technology*, 22 (9), 255-265.
- Germirli, F., Orhon, D., Artan, D., 1991. Assessment of the Initial Inert Soluble COD in Industrial Wastewaters, *Wat.Sci.Technol.*, Vol.23, No. 4-6, pp. 1077-1086.
- Germirli Babuna, F., Dulkadiroğlu, H., Insel, H. G., Karahan, Ö. ve Orhon, D., 1998. Tekstil Endüstrisinde Tesis İçi Kontrol - Genel Bakış, VI.
- Germirli Babuna, F., Orhon, D., Ubay Çokgör, E. and Insel, G., 1998. Modelling of activated sludge for textile wastewaters. *Wat. Sci.&Tech.*, 38(4-5), 9.

- Germirli Babuna F., İnce O., Orhon D., 1998. Assessment of İnert COD in Pulp and Paper Mill Wastewater Under Anaerobik Conditions, *Wat. Res.* Vol. 32, No. 11, pp. 3490-3494.
- Goyal, R., Prabhu, N.C., 2006, Denim Magic, *Colourage Dergisi*, 53(10), 83-86p.
- Göknil, H., Toröz, İ. Ve Cimşit, Y. 1984. Endüstriyel atıksuların kontrol ve kısıtlama esasları projesi-Tekstil endüstrisi, İ.T.Ü. Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi.
- Grady, C.P.L. Jr., Lim., H. C.1980. *Biological Wastewater Treatment: Theory and Applications*, Marcel Decker Inc., New York.
- Grady, C.P.L. Jr., Williams, D.E., 1975. Effects of Influent Substrate Concentrations on the Kinetics of Naturel Microbial Pollutions in Continuous Culture, *Wat. Res.*, 171-180.
- Henze, M. 1992. haracterization of Wastewater For Modelling of Activated Sludge Processes, *Water Sci. Technol.* Vol.25, No.6, Pp.1-15.
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, C.M., Marais, G.V.R., 1995. *Activated Sludge Model No.2*, IAWQ Sci. And Tech. Report, No.3, London, England:IAWQ.
- İnsel H. G., 1997. Kot Yıkama Tesisi Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliği ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- Karahan, Ö., 1997. Atıksularda Partiküler inert KOİ Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- Krintensen, G.H., Jorgensen, P.E., Henze, M., (1992), "Characterization of Functional Microorganism Groups and Substrate in Activated Sludge and Wastewater by AUR, Nur and OUR", *Wat. Sci.Tech.*, Vol.25,No.6, pp 43-57.
- Lin, S. H. and Chen, M. L., 1997. Treatment of textile wastewater by chemical methods for reuse, *Water Research*, 31 (4), 868-876.
- Lin, S. H. and Peng, C. F., 1994. Treatment of textile wastewater by electrochemical method, *Water Research*, 28 (2), 277-282.
- O'Connor, J.T., 1972. *Environmental Engineering Unit Operations and Unit Process Laboratory Manual*; Association of Environmental Engineering Proffessors.
- Oktay Y., Şahiner E. B. Kağıt Endüstrisinde Oluşabilecek Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri.
- Orhon D., Artan N. ve Cimsit Y., 1989, The Concept of Soluble Residual Product Formation in the Modelling of Activated Sludge, *Water Sci. Technol.*, 21, 339-350.

- Orhon D., Artan N., Büyükmurat S. ve Görgün E., 1992, The Effect of Residual COD on the Biological Treatability of Textile Wastewaters, *Wat. Sci. Tech.*, 26(3-4).815.
- Orhon, D. and Artan, N., 1994. *Modelling of Activated Sludge Systems*, Technomic Publishing Co. Inc., USA, 589 p.
- Orhan, D., Germirli, F., Meriç, S., Tünay, O., 1996. Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtımında Anlamlı Denetim Parametreleri Ve Kirlilik Katsayılarının Belirlenmesi, İSKİ.
- Orhon, D. and Ubay Çokgör, E., 1997. COD Fractionation in Wastewater Characterization-The State of The Art, *Journal of Chem. And Biotechnol.*, Vol.68, 283-293.
- Orhon, D., Karahan, Ö., and Sözen, S., 1999. The effect of residual microbial products on the experimental assessment of the particulate inert COD in wastewaters, *Wat. Res.*, 33 (14), 3191-3203.
- Orhon, D., Germirli Babuna, F., and İnel G. (2001). Characterization and modelling of denim processing wastewaters for activated sludge, *J. Chem. Tech. Biotechnol.* (in press)
- Orhon D. and Okutman D., 2003. Respirometric Assessment of Residual Organic Matter for Domestic Sewage, *Enzyme and Microbial Technology*, 32 (2003) 560-566.
- Orta Anadolu, 2006, Denim Academy, Denim Yıkama Kitapçığı.
- Özdemir, D, Duran, K., 2006, Denim Mamullerinin Ağartılmasında Kullanılan Sodyum hipoklorit ve Potasyum permanganat Yöntemlerine Alternatif Yöntemlerin Araştırılması, Ege Üniversitesi.
- Öztürk, İ. (1999). *Anaerobik Biyoteknoloji ve Atıksu Arıtımındaki Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları.
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. (2008). *Atıksu Arıtımının Esasları: Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü*.
- Paprowicz, J. And Slodczyk, S. 1988. Application of biologically activated sorptive columns for textile wastewater treatment, *Environmental Tech. Lett.*, 9.
- Rotta Kimya, 2005, Yıkama semineri.
- Route, 1996. Emisyonların azaltılması ve hammaddelerin korunması için üretime entegre edilmiş tedbirler, *Tekstil endüstrisinde çevre koruma sempozyumu*, Ankara, 18 Kasım.
- Sefer, O., 2009, Çevre Dostu Organik Denim Terbiyesinin Klasik Denim Terbiyesiyle Karşılaştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.

- Selçuk H., Eremektar G., Meriç S., 2006. The Effect of Pre-ozone oxidation on acute toxicity and inert soluble COD fractions of a Textile Finishing Industry Wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, B137(2006) 254-260.
- Smith, B., 1986. Identification and Reduction of Pollution Sources in Textile Wet Processing, North Caroline Department of Environment Health and Natural Resources, North Caroline.
- Smith, B., 1988. A Workbook for Pollution Prevention by Source Reduction in Textile Wet Processing, Department of Environment Health and Natural Resources, North Caroline.
- Solfrank, U., Kappeler, J., Gujer, W., 1992. Temperature Effects on Wastewater Characterization and the Relause of Soluble Inert Organic Material, *Wat. Sci. Tech.*, Vol.25, No.6, pp.33-42.
- Sözen, S. 1991. Tekstil Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 1 (3), 133-144.
- Tahran, M., 2005. Eskitme Yöntemlerinin Denim Mamullerin Performans Özelliklerine Etkisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Temizsoy, A., 2002. Yüksek Kirlilikteki Endüstriyel Atıksuların Aerobik ve Anaerobik Arıtımında İnert KOİ Oluşumunu Etkileyen Faktörler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Tünay, O. 1988. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılmasında Kullanılan Yöntem ve Yaklaşımlar, *Tekstil ve Teknik*, Mayıs 1988, 98-101.
- Tünay, O. 1996. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Tünay, O., Tameroğlu, O., Baykal, N., Afşarunal, F. And Ödemiş, E., 1989. Pretreatment of Textile Processing Wastewaters, *International Symposium on Waste Management Problems in Agro-Industries*, İstanbul, 25-27 September, 17-24.
- Türkant, B., 2008. Türkiye'nin Denim Kumaş ve Konfeksiyon Dış Ticareti ile Dünya Denim Pazarı İçin 2014 Tahminleri, İTKİB Genel Sekreterliği AR-GE ve Mevzuat Şubesi.
- Ubay Çokgör, E., 1997. Aerobik Sistemlerde Proses Kinetiği ve Stokiyometrisinin Respirometrik Olarak Değerlendirilmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İ.T.Ü.
- Ubay Çokgör, E., Orhon, D.,Sözen, S. 1999. Eysel ve Endüstriyel Atıksularda KOİ Bileşenleri, *SKKD.*,Cilt 9, Sayı 2, s. 31-39.
- UNEP IE, 1994. The textile industry and the environment, Technical Report.

- Veldhuisen, D. R. van, 1994. Technical and economic aspects of measures to reduce water pollution from the textile finishing industry, Comission des Communautés Européennes, Direction Générale Environnement, Securite Nucleaire et protection Civile, Paris, France.
- Yıldız Töre, G., 2005. Akrilik ve Polyamid Esaslı Halı Terbiyesi Atıksularının Karakterizasyonu ve Biyolojik Arıtılabilirliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yıldız Töre, G., Kuru, N., Ubay Çokgör, E., Orhon, D. 2004. Çorlu Deri Organize Sanayi Bölgesi Üretim Profili ve Atıksuların Biyolojik Arıtılabilirlik Esaslı Karakterizasyonu, SKKD, Cilt 14 Sayı 2 Sh. 16-22.
- Yıldız Töre, G., Ubay Çokgör, E., Orhon, D. 2004. Kot Yıkama Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliğinin İncelenmesi, İTÜ 9. EKK Sempozyumu.
- Yıldız Töre G., Güngör R. ve Yavuz S., 2010. Biyolojik Arıtma Sonrası Granüler Filtrasyon ile Denim Yıkama Atıksularının Geri Kazanım Verimliliğinin Değerlendirilmesi, İTÜ 12. EKK Sempozyumu.
- Yılmaz, Y., 2009. Baskı Boyama Atıksularının İnert KOİ Bileşenlerine Fenton Prosesinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

08.07.1985 yılında Çorlu'da doğan Rukiye GÜNGÖR, İlköğretim ve Lise öğrenimini Çorlu'da tamamladı. 2004 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde yüksek öğrenime başladı. 2008 yılında bu fakülteden mezun oldu. 2009 yılından bu yana Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi'nde yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir. Orta derecede İngilizce bilmektedir.