

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ
ARITILMASINDA ARITMA MALİYETİNİN BİRİM
ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Özgür ÖZDEMİR
501970430011

100636

100636

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.05.1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 21.06.1999

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail TORÖZ

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Rüya TAŞLI (İ.T.Ü)

Doç. Dr. Işıl BALCIOĞLU (B.Ü.)

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Günümüz Türkiye'sinde tekstil endüstrisinin endüstriyel faaliyetler arasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu endüstri kolundan kaynaklanan yüksek kirletici konsantrasyonu içeren atıksuların bertarafında kullanılacak arıtma tesislerinin kurulması ve işletilmesinin sanayiciye ek bir yük getirdiği açıktır. Bu ek maliyetin mertebesinin belirlenmesi bu çalışmanın esas konusu olmuştur.

Çalışmanın her aşamasında kıymetli katkılarını esirgemeyen sayın hocam **Doç. Dr. İsmail TORÖZ'e**; çalışmalarımda büyük yardımlarını gördüğüm Çevre Mühendisleri **Mehmet ÇAKMAKÇI**, **Fatih YILDIZ**, ve Yüksek Çevre Mühendisi **İlker SEL'e** sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anne, baba, kardeşlerim, eşim ve canım oğlum **M. BEKİR'e** şükranlarımı sunarım.

Haziran, 1999

Özgür ÖZDEMİR
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
TABLO LİSTESİ.....	VII
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 GENEL.....	1
1.2 AMAÇ VE KAPSAM.....	2
BÖLÜM 2 TEKSTİL ENDÜSTRİSİ.....	4
2.1 ENDÜSTRİNİN TANIMI.....	4
2.2 ÜRETİM PROSES VE İŞLEMLERİ.....	4
2.2.1 Pamuklu Tekstil.....	5
2.2.2 Yünlü Tekstil.....	6
2.2.3 Sentetik Tekstil.....	7
2.3 Altkategorizasyon Yaklaşımı.....	8
2.3.1 Yapağı Yıkama.....	9
2.3.2 Yün Son İşlemleri.....	9
2.3.3 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri.....	10
2.3.4 Örgü Kumaş Son İşlemleri.....	10
2.3.5 Açık Elyaf ve İplik Son İşlemleri.....	10
2.3.6 Halı Son İşlemleri.....	10
2.3.7 Kumaş Dışı Maddeler Üretimi.....	11
2.3.8 Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi.....	11
2.3.9 Az Su Kullanılan İşlemler.....	11
2.3.10 Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi.....	11
BÖLÜM 3 TEKSTİL ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ.....	12
3.1 TEKSTİL ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ.....	12
3.1.1 Yapağı Yıkama.....	12
3.1.2 Yün Son İşlemleri.....	14
3.1.3 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri.....	14
3.1.4 Örgü Kumaş Son İşlemleri.....	17
3.1.5 Açık Elyaf ve İplik Son İşlemleri.....	17
3.1.6 Halı Son İşlemleri.....	17
3.1.7 Kumaş Dışı Maddeler Üretimi.....	17
3.1.8 Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi.....	17
3.1.9 Az Su Kullanılan İşlemler.....	18
3.2 Pamuklu Tekstil Sanayi Atıksularının Özellikleri.....	18
3.3 YÜNLÜ TEKSTİL SANAYİ ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ.....	25

3.3.1 Yün Yıkama Atıksularının Özellikleri.....	25
3.3.1.1 Yün ve Üzerinde Bulunan Kirleticiler	25
3.3.1.2 Atıksu Miktarı ve Kirletici Madde Karakterizasyonu	26
3.3.2 Yün Terbiyesi Atıksu Özellikleri.....	29
3.3.3 Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Atıksu Özellikleri	30
3.4 ATIKSU KAREKTERİZASYONUNU ETKİLEMESİ BAKIMINDAN KULLANILAN KİMYASAL MADDELER.....	30
3.5 TEKSTİL ATIKSULARININ ETKİLERİ	31
3.6 KIRLENME KONTROLÜ.....	32
BÖLÜM 4 TEKSTİL ATIKSULARININ ARITMA SİSTEMLERİ.....	34
4.1 TEKSTİL ATIKSULARININ ARITILMASI KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	34
4.2 TEKSTİL ATIKSULARININ ARITMA YÖNTEMLERİ.....	39
4.2.1 Pamuklu Tekstil Atıksularının Arıtma Yöntemleri	45
4.2.2. Yünlü Tekstil Atıksularının Arıtma Yöntemleri	47
4.2.2.1 Yapağı Yıkama Atıksularının Arıtılması	47
4.2.2.1.1 Yün Yıkama Atıksularının Arıtma Alternatifleri	47
4.2.2.2 Yün Terbiye Atıksularının Arıtılması.....	51
4.2.2.3 Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Atıksularının Arıtılması	52
4.3 EN UYGUN ARITMA TEKNOLOJİSİNİN SEÇİM ESASLARI.....	53
4.3.1 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Tesisi.....	54
4.3.2 Biyolojik Arıtma Tesisi.....	58
BÖLÜM 5 TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITIMINDA MALİYET ANALİZİ	61
5.1 GİRİŞ.....	61
5.2 TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE MALİYET ANALİZİ	62
5.3 MALİYET ANALİZİNİN STANDART ELEMENTLERİ	63
5.4 MALİYET DETAYLARININ BELİRLENMESİ	64
5.5 MALİYET HESAP METODU	64
5.5.1 Dizayn Esasları	64
5.5.2 Yatırım Maliyetleri	64
5.5.3 İşletme ve Bakım Maliyetleri	64
5.5.3.1 Değişken Maliyetler.....	65
5.5.3.2 Sabit Maliyetler	65
5.5.4 Diğer Maliyetler	65
BÖLÜM 6 ARITMA TESİSİ MALİYETLERİ VE ARITMA MALİYETİNİN BİRİM ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİ	66
6.1 ARITMA TESİSİ MALİYETLERİ	66
6.1.1 İlk Yatırım Maliyetleri	67
6.1.2 İşletme ve Bakım Maliyetleri	75
6.1.3 Arıtmanın Birim üretim Maliyetine Etkisi	91
BÖLÜM 7 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	94
KAYNAKLAR.....	97
EKLER.....	101
ÖZGEÇMİŞ	110

SEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil 2.1 Pamuklu tekstil endüstrisi genel akım şeması	6
Şekil 2.2 Yünlü tekstil endüstrisi genel akım şeması	7
Şekil 4.1 Yıkama ve yağ geri kazanma sistemi akım şeması.....	48
Şekil 4.2 Yün yıkama atıksularının arıtılmasına ait örnek akım şeması.....	50
Şekil 4.3 Yıkama sularının arıtılmasına ait örnek bir akım şeması	51
Şekil 4.4 Dokunmuş kumaş son işlemleri altkategorisi için en uygun arıtma teknolojisi.....	52
Şekil 4.5 Kimyasal+biyolojik atıksu arıtma tesisi akım şeması.....	57
Şekil 4.6 Biyolojik atıksu arıtma tesisi akım şeması	60
Şekil 6.1 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre ilk yatırım maliyet bileşenlerinin değişimi.....	68
Şekil 6.2 Biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre ilk yatırım maliyet bileşenlerinin değişimi.....	68
Şekil 6.3 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m ³ /gün atıksu debisi için inşaat maliyet bileşenlerinin % değişimi	69
Şekil 6.4 Biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m ³ /gün atıksu debisi için inşaat maliyet bileşenlerinin % değişimi	69
Şekil 6.5 Biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri.....	74
Şekil 6.6 Kimyasal+biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri	74
Şekil 6.7 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre işletme maliyet bileşenlerinin değişimi.....	76
Şekil 6.8 Biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre işletme maliyet bileşenlerinin değişimi.....	76
Şekil 6.9 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m ³ /gün atıksu debisi için kimyasal madde sarfıyatı maliyet bileşenlerinin % değişimi	77
Şekil 6.10 Biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m ³ /gün atıksu debisi için kimyasal madde sarfıyatı maliyet bileşenlerinin % değişimi	77

Şekil 6.11 Tekstil endüstrisinde 1500 m ³ /gün atıksu debisi için işletme maliyet bileşenleri.....	81
Şekil 6.12 Biyolojik atıksu arıtma tesisleri işletme maliyetleri	83
Şekil 6.13 Kimyasal+biyolojik arıtma sistemleri için işletme maliyetleri.....	83
Şekil 6.14 Atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m ³ /gün arası debiler için işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği	84
Şekil 6.15 Atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m ³ /gün ve daha büyük debiler için işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği	85
Şekil 6.16 Biyolojik arıtma için 1m ³ atıksuyun arıtma maliyetlerinin debiye göre değişimi	87
Şekil 6.17 Bir OSB atıksu arıtma tesisinde 1.000-50.000 m ³ /gün atıksu debisi için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği	88
Şekil 6.18 Atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m ³ /gün arası debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği	89
Şekil 6.19 Atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m ³ /gün ve daha büyük debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği	90

TABLO LİSTESİ**SAYFA NO**

Tablo 3.1 Tekstil endüstrisinin herbir alt kategorisine ait atıksu özellikleri	15
Tablo 3.2 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği tekstil sektöründe altkategori bazında atıksu deşarj kısıtlamaları	16
Tablo 3.3 Pamuklu tekstil atıksuları BOİ ve alkalinite yüklerinin oluşum noktaları	20
Tablo 3.4 Pamuklu tekstil üretiminde oluşan birim atıksu miktarları.....	21
Tablo 3.5 Pamuklu tekstil atıksu kirletici konsantrasyonları.....	21
Tablo 3.6 Pamuklu boyama atıksuları kirletici konsantrasyonları	22
Tablo 3.7 Pamuklu tekstil boya banyolarında bulunan kimyasal maddeler	22
Tablo 3.8 Pamuklu tekstil üretim proseslerinde su kullanımı	23
Tablo 3.9 Pamuklu tekstil atıksularında bulunan kirleticilerin üretim proses ve yöntemlerine göre değişimi	24
Tablo 3.10 Yünlü tekstil üretim proseslerinde su kullanımı	25
Tablo 3.11 Yün yıkama atıksularına ait tipik kirletici özellikler ve atıksu miktarları.....	27
Tablo 3.12 Yün Yıkama Atıksularında Bulunan Kirleticiler	28
Tablo 3.13 Yünlü tekstil atıksularındaki kirleticiler	28
Tablo 3.14 Yünlü tekstil atıksularındaki kirletici maddeler ve pH özellikleri	28
Tablo 3.15 Yün terbiyesi atıksu karakteri	30
Tablo 3.16 Dokunmuş kumaş terbiyesi atıksu karakterleri	30
Tablo 3.17 Yünlü tekstil fabrikalarında kullanılan kimyasal madde miktarları...31	
Tablo 4.1 Çeşitli arıtma adımlarından sonraki su kalitesindeki değişimler	36
Tablo 4.2 Kireç ilavesi ile renk ve koi giderimi	38
Tablo 4.3 Kireç sütü ve FeCl_3 ile yapılan renk ve koi giderimi çalışmaları	38
Tablo 4.4 Kireç sütü, demir(ii) sülfat ve anyonik polielektrolit ile yapılan renk giderimi çalışmaları.....	39
Tablo 4.5 Tekstil tesislerinin arıtma tiplerine ve kirlilik yüklerine göre değerlendirilmesi	43

Tablo 4.6 Arıtma sistemlerindeki proseslerin tahmini kirletici giderme verimleri.....	44
Tablo 4.7 Sıcak ve soğuk hava şartları altında bir tasfiye tesisinin işletilmesinde elde edilen sonuçlar	44
Tablo 4.8 Atıksu arıtma metotları ve KOİ giderme verimleri ile yatırım masraflarının karşılaştırılması	49
Tablo 4.9 Pilot tesis veya yarı-endüstriyel seviyede kullanılan yeni arıtma metotları	49
Tablo 6.1 Tekstil endüstrisinde kullanılan atıksu arıtma tesislerine ait ilk yatırım maliyetleri	70
Tablo 6.2 Kimyasal+biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m ³ /gün atıksu debisi için ekipman maliyetleri	71
Tablo 6.3 Tekstil endüstrisinde kullanılan biyolojik arıtma tesislerine ait boyutlandırma ve ilk yatırım maliyetleri	72
Tablo 6.4 Biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri	75
Tablo 6.5 Tekstil fabrikası yetkililerinden alınan işletme maliyetleri	78
Tablo 6.6 1500 m ³ /gün atıksu debisi için ayrıntılı ilk yatırım verileri	78
Tablo 6.7 Tekstil fabrikalarının atıksu arıtımında işletme maliyetleri.....	82
Tablo 6.8 Tekstil fabrikalarında atıksu arıtma maliyetlerinin yıl bazında bulunan değerleri.....	87
Tablo 6.9 Tekstil endüstrisi altkategorileri için 1 m ³ atıksuyun arıtma maliyeti .	91
Tablo 6.10 Biyolojik arıtma için üretim maliyetine arıtmadan gelen maliyet.....	91

ÖZET

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITILMASINDA ARITMA MALİYETİNİN BİRİM ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Tekstil sektörünün Türkiye’deki endüstriyel faaliyet gösteren sektörler arasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Son yıllarda ülkemizde en hızlı gelişen sanayi kollarından birisi olan tekstil sektörü dinamik yapısı nedeniyle toplam endüstriyel faaliyet içindeki katkısını ve önemini günümüzde yaşanan ekonomik krize rağmen hissettirmektedir. Tekstil atıksuları özellikle boyalardan kaynaklanan çeşitli renklere, yüksek askıda katı madde, yüksek değerlerde pH, sıcaklık ve KOİ’ye sahip olarak bilinirler. Bu özelliklerinden dolayı tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksular, çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojik, ekonomik ve bölgesel açılardan en uygun arıtma alternatifin seçilmesi sanayici açısından oldukça önemlidir. Seçilen arıtma alternatifinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin birim üretim maliyeti üzerindeki etkisinin bilinmesi sanayici için büyük bir avantajdır.

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması için yapılan ilk yatırım ve işletme maliyetinin birim üretim maliyetine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla tekstil endüstrisi hakkında genel bir bilgi verilmiş, altkategorilerine göre kirletici özellikleri verilmeye çalışılmıştır. Bu tez kapsamında tekstil endüstrisi için kimyasal+biyolojik arıtma sistemi ile tek kademeli biyolojik arıtma sistemlerine ait ilk yatırım ve işletme maliyetleri, tesislerde işlenilen kumaşın birim maliyetleri elde edilmeye çalışılmış ve buna bağlı olarak tekstil endüstrisinde işlenilen ürünlerin oluşturduğu atıksuyun arıtma maliyetinin birim üretim maliyetine etkisi bulunmaya çalışılmıştır.

SUMMARY

The textile industry is one of the most important industry which have a wide range of industrial activity in Turkey. Because of its dynamic structure and contribution to total industrial activity the textile industry is the most developing sector in our country within last few years.

A lot of product in textile industry is produced using natural and synthetic raw materials by different processes. Used raw and/or chemical materials, various processes, diversity of technologies for each processes and considerable amount of water used in these processes showed that the structure of this industry is extremely complicated. Textile wastewater is notoriously known to contain strong color from dyeing materials, a large amount of suspended solids, a high flocculating pH and a high temperature and COD concentration. Because of these characteristics, wastewater from textile industry can be considered as the most important reason of environmental pollution. In order to regulate the treatment standarts of these kind of wastewater, some regulations like “Water Quality Control Instructions” were prepared by the Ministry of Environment.

Investment and operational costs of treatment plants have a great importance to textile factories which have the obligation to build and operate these plants. From the view of technology, local and economical aspects it is very important to choose the best treatment alternative for industrialists. To know the effect of investment and operation cost of choosed treatment plants on product cost is a great advantage to industrialists.

In this study, the effect of investment and operation cost of textile industry wastewater treatment plants on unit product costs were investigated. According to this main purpose, a general information is given about textile industry and pollution characteristics of wastewater types. Furthermore, depending on pollution characteristics some applicable treatment systems were investigated and cost components of these systems were not calculated directly form formulas. To calculate and evaluate the cost components of treatment systems three study groups were performed:

- Investigation of studies made before about this subject
- Information from firms which have activity in industrial wastewater treatment
- Information directly from textile industry about wastewater treatment cost

According to information taking from these three steps investment and operation cost of textile wastewater treatment plants were evaluated.

In this paper, investment and operation cost and unit cost of produced fabrics were tried to find out for chemical+biological and single stage biological treatment

systems used for textile industry wastewater treatment. Depend on this results we tried to find out the effect of wastewater treatment cost on unit product cost.

The textile industry category include plants which use natural and fabricated fiber to produce fabrics and other textile products. Production of fabricated fiber and cloth industry are out of this category. Textile industry contains the preparation, knitting and weaving of natural synthetic yarns to produce products such as fabrics, knit-fabrics or carpets. There is a considerable consume of water in finishing processes.

Using processes in textile industry have some differences but are almost similar. According to used fiber in textile there are three main groups. Woolen, Cotton and Synthetic fiber. Some processes were performed to produce yarn in these there groups. As it told before some differences in application of processes made the production of yarns difficult or easy. In cotton and synthetic fiber it is not necessary to wash them at the beginning of the process. However, washing is an important step before producing yarns from wool fiber because it contains a considerable amount of pollutants.

The most important difference between wool-knitting industry from other textile groups is this washing process.

There are 10 basic subcategories in textile industry:

1. Springwool washing
2. Wool finishing processes
3. Weaving fabric finishing processes
4. Knitting fabric finishing processes
5. Opened fiber and yarns finishing processes
6. Carpets finishing processes
7. Production of product except of fabrics
8. Production of worsted fabrics
9. Processes using less water
10. Cocoon processing and natural silk production

Large amounts of raw process water is generally needed in the textile industry because of washing and ringing processes .

Wastewater characteristics of textile industry depend on fiber type, using processes and chemical materials. Main pollution parameters in the textile industry are BOD₅, COD, TSS, oil and grease, total chrome, phenol and sulphure. In addition to this, especially depending on dyestuff used and other chemicals both organic matters and heavy metal can be found in wastewater. The colour of the textile wastewater varies from red, brown, blue, purple and due to their intensified and dark varieties. Textile wastewater can charge colour from day to day, or even several times a day because of dye stuff used in the processes. Treatment applications of textile industry wastewaters can be considered on three stages. These are first, pretreatment and final treatment. First treatment consists of TSS removing, equalization and pH adjustment of wastewater. This first step is very important because wastewater like this can be harmful for further processes.

Pretreatment can be considered in two ways. In the first group there are methods like chrome reduction or sulphure oxidation. The other way to treatment of wastewater contains chemical precipitation and flotation to control organic and toxic wastes. In final treatment there is commonly used biological treatment like extended aeration. In some cases, where it is necessary to treatment the wastewater, an additional third stage treatment can be used.

There are two ways of textile industry wastewater treatment;

- After less or more pretreatment discharge into municipal sewage and treatment as domestic wastewater.
- After complete treatment of wastewater in the industry, discharge to receiving environment

In order to made a decision which processes and units will be used in a textile wastewater treatment plant some critters must be considered as follow ;

- It must be find out which instructions or restrictions will be considered to perform the wastewater treatment
- Characterization and quantity of wastewater must be defined by suitable parameters
- Defined parameters must be compared with limits. After this it must be decides water pretreatment or complete treatment will be used.
- The treatment plant with suitable processes must be designed.

Chemical and biological treatment is used to ensure the desired level in cotton textile wastewater. FeCl_3 , FeSO_4 and alum is used as coagulant in chemical treatment. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and H_2SO_4 is used to control pH and flocculation ratio.

These treatment processes must be aplicated to textile wastewater in order to discharge into receiving waters;

- Equalization
- Neutralization
- Color removal
- Organic matter removal (BOD and COD removal)

The treatment cost of 1 m^3 wastewater can be calculated with dividing the total annual cost to total wastewater treated in a year. To do this, total project cost must be found ;

$$A_y = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots 1.1$$

where ;

A_y ; Total project cost for 1 year, (\$/year)

P ; Total project cost, (\$)

i ; Interest ratio, (%) (annual interest ratio is calculated by % 8)

n ; Project time, (year) (n=15 year)

According to these explanations, treatment cost of 1 m³ wastewater can be calculated as follow;

$$BM = \frac{(A_y + A_i)}{Q.365} \dots\dots\dots 1.2$$

BM; Treatment cost of 1 m³ wastewater, (\$/m³),

A_i ; Total operational and maintenance cost,(\$/year),

Q ; Flow rate (m³/day)

Treatment cost of a biological treatment plant which have a flow rate of 6000 m³/day can be calculated as follow;

Annual operational costs of treatment plant=22.230 \$/month*12 =266.760\$/year

There are three operational divisions in a textile plant; Knitting dye, Weaving dye and printing .

Average products producing in plants;

Knitting dye= 8.179.894 kg/year

Weaving dye=12.710.590 Mt/year

Printing=13.911.021 Mt/year

It is assumed that 1 kg is equal 2 mt of product. According to his assume;

Knitting dye= 8.179.894 kg/year

Weaving dye=12.710.590 mt/year*1kg/2mt=6.355.295 kg/year

Printing=13.911.021 mt/year*1kg/2mt=6.955.510 kg/year

Total product=8.179.894 kg/year +6.355.295 kg/year +6.955.510 kg/year

Total product = 21.490.699 kg/year

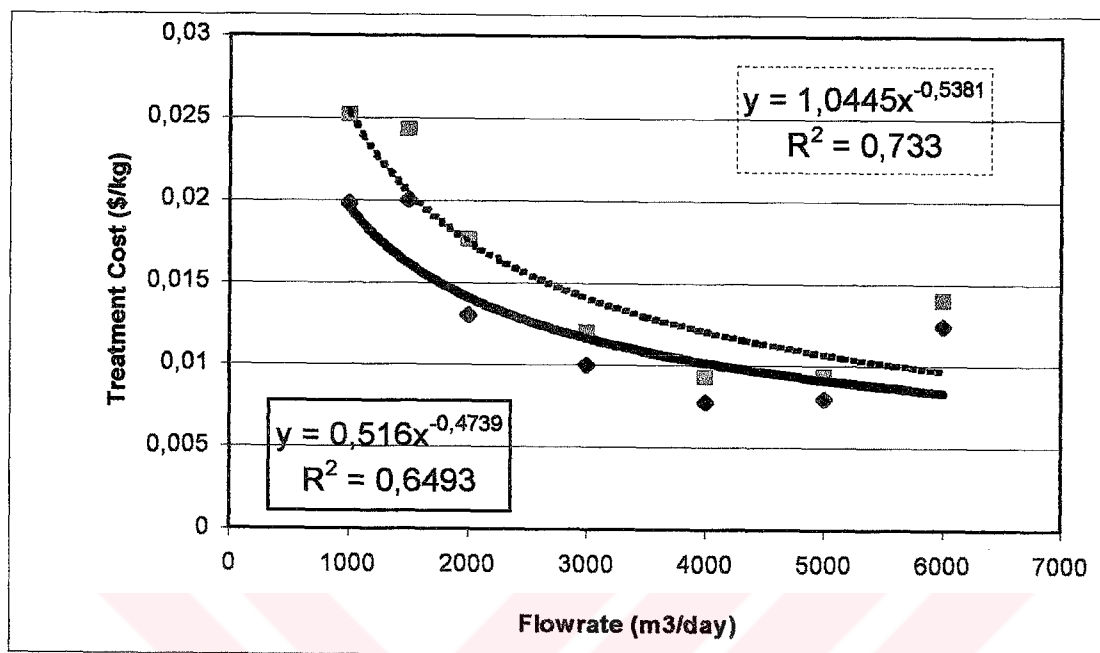
According to this results cost of treatment (COT) can be calculated as follow;

$$COT = \frac{266.760 \text{ $/year}}{21.490.699 \text{ kg/year}} = 0.0124\$/\text{kg}$$

Then, it can be said that the effect of annual operational cost on unit product cost is 0,0124 \$/kg and the effect of annual operational with investment cost on unit product cost is 0,014 \$/kg.

The obtained results from calculations like this is shown in Figure 1.1

Flow rate (m ³ /day)	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000
Cost1 (\$/kg)	0,0198	0,02	0,013	0,01	0,0078	0,008	0,0124
Cost2 (\$/kg)	0,0252	0,0243	0,01764	0,012	0,0093	0,0094	0,014



◆ Cost1; with operational □ Cost2; with operational and investment

Figure 1.1 Cost effect of wastewater treatment \$/kg

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Genel

Tekstil sektörünün Türkiye'deki endüstriyel faaliyet gösteren sektörler arasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Son yıllarda ülkemizde en hızlı gelişen sanayi kollarından birisi olan tekstil sektörü dinamik yapısı nedeniyle toplam endüstriyel faaliyet içindeki katkısını ve önemini günümüzde yaşanan ekonomik krize rağmen hissettirmektedir.

Tekstil endüstrisinde, doğal ve sentetik hammaddelerden, değişik prosesler kullanılarak çok sayıda ürün elde edilmektedir. Kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin, her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği, su tüketim miktarlarının farklı oluşu, endüstride üretim yapısının son derece değişik olduğunu göstermektedir. Tekstil fabrikaları, yüksek miktarda su kullanımları ve kumaş terbiyesinde kullanılan boyar maddeler, tuzlar ve ağartıcıların meydana getirdikleri kirletici yükleri ile atıksuları ve diğer artık maddeleri ile çevre kirliliğine en fazla etkisi olan endüstrilerin başında gelmektedir. Atıksu özellikleri parametre bazında değerlendirildiğinde, Çevre Bakanlığı'nca yürürlüğe konmuş olan 19919 sayılı "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"ne göre mutlaka arıtma tesisi kurulması ve çalıştırılması suretiyle tekstil sektörü atıksularının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Arıtma tesisi kurmak ve işletmek zorunluluğunda olan tekstil fabrikaları için arıtma tesisinin gerek ilk yatırım gerekse işletme maliyetleri önemli bir harcama kalemi olarak ortaya çıkmaktadır. Sanayi kuruluşlarının atıksu arıtma tesisi sisteminin seçimi ve inşaatının yapımı sırasında bazı tercih hataları yapabilmeleri söz konusu

olabilmektedir. Genellikle bir atıksu arıtma tesisi kurulacağı zaman, sanayici bunu çoğu kez hiçbir ön hazırlığa ve araştırmaya başvurmadan doğrudan uygulamacı firmalardan proses ve maliyet analizi ile ilgili teklifler toplamakla işe başlamaktadır. Bugün ülkemizde yapımçı firmaların oluşturduğu çevre teknolojisi sektörü, henüz tam anlamı ile gelişmiş bir sanayi olmadığı ve mali birikimlerinin yetersiz olması sebebi ile, yetersiz verilerle arıtma tesisleri dizayn edilebilmektedir. Bu projelerin değerlendirilmesinde de sanayicilerin arıtma tesisleri konusunda yetersiz kalmasından dolayı genellikle ucuz olan arıtma tesisi seçilmekte bu şekilde belki de çalışmayacak olan bir arıtma tesisi yapılmış olmaktadır. Böylece çevre korunması için ayrılan önemli bir yatırım amacına ulaşamamış olacaktır.

Hem sanayici hem de çevre açısından konuya yaklaşıldığında arıtma tesisinin sanayiciye çok fazla maliyet getirdiği, arıtılmadan alıcı ortama verilen atıksuların ise çevreyi kirlettiği bilinmektedir. Bu nedenle sanayicinin maliyet analizi yaparak en uygun şartlarla, çalıştıracağı arıtma tesisini inşaa etmesi ve çevrenin korunması gerektiği unutulmamalıdır. Bütün bu olumsuzlukların önüne geçilebilmesi açısından büyük miktarda yatırımı gerektiren arıtma tesisleri için yapılacak harcamaların sanayiciye getireceği ek maliyetin bilinmesi, daha planlama safhasında maliyet analizinin yapılması, değişik alternatifler arasında teknolojik, bölgesel ve ekonomik olarak en uygununun seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca seçilen arıtma tesisinin ilk yatırım ve işletme maliyeti olarak işlenilen ürün maliyetine etkisinin bilinmesi de sanayicinin faydasına olacaktır.

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması için yapılan ilk yatırım ve işletme maliyetinin birim üretim maliyetine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, tekstil endüstrisi hakkında genel bir bilgi verilmiş, altkategorilerine göre kirletici özellikleri araştırılmıştır. Bu kirletici özelliklere bağlı olarak uygulanan gereken arıtma sistemleri gözden geçirilmiş, sistemlere ait maliyet değerleri daha önce tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması ile ilgili yapılmış çalışmalardan, endüstriyel atıksuların arıtılması konusunda faaliyet gösteren firmalardan ve doğrudan tekstil firmalarından alınmıştır. Yine halihazırda çalışır vaziyette olan tekstil fabrikalarından alınan üretim kapasiteleri ile ilgili bilgiler göz önünde

bulundurularak ilk yatırım ve işletme maliyetlerine göre tekstil fabrikalarında üretilen ürüne karşılık oluşan atıksuyun arıtma maliyetleri belirlenmiş ve işlenen üründen oluşan atıksuyun arıtılmasının bu ürünün kilogramına getirdiği maliyet dolar cinsinden hesaplanması suretiyle değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, arıtma tesislerindeki maliyet bileşenleri de incelenmiş, toplam maliyet içinde ağırlıklı olan bileşenler belirlenmiş, bu sayede özellikle arıtma tesislerinin çalıştırılabilmesi konusunda devlet tarafından desteklenmesi gereken maliyet bileşeni ortaya konulmaya çalışılmıştır.



BÖLÜM 2

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1 Endüstrinin Tanımı

Tekstil endüstrisi kategorisi, doğal ve sentetik elyafları kullanılarak kumaş ve diğer tekstil ürünlerini üreten tesisleri kapsar. Sentetik elyafların üretimi ve giyim sanayi bu kategori dışındadır. Tekstil endüstrisi doğal ve sentetik ipliklerinin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi tekstil ürünleri haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanması işlemlerini içerir. Elyaf cinsine bağlı olarak, üretim proseslerinden bazılarının su gereksinimi düşük mertebededir veya hiç yoktur. Bu tür değişik su kullanımlı veya kuru prosesler arasında eğirme, bükme, örme dokuma işlemleri yer alır. Son işlemlerinde ise, çok miktarda su kullanımı söz konusudur. Bu endüstride, iki veya daha fazla ıslak prosesin, ardışık olarak tek bir kesikli tank ünitesinde veya sürekli olarak yürütülmesine çok sık rastlanır.

Tekstil endüstrisi Cumhuriyet dönemine sayısı 10'dan az pamuk ipliği fabrikası ile girmiş, sonra en hızlı gelişen sektörlerden biri olmuştur. Halen Türkiye sanayiindeki payı % 20'nin üstündedir. Endüstri, İstanbul, Adana ve İzmir illerinde yoğunlaşmakla birlikte hemen hemen tüm yurda dağılmış bulunmaktadır (1).

2.2 Üretim Proses ve İşlemleri

Tekstil endüstrisinin hammaddesi olan elyaf, doğal elyaflar ve fabrikasyon elyaflar olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal elyaflar arasında pamuk, keten, kenevir, yün ipek, mohair, ve kıllar; fabrikasyon elyaflar arasında ise reyon, kazein, asetat-selüloz

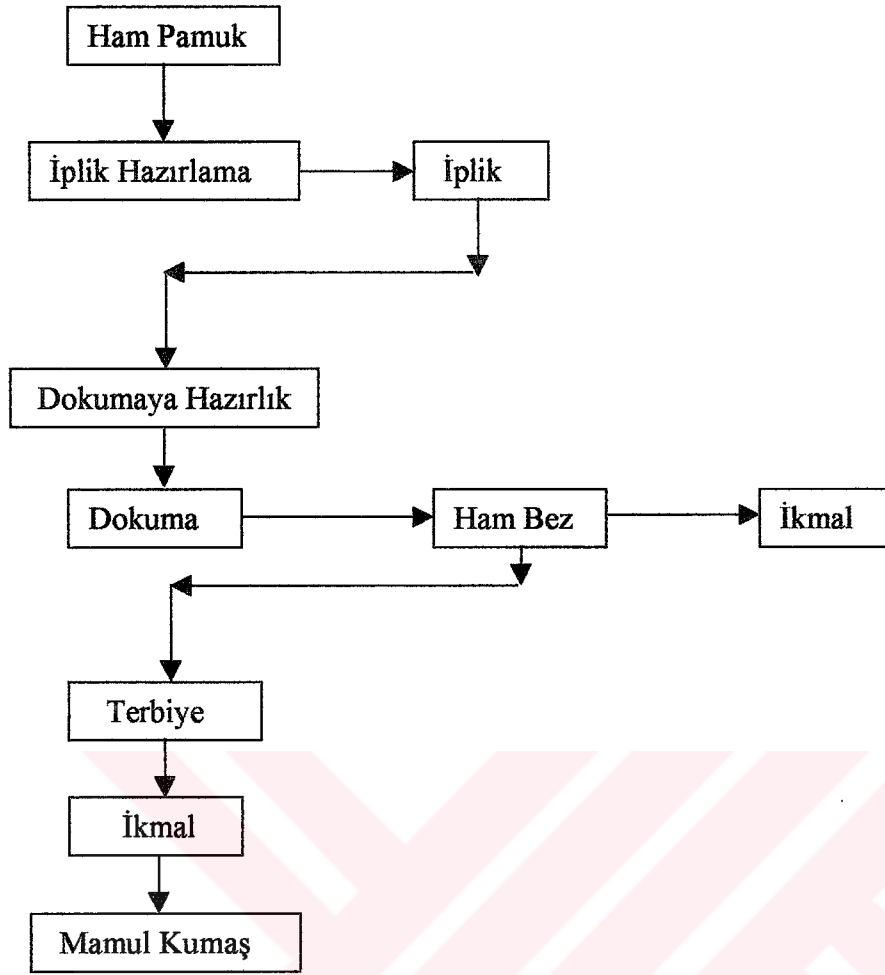
ester, naylon, polyester, akrilik ve vinil bulunur. Bunlar arasında en çok kullanılan elyaflar pamuk, yün, reyon, naylon ve poliesterdir.

Tekstil endüstrisinde yer alan proses ve işlemler işlenen elyafla bazı farklılıklar göstermekle birlikte çoğunlukla benzerdir. Tekstil endüstrisi kullanılan elyaf cinsine göre incelendiğinde pamuklu, yünlü ve sentetik olmak üzere başlıca üç ana gruba ayrılmaktadır. Elyafın işlenerek hazır kumaş haline getirilmesinde üç grupta da iplik, dokuma ve terbiye prosesleri şeklinde aynı temel işlemler uygulanmaktadır. Fakat bu işlemler elyafın cinsine göre farklı şekilde tatbik edilmektedir. Pamuk ve sentetik elyaflarda, başlangıçta yıkamayı gerektirecek bir kirlilik bulunmamaktadır. Buna karşılık çok kirli olmasından dolayı, yün elyafın iplik haline getirilebilmesi için önceden bir yıkama işlemine tabii tutulması gerekmektedir. Yünlü dokuma endüstrisini kirleticilik bakımından diğer tekstil gruplarından ayıran en önemli fark, bu yıkama işlemidir.

Tekstil endüstrisinde pamuklu, yünlü ve sentetik elyaflar şeklinde yapılmış sınıflandırmaya göre üretim aşamaları aşağıda özetlenmiştir (1).

2.2.1 Pamuklu Tekstil

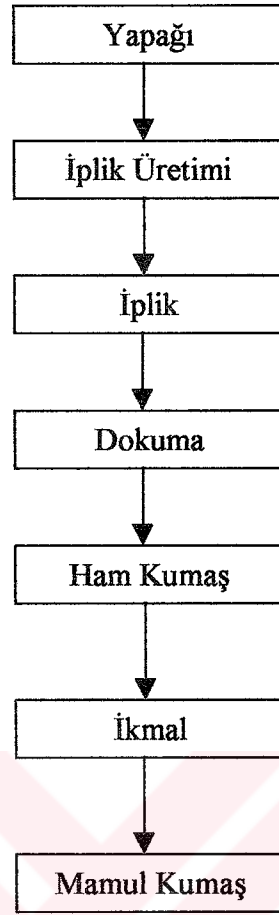
Pamuk elyafı, iplik yapımı, dokuma hazırlık ve ürünlerinin terbiyesi olarak üç aşamada işlenir. İplik yapımı, açma temizleme, tarama, çekme, eğirme, bobinleme gibi işlemleri kapsar. Bunlar çoğunlukla mekanik kuru işlemlerdir. Dokuma hazırlık işlemleri, bobin ve çile hazırlaması, çözgüler, tahar, haşılama ve dokuma işlemleri kapsar, bu işlemlerde kuru işlemlerdir. Terbiye işlemlerinde önemli miktarlarda su kullanımı vardır. Başlıca terbiye işlemleri haşıl sökme, yıkama, pişirme, merserizasyon, kasar, boyama ve apre işlemleridir. Haşıl sökme dokuma sırasında aşınma ve germeyi önlemek için uygulanan nişastanın asit veya enzimle giderilmesi işlemidir. Pişirme işlemi bir bazla pamuklu ürünün kaynatılması ve temizlenmesi işlemidir. Kasar klorit, hipoklorit veya hidrojen peroksit kullanılarak yapılan ağartma işlemidir. Boyamada reaktif naftol, direkt, kükürtlü indigo gibi çeşitli boya türleri kullanılır. Kasar veya boya çok su kullanan işlemlerdir. Apre son ürüne tutum, buruşmazlık, çekmezlik, su geçirmezlik gibi özelliklerin kazandırıldığı son işlemlerdir. Pamuklu tekstil endüstrisi genel akım şeması Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Pamuklu tekstil endüstrisi genel akım şeması

2.2.2 Yünlü Tekstil

Pamuklu tekstil ile aynı aşamalarda gerçekleştirilen yünlü tekstil işlemlerinde ilk ve en önemli fark yünün (yaprak, yapağı) yıkanmasıdır. Çok kirli yağlı atıksu oluşturan bu işlem ayrı bir alt kategori oluşturur. İlk aşamada yün açma, taraklama, gibi işlemler yapılır ve kamgarn veya strayhgarn iplik olarak sentetik madde katkıları da yapılarak bobinlere sarılır ve dokunur. Terbiye işlemleri arasında karbonizasyon, dinkleme, yıkama, boyama ve apre işlemleri yapılır. Boyamada başlıca asit, metalize ve mordant boyalar kullanılır, sonra sıcak su veya kimyasal maddeler ile fiksaj yapılır. Apre işlemleri keçeleşmezlik işlemi ve pamuklu kumaşlara uygulanan diğer işlemleri kapsar. Yünlü tekstil endüstrisi genel akım şeması Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 Yünlü tekstil endüstrisi genel akım şeması

2.2.3 Sentetik Tekstil

Selülozik ve organik polimerlerin elyafları pamuk ve yünlülere karıştırılarak veya ayrı olarak iplik hazırlama, haşıl sökme, boyama ve apre işlemlerinden geçer. Boyamada asit, bazik dispers, naftol gibi boyalar kullanılır.

İpek, iplik üretiminde ipek çekimi, liflerin terbiyesi, yıkama, ağartma, boyama işlemleri bulunur. Halı üretimi lateks ile taban kaplaması işlemini içerir. Keçeleştirilmiş ve dokusuz yüzeyli üretimi de keçeleştirme, yıkama, boyama vb. işlemleri kapsar.

2.3 Altkategorizasyon Yaklaşımı

Altkategorizasyonun amacı, aynı kategori içinde olduğu halde üretim farklılıkları olan veya aynı ürünün imalinde farklı proses ve işlemlerin kullanıldığı tesislerin atıksularında meydana gelecek farklılıkların ortaya konulmasıdır.

Altkategorizasyon yapılırken, sadece atıksu kalitesi benzerliği gruplama için yeterli değildir. Gruplama yapılırken pekçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Tekstil endüstrisinde Altkategorizasyon için gözönüne alınabilecek başlıca faktörler; imalatla kullanılan prosesler, hammaddeler, ürün cinsleri, su kullanımı, atıksu özellikleri olarak sıralanabilir (2).

Tekstil endüstrisinin altkategorizasyonu yapılırken kullanılan klasik metod, işlenen elyafın cinsine (yün, pamuk ve sentetik) göre üretim tesislerini gruplandırmaktır. Benzer tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan münferit üretim prosesleri ve herbir proseste ortaya çıkan atıklar inceleneceği 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.

Diğer bir yaklaşım şekli ise altkategorizasyonun imalat proseslerine, kullanılan hammaddelere, son ürünlere, su kullanımına ve atık karakteristiklerindeki benzerliklere dayanılarak yapılmasıdır. Buna göre tekstil endüstrisinde temel altkategoriler 10 gruba ayrılır. Bunlar;

1. Yapağı yıkama
2. Yün son işlemleri
3. Dokunmuş kumaş son işlemleri
4. Örgü kumaş son işlemleri
5. Açık elyaf ve iplik son işlemleri
6. Halı son işlemleri
7. Kumaş dışı maddeler üretimi
8. Keçeleştirilmiş kumaş üretimi
9. Az su kullanılan işlemler

10. Koza işleme ve doğal ipek üretimi

dir. Altkategorizasyon yapılırken sadece atıksu benzerliği ele alınmamış, üretimde kullanılan prosesler, hammaddeler, ürün cinsleri, su kullanımı, atıksu özellikleri de dikkate alınmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde 1. ve 2. altkategori ile birlikte, 3., 4. ve 6. altkategoriler alınmış ve pamuklu tekstil ve sentetik tekstil terbiyesi grupları tanımlanmış, keçeleştirilmiş, dokusuz yüzeyli ve ipek iplik ayrı altkategori olarak ele alınmamıştır (1).

2.3.1 Yapağı Yıkama

Ham yün ve diğer hayvan kılı elyafından tabii safsızlıkların yıkanarak giderilmesi işlemi, bu kategorinin en başta gelen prosesidir. Yün yıkama ile ham yünde bulunan tabii yün gresi, ter, dışkı, kir ve bitkisel maddeler uzaklaştırılır. Yün elyafa uygulanan ilk ıslak proses olan yıkama prosesinde, deterjan yıkama ve solvent yıkama olmak üzere iki yöntem söz konusudur. Deterjan yıkama iki türdür; sabun-alkali prosesi ve nötr deterjan prosesi. Sabun alkali prosesinde, sentetik deterjan ve sodyum karbonat gibi yumuşak bir alkali pH 9.5-10.5'ta yıkama banyosuna ilave edilir ve 55 °C'a kadar ısıtılır. Nötr deterjan prosesinde ise, non-iyonik deterjan pH 6.5-7.5'ta ve 53-57 °C'ta ilave edilir. Proses yıkama çözeltisinin ters akımla aktığı dört adet açık tankta yürütülür. Bu tanklardan ilk ikisi deterjan ve sabun içerir. Son iki ise elyafı çalkalamada kullanılır.

2.3.2 Yün Son İşlemleri

Bu alt kategori yün elyafı, diğer hayvansal kıl ve yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara toplam üretimin %5'i oranında ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemelik vb işlemlerden birisinin uygulanmasını kapsar. Karbonizlemenin yer aldığı yün elyaf veya iplik, diğer hayvansal kıllar ve yün elyaf-hayvansal kıl karışımı için yapılan terbiye de (son işlem) bu alt katagori kapsamındadır.

Y n bitirme işlemleri, kullanılan kimyasal maddelerin, çeşit ve miktarının fazla olması ve atık yüklerinin yüksek olması nedeniyle diğ r son işlem kategorilerinden ayrılır.

2.3.3 Dokunmuş Kumaş Son işlemleri

Bu alt kategoride, büyük bir kısmı dokuma olan kumaşların en az % 5'ine haşıl giderme, yıkama, ağartma, merserizeleme, boyama, baskı ve bitirme kimyasallarını uygulama gibi son işlemlerden birisi tatbik edilir. Bu proseslerin yanısıra, iplik boyama ve elenim son işlemlerini de entegre tesisler bu kategorinin içindedir. Bileşimi öncelikle y n olan dokunmuş kumaşlar bu kategoriye girmezler ve y n son işlemleri alt kategorisinde sınıflandırılırlar.

2.3.4 Örgü Kumaş Son işlemleri

Örgü kumaş son işlemleri kategorisi öncelikle pamuk ve/veya sentetik elyaftan yapılmış ve büyük bir kısmı örgü olan kumaşların son işlemlerini içerir. Üretilen kumaşın en az %5'ine uygulanır, bu son işlem prosesleri sırasıyla yıkama, ağartma, boyama, baskı ve antistatik maddeleri, yağları ve bitirme kimyasalları uygulama işlemlerinden oluşur. Örgü kumaş bitirme işlemlerinde haşıl giderme yoktur ve merserizelemeye de pek sık rastlanmaz.

2.3.5 Açık Elyaf ve iplik Son işlemleri

Pamuklu veya sentetik iplik ve elyafa üretimlerinin en az %5'i oranında yıkama, ağartma, merserize boyama ve apre işlemlerinden birisinin uygulanmasını kapsar.

2.3.6 Halı Son işlemleri

Halı son işlemleri kategorisi, öncelikle tekstil kökenli taban kaplama ürünlerinin son işlemlerini kapsar. Üretilen halının en az %5'ine tatbik edilen, yıkama, ağartma, boyama, baskı ve bitirme kimyasallarını uygulama gibi prosesler başlıca halı son işlemleridir. Yukarıda belirtilen halı son işlemlerinin yanısıra, tafting halı ve iplik boyama işlemlerini de gerçekleştiren entegre tesisler bu kategoriye girer. Ancak yalnız tafting halı üreten tesisler düşük su kullanımlı prosesler sınıfında ele alınırlar.

2.3.7 Kumaş Dışı Maddeler Üretimi

Kumaş dışı maddeler üretimi kategorisi, kumaş dışı yün, pamuk ve sentetik tekstil ürünlerinin üretimini, mekanik ve termal yoldan ve/veya yapıştırarak bağlama yöntemiyle gerçekleştiren tesisleri kapsar. Kumaş dışı tekstil ürünlerinin doldurma ve keçelendirme işlemleri keçelendirilmiş kumaş prosesi kategorisinde ele alınır. Bu kategorinin tipik bazı prosesleri, karding, ıslatma, bağlama (lateks, akrilik veya polivinil asetat reçenesine daldırma) ve bitirme kimyasallarını uygulamadır.

2.3.8 Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi

Bu kategori, öncelikle doldurma ve keçelendirme işlemleri ile dokuma dışı tekstil ürünlerini üreten tesisleri kapsar. Keçe üretiminde yün, rayon ve yün, rayon, polyester harmanı kullanılır. Keçelendirme kimyasal yolla veya mekanik olarak gerçekleştirilir.

2.3.9 Az Su Kullanılan İşlemler

Düşük su kullanımlı proseslere, bitirme işlemi uygulanmamış iplik, kaplama dokumalar, halı tafting ve kort lastiği üretiminde rastlanır. Bu proseslerde, su öncelikle temizlik amacıyla kullanılır ve üretimlerin proses suyu ihtiyacı azdır.

2.3.10 Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi

Piştirme (Koza Kaynatma), ipek çekimi işlemleri ile ipek ipliği üretimini kapsar.

BÖLÜM 3

TEKSTİL ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ

3.1 Tekstil Atıksularının Özellikleri

Tekstil endüstrisinde ortaya çıkan atıksular miktar ve bileşim yönünden çok değişkendir. Bu atıksuların birinci kaynağı liflerde mevcut olan doğal safsızlıklardır. İkinci kaynak ise proseslerde kullanılan kimyasal maddelerdir. Tekstil proseslerinde kullanılan boyalar, krom ve türevleri ve sülfür çoğunlukla atıklarda bulunurlar. Tekstil boyamada ayrışmaya karşı çok dayanıklı boyaların kullanılması istendiğinden, oluşan boya atıkları da biyolojik ayrışmaya karşı dayanıklıdır ve çok zor ayrışırlar.

Yıkama ve durulama işlemlerinde çok miktarda suya ihtiyaç duyulduğundan tekstil endüstrisindeki su kullanımı relatif olarak büyüktür. Su kullanımı ve atıksu oluşumu alt kategori bazında ele alınabilir veya yünlü, pamuklu, sentetik gibi işlenen elyaflara göre incelenebilir. Her altkategoride işlem türleri, işlemler için kullanılan teknoloji ve diğer faktörlere bağlı olarak su kullanımı bazen geniş aralıklarda değişmektedir. Bunun başlıca sebebi ise proseslerde kullanılan yöntemlerin, ekipmanların ve kullanılan kimyasal maddelerin farklı olmasıdır. Birim yükler dikkate alındığında az su kullanan proseslerde atıksu miktarı genelde 10 m³/ton kumaş değerinin altındadır. Dokunmuş kumaş son işlemleri altkategorisi için bu değer 50-300 m³/ton kumaş arasında değişir. Yünlü kumaş son işlemleri bu aralığın alt kısmına yakın örgü kumaş son işlemleri ise orta ve yüksek değerler civarında atıksu üretmektedir.

Atıksu karakteri elyaf cinsi, uygulanan işlemler ve kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak değişkendir. Tekstil endüstrisinde temel kirletici parametreler; BOİ₅, KOİ, AKM, yağ ve gres, toplam krom, fenol ve sülfürdür. Bunların dışında özellikle

kullanılan boya ve diğer kimyasal maddelere bağlı olarak hem organik nitelikli hem ağır metal olarak çok sayıda mikrokirletici atıksularda bulunmaktadır. Tablo 3.1’de tekstil endüstrisinin her bir altkategorisinin kantitatif olarak atıksu özellikleri verilmektedir.

Tekstil atıksuları genellikle gri renkli veya boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir. BOİ, toplam çözünmüş madde, alkalinite ve sıcaklık değerleri yüksektir. Ayrıca bazen elyaftan ekstrakte olan doğal kirleticiler ve elyafın işlenmesinde kullanılan kimyasal maddeler de içerirler. Atıksuyun miktar ve kalite özelliklerini belirleyen faktörler; işlenen elyafın cinsi, tüm tekstil prosesini kapsayan temel işlemler, proseslerde kullanılan kimyasal maddeler, tesis içi kontrollerin uygulanma derecesi olarak sıralanabilir.

Herbir tekstil prosesinden çıkan atık yükü herbiri ayrı özelliğe sahip elyafların çok sayıda olmasından dolayı geniş bir değişim aralığı gösterir. Bundan başka üretim yöntemlerindeki teknolojik farklılıklar ve mevcut olabilecek diğer birçok değişkenler gözönüne alındığında, aynı elyafı işleyen farklı tesisler arasında da değişimler vardır. Her ne kadar, miktarları değişebilirse de, atıksu özellikleri, aynı elyafı işleyen bütün tekstil fabrikaları için genellikle benzerdir.

Tekstil endüstrisi atık suları, sodyum hidroksit, sodyum klorür, asetik asit, sodyum bikromat ve benzeri gibi boyamada kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ile birlikte sülfür, küp, reaktif, dispers ve diğer boya tiplerinin tüm renk aralıklarını içine alan boyar maddeleri ihtiva eder. Ayrıca, bu tür atıksular ıslatma ve yıkama maddeleri olarak kullanılan noniyonik, anyonik ve katyonik yüzey aktif materyalleri ihtiva edebilir. Bunun yanı sıra tekstil mamüllerinin terbiyesinde kullanılan çeşitli kimyasal maddeleri de bulundurabilir.

Tekstil endüstrisi atıksularındaki kirleticiler ya çözünmüş ya da süspansiyon halindedir. Biyolojik oksijen ihtiyaçları oldukça yüksek ve genellikle sodyum hidroksit ihtiva ettiği için pH değeri 7’nin üstündedir (2).

Ortalama büyüklükte bir pamuklu tekstil tesisi için, nişastalı atıklar toplam atıksu hacminin %16’sını, BOİ’nin %5.3’ünü, toplam katıların %16’sını teşkil eder. Kostik

sodali atıklar, atığın hacminin %19'unu, BOİ'nin %37'sini toplam katıların %43'ünü ve toplam alkalitenin %60'ını oluşturur. Yıkama, ağartma, boyama ve apre atıkları kompozit atığının geri kalan kısmını oluştururlar. Bunlar toplam atığın hacimce %65'ini, BOİ'nin %10'unu, toplam katı madenin %2'sini ve toplam alkalitenin %34'ünü teşkil eder (3).

Tekstil atıkları biyolojik ayrışabilir olmakla beraber, bazen biyolojik proseslerde olumsuz durumlara neden olabilirler. Çünkü atıksuda bazı toksik bileşikler (boyalardan gelen kromatlar, sülfürler ve hidrojen peroksit gibi) bulunabilirler. Atıksu nütrient yönünden (azot ve fosfor) eksiklik gösterebilirler. Azotlu atıklar, boyama işlemlerinden suya karışmaktadır. Ancak atıksuda fosfor içeriği çok düşük olabilmektedir. Suyun kalite ve miktarında da gün boyunca büyük değişimler olmaktadır. Bu nedenle dengeleme işlemi gereklidir. Atıksularda bulunan arıtma ünitelerinde köpük problemi oluştururlar. Katyonik deterjanların 1 mg/lt civarındaki konsantrasyonlarında bakterisidal olduğu bilinmektedir. Atıksularda alkali özelliğindedir. Yani pH değerleri yüksektir. pH'ın yüksek olması (pH>9.5) biyolojik ayrışmayı güçlendirdiğinden biyolojik arıtma öncesi pH'ın ayarlanması gereklidir(3).

Tekstil endüstrisi atıksuları için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde getirilen başlıca deşarj standartları Tablo 3.2'de verilmiştir (1).

Kalitatif olarak altkategorilere bağlı atıksu karakteristikleri ise aşağıdaki gibidir.

3.1.1 Yapağı Yıkama

Yapağı yıkamada oluşan atıksular belirgin miktarlarda yağ, gres ve kir içerirler. Bu maddeler atıksuda yüksek BOİ₅, KOİ, TAM ve yağ konsantrasyonlarına neden olurlar.

3.1.2 Yün Son İşlemleri

Yün son işlemlerinin atıksuların konsantrasyonları düşük (konvansiyonel parametreler açısından), hacimsel debileri ve birim üretim başına yük değerleri yüksektir. Bu tür atıklar ayrıca fazla miktarda krom, fenol, renk ve sülfür içerirler.

Tablo 3.1 Tekstil endüstrisinin her bir alt kategorisine ait atıksu özellikleri (1,4)

Alt Kategoriler	AKM (kg/ton ürün)		AKM (mg/lt)		BOİ ₅ (kg/ton ürün)		BOİ ₅ (mg/lt)		KOİ (kg/ton ürün)		KOİ (mg/lt)	
	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort
Yapağı Yıkama	1.9-240	43	120-13000	3300	3.8-210	42	310-8000	3700	20-750	130	1100-30000	15270
Yün Son İşlemleri	9.5-97	17	17-240	62	22-140	60	66-750	170	97-440	200	280-2000	590
Az Su Kullanılan Prosesler	0.3-4	1.6	1-530	180	0.2-22		37-2600	290	2.7-26	14	120-3000	871
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	0.2-220	10	1-2400	313	3.6-140	35	19-2600	592	10-800	110	200-5100	1093
Örgü Kumaş Son İşlemleri	0.3-110	7	9-2200	115	1.6-140	25	38-1900	335	18-630	100	340-19000	1105
Halı Son İşlemleri	1.6-9.3	4.7	37-210	75	14-41	26	40-560	440	22-140	82	280-2500	1200
Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	0.1-480	4.6	2-4200	77	0.8-148	21	43-1600	240	2.5-380	63	140-4800	882
Kumaş Dışı Maddeler Üretimi	0.2-15	2.2	59-180	78	3.3-16	6.7	64-630	180	10-99	38	200-3900	2400
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	16-120	64	68-280	120	15-310	70	55-380	200	64-380	190	230-2100	550

Alt Kategoriler	Yağ ve Gres (kg/ton ürün)		Sülfür (kg/ton ürün)		Fenol (kg/ton ürün)		Krom (g/ton ürün)	
	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort	Aralık	Ort
Yapağı Yıkama	1.3-62	10						
Yün Son İşlemleri								
Az Su Kullanılan Prosesler								
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	0.4-150	6	0.6-130	10	0.9-150	10	0.1-1500	12
Örgü Kumaş Son İşlemleri	0.4-46	5	2-770	14	0.1-400	8	0.4270	6
Halı Son İşlemleri	0.2-9.4	1.1	0.8-22	9.4	0.1-59	11	0.2-12	3.4
Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	0.1-22	1.6	0.6-170	28	0.5-83	15	0.8-360	12
Kumaş Dışı Maddeler Üretimi							0.4-16	0.5
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	2.4-130	11			16-500	250		

Tablo3.2 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tekstil Sektöründe Altkategori Bazında Arıksu Deşarj Kısıtlamaları (SKKY Tablo 10.2-7)

PARAMETRELER	BİRİM	ALTKATEGORİLER [*]									
		1 [*]		2 [*]		3 [*]		4 [*]		5 [*]	
		2 ^{*1}	24 ^{*2}	2 ^{*1}	24 ^{*2}	2 ^{*1}	24 ^{*2}	2 ^{*1}	24 ^{*2}	2 ^{*1}	24 ^{*2}
Biokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/lt	90	70	90	60	200	100	60	40	100	80
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/lt	400	300	250	200	400	300	300	200	400	300
Toplam Askıda Katı Madde	mg/lt	140	100	160	120	400	300				
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	mg/lt	5		5		5		5			
Serbest Klor	mg/lt	0,3		0,3		0,3		0,3			
Toplam Krom	mg/lt	2	1	2	1	2	1	2	1		
Sülfür (S ²⁻)	mg/lt	0,1		0,1		0,1		0,1		0,1	
Sülfid	mg/lt	1		1		1		1			
Fenol	mg/lt	1	0,5					1	0,5	1	0,5
Yağ ve Gres	mg/lt			10		200	100	10			
Çinko (Zn)	mg/lt									12	10
Balık Biyodenevi (ZSF)		4	3	4	3			4	3	3	2
pH		6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9

* 1-Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri (SKKY Tablo 10.2), 2-Pamuklu Tekstil ve Benzerleri (SKKY Tablo 10.3), 3-Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri (SKKY Tablo 10.4), 4-Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri, (SKKY Tablo 10.5) 5- Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri (SKKY Tablo 10.7),

^{*1}Kompozit Numune 2 Saatlik, ^{*2}Kompozit Numune 24 Saatlik

3.1.3 Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri

Konvansiyonel parametreler açısından, dokunmuş kumaş son işlemlerinin atıksuları geniş bir aralık içinde değişim gösterirler.

3.1.4 Örgü Kumaş Son İşlemleri

Bu alt kategorinin atıksuları, dokunmuş kumaş son işlemlerinin atıksularına benzer. Ancak konsantrasyon değerleri daha düşük ve tesisten tesise farklılık daha azdır.

3.1.5 Açık Elyaf ve İplik Son İşlemleri

Bu alt kategoride oluşan atıklar diğer altkategorilere kıyasla daha zayıftır ve elyaf cinsine bağlı olarak değişim gösterirler.

3.1.6 Halı Son İşlemleri

Halı üretimi gerçekleştiren tesislerin su kullanımları (kg/ton kumaş) diğer altkategorilere kıyasla düşük olmasına rağmen, atıksu hacimleri çok fazladır. Bunun sebebi halı üretiminin niteliğinden ve halının diğer tekstil ürünlerine kıyasla daha ağır olmasından kaynaklanır. Halı üretiminde yüksek atıksu debilerinin oluşmasına etkin olan başlıca prosesler boyama ve baskıdır. Ancak bu prosesler yüksek kirletici parametre yüklerini oluşturmazlar.

3.1.7 Kumaş Dışı Maddeler Üretimi

Dokuma dışı tekstil üretimi gerçekleştiren tesislerin hidrolik ve kirletici yükleri oldukça düşüktür. Atıksular lateks ve diğer kirleticileri içerir.

3.1.8 Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi

Bu altkategoride, seyreltik durumda ancak fazla miktarda atıksu oluşur. Bu açıdan en önemli prosesler keçelendirme, boyama ve bunlara ait durulama işlemleridir. Son işlemlerinin de toplam atık yüküne katkısı bulunabilir.

3.1.9 Az Su Kullanılan İşlemler

Bu proseslerde meydana gelen atıksu miktarı çok azdır. Büyük miktarda soğutma suyu ve proses dışı su veren tesisler ile su-jeti dokuma tesisleri, bu kategoride fazla miktarda atık veren başlıca işletmelerdir.

3.2 Pamuklu Tekstil Sanayi Atıksularının Özellikleri

Pamuklu tekstil mamüllerinin üretimi sırasında uygulanan işlemler; liflerin haşıllanması, alkali pişirme işlemi, haşıl sökme işlemi, ağartma, yıkama işlemleri, mersevizasyon işlemi, boyama işlemi ve apre (bitirme) işlemleridir. Bu işlemler ve bu işlemler sırasında oluşan atıklar şunlardır;

- a) Haşıl sökme işlemi: Haşıl maddesi olarak kullanılan polivinil alkol, deterjan/su çözeltisiyle uzaklaştırılabilir. Haşıl sökme işlemi sonucunda askıda katı madde, çözünmüş katı madde, yağ ve gres içeren atıklar suya karışır. Atıksulardaki polivinil alkol biyolojik olarak yavaş bir şekilde ayrışabilir ve atıksulardaki KOİ'nin önemli, bir bölümünü teşkil eder.
- b) Pişirme işlemi: Pamuklu tekstil sanayiinde kullanılan en önemli kimyasal madde olan kostik soda ile pişirme işlemi sonucunda kostik soda içeren atıksular oluşur. Pişirme işleminde kullanılan yüzey aktif maddeler ve sodyum fosfat da atıksulara karışır. Atıksularda ayrıca kullanılan pamuğun %3-4 oranında pamuk yağları da bulunur. Pişirme işlemi sıvı artıkları; kuvvetli alkali ($\text{pH} > 12$), koyu renkli ve pamuktan gelen safsızlıkları içeren atıklardır. Pişirme işlemi sonrasında suyun pH'ı artmaktadır.
- c) Ağartma işlemi: Ağartma işlemi hidrojen peroksit ile yapılır. Bu ağartma işlemi sonunda oluşan kirlilik yükleri düşüktür. Atık suda çözünmüş katı maddeler, inorganik katı maddeler ve bazı organik maddeler mevcut olabilir.
- d) Mersevizasyon işlemi: Mersevizasyon prosesinde derişik NaOH kullanılır. Proses sonucunda oluşan atıklar kuvvetli alkali ($\text{pH} > 12-13$) ve BOİ miktarı düşük atıklardır. Kostik soda ile birlikte mersevizasyon işleminde ayrıca penetrant maddeler kullanılır. Bazı büyük işletmelerde mersevizasyon işlemi atıksularından kostik soda geri kazanılır ve geri kullanım için uygun hale getirilir. Pamuk liflerinde uzaklaştırılan bazı maddeler katı madde olarak atıksulara karışır.

- e) Boyama işlemi: Pamuklu kumaşların istenilen renge boyanması işlemi sonucunda boya atıklarını içeren atıksular oluşur. Boyama işlemi atıksularında çözünmüş madde miktarı ve KOİ yüksektir. Renk, gerçek renk olduğundan arıtımı da güçtür.
- f) Apre (Bitirme) işlemleri: Su geçirmezlik, alev almazlık, buruşmazlık vb. apre işlemlerinden gelen atıksular hacimce küçük miktardadırlar. Uygulanan kimyasal madde, ıslatma, işleme alma ve kurutma gibi nedenlerle küçük miktarlarda atık oluştururlar. Örgü kumaş son işlemlerinde kullanılan lubricant maddeler genellikle mineral kökenli yağlar, bitkisel yağlar, sentetik ester gibi yağlardır. Ayrıca antistatik maddeler, antioksidantlar, bakteriyositler ve korozyon inhibitörleri de kullanıldığında bunlar da atık olarak sulara karışırlar. Örgü tesislerinde kullanılan yağlar kolayca emülsiyon teşkil edebilen veya suda çözünebilen tiplerdir. Boyama işlemlerinden önce yıkanarak uzaklaştırılır ve atıksulara karışırlar.

Pamuklu tekstil sanayii atıksularındaki en önemli kirlilik problemleri; organik madde içeriğinin yüksek oluşu, pH'ın yüksek oluşu, toksik maddelerin bulunması, sıcaklığın yüksek oluşu, deterjan ve sabun içeriğinin olması, yağ ve gres, sülfür, katı maddeler ve alkalinite içermesi olarak özetlenebilir. KOİ, BOİ, AKM atıksuların özelliklerinin belirleyici diğer ana parametrelerdir.

Pamuklu tekstil atıksuları alkali özellikte, işlenen boyanın hakim renginde ve debisi yüksek atıklardır. Tekstil endüstrisinden çıkan atıksular genellikle az kirli soğutma suları ile doğrudan üretimden kaynaklanan ve oldukça yüksek miktarda kirleticiler içeren proses sularıdır. Küçük işletmelerden çıkan atıksuların kirletici konsantrasyonlarının genellikle daha yüksek olduğu gözlenmiştir (4).

Haşılama işlemlerinden çıkan atıksular kullanılan haşılama maddesine bağlı olarak biyokimyasal oksijen ihtiyacı verirler. Doğal nişastalar genellikle daha yüksek BOİ değerleri vermekle beraber, karboksimetil selüloz gibi sentetik haşılama maddeleri kullanılması durumunda BOİ değerleri daha düşük, buna karşılık KOİ değerleri yüksek olabilir.

Pamuklu tekstil üretim prosesinin en yoğun kirlilik oluşum noktası pişirme işlemidir. Bu işlemde çıkan atıksular liflerden kaynaklanan bitki kalıntıları, bitkisel yağlar, vakslar, reçineler, daha önce uygulanmış olan işlemlerden kaynaklanan nişasta, dekstrin gibi maddeler ve pişirme işleminde kullanılan sodyum hidroksit, sabun, soda ve deterjanları içerirler. Pişirme atıksuları koyu kahverengi bir renge sahip olup, BOİ₅ konsantrasyonları 3000 mg/lt civarındadır. Pişirmeyi izleyen yıkama işlemlerinin atıksularının, bakiye ağartma maddeleri ve asitler içerirler. Bu suların tipik BOİ₅ konsantrasyonları 200 mg/lt mertebesinde dir. Merse rize syon işle mi atıksuları yüksek miktarda sodyum hidroksit ve genellikle hemiselülozlerden oluşan organik bileşikler içerirler. Boyama işle mi atıksuları ise kullanılmış boya banyoları, sabitleştirici maddeler, boya kalıntıları ve diğer ilave edilmiş kimyasal madde kalıntıları nı içerirler. Bu atıkların bileşimi ve pH'ı kullanılan boyalara ve boyama yöntemine bağımlıdır. Örneğin kükürtlü boyalar kullanılması durumunda atıksular bazik, asit boyalar kullanılması durumunda ise asidik özelliklere sahiptirler. Boyalardan kaynaklanan renk, diğer atıksu bileşenlerine kıyasla gözle de görülebilen bir kirlilik problemi oluşturur. Boyama atıksularında çözünmüş katı madde miktarı fazla, buna karşılık askıda katı madde miktarı düşüktür. Boyar maddeler suda çözünmüş halde bulunduklarından, suda oluşturdukları renk gerçek renktir. Apreleme işlemlerinden çıkan atıksular kolloidal çözelti veya süspansiyon halinde apreleme maddelerini içerirler (4).

Burford ve Champell tarafından yapılan araştırmalar, pamuklu tekstil fabrikalarında BOİ ve alkalinite oluşum noktaları hakkında fikir vermektedir. Bu çalışmanın sonuçları Tablo 3.3'de verilmiştir (4).

Tablo 3.3 Pamuklu tekstil atıksuları BOİ ve alkalinite yüklerinin oluşum noktaları(4)

PROSES KADEMESİ	BOİ ₅ (mg/lt)	ALKALİNİTE(mg/lt CaCO ₃)
Haşıl sökme ve pişirme	40.5-66.0	15.4-32.0
Merse rize syon	13-5.7	24.7-62.9
Boyama	5.5-33.6	-

Çeşitli üretim kademelerinde kullanılan atıksu miktarları Koiorowski tarafından verilmektedir. Bu değerler üretilen mamul maddenin ağırlığına bağılı olarak Tablo 3.4'de verilmiştir (4).

Tablo 3.4 Pamuklu tekstil üretiminde oluşan birim atıksu miktarları (4) (Tablodaki değerler m³/1000 kg mamul madde cinsinden verilmiştir.)

Mamul	İplik ve Dokuma	Ağartma	Boyama	Basma	Boyama+Ağartma
İplik	20-40	100-150	50-100	-	150-200
Dokuma	-	200-300	150-250	200-300	400-600

İpliğin ve dokunmuş tekstillerin klor banyolarındaki muamelesinden sonra bulanık ve bazik reaksiyonlu atıksular oluşur. Bu atıksular serbest klor da içerirler. Klor banyolarından sonra uygulanan asit banyolarından çıkan atıksular ise yine bulanık fakat asidiktir. Merserizasyon işlerinde oluşan atıksular ise yüksek miktarda baz ve az miktarda organik madde içerirler. Diğer yıkama suları kendilerinden önce gelen işlemlere bağımlı olarak asit veya baz reaksiyon verirler. Atıksu miktarı olarak 100 kg iplik için yaklaşık 100 m³ su oluşmaktadır. Bu atıksuyun büyük bir kısmı çeşitli işlemler arasında kullanılan yıkama sularından kaynaklanır.

Boyama hariç olmak üzere pamuklu tekstil üretiminden kaynaklanan atıksuların konsantrasyonlarına bir örnek Tablo 3.5'te verilmektedir.

Tablo 3.5 Pamuklu tekstil atıksu kirletici konsantrasyonları (4)

Parametre	Birim	Pişirme (Basınçlı)	Pişirme	Yıkama	Ağartma	Yıkama
pH		8.3-8.8	8.3-11.0	9.0	8.6-10.4	6.0-7.0
Top. Çöz. Mad.	mg/lt	21300	5600-9200	530	3100-21000	1028-880
Uçucu Çöz. Mad.	mg/lt	17400	1600-7300	350	2550-4300	360-470
Mineral Madde	mg/lt	3950	4050-1900	185	580-7700	660-410
BOİ ₅	mg/lt		790-1170		60	
Klorür	mg/lt		100-170			230-300

Pamuklu tekstil boyama işlemlerinden kaynaklanan atıksuların kirletici konsantrasyonlarına ait bir örnek Tablo 3.6'da verilmektedir.

Tablo 3.6 Pamuklu boyama atıksuları kirletici konsantrasyonları

Parametre	Birim	Boyama	Ağartma +Boyama
pH		9.1	11.5
Top. Çöz. Mad.	mg/lt	1240	2300
Uçucu çöz. Mad.	mg/lt	440	850
Mineral Madde	mg/lt	800	1500
BOİ ₅	mg/lt	190	190
Klorür	mg/lt	120	250
Organik azot	mg/lt	16	22
Amonyak	mg/lt	eser miktarda	eser miktarda

Tablo 3.7’de Pamuklu tekstil mamüllerinin boyanmasında kullanılan boyar maddeler verilmiştir (4).

Tablo 3.7 Pamuklu tekstil boya banyolarında bulunan kimyasal maddeler (4)

Boya Tipi	Kimyasal Maddeler
Anilin Siyahı	Anilin Hidroklorür, Sodyum Ferrosiyanür, Sodyum Klorat, Pigment, Sabun, Sodyum di-kromat
İnkişaf	Boya, Penetrant, Sodyum Klorür, Sodyum Nitrit, Hidroklorik Asit veya Sülfürik Asit, İnkişaf Ettirici(Beta Naftol), Sabun veya Sülfatlı Sabun veya Yağlı Alkol
Direkt	Boya, Sodyum Karbonat, Sodyum Klorür, Hidroklorik Asit, Islatma Maddesi veya Çözünebilir Yağ veya Sodyum Sülfat
Naftol	Boya, Sodyum Hidroksit, Çözünebilen Yağlı Alkol, Sabun, Sodyum Karbonat, Sodyum Klorür, Baz, Sodyum Nitrat, Sodyum Nitrit, Sodyum Asetat
Kükürtlü	Boya, Sodyum Sülfür, Sodyum Karbonat, Sodyum Klorür, Sodyum di-kromat, Hidrojen Peroksit
Reaktif	Boya, Sodyum Hidroksit, Sodyum Hidrosülfid, Çözünebilen Yağ, Jelatin, Perborat veya Hidrojen Peroksit

Tablo 3.8’de ve Tablo 3.9’da pamuklu tekstil üretim proseslerinde su kullanımı ile pamuklu tekstil atıksularında bulunan kirleticilerin üretim proses ve yöntemlerine göre değişimi verilmektedir (4).

Tablo 3.8 Pamuklu tekstil üretim proseslerinde su kullanımı (4)

Proses	Su Kullanımı
Haşılama	0.5-8 m ³ /ton ürün
Haşıl Sökme	2.5-20 m ³ /ton ürün
Yıkama (Pişirme)	2.5-42 m ³ /ton ürün
Merserizasyon	17-300 m ³ /ton ürün
Ağartma	2.5-125 m ³ /ton ürün
Hidrojen Proksit (Dokunmuş Mamul)	17 m ³ /ton ürün
Hidrojen Peroksit (Örgü Mamul)	80 m ³ /ton ürün
Sodyum Hipoklorit (Dokunmuş Mamul)	17 m ³ /ton ürün
Boyama	40-250 m ³ /ton ürün
Direkt (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
Direkt (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
İnkişaf (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
İnkişaf (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
Küp (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
Küp (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
Kükürtlü (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
Kükürtlü (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
Naftol (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
Naftol (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
Reaktif (Dokunmuş Mamul)	40 m ³ /ton ürün
Reaktif (Örgü Mamul)	250 m ³ /ton ürün
Baskı	12.5-30 m ³ /ton ürün
Pigment (Dokunmuş Mamul)	12,5 m ³ /ton ürün
Pigment (Örgü Mamul)	12.5 m ³ /ton ürün
Küp Boya (Dokunmuş Mamul)	30 m ³ /ton ürün
Küp Boya (Örgü Mamul)	30 m ³ /ton ürün
Apren İkmal	12.5 m ³ /ton ürün

Tablo 3.9 Pamuklu tekstil atıksularında bulunan kirleticilerin üretim proses ve yöntemlerine göre değişimi (4)

PROSES	pH	BOİ		Top.Çözün.Katı Mad.		AKM		RENK		YAĞ ve GRES	
		kg/ton ürün	mg/lt	kg/ton ürün	mg/lt	kg/ton ürün	mg/lt	Pt-cu	Pt-cu	kg/ton ürün	mg/lt
Haşılama	7-9.5	0.5-5	620	47-67	8500						
Haşıl Sökme	6-8										
Enzim Nişasta		45.6	3645	5.1	408	89	7114			4.8	384
Asid Nişasta		45.6	3645	7.5	600	89.5	7154			4.8	384
Polivinil Alkol		2.5	200	48	3.837	5	400			2.4	192
Karboksimetil Seliüloz		3.93	314	45	3.597	5	400			9.4	751
Yıkama	12.5										
Merserizelenmiş Hammamul		21.4	855	49.9	1.994	5	200			40	
Merserizelenmemiş Hammamul		16.4	655	49.9	1.994	5	200			30	1199
Merserizasyon	12			49.9							
Hammamul		12.9	773	148	8.873	5	300			10	600
Yıkanmış Mamul		4	240	148	8.873	5	300				
Ağartılmış Hammamul		1.66	100	142	8.513	5	300				
Ağartma	9-12										
Hidrojen Peroksit (a)		1.4	84	21.9	1.313	4	240				
Hidrojen Peroksit (b)		23.5	282	70.7	838						
Sodyum Hipoklorit (a)		0.08	5	55	3.297	4	240				
Boyama	6-12										
Direkt (a)		2.59	62	106	2.542			0.5	12		
Direkt (b)		21.1	84	260	1.039			0.75	3		
İnkişaf (a)		5.22	125	225	5.396			1	24		
İnkişaf (b)		26.8	107	318	1.271			1	4		
Küp(a)		19.1	458	117-127	2806-3046			1.6	38		
Küp (b)		42.4	169	194	775			2	8		
Kükürtlü (a)		24	576	154	3.693			3.2	77		
Kükürtlü (b)		42.4	169	193	771			3.5	14		
Naftol (a)		5.4	129	48.5	1.163			0.6	2		
Reaktif (a)		5.8	139	180	4.317			0.16	14		
Reaktif (b)		26.6	106	273	1.091			0.6	2		
Baskı	6-11										
Pigment (a)		1.3	101	2.5	200	0.13	10	0.05	4		
Pigment (b)		1.3	101	2.5	200	0.13	10				
Küp Boya (a)		21.5	644	34	1.019	25	749	0.5	15		
Küp Boya (b)		21.5	644	34.5	1.034	25	749	0.5	15		
Apre-ikmal	6-8										
Nişasta		2.3	184	4.65	372						
Reçine		0.7	56	22	1.759						
Reçine Apre İkmal		6.3	505	17.3	1.383	12	959				
Yumuşatıcı		0.25	20	0.5	40						

(a) Dokunmuş Mamul

(b) Örgü mamul

3.3 Yünlü Tekstil Sanayi Atıksularının Özellikleri

3.3.1 Yün Yıkama Atıksularının Özellikleri

Yıkama işlemi yünlü tekstil sanayiinde yün elyafı hazır kumaş haline getirilinceye kadar geçirdiği safhalardan birincisi olan iplik üretimi kısmına girmektedir. Yün işlenmesinde ilk sulu işlem olan yün yıkama, yünün üzerinde bulunan yağ, ter ve pisliklerin giderilmesi gayesiyle yapılır. Yıkamadan sonra yün elyaf üzerinde çok azda olsa bir miktar yağ bırakılmasına karşılık, diğer kirlleticilerin pratik olarak tamamının giderildiği kabul edilir. Bu yıkamalar; yapak yıkaması, tops yıkaması, iplik yıkaması, kumaş yıkaması şeklindedir. Kirli yünün yıkanması için soda-sabun yıkaması, nötr deterjan yıkaması, soda-deterjan yıkaması ve izoelektriksel yıkama gibi yöntemler kullanılır. Yünlü tekstil üretim proseslerinde su kullanımı ise Tablo 3.10'da verilmiştir. (Yünlü işletmelerde kullanılan atıksuyun miktarı; maddenin saflığı, maddenin çeşidi, kumaşın kalitesi, deterjan ve boyar madde, makine tipi, kullanılan suyun saflığı gibi faktöre bağlıdır.)

Tablo 3.10 Yünlü tekstil üretim proseslerinde su kullanımı

Proses	Su Kullanımı (m ³ /ton ürün)
Yıkama	17-100
Dinkleme	330-830
Karbonizasyon	100-130
Ağartma	2.5-22
Boyama	22

3.3.1.1 Yün ve Üzerinde Bulunan Kirleticiler

Yağlı, yıkanmamış veya ham yün olarak isimlendirilen ve koyunlardan elde edildiği şekilde bulunan yün; yün elyaf, yün yağı, yün teri, pislikler ve nem olmak üzere başlıca 5 bileşenden oluşmaktadır. Bunların miktarı yünün cinsine, iklim ve hayvanın yaşama şartlarına bağlı olarak değişir (5).

Yün elyafı (yıkanmış kuru yün) meydana getiren başlıca elementler: %50-52 C, %22-25 O, % 16-17 N, % 6,5-7,5 H, % 3-4 S'dür. Yün yağı suda çözünmez, fakat çeşitli organik çözücülerde (benzen, petrol eteri vb.) çözünür. Yün yağı yüksek

moleküllü alkol ve yağ asitlerinin oluşturduğu mum benzeri esterlerle, serbest durumdaki yüksek moleküllü alkol ve yağ asitlerinin bir karışımıdır (6).

Yün teri soğuk suda çözünemilmekte ve genellikle nötr veya hafif bazik özelliktedir. Yün terinin 2/3'ünden fazlasını organik asitlerin potasyum tuzları oluşturmaktadır. Geri kalan kısmını ise potasyum klorür, potasyumsülfat ve %5 kadar diğer organik bileşiklerle %3 kadar organik bileşikler oluşturmaktadır. Geri kalan kısmını ise potasyum klorür, potasyum sülfat ve %5 kadar diğer organik bileşiklerle %3 kadar organik bileşikler oluşturmaktadır (6).

Yün üzerinde bulunabilecek pisliklerden en fazla rastlananları, ot, saman, yem, tohum, diken, pıtrak, gübre, koyunun dışkı maddeleri, kum ve topraktır. Bunlardan başka hayvanların tanınması için kullanılmış katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık ve haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilaçlı madde artıkları da yün üzerinde bulunabilir.

3.3.1.2 Atıksu Miktarı ve Kirletici Madde Karakterizasyonu

Yün yıkama işleminde su tüketimi, yıkama metoduna ve ters akımın olup olmamasına bağlı olarak değişmekle birlikte oldukça yüksektir. ABD Çevre Koruma Teşkilatının raporunda 1 kg. yıkanmış yün için 17-100 lt arasında su kullanıldığı belirtilmektedir (7).

Geliştirilmiş olan yıkama teknikleri ile su tüketiminin 3,5-20 (lt/kg yıkanmış yün) değerine düşürülmesi sağlanmıştır (8). Su tüketiminin azalmasında, etkili yıkama maddelerinin bulunması su fiyatının artması, çevre kirliliğinin kontrol altına alınmaya başlanması gibi faktörler önemli rol oynamıştır (9).

Üretim sırasında kullanılan suyun bir kısmı buharlaşma veya ürün içerisine nüfuz etmek suretiyle kaybolursa da çıkan suyun miktarı hemen hemen giriş suyuna eşit kabul edilebilir (10).

Yün yıkama işlemi, birim ürün başına meydana gelen kirlilik bakımından tekstil endüstrisi içerisinde en yüksek kirlilik oranına (BOİ₅) sahiptir (11,12,13). Yün

yıkama atıksularının debi ve kirletici madde miktarlarını gösteren tipik değerler Tablo 3.11’de verilmiştir. Yağlı yünün sıcak su ve deterjanla 50-60 °C sıcaklıkta yıkanması ile yüksek konsantrasyonlarda askıda katı madde içeren kararlı bir yağ-su emülsiyonu meydana gelir (6).

Tablo 3.11 Yün yıkama atıksularına ait tipik kirletici özellikler ve atıksu miktarları (11,13)

Parametre	Konsantrasyon bazında (mg/lt)				Yük bazında (kg/ton ürün)	
	Aralık	Ortalama			Aralık	Ortalama
		ATMI*	NCWO*	EPA*		
BOİ ₅	310-6700	3700	5500	6000	3.8-210	120
KOİ	100-18000	15270	30500	30000	20-750	560
AKM	120-13000	6600	7500	8000	1.9-240	160
Yağ-Gres	80-12260	3200	5340	5500	1.3-62	50
Debi	(ton başına m ³ su olarak)				17-100	76

Sülfür 500 mg/lt

1.3-62 kg/ton ürün (14)

Krom 10-220 mg/lt (14)

(kg/ton ürün = kg/lt ton yıkanmış yün)

* ATMI : Amerikan Tekstile Manufacturers Institute

NCWO : National Commission On Water Quality

EPA : Environmental Protection Agency

Ayrıca yünün üzerinde bulunan ve lanolin ismi verilen su ile çözünebilen tuzlarda yıkama suyuna karışır. Atıksuda bulunan başlıca kirleticiler ve kaynakları Tablo 3.12, 3.13 ve 3.14’de gösterilmiştir. Oldukça bulanık ve koyu sarımtırak rengi olan bu sularda köpük meydana gelmesinin yanında yağ, KOİ, BOİ ve AKM konsantrasyonları çok yüksektir (6).

Tablo 3.12 Yün yıkama atıksularında bulunan kirleticiler * (6)

Kirleticiler	Kirletici Kaynağı	
	Yün	Yıkama Maddeleri
Çözücü ile ekstrakte edilebilenler (Yağ)	Yün yağı	Deterjan Sodyum Karbonat Sodyum Sülfat
Su ile çözünmeyenler (lanolin)	Lanolin	
Partikül Katılar (kir)	Çözücüde ve suda çözünmeyen organik ve inorganik maddeler	

*Parantez içinde verilen ifadeler, kirleticiler için genel isimlendirmeyi göstermektedir.

Tablo 3.13 Yünlü tekstil atıksularındaki kirleticiler (14)

Proses	Önemli Parametreler
Yıkama	Yüksek BOİ, yüksek yağ muhtevası, yüksek alkalinite, renk, bulanıklık
Boyama	Asidik pH, yüksek BOİ ve renk, bazen toksik (Cr^{+6})
Apreleme	Yüksek BOİ, yüksek yağ, fazla sıvı

Tablo 3.14 Yünlü Tekstil Atıksularındaki Kirletici Maddeler ve pH Özellikleri (14)

Proses	Kirletici Maddeler		pH özellikleri
	BOİ	Toplam katı madde	
YIKAMA			
Sabun-Alkali Met.	Tabi kirleticiler, lanolin, kir, yağ	Kum tabii kirleticiler	Sıcak alkali sabundan dolayı yüksek
Deterjan-Na ₂ SO ₄			Nötral, yüksek alkalinite
APRELEME			
İlk sabunlama	Artık maddeler sabun veya deterjan, penetrant madeni yağ	Artık madde, kimyasal madde	Sabun ve deterjandan ileri gelen yüksek alkalinite
Son sabunlama			
KARBONİZLEME			
1.çalkalama	Artık bitkisel madde (çok az)	Karbon parçacıkları, artık maddeler	H ₂ SO ₄ 'den ileri gelen asidik pH
1. soda banyosu			Sodadan ileri gelen alkalik pH
AĞARTMA	Organik bileşikler, kimyasal maddeler (çok az)	Organik bileşikler	Nötral
BOYAMA			
Asetik Asit	Kimyasal maddeler	Kimyasal maddeler	Asidik pH ile nötral pH Nötral
Amonyum Sülfat			

Sabun alkali yıkama banyolarında sıcaklık 46-55 °C, pH 9.5-10.5 civarındadır. Nötr deterjan boyalarında ise sıcaklık 50-70 °C, pH 6.5-7.5 arasındadır (7). Deterjan ile

yıkamada, deterjanın bir kısmı yün tarafından tutulmaktadır. Dolayısıyla, atıksudaki deterjan konsantrasyonu başlangıçta ilave edilenden küçüktür (15,16). Robinson ve arkadaşlarının yaptığı araştırmalarda konvansiyonel yıkamadan çıkan atıksuda KOİ ve KOİ'yi meydana getiren yağ, lanolin ve kir arasında aşağıdaki gibi bir orantının olduğu bulunmuştur (8). Diğer yıkama metotları içinde hemen hemen aynı değerlerin elde edildiği görülmüştür (6).

$$\text{KOİ/Yağ} = 3 \text{ kg/kg}$$

$$\text{KOİ/Lanolin} = 0.82 \text{ kg/kg}$$

$$\text{KOİ/Kir} = 0.65 \text{ kg/kg}$$

Araştırma yapılan işletmeden çıkan atıksuda ölçülen kirletici parametre değerlerinden yararlanılarak, KOİ ile yağ arasındaki oranların

$$2.5 < \text{KOİ/yağ} < 3.5$$

şeklinde değiştiği bulunmuştur (6).

3.3.2 Yün Terbiyesi Atıksu Özellikleri

Yün terbiyesi atıksuları, yüksek hacim ve konvansiyonel kirletici parametrelerin düşük konsantrasyonlarda olması ile karakterize edilir. Bu kirleticilerin yük bazında miktarları ise oldukça yüksektir. Non-konvansiyonel kirleticilerden sülfür, renk ve toksik kirleticiler, fenol ve krom konsantrasyon ve yük bazından yüksektir. Dinklemeden sonra yapılan yıkama, toplam BOİ'nin yaklaşık %20-35 kadarını oluşturur.

Karbonizasyonda asit boyalarının arada bir boşaltılması ve durulama esnasında sıvı atık meydana gelir. Toplam tesis BOİ'sinin %1'inden daha azı bu prosesten kaynaklanır. Ağartma prosesinden çıkan BOİ miktarı da karbonizlemedekine yakındır. Boyamada kullanılan kimyasal maddelerin çoğu toksiktir. Toplam tesis BOİ'sinin %6-9 kadarı boyamadan ileri gelir. Konsantrasyon ve yük biriminde kirleticiler Tablo 3.15'de verilmiştir.

Tablo 3.15 Yün terbiyesi atıksu karakteri

Parametre	Birim	Konsantrasyon Bazında	Yük Bazında
Debi	m ³ /gün	190-16000	22-140
BOİ ₅	mg/lt	66-750	97-440
KOİ	mg/lt	280-2000	905-97
AKM	mg/lt	17-240	
Sülfür	mg/lt	1100-6000	
Fenol	mg/lt	90-160	
Krom	mg/lt	190-880	
Renk	Pt-co (APHA)	1000-2000	

3.3.3 Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Atıksu Özellikleri

Dokunmuş kumaş terbiyesi atıksuları, konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük bakımından oldukça geniş bir değer aralığı ile karakterize edilir.

Konsantrasyon ve yük biriminde kirleticiler Tablo 3.16’da verilmiştir.

Tablo 3.16 Dokunmuş kumaş terbiyesi atıksu karakterleri

Parametre	Birim	Konsantrasyon Bazında	Yük Bazında
Debi	m ³ /gün	42-29000	3.6-96
BOİ ₅	mg/lt	38-2200	
KOİ	mg/lt	240-5100	10-390
AKM	mg/lt	40-870	2-62
Sülfür	mg/lt	100-120	7.8-20
Yağ-Gres	mg/lt	34-160	2.2-14
Fenol	mg/lt	10-600	0.9-25
Krom	mg/lt	19-1200	2.4-95
Renk	Pt-co(APHA)	1300-1500	

3.4 Atıksu Karekterizasyonunu Etkilemesi Bakımından Kullanılan Kimyasal Maddeler

Yılda 3500 ton yün ve sentetik elyaf işleyen bir yünlü tekstil fabrikasında kullanılan kimyasal madde miktarları Tablo 3.17’de verilmiştir.

Tablo 3.17 Yünlü tekstil fabrikalarında kullanılan kimyasal madde miktarları (14)

Kimyasal Maddeler	Ton/yıl
Toplam boyar maddeler	40
Toplam kuvvetli asit	49
Toplam zayıf asit	30
Sabun	8
Soda	44
Toplam apre maddeleri	43
Ağartma maddeleri	
Hidrosülfat	17
Klorür	1.7
NaOH	0.08

Diğer kullanılan kimyasal maddeler en çok kullanan en az kullanıana doğru aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Toplam miktar 840 ton/yıl; Yumuşatıcılar (Yağ esaslı ve ester maddeler), Non-iyonik yıkayıcılar, Amonyum tuzları, Disperse maddeleri, Egolize maddeleri, Antistatik maddeleri.

Kullanılan kimyasal maddelerin çoğu zehirlidir. Yün boyama işlemi, yün terbiye işleminde aprelemeden sonra ikinci ana BOİ kaynağını teşkil eder. Yün elyafın kullanılması ile atıksulara bir miktar krom karışabilir. Ayrıca, yün-polyester karışımlarının boyanmasından ileri gelen fenollere de sık sık atıksularda rastlanabilir. Proseste kullanılan kimyasal maddelerin meydana getirdiği BOİ₅'in %6-9'unu oluşturur.

Yünlü tekstil atıksuları, yıkamadan gelen fazla bulanık ve yağ ihtiva eden sular hariç tutulursa, diğer tekstil atıksularına benzer özellikler taşır. Üretimde uygulanan metotların farklılığı atıksuyun karakterini değiştirir.

3.5 Tekstil Atıksularının Etkileri

Tekstil endüstrisi atıksularına karışan çeşitli organik ve inorganik kimyasal maddeler arıtılmadan verildikleri alıcı ortamda birçok problemlere yol açabilirler. Organik maddelerden boyalar ve deterjanlar kimyasal ve biyolojik değişmeler sırasında bulunduğu suyun oksijenini azaltırlar. Bundan dolayı balıkların yaşama imkanı

kaybolur. Sentetik deterjanların sudaki çeşitli bakteri ve algler üzerinde de çeşitli etkileri vardır.

Deterjan katkı maddelerinde sodyum trifosfatların önemli çevre sorunları meydana getirdiği belirlenmiştir. Ortafosfatların alıcı ortama karışması ötrifikasyonu hızlandırır. Alglerin aşırı büyümesi, su yüzeyini tamamen kaplayarak ışık-fotosentez olayının gerçekleşmesini engellemektedir. Sentetik deterjanların kullanılması ile birlikte, köpük oluşumu da önemli bir sorun olarak ortaya çıkar.

Organik maddeler, çürüme durumuna gelmeden, istenmeyen koku ve manzaralar oluşturulmadan giderilmesi gerekmektedir. Genellikle boyama işleminde kullanılan kimyasal maddelerden krom gibi ağır metaller, su ürünlerine toksik etki yaparlar. Fenolik maddeler ise alıcı ortamda tad ve koku meydana getirirler. Yıkamalardan kaynaklanan süspansiyon katılar, bulanıklık meydana getirirler. Yine atıksulardaki yağ alıcı ortamda estetik v.b. sorunlara yol açar. Atıksularda bulunan yağ, gres ve sabun genellikle emülsiyon haldedir. Bazı hallerde emülsiyon parçalanarak köpük ve yapışkan birikintilerinin oluşumuna neden olur. Sabun ve bitkisel yağlar biyolojik olarak ayrışabilirler. Fakat yün ve sentetik örme işlemlerinde kullanılan bazı mineraller, yağlar, biyolojik olarak ayrışamaz. Bunlar daha sonra yapılacak havalandırma işleminde, oksijen transferini azaltırlar.

Yün endüstrisi atıksuları, alıcı ortamın biyolojik durumunu bozar. Yıkama suyu atıklarının yüksek konsantrasyonlarda alkali oluşu nedeni ile alıcı ortamdaki çözünmüş oksijen çok çabuk kullanılır. Alıcı ortamın fiziksel özellikleri, renk ve kokusu değişir. Boyama atıksularının da toksik etkisi vardır. Hafif boyalar için 20-30 defa seyreltme, koyu boyalar için 300-400 defa seyrelme ile atıkların karıştıkları sularda renk giderilebilir.

3.6 Kirlenme Kontrolü

Tekstil endüstrisinde tesis içi kontrol önem taşır. Bu çerçevede;

- Gazyağı, solvent vb. kullanılan yerlerdeki atıkların ayırımı
- Atıksu ayırımı (özellikle krom ve sülfür akımları ve yağlı atıksular)

- Su kullanımının azalması
- Arıtılabilirlik açısından avantajlı kimyasal madde kullanımı
- Atıksu deşarjının programlanması ile ani debi ve yük boşaltmalarının engellenmesi
- Belirli proseslerde geri kazanma uygulamasının (özellikle yün yıkama) yapılması
- İşletmede bakım ve kontrol

uygulamaları önem taşır.

Arıtma uygulamaları üç aşamada ele alınabilir. Bunlar ilk arıtma, ön arıtma ve son arıtmadır. İlk arıtma atıksularının askıda madde giderimi, dengeleme ve pH ayarını kapsar. Her üç uygulamada tekstilde askı maddelerinin çevreye ve ileri arıtma adımlarına zararları, atıksuların yük ve debilerindeki değişkenlik ve biyolojik arıtma için uygun olmayan pH'larının ayarlanması açısından temel düzenlerdir. Ön arıtma ile ayrı şekilde ele alınabilir. Birincisi krom indirgeme, sülfür oksidasyonu gibi ayrılmış akımlara uygulanan arıtma yöntemleridir. Diğer toplam atıksulara uygulanan kimyasal çöktürme veya yüzdürme gibi organik ve zehirli atık yüklerinin kontrolüne yönelik arıtma işlemleridir. Son arıtma genellikle biyolojik arıtma olup bu amaçla en yaygın şekilde uzatmalı havalandırma tipi aktif çamur sistemleri veya damlatmalı filtreler kullanılmaktadır. Bazı hallerde biyolojik arıtma sonrasında daha ileri arıtma sağlamak için bir üçüncü kademe arıtma uygulaması yapılmaktadır.

Bu deşarj standartları ve tekstil endüstrisi atıksu karakterizasyonu dikkate alındığında yukarıda belirtilen arıtma yöntemlerinin uygun kombinasyonları ile her altkategori için en uygun arıtma düzenleri tanımlanabilir.

BÖLÜM 4

TEKSTİL ATIKSULARININ ARITMA SİSTEMLERİ

4.1 Tekstil Atıksularının Arıtılması Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Tekstil atıkları için alışılmış atıksu arıtma tesisleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere çeşitli bölümler içerirler (17,18,19,20,21,22). Tekstil atıksularının içerdiği bileşiklerin geniş aralığından dolayı bu alışılmış arıtma metotlarının çoğu arıtmada eksik kalabilmektedir. Ayrıca tekstil atıksularının arıtma maliyetleri son yıllarda açıkça artmaktadır. Bu nedenle maliyeti daha düşük arıtma tesisleri için çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda potansiyel arıtma alternatifi olarak ozonlama düşünülmektedir (23,24,25,26,27). Bu son metodun tekstil atıksularının renginin giderilmesinde oldukça etkili olduğu gösterilmiştir. Ancak çeşitli amaçlar için ozonlamanın fiyatı, bu metodun kullanılabilirliğinin artırılması için araştırılmaktadır.

Tekstil atıklarının arıtılmasına ilişkin daha önce düşünülmemiş bir metot olan elektrokimyasal metot çeşitli endüstriyel atıksuların arıtılmasında başarıyla test edilmiştir. Elektrokimyasal metot kullanılarak tekstil atıksularının arıtılmasına ilişkin bir çalışmada deneysel veriler bulunmaya çalışılmış ve bu metodun en azından ozonlama kadar etkili bir metot olduğu görülmüştür (28). Bu metotta tekstil atıksularının arıtma verimine 5-10 arasındaki pH değerlerinin herhangi bir etkisinin olmadığı görüldüğünden atıksuların arıtılmasından önce pH ayarlanmasına gerek olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu metotla yapılacak arıtmada 40 mg/l't'nin üzerinde az bir miktar polialüminyum klorit (PAC) ilavesinin arıtma verimini arttırdığı görülmüştür. Arıtma sonunda görülen KOİ, BOİ değerlerinin istenilen seviyede olması elektrokimyasal metotun tekstil atıksularının arıtılmasında uygulanabilirliğini desteklemektedir.

Kimyasal koagülasyon ve renk giderme gibi kimyasal metotlar ve geleneksel aktif çamur prosesleri tekstil atıksularının arıtılmasında kullanılmaktadır (29). Bu metotlarla tekstil atıksularının arıtılmasını isteyen ilgili kuruluş deşarj standartlarını sağlamak istemektedir. Ancak, su kaynaklarının giderek azalmasından ve tekstil endüstrisinde artan ihtiyaçtan dolayı en iyi alternatif; geri kazanım için yüksek standardın sağlanması amacıyla ikinci kademe atıksu arıtma tesislerinden çıkan atıksuyun kalitesinin artırılmasıdır. Bu nedenle; son zamanlarda bu çalışmalara verilen ilgi artmıştır. Son çalışmalarda, tekstil atıksuları için boyama ve apre proseslerinden kaynaklanan ve ikincil arıtma tesisinden çıkan atıksuların arıtılması için, kimyasal koagülasyon ve iyon değişimi işlemleriyle elektrokimyasal metot uygulanmaya çalışılmıştır. Su kalitesi, endüstrilerin geri kazanım standartlarına uygun bir seviyeye kadar yükseltilmiştir (30).

Başka bir araştırmada Kuzey Taywan'daki bir tekstil fabrikasının herbir arıtma ünitesinin verimliliğinin testi için fabrikanın boyama ve bitirme işlemlerinden alınan atıksuları incelenerek geri kazanım için kimyasal metotlarla tekstil atıksuları arıtmaya çalışılmıştır (30). Arıtma sistemi, elektrokimyasal, kimyasal koagülasyon ve iyon değişimi proseslerinden oluşmaktadır. Çeşitli arıtma adımlarından sonraki su kalitesindeki değişimler Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu yöntemde elektrokimyasal ve kimyasal koagülasyon metotlarının atıksudaki renk, bulanıklık (NTU cinsinden) ve KOİ giderilmesinde etkili olduğu görülmüştür. İyon değişimi ise yine KOİ konsantrasyonunun, iletkenliğin, Fe konsantrasyonunun ve toplam sertliğin giderilmesinde geri kullanım standartlarına uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Yaklaşık 200 mg/lt gibi az bir miktar hidrojen peroksit ilavesi ile elektrokimyasal arıtma prosesinin verimi %100'e kadar çıkarılabilmektedir. Elektrokimyasal arıtma prosesinin çökelme problemlerine neden olan bir miktar küçük floklar ürettiği görülmüş olup bu gibi problemler 100 mg/lt PAC ve 1 mg/lt polimer kullanılarak kimyasal koagülasyon ile giderilebildiği görülmüştür. Sonuçta arıtılmış atıksuyun kalitesinin iyonu giderilmiş su ile karşılaştırılabilecek kadar mükemmel olduğu görülmüştür.

Tablo 4.1 Çeşitli arıtma adımlarından sonraki su kalitesindeki değişimler (30)

	Çıkış Suyu	Elektrokimyasal Proses	Kimyasal Koagülasyon	İyon Değişimi	Geri Kullanım Standardı
KOİ,mg/l	111	31.2	30.2	5	10
KOİ,giderimi%	-	71.9	72.8	95.5	-
Bulanıklık, NTU	9.3	-	0.9	0.6	1
İletkenlik	4850	5200	6020	10	100
Renk Giderimi,%	-	-	97.3	100	-
Sertlik, mg/l	-	-	61.7	4.2	10
Alkalinite, mg/l	360	-	176	4	50
Fe Kons., mg/l	0.28	-	0.25	0.05	0.1
Toplam Çözünmüş Katı Madde, mg/l	3610	-	4390	10	50
AKM, mg/l	26.4	-	0	0	0.0

Tekstil endüstrisinde yün yıkama atıksularının biyolojik olarak arıtılması üzerine Chao ve Yang'ın yaptığı çalışmada oksidasyon havuzu kullanılmıştır (29). Çökeltmeden çıkan çamurlar çamur çürütme işleminden sonra uzaklaştırılmıştır. Diğer bir çalışmada (32) ise, yoğun kirlilikteki yıkama atıksularını yaklaşık 100 m derinliğinde açılan kuyularda toplayıp içerisinden hava geçirerek oksijen transferinin artırılması ile biyolojik arıtma esasına dayanan bir sistem incelenmiştir. Yatırım masrafı yüksek olan bu sistemde işletme masrafı düşük olup başlıca giderleri elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Arıtma sonunda meydana gelen çamurların arada bir çekilerek uzaklaştırılması işletme masraflarını artırmıştır.

Bir başka çalışmada asitle emülsiyon kırma metodunun kullanıldığı bir arıtma tesisinde çıkış suyu kalitesinin bulanıklık veya optik yoğunluk ölçümleri ile daha basit ve ucuz olarak tespit edilebileceği gösterilmiştir (6). Diğer bir çalışmada tekstil atıksularının arıtımında saf oksijen kullanılmıştır (31). Bu çalışmada yer sorunu nedeniyle 8 metre derinliğinde olan çok küçük bir aktif çamur tesisi kurulmuş ve çok yüksek F/M oranlarına rağmen olumlu netice vermiştir. Ayrıca tesiste saf oksijenin kontrollü bir şekilde kullanılması hem üretim değişimlerdeki debi farklılıklarında hem de saatlik oksijen tüketimlerinde tasarruf sağlamıştır. Aynı bir avantaj olarak hafta sonu oksijen kullanımının çok az olduğu görülmüştür. Çalışmada saf oksijenin pH'lı ortamda nötralizasyonda sağladığı ekonomik fayda maliyetinden daha fazla olmuştur. Tesisten hiç çamur çıkmaması hem işgücünden hem de çamur uzaklaştırma

maliyetinden önemli tasarruflar sağlamıştır. Ayrıca tesiste köpük problemine hiç rastlanmamıştır.

Tekstil atıksularında deşarj standartlarında bulunmamasına rağmen gerek estetik açıdan gerekse renkli suların renk gideriminden sonra tekrar kullanılabilirliği açısından önem taşıyan renk parametresinin giderimi ile ilgili çalışmalarından birisinde Moyer boyahane atıksularında klorlama ile renk giderim çalışması yapmıştır. Klor gaz formda ve otomatik kontrollü olarak sisteme verilmiştir. Snider v.d bazı boyar maddeleri içeren atık suların renginin giderilmesi çalışmalarında ozon kullanmışlardır. Digiano aktif karbon adsorbsiyonu ile tekstil boyar maddelerinin renginin giderilmesi konusunda çalışmıştır. Gregor tekstil atıksularının hidrojen peroksit kullanarak oksidasyonla renk giderim çalışmasında bulunmuştur. Fenton asidik ortamda demir (II) tuzları ile aktiveleşebilen hidrojen peroksiti kullanarak fenton reaktifleri olarak adlandırılan ve oksidasyon gücü ozondan daha yüksek olan hidroksil radikalleri ile tekstil atıksularında renk giderimi çalışmaları yapmıştır (40). Tünay v.d (35) tekstil atıksularında renk giderimi için kimyasal çökeltme, kimyasal oksidasyon sonrası kimyasal çökeltmenin bazen de kimyasal çökeltme sonrası kimyasal oksidasyonun renk arıtımında etkili olduğu belirlenmiştir. Demircanlı (36) kireç (kalsiyum oksit), alüminyum sülfat ve kalsiyum hidroksit, demir (III) klorür ve kalsiyum hidroksit, demir (II) sülfat ve kalsiyum hidroksit, öğütülmüş ve genişletilmiş perlit, modifiye perlit, pH değişimi, Fenton reaktifleri, ultraviyole ışık kaynağı ile hidrojen peroksit, Fenton reaktifleri ve ultraviyole ışık kaynağı ile renk giderim çalışmaları yapılmıştır. Ultraviyole ışığın renk gideriminde etkili olmadığı anlaşılmıştır. Kireç ve Fenton reaktiflerinin renksizleştirme işlemlerinde başarılı oldukları görülmüştür. Başka bir çalışmada tekstil atıksularından renk giderimi için UASB (yukarı akışlı çamur yatağı) reaktörü kullanılmıştır (37). Bu çalışmada renk gideriminin zamana bağlı olduğu görülmüş ve %50 civarında giderme verimi elde edilmiştir.

Kimyasal koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme yöntemiyle kireç, demirsülfat ve anyonik polielektrolit kullanılarak yapılan renk giderim çalışmalarında, renk gideriminde %70-96 arasında verim elde edilmiştir (34). Bu çalışmada kirecin renk gideriminde etkili bir koagulant madde olduğu yalnız kireç ile yapılan renk giderme çalışmalarından anlaşılmıştır. Kireç renk giderme özelliğinin yanısıra ucuz ve bol

bulunan madde olması nedeniyle tercih edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan kirecin %97.2'si Ca(OH)_2 , %1.29'u CaCO_3 , %0.8'i Mg(OH)_2 , %0.05'i toplam kükürtten oluşmaktadır. Rengi giderilen suların tekrar geri kullanılabilirliğinin sağlanması ile önemli ölçüde su tasarrufunun sağlanacağı dolayısı ile arıtma maliyetinin biraz düşürülebileceği görülmüştür. Bu yöntemin en önemli dezavantajının ise oluşacak olan çamurun bertarafı olacağı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de verilmiştir. Başka bir çalışmada tekstil çıkış sularından adsorblama tekniğiyle renk giderimi çalışması yapılmıştır(38). Bu çalışmada deney sonuçlarından elde edilen verilere göre mısır koçanının adsorplama teknolojisinde önemli bir potansiyel olacağı ve ekonomik olarak kullanılabileceği görülmüştür. Ancak taşıma güçlüğü ve madde temin etme problemlerinin olabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmiştir.

Tablo 4.2 Kireç ilavesi ile renk ve KOİ giderimi

Kireç Dozu(g/l)	Renk (Pt-Co)	% Renk Giderimi	% KOİ Giderimi
İndigo Boyamada			
10	470	51	30
15	400	58	30
20	360	62	30
Yünlü Boyamada			
10	260	72.4	20
15	300	68.3	20
20	200	78.8	20
Pamuk Aprelemede			
25	710	64.5	60
30	625	68.8	60
50	415	79.3	60

Tablo 4.3 Kireç sütü ve FeCl_3 ile yapılan renk ve KOİ giderimi çalışmaları

Kireç Dozu (g/l)	FeCl_3 Dozu (g/l)	Renk (Pt-Co)	% Renk Giderimi	KOİ mg/l	% KOİ Giderimi
40	1.0	380	81	600	66
40	1.5	410	80	600	66

Tablo 4.4 Kireç sütü, demir(II) sülfat ve anyonik polielektrolit ile yapılan renk giderimi çalışmaları

Kireç Dozu (g/lt)	FeSO ₄ (g/lt)	Polielektrolit(g/lt)	Renk (Pt-Co)	% Renk Giderimi
İndigo Boyama				
0	0	0	3850	---
6.25	0.750	0.25	230	94
6.25	1.875	0.25	170	96
Pamuk Apreleme				
0	0	0	6700	---
6.25	0.750	0.25	900	87
6.25	1.875	0.25	500	93
Dengeleme Çıkışı				
0	0	0	540	---
6.25	0.750	0.25	160	70
6.25	1.875	0.25	40	93

4.2 Tekstil Atıksularının Arıtma Yöntemleri

Tekstil endüstrisi birbirinden farklı çok sayıda ürünün üretimine dayalı bir endüstri olduğundan, üretimde kullanılan temel prosesler dolayısıyla atıksu özellikleri de çeşitlilik göstermekte olup farklı arıtma tipleri uygulanmaktadır (39,40).

Tekstil atıksuları iki yolla tasfiye edilebilmektedir. Bunlar;

- Az veya çok bir ön tasfiyeden geçirdikten sonra, belediye kanalizasyonuna verme ve evsel atıksular ile tasfiye,
- İşletme içinde özel arıtma tesisi ile tam tasfiye yaptıktan sonra alıcı ortama verme,

Mahalli idareler tarafından, evsel atıksu arıtma tesisleri kurulmuş olan ülkelerde genellikle birinci alternatif tercih edilmektedir. Böylece sanayi özel bir tasfiye tesisi kurmamakta, ancak kirlettiği miktar kadar, işletmeci müesseselere ücret ödemektedir.

Normal olarak tekstil atıksularının evsel sular ile birlikte muamele edilmesi bazı avantajlar sağlamaktadır. Bu avantaj daha ziyade biyolojik arıtma kademesinde söz konusu olmaktadır. Endüstriyel atıksu içerisine evsel kullanılmış su katılmak sureti ile mikrobiyolojik faaliyetler için gerekli olan besin ve iz element sağlanması mümkün

olmaktadır. Ayrıca yine evsel kullanılmış su vasıtası ile su kirliliğinde seyrelme ve dengeleme sağlanmaktadır. (Örneğin pH açısından)

İşletmede kurulan özel arıtma tesislerinin de bazı avantajları bulunmaktadır. İşletmede atıksu ile ilgili problemler konusunda direkt tedbirler alınabilir. Problemler kimyasal madde atıkları daha dikkatli incelenerek hem sarf edilecek su miktarında hem de tasfiye sistemlerinde tasarruf sağlanabilir.

Tekstil atıksularının arıtımında biyolojik, mekanik veya fizikokimyasal metotlardan birisi uygulanabilir (41). Tekstil endüstrisi atıksularının deşarj limitlerini sağlayacak şekilde arıtılması, genellikle birden fazla prosesin uygulanmasını gerektirir. Bu prosesler arasından mevcut alternatifler incelenirken, tesis ve işletme masrafları, arazi ihtiyacı atıksu özelliklerindeki değişikliklere rağmen istenilen çıkış suyu kalitesinin temini gibi hususlar gözönüne alınmalıdır. Uygulanacak belirlenmiş arıtma prosesinin, atıksuyun kirlenmelerini giderebilme verimi, atıksuyun özelliklerine bağlıdır.

Tekstil endüstrisine bağlı olarak birlikte veya ayrı şekilde çalışan kumaş boyama kuruluşlarının atıksuları çevresel açıdan oldukça önemli sorunlara yol açarlar. Çok çeşitli organik madde, ağır metal, çözünmüş tuzlar, renk, bulanıklık ve pH'lar da atıksularını dış ortama vermeleri ile birinci derecede arıtma ihtiyacı duyulan atıklardır. Boyahanelerde kullanılan organik kimyasal maddelerin (boyalar) formülleri tam olarak açıklanmayıp genelde ticari kullanım adları ile anılmaktadır. Ayrıca boya moleküllerine, kumaşın türüne ve boyama işlemlerinin özelliğine göre çeşitli katkı maddeleri ilave edilmesi, bunların arıtılma işlemlerini daha da güçleştirmektedir. Çok çeşitli türde olan bu maddeler genelde uzun, birden fazla aromatik halka, birden fazla çift bağ ve değişik fonksiyon grupları taşımaları nedeni ile biyolojik ayrışabilirlikleri az olan, dayanıklı ve kalıcı kimyasal maddelerdir. Çevresel açıdan taşıdığı bu özellikleri ile toksik olup, pek çoğu da kanserojendir (42,43,44).

Üretim kapasitesine bağlı olarak artan kimyasal madde ve su kullanımları nedeniyle boyahane atıklarının arıtılma maliyetleri oldukça yüksektir. Küçük çapta üretim yapan boyahanelerde atıksu miktarı az olduğundan arıtılabilme işlemi ve maliyetleri

daha uygun ekonomik çözümlerle sağlanabilmektedir. Yılda 30-40 milyon kilogramın çok üstünde boyar madde ve kimyasal reaktifin arıtma tesislerine ulaştıracağı yıllık BOİ yüklemeleri çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Günlük debileri birkaç bin metreküp olan boyahane atıksularının mekanik ve ön arıtılmasından sonra biyolojik arıtmaya verilmeleri gereklidir. Atıksu özelliğinden dolayı uzun alıkoyma süresi gerektiğinden, projelendirilmede havuz hacimleri ve yüzey alanlarının büyük tutulması nedeniyle arazi gereksinimi fazla olmaktadır. Atıksuda boyarmaddelerin yapısındaki organiklerin ve bunların oluşturduğu rengin giderimi işlemleri, klasik arıtma yöntemleri yerine mekanik, kimyasal ve ileri arıtma tekniklerinin topluca kullanılmasını gerektirir. Böylelikle arıtılmış suların kanalizasyon veya alıcı ortam standartlarına ulaşması mümkün olabilmektedir. Boyahane atıksularında kirliliğin izlenmesinde genel kirlilik parametrelerinin ölçüm metodlarının yanı sıra arıtma tesisine giren ve çıkan suda organik madde analiz ve ölçümlerinin de yapılması faydalı olur.

Boyar maddelerin moleküler özellikleri ile çevresel açıdan taşıdıkları önem nedeniyle arıtılabilirliklerinin araştırılması ve arıtma seçeneklerinin ortaya konulması konusu büyük önem taşımaktadır. Büyük bir kısmı biyolojik olarak bozunmayan ve kimyasal maddelerle kolay reaksiyon vermeyen boyarmadde molekülleri bu özelliklerinden dolayı çevresel etkilerinin azaltılması çalışmalarında diğer tüm organik bileşenlerden daha fazla özen göstermek gerekmektedir. Boyahane atıksularında bulunan bu maddelerin KOİ ve BOİ parametreleri ile incelenmesi ayrıca en önemli sorundur. Girişim yapan maddelerin ve engelleyicilerin çokluğu nedeniyle klasik BOİ ve KOİ ölçümü yerine geçebilecek ölçüm parametreleri gereklidir. Bu amaçla ham arıtılmış suda ölçüm tekniği olarak NMR, IR ve benzeri organik spektroskopi cihazları kullanmak daha anlamlıdır. Bunların yanı sıra TOK, pH ve optik renk yoğunluğu ile atık sudaki değişimler takip edilebilir. Atıksuların kirliliğini giderebilmek için mekanik işlemlerden sonra kimyasal arıtma yapılması ile renkte ve bulanıklıkta azalma sağlanabilmektedir. Rengin tamamen giderilebilmesi için klorlama yapılması kansorejen madde oluşumunu arttıracığından daha olumsuz sonuçlara yol açabilir. Ayrıca klorlamada hipoklorit kullanılması ağır metal ve organik karbon içeriğini de arttıracığından ek sakıncalar oluşturmaktadır. Ozonlamanın moleküler yapıda bulunan çift bağları kırarak daha küçük organik moleküllere dönüşümü sağlanması, ayrıca biyolojik arıtma verimini yükseltmesi, bu

işlemi kimyasal arıtma sonrası kullanılabilir bir seçenek haline getirmektedir. Yan ürün olarak oksijen vermesi ve toksik bileşen oluşturmaması açısından da ozon tercih edilen etkili bir oksitleyicidir (3).

Yukarıda belirtilen ön arıtma işlemlerinden geçirilen atıksu biyolojik arıtmaya verilebilir. Yukarıda saydığımız işlemler gerçekleştirilmeden biyolojik arıtmaya verilen boyahane atıksularının biyolojik yolla arıtılması son derece güçtür. Biyolojik arıtma ünitesinde aktif çamurun MLSS değerinin yüksek tutulması (4000-5000 mg/l) ve şok yüklemelerden kaçınılması gereklidir. Boya moleküllerinin BOI_5 ve BOI_{30} değerleri incelendiğinde biyolojik ayrışabilirlikleri için uzun alıkoyma süreleri gerekmektedir. Boyahane atıksularını biyolojik arıtmadan önce evsel atıksularla en az 1-2 kat seyreltip uzun süreli havalandırma ile biyolojik olarak ayrışmaları sağlanabilir. Gerek biyolojik arıtma öncesi, gerekse biyolojik arıtma sonrasında atıksuların ozonlanması arıtma açısından önem taşımaktadır. Biyolojik arıtma öncesi yapılan ozonlama ile moleküllerin ayrışabilirliği artırılmış olacaktır. Biyolojik arıtma sonrası yapılan ozonlama ile ise renk giderme ve dezenfeksiyon işlemi yapılmış olacaktır. Bazı durumlarda renk giderme bu teknikle yeterli olmamaktadır. Bu durumda renk giderimi için adsorplama tekniği uygulanması gerekmektedir (3).

İstanbul'da tekstil sektöründe arıtma tesisleri incelendiğinde uygulanan arıtma tipleri fiziksel, biyolojik, kimyasal ve kimyasal+biyolojik şeklinde Tablo 4.5'de verildiği gibi 4 grupta toplanabilir (45). Toplam 121 adet arıtma tesisi arasında sayısal olarak fiziksel arıtma %2, biyolojik %21, kimyasal % 68, kimyasal+biyolojik ise %10 oranında uygulanmaktadır. Toplam endüstriyel debi 24709 m³/gün olup, bunun 19169 m³/gün kadarı arıtma işlemine tabi tutulmamaktadır. Arıtılan debinin arıtma tiplerine göre dağılım oranı ise fiziksel için %0.06, biyolojik için %31, kimyasal için %64, kimyasal+biyolojik için 5 mertebesinde dir.

İstanbul'da tek kademeli kimyasal arıtma sistemleri ile ancak İSKİ kanalizasyona deşarj standartları sağlanmaktadır. Kirlilik yüklerindeki değişimlere göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki tekstil endüstrisi deşarj limitlerine tek kademe kimyasal arıtma ile inmek genelde mümkün olmamaktadır. Dolayısı ile bu endüstri dalında genellikle biyolojik arıtma yöntemi veya kimyasal+biyolojik arıtma yöntemi

kullanılmaktadır. Tablo 4.6’da arıtma sistemlerindeki proseslerin tahmini kirletici giderme verimleri verilmiştir (4). Sıcak ve soğuk hava şartları altında tekstil endüstrisine ait bir tasfiye tesisinin işletilmesinde elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’da verilmiştir (14).

Tablo 4.5 Tekstil tesislerinin arıtma tiplerine ve kirlilik yüklerine göre değerlendirilmesi (45)

Arıtma Tipi	Tesis Sayısı	Endüstri Debisi (m ³ /gün)	Arıtma Tesisi. Çıkışında Kirletici Yükleri, kg/gün					
			KOİ	AKM	TKN	Top.-P	Yağ-Gres	SO ₄
Fiziksel	2	10.7	8.56	1.61	0.44	0.05	0.32	10.7
Biyolojik	25	5887	1695	534	180	7.09	92	3107
Kimyasal	82	12243	6957	1669	349	25.1	261	9819
Kim+Bio	12	1029	271	161	15	1.43	21	499
Toplam	121	19169	8932	2365	544	24	375	13436
Arıtma Yok	227	5540	5137	977	221	26.5	209	5341
Genel Toplam	348	24709	14069	3342	765	60	584	18777
Oran* (%)	35	77.6	63.5	70.8	71.1	56	64.1	71.6

*Oran: Toplam/Genel Toplam oranından bulunan değerdir. Kirletici yükler için bulunan oranlar, arıtmadan sonra tesisten çıkan kirleticinin, toplam deşarj edilen kirletici yük içerisindeki payıdır. Örneğin İstanbul’da deşarj edilen KOİ yükünün %63.5 kadarı arıtma tesislerinden gelmektedir.

Tablo 4.6 Arıtma sistemlerindeki proseslerin tahmini kirlenici (%) giderme verimleri (4)

Arıtma Prosesi	BOİ ₅	KOİ	TAM	Gres	Renk
Ön Arıtma					
Izgaradan Geçirme	0-5	-	5-20	-	-
Dengeleme	0-20	-	-	-	-
Nötralizasyon	-	-	-	-	-
Kimyasal Pıhtılaştırma	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
Flotasyon	30-50	20-40	50-60	90-98	-
Biyolojik Arıtma					
Konvansiyonel Aktif Çamur ve Çöktürme	70-95	50-70	85-95	0-15	-
Uzun Havalandırma ve Çöktürme	70-94	50-70	85-95	0-15	-
Havalandırma Lagün ve Çöktürme	60-90	45-60	85-95	0-10	-
Aerobik Lagün	50-80	35-60	50-80	0-10	-
Damlatmalı Filtre	40-60	20-30	-	-	-
Üçüncü Kademe Arıtma					
Kimyasal Pıhtılaştırma*	40-70	40-70	30-90	90-97	0-70
Karışık Ortamda Filtrasyon	25-40	25-40	80	-	-
Karbon Adsorpsiyonu	25-40	25-60	25-40	-	80-90
Klorlama	0-5	0-5	-	0-5	0-5
Ozonlama	-	30-40	50-70	-	70-80
İleri Arıtma					
Sprey Sulama	90-95	80-90	95-98	-	-
Evaporasyon	98-99	95-98	99	-	-
Ters Osmoz	95-99	90-95	95-98	-	-

*Giderme verimleri kimyasal madde ve kullanılan dozaj ile değişir.

Tablo 4.7 Sıcak ve soğuk hava şartları altında bir tasfiye tesisinin işletilmesinde elde edilen sonuçlar (14)

Ölçülen Parametre	Hava Durumu	Atıksu Özellikleri					
		Ham Yıkama Suyu	Parçalanmış Yıkama Suyu	Durulama Suyu	Nötralizasyon Çıkışı	Havalandırma Çöktürme Çıkışı	Lagün Çıkışı
BOİ mg/lt	Sıcak	19900	4780	440	2930	470	280
	Soğuk	17370	3920	390	2430	190	210
AKM mg/lt	Sıcak	42540	280	900	340	1090	90
	Soğuk	29210	310	640	300	860	170
ToplamP mg/lt	Sıcak	61	45.9	4.7	28.3	8.5	3.4
	Soğuk	48.6	29.8	2.5	18.5	7.2	4.7

Herne kadar Tablo 4.7’de BOİ değerleri de verilmişse de bu değerler çok yüksek değerlerdir. BOİ parametresi için bu kadar yüksek değerlere diğer kaynaklarda rastlanmamıştır.

4.2.1 Pamuklu Tekstil Atıksularının Arıtma Yöntemleri

Pamuklu tekstil sanayinde arıtmadan önce tekstil atıksularının hacmini ve kirlilik yükünü azaltacak tesis içi önlemlerin alınması gereklidir. Temiz çalışma, kapalı devre kontrolü, başka kimyasal işlemler uygulama, geri kazanma vb. yöntemlerle atıkların miktarı azaltılabilir. Kaynatma ve haşıllamanın kapalı devre kontrolü kirlilik yükünü max. % 30 oranında azaltır. Yüksek BOİ'li sabunlar yerine düşük BOİ oluşturan deterjanların kullanımı BOİ yükünü büyük ölçüde düşürür. Pişirme işlemlerinde daha az kostik soda kullanımı ile BOİ %10-20 oranında, kostik soda miktarı da %10-30 oranında azaltılır. Düşük BOİ'li dispersant, emülgatör kullanılması BOİ'nin %5-15 arasında azalmasına neden olur. Pamuklu tekstil fabrikalarında yüksek BOİ'li haşıllama maddelerini kullanmak suretiyle toplam BOİ yükü %40-90 oranında azaltılmış olur. İnorganik tuzlarla boyamada asetik asit yerine başka bir asitin kullanılması da kirlilik yükünü etkiler, ancak BOİ'de azalma sağlamaz (46).

Pamuklu tekstil atıksularındaki fazla BOİ miktarını istenen seviyelere kadar arıtmak üzere kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma uygulanır. Kimyasal arıtmada alum, demir sülfat, demir klorür koagülant olarak kullanılır. Kireç ve sülfürik asit ile pH kontrolü yapılarak pıhtılaştırma ve yumaklaştırma sağlanır.

Tekstil atıksuların arıtılarak alıcı su ortamlarına deşarj edilebilmeleri için şu arıtma işlemlerinin uygulanması gereklidir.

- Dengeleme
- Nötralizasyon
- Oranlama
- Renk giderme
- Organik madde miktarını azaltma (BOİ ve KOİ giderme)

Evsel atıksu-boyahane atıksularında alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ile yapılan kimyasal arıtmada renk tamamen giderilebilmiş ve BOİ miktarı %63 oranına azaltılabilmektedir. Kullanılan alum dozu pH=8.3'de 200 mg/lt olmuştur (46).

Boya atıklarının kimyasal olarak pıhtılaştırılması yerine klor bileşikleri ile kimyasal oksidasyon yöntemi de uygulanmaktadır. Atıkların klor ihtiyacı 100-250 mg/lt civarındadır. Klor, organik boyaları oksitlemek ve renksiz son ürünleri elde etmek üzere kullanılmaktadır. Son yıllarda oksidasyon amacı ile ozon kullanılmaktadır (46).

Tekstil atıksularının biyolojik arıtımında aktif çamur yöntemi ve damlatmalı filtreler kullanılmaktadır. Damlatmalı filtrelerin kullanımı daha ekonomik bir arıtma sağlamakla beraber, aktif çamur yöntemi ile daha yüksek arıtma verimi elde edilmektedir.

Uzun havalandırmalı aktif çamur yönteminde BOİ giderme verimi çok daha fazladır. Uzun havalandırma süresi (12-48 saat) gerektirmesi ve kalifiye eleman ihtiyacı göstermesi bu yöntemin en önemli dezavantajlarıdır. Tekstil atıksularının biyolojik arıtmadan önce pH'nın kontrolü zorunludur. Optimum BOİ giderimi için gereken pH sınırı 7-9 arasındadır. Bu aralığın aşılması durumunda atıkların dengelenmesi ve nötralizasyonu gereklidir. Eğer pH 11.5'i geçerse BOİ giderimi durur. pH kontrolü genellikle sülfürik asit ilavesiyle, CO₂ ile veya gazları ile yapılabilir (46).

İlk iki yöntem çok etkili ancak çok pahalı yöntemlerdir. Buna karşılık baca gazları ile nötralizasyon daha ekonomik ve kolay bir yöntemdir. Tekstil atıksularının baca gazları ile nötralizasyonu bazı boya atıklarının pH'ı 2-11 arasında değişir ve 30 ppm sülfür içerir. Alkali tekstil atıklarının biyolojik yöntemle arıtılabilmesi için baca gazları ile nötralizasyon işlemi zorunlu bir işlemdir (46).

Yüksek miktarda çözünmüş organik madde içeren tekstil atıksularında süspanse büyüme-havalandırma prosesleri uygun sonuçlar vermiştir. Pamuklu tekstil atıksuları ile yapılan pilot tesis çalışmaları bu arıtmanın, tekstil atıksularının biyolojik arıtımı için başarılı bir yöntem olduğu göstermiştir (46).

4.2.2. Yünlü Tekstil Atıksularının Arıtma Yöntemleri

4.2.2.1 Yapağı Yıkama Atıksularının Arıtılması

Yapağı yıkama atıksularının arıtılması hem zor hem de masraflıdır. Yıkamada nötral deterjan kullanılması, atıksuyun arıtılabilirliğini artırır. Yün yağının tesis içinde geri kazanılması değişik verimlerde birçok fabrikada uygulanabilir. Yapağı yıkamada yıkama ve durulama suyu olmak üzere başlıca iki ana atıksu kaynağı vardır. Yıkama suyu kirlilik bakımından daha yoğundur. Yün yıkama atıklarının tasfiyesinde ilk adım kum ve yağları gidermektir. Organik maddelerin giderilmesi için daha sonra biyolojik arıtma kullanılabilir. Arıtma tesisi proseslerine ait açıklamalar aşağıda yapılmıştır.

Atıkta bulunan elyaf ayrıştıkça koku problemi meydana gelecektir. Elyafaların giderilmesi için ızgara kullanılır. Yıkama atıkları, durulama suyu ve sonraki arıtma proseslerinden gelecek üst faz sıvıları bir dengeleme tankı veya havuzunda toplanır. Dengeleme, atıkların kesikli boşaltılmasından, taşmalardan ve diğer debi değişimlerinden dolayı gereklidir. Flotasyon, yağın geri kazanılması için yapılan tesis içi çalışmalardan sonra kalan yağı gidermek için uygulanır.

Kimyasal arıtma, protein sabun ve elyaflardan oluşan yüksek konsantrasyondaki askıda katı maddeleri gidermek için kullanılır. Sistem, hızlı karıştırma, yumaklaştırma, ve çökeltme kademelerinden oluşur. Atıksuda bulunan BOİ'yi gidermek için biyolojik arıtma kullanılır. Bu işlemde aktif çamur sistemi iyi sonuçlar vermektedir. Biyolojik arıtmadan alınan atık çamur aerobik ayrıştırma ile stabil hale getirilir (6).

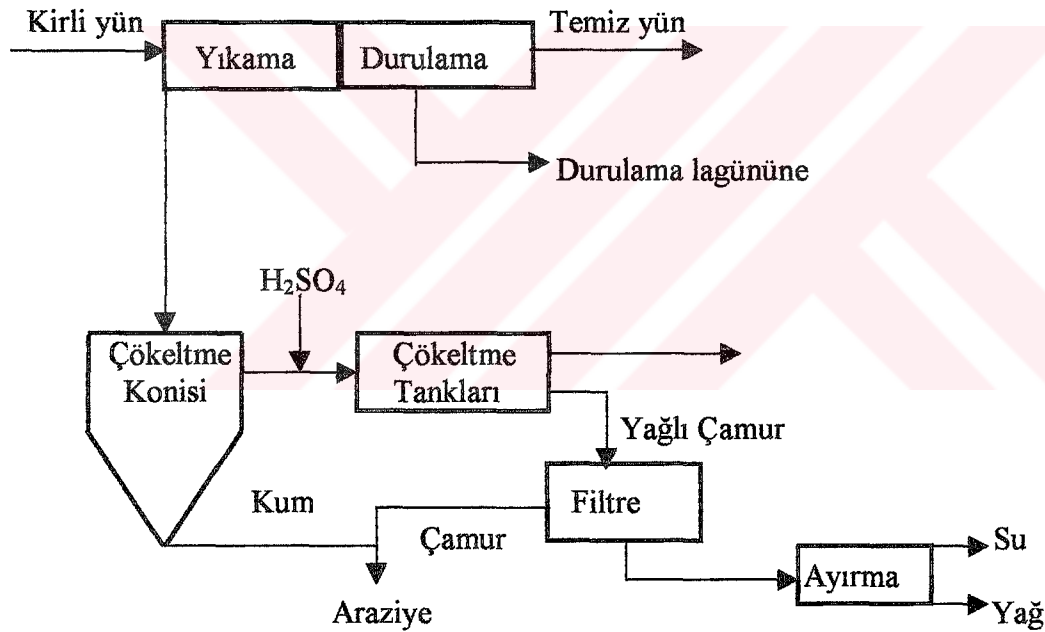
4.2.2.1.1 Yün Yıkama Atıksularının Arıtma Alternatifleri

Yıkama atıksularının arıtılması için değişik arıtma alternatifleri uygulanmaktadır. Seçilecek arıtma sistemini, tesisin büyüklüğü, apre ve boyahane atıksularının olup olmadığı, yıkama sistemi mahalli kanunlar v.b. birçok faktörler etkilemektedir. Arıtma sistemleri içerisinde çoğunlukla fiziksel ve kimyasal metotlar

kullanılmaktadır. Arazi ve mevsim şartlarının elverişli olduğu yerlerde, biyolojik sistemler de kullanılmaktadır (47).

Fiziksel ve kimyasal metotların kullanıldığı basit bir arıtma şeması Şekil 4.1’de görülmektedir. (48). Fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotların kullanıldığı daha kapsamlı arıtma akım şemaları ise Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de verilmiştir (8,48).

Fiziksel, kimyasal arıtma işlemleri ile %90 civarında yağ, %100 AKM giderme verimi elde edilebilmektedir. Buna rağmen çıkan yağ konsantrasyonu, deşarj standartlarında belirtilen limitleri sağlamıyorsa biyolojik metotların da kullanılması gerekir. Entegre tesislerde, yıkama atıksuları kimyasal bir ön arıtmadan sonra, boyahane suları ile birleştirilerek yeniden kimyasal bir arıtmaya tabi tutulmaları biyolojik metoda bir alternatif olabilir (6).



Şekil 4.1 Yıkama ve yağ geri kazanma sistemi akım şeması

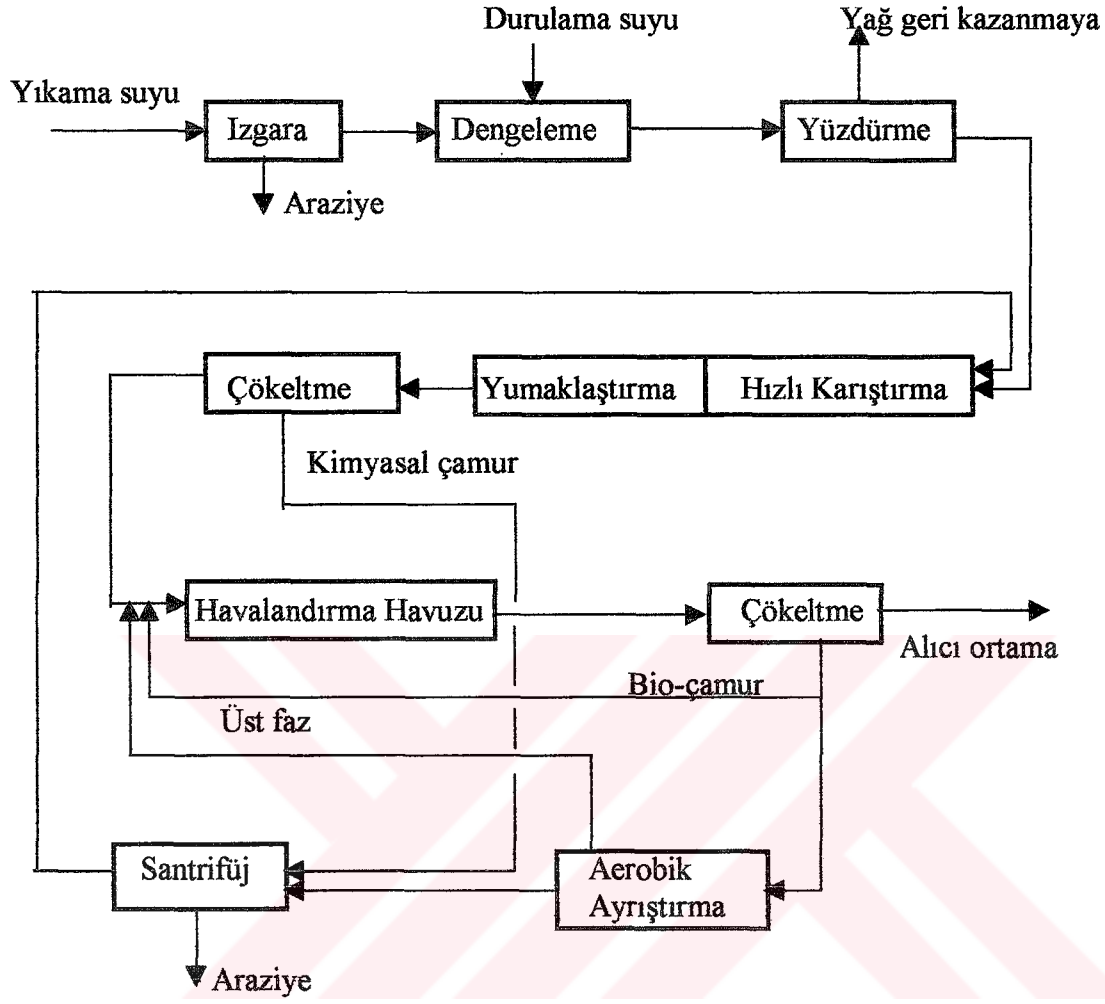
Bazıları halen birçok ülkede kullanılan arıtma metotları, bunların KOİ giderme verimleri ve yaklaşık yatırım masrafları Tablo 4.8’de verilmiştir. Bu metotlar genellikle, yağların santrifüjlerde geri kazanılmasından sonra uygulanır. Yatırım masrafları, yılda 5000 ton yağlı yün yıkama kapasitesine sahip bir işletmenin İngiltere’de inşa edilecek arıtma tesisi için hesaplanan değerleri göstermektedir. Pilot tesis veya yarı-endüstriyel seviyede kullanılan yeni arıtma metotları ise Tablo 4.9’da verilmektedir (6,8).

Tablo 4.8 Atıksu arıtma metotları ve KOİ giderme verimleri ile yatırım masraflarının karşılaştırılması (6,8)

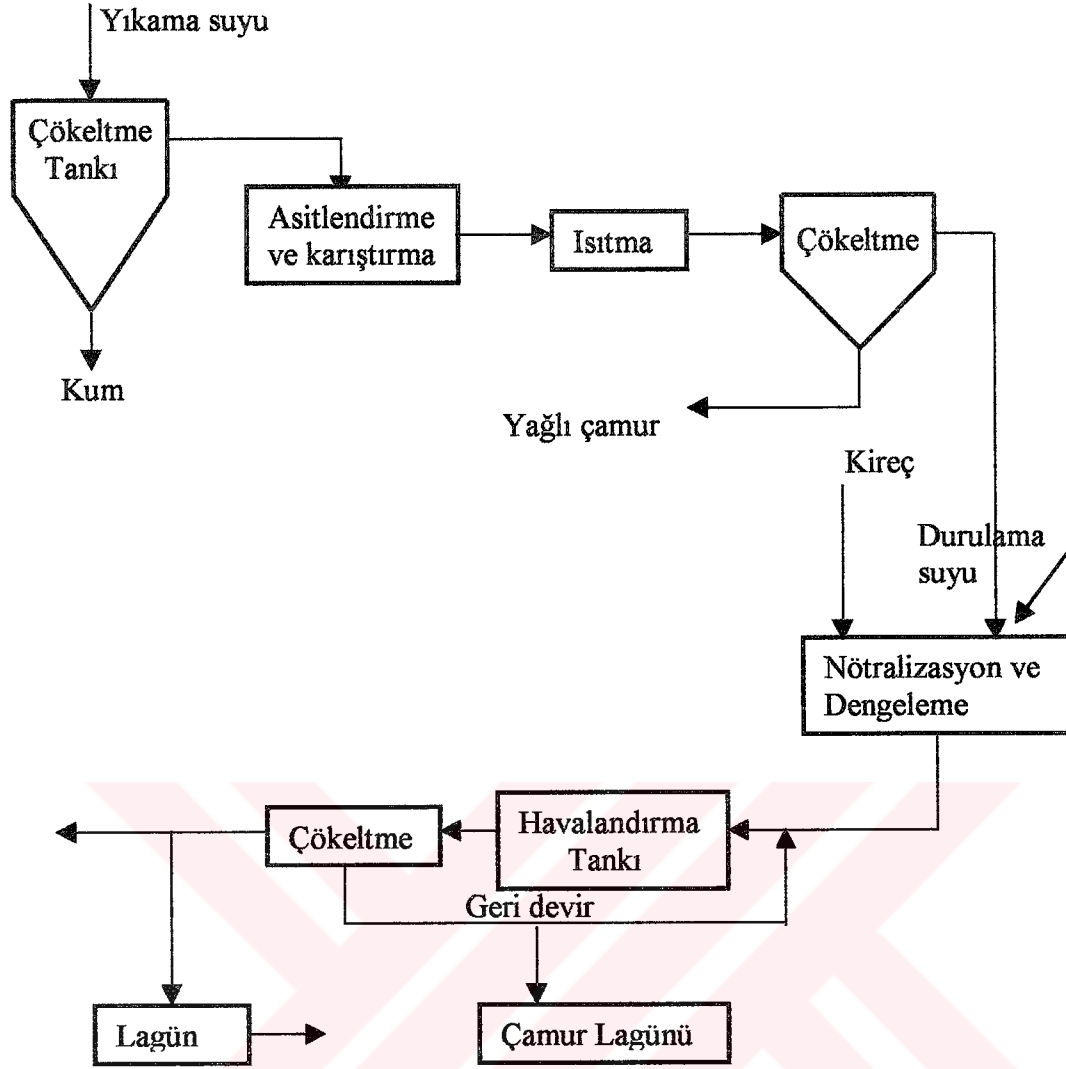
Arıtma Metodu	KOİ Giderme Verimi (%)	Yatırım Masrafı (DM)
Asitle Emülsiyon Kırma	80-85	117200
Kimyasal Yumaklaştırma	85-95	130200
Biyolojik	97	195200
Santrifüj-Evaporasyon	100	650700
Ultrafiltrasyon-Evaporasyon	80-85	325350
Evaporasyon-Yakma	100	481500

Tablo 4.9 Pilot tesis veya yarı-endüstriyel seviyede kullanılan yeni arıtma metotları (6,8)

Arıtma Metodu	KOİ Giderme Verimi (%)	Yatırım Masrafı (DM)
Asitle Emülsiyon Kırma (Sıcakta, sürekli)	85-95	162700
“Bitterns” ile Kimyasal Yumaklaştırma	95	130200
Yüksek Hızlı Biyolojik Metotlar		
Derin Kuyu	99.7	390400
Aktif Çamur	98-99	130200
Alkol Destablizasyonu	75	21500



Şekil 4.2 Yün yıkama atıksularının arıtılmasına ait örnek akım şeması



Şekil 4.3 Yıkama sularının arıtılmasına ait örnek bir akım şeması

4.2.2.2 Yün Terbiye Atıksularının Arıtılması

Yün terbiye atıksuları öncelikle ızgaradan geçirilir. Eğer ayrı toplanmış kromlu atıklar indirgenir ve fabrikada atık çıkışına verilirse veya bir arıtma metodu olarak konvansiyonel aktif çamur seçilmiş ise dengeleme yapmak gerekebilir. Yün terbiye atıksularında aşırı amonyak azotu, çıkış suyunda bir problem olabilir.

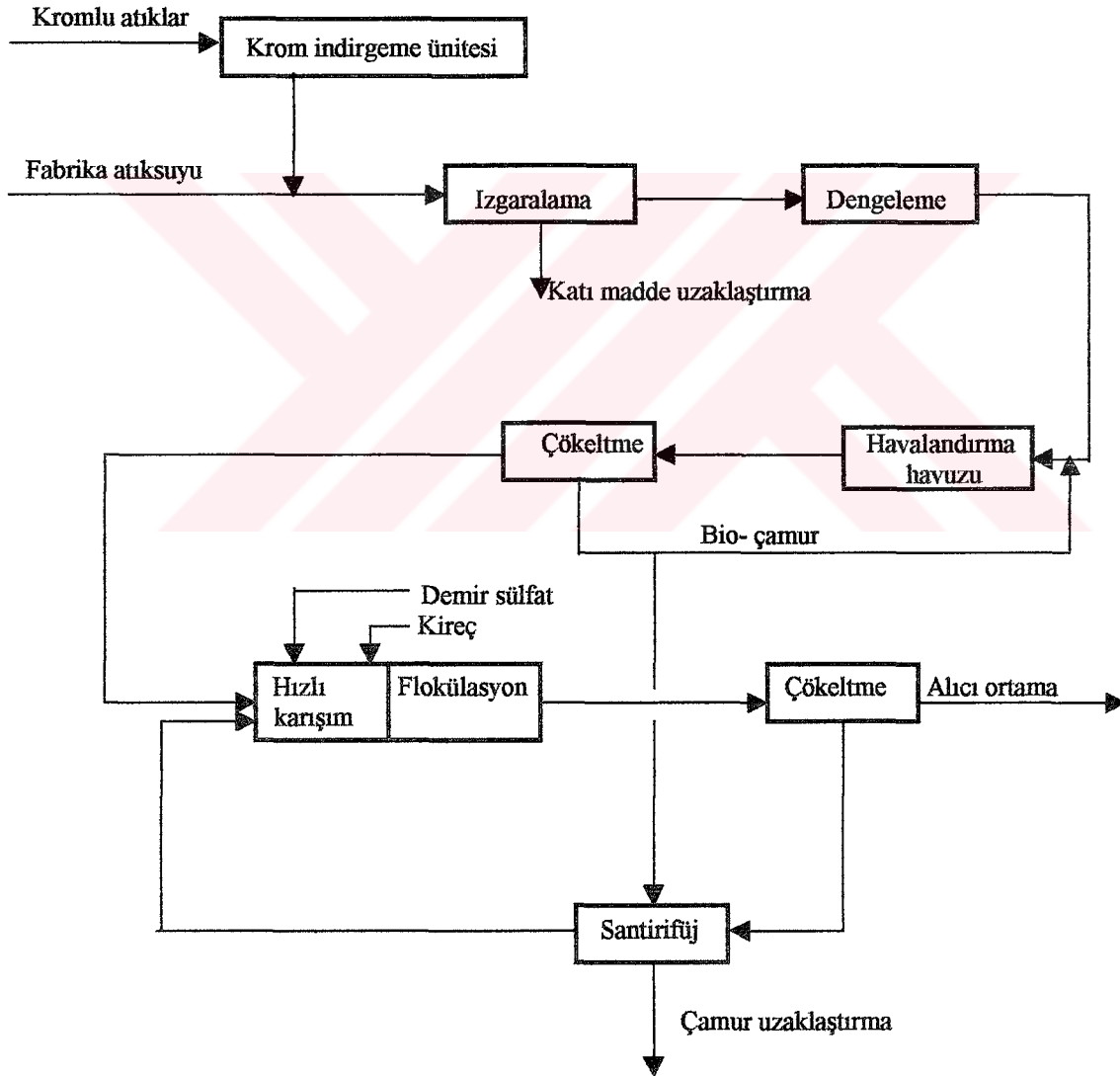
Eğer azot ihtiyacı varsa, proseste asetik asit yerine kullanılan amonyumsülfat arıtma sisteminde besi maddesi görevini görecektir.

Kimyasal pıhtılaştırma prosesi, üçüncü kademe arıtma adımı olarak ilave krom ve KOİ gidermek için kullanılır. Kimyasal pıhtılaştırma prosesine başlamadan önce

pH'ın 8.5'e ayarlanması gerekir. Sistem hızlı karıştırma yumaklaştırma ve çöktürme tanklarından oluşur (6).

4.2.2.3 Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Atıksularının Arıtılması

Dokunmuş kumaş terbiyesi en çok sulu işlem alt kategorisini oluşturur. Atıklar, temizleme esnasında yabancı maddelerin giderilmesi ve terbiyede kullanılan kimyasal maddeler sonucu ortaya çıkar. En uygun arıtma teknolojisi ızgaradan geçirme, biyolojik arıtma ve kimyasal arıtmadır. BOİ ve KOİ için gerekli giderme verimleri biyolojik arıtma ile sağlanamaz ise kimyasal arıtma kullanılır. Dokunmuş kumaş terbiyesi altkategorisi için esas alınan arıtma şeması Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 Dokunmuş kumaş son işlemleri altkategorisi için en uygun arıtma teknolojisi (1)

4.3 En Uygun Arıtma Teknolojisinin Seçim Esasları

En uygun arıtma teknolojisinin seçiminde aşağıdaki parametreler esas alınır. Buna göre tanımlanan teknoloji, tekstil endüstri atıksularını bu atıksuların özelliklerine uygun ve etkin olarak arıtacak bir düzen olmalıdır. Bu temel esas yanında teknoloji seçiminde gözönüne alınan noktalar aşağıda sıralanmıştır.

- En uygun arıtma düzeni içerisinde yer alan sistemler tam olarak geliştirilmiş, teknolojisi belirlenmiş sistemler olmalıdır.
- Bu sistemler denenmiş her şart altında belirli bir verim düzeyine ulaşabildiği belirlenmiş sistemler olmalıdır.
- Sistemlerin verimi hem atıksu kalitesi değişimleri karşısında hem de işletme ile ilgili hususlar açısından önemli değişim göstermemelidir.
- Sistemler kararlı çalışan ve sık sık arıza çıkarmayan güvenilir sistemler olmalıdır.
- Seçilen arıtma düzeni atıksuda kontrolü öngörülen tüm parametreleri kapsayacak bir arıtma potansiyeline sahip olmalı, her parametrenin sistem içerisinde istenen verimde giderilmesini sağlayabilmelidir.
- Seçilen sistem endüstrinin yapısına ve çalışma düzenine uygun olmalıdır. Bazı endüstri kategorileri yapı olarak çok değişik ve çeşitli kapasitelerde faaliyet gösterebilmektedir. Çalışma düzeni de gerek üretim şekline gerekse kapasiteye bağlı olarak değişik olabilmektedir. Seçilen sistemin o endüstrinin özelliklerine uygun ve her hale göre düzenlenebilir niteliklere sahip olması gerekir.
- Seçilen arıtma düzeni ve içinde bulunan arıtma sistemleri inşaat, hammadde, bakım, işletme yönünden Türkiye şartlarına uygun olmalıdır.
- Seçilen arıtma düzeni, bütün bu özellikleri sağlamasının yanında en uygun arıtma teknolojisi yaklaşımının en önemli unsurlarından biri olan ekonomik açıdan da uygun olmalıdır.

Aşağıda tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki yöntemin açıklaması verilmiştir.

4.3.1 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Tesisi

Arıtma tesisi birimleri;

◆ Izgara Yapısı

Kaba+İnce Izgara

◆ Dengeleme Havuzu

- Dubalı Aeratör
- Terfi Pompası

◆ Tambur Elek

◆ Hızlı Karıştırma Havuzu

- Karıştırıcı
- pH metre

◆ Yavaş Karıştırma Havuzu

- Karıştırıcı

◆ Kimyasal Çöktürme Havuzu

- Sıyırıcı
- Çamur Pompası

◆ Nötralizasyon Havuzu

- Karıştırıcı
- pH metre

◆ Kimyasal Madde Tankları

- Karıştırıcılar
- Dozaj Pompaları

◆ Havalandırma Havuzu

- Blower
- Difüzör
- Oksijenmetre

◆ Biyolojik Çöktürme Havuzu

- Sıyırıcı
- Çamur Pompası

◆ Çamur Stabilizasyon Havuzu

- Yoğunlaştırıcı
- ◆ Çamur Susuzlaştırma Sistemi
 - Çamur Şartlandırma Sistemi
 - Çamur Pompası
 - Filtre Pres

Proses açıklaması;

Fabrikadan kaynaklanan atıksular öncelikle birleşik yada ayrık bir kanalla toplanarak dengeleme havuzuna gelmektedir. Dengeleme havuzuna girmeden önce sistemdeki mekanik aksamı korumak atıksu içindeki katı parçacıkların tutulması maksadı ile ince ve kaba ızgaran geçirilir. Izgaradan geçirilmiş atıksu dengeleme havuzuna gelir. Burada çökelmeleri önlemek, atıksuyun homojenizasyonunu sağlamak ve atıksuya bir miktar oksijen vererek bir ön havalandırma yapmak maksadı ile dubalı aeratör kullanılmıştır. Dengeleme havuzunda ortalama olarak 6 saatlik bir bekleme süresi sonunda atıksu terfi pompası yardımı ile tambur eleğe basılır. Burada 1 mm elek aralıklı dıştan akışlı tambur elek kullanılmıştır. Tambur elekten geçerken atıksu içindeki AKM konsantrasyonunda büyük bir azalma olur. Böylece atıksu içindeki hav ve lif gibi katı maddeler sistemden uzaklaştırılmış olur. Tambur elekten geçen atıksu kimyasal arıtma ünitesine gelir.

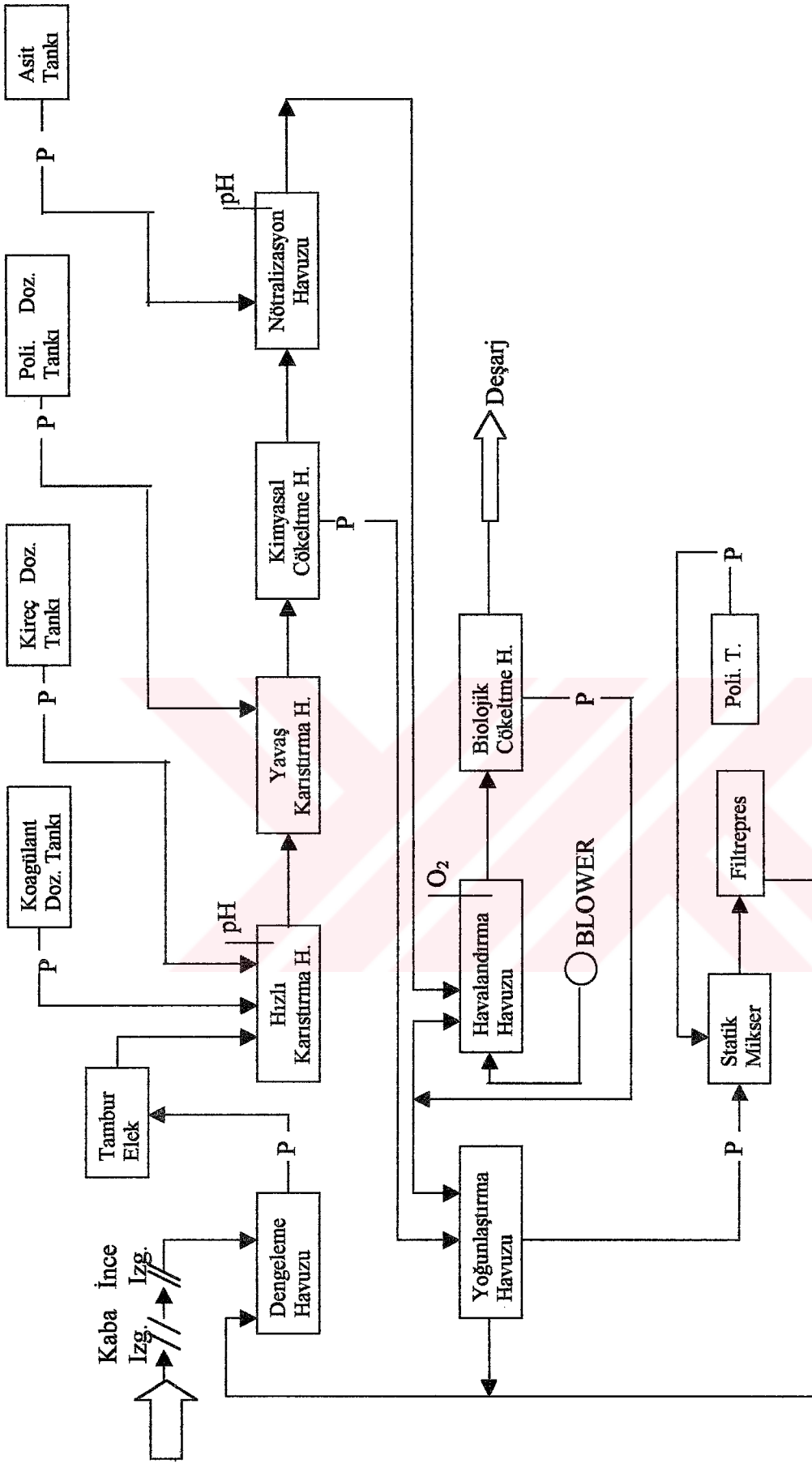
Kimyasal arıtma ünitesinin ilk kademesi olan hızlı karıştırma havuzunda suya pH metre kontrolü ile çalışan dozaj pompaları yardımıyla kireç ve flokülant ilave edilir. Bu havuzda 10 dakikalık bekletme süresinde 100d/d'da çalışan bir karıştırıcı yardımıyla atıksuya ilave edilen kimyasal maddelerin karışımı sağlanır. Flokülasyona uğramış atıksu cazibeli akış ile yavaş karıştırma havuzuna gelir. Bu havuzda daha uzun bir bekletme süresinde (15 dakika) düşük devirli bir karıştırıcı kullanılmaktadır. Bu havuzun görevi ise koagülasyonu sağlamak maksadı ile suya ilave edilen uygun polielektrolitin tam karışımını sağlamak ve kendi ağırlıkları ile çökebilecek flokların oluşmasını sağlamaktır. Yavaş karıştırma havuzundan atıksu cazibeli akış ile kimyasal çöktürme havuzuna gelir. Havuz 3.5 saatlik bekletme ve $0.85 \text{ m}^3/\text{m}^2$ saat yüzey yüküne göre dizayn edilmiştir. Bekletme süresi sonunda atıksu içindeki floklar tabana doğru çökerken yüzeyden savaklanan su ise nötralizasyon havuzuna geçer.

Çöktürme havuzunda bulunan sıyrıcı yardımı ile tabana çökmüş olan çamurlar ortadaki çamur konisine toplanır. Buradan timer yardımıyla çalışan bir santrifüj açık fanlı pompa yardımıyla çamur stabilizasyon havuzuna alınır. Kimyasal flokülasyon ve koagülasyonun gerçekleşmesi için pH'ı artırılmış olan atıksu biyolojik arıtmaya girmeden önce nötralizasyon havuzuna alınarak burada pH'ı nötr hale getirildikten sonra biyolojik arıtmaya verilir.

Biyolojik tasfiyenin ilk kademesi olan havalandırma havuzuna su alınmadan önce bakterilerin yaşaması için en uygun ortam olan nötr şartların sağlanması gerekir. Bir biyolojik arıtmanın verimli olarak çalışabilmesi için başta gelen en önemli şartlardan biri budur. Bunun yanında havalandırma havuzundaki bekletme süresi, havalandırma sistemi verimi, sudaki besi maddesi miktarı, suyun sıcaklığı vb. birçok etmen bulunmaktadır. Havalandırıcı olarak blower ve difüzör sistemi seçilmiştir. Bunun yanında birçok yüzeysel havalandırma sistemi de mevcuttur. Havalandırma havuzunda uygun bekletme süresi alınmış ve sudaki oksijen konsantrasyonu bir oksijenmetre ile kontrol edilmiştir. Ayrıca ince kabarcıklı hava veren difüzörler kullanılmıştır. Ayrıca havalandırma havuzuna DAP ve üre olmak üzere dozlamak maksadı ile bir dozajlama sistemi de kullanılmıştır. Havalandırma işleminin tamamlanmasını takiben atıksu cazibe ile biyolojik çöktürme havuzuna geçer. Burada 3.5 saat bekletme süresi sonunda tabanda çamur aynı kimyasal çöktürme havuzunda olduğu gibi sıyrıcı yardımı ile çamur konisine sıyrılır ve buradan çamur pompası yardımıyla büyük bir kısmı havalandırma havuzuna devrettirilirken zaman zaman (işletme koşullarında belirlenecek zamanlarda) çamur stabilizasyon havuzuna alınır. Yüzeyden savaklanan arıtılmış su ise deşarj edilir.

Çamur stabilizasyon havuzunda düşük devirde dönen bir yoğunlaştırıcı ile çamurun yoğunluğu artırılır. Daha sonra uygun polielektrolit ile şartlandırılarak filtre prese verilir. Filtre presten çıkan süzüntü suyu dengeleme havuzuna verilirken, çamur kekleri ise katı atık olarak uzaklaştırılır.

Kimyasal+biyolojik arıtma tesisi için akım şeması Şekil 4.5'de verilmiştir.



P: Pompa

Şekil 4.5 Kimyasal+Biolojik atıksu arıtma tesisi akım şeması

4.3.2 Biyolojik Arıtma Tesisi

Arıtma tesisi birimleri;

◆ Izgara Yapısı

Kaba+İnce Izgara

◆ Dengeleme Havuzu

- Dubalı Aeratör
- Terfi Pompası

◆ Tambur Elek

◆ Nötralizasyon Havuzu

- Karıştırıcı
- pH metre

◆ Havalandırma Havuzu

- Blower
- Difüzör
- Oksijenmetre

◆ Biyolojik Çöktürme Havuzu

- Sıyırıcı
- Çamur Pompası

◆ Çamur Stabilizasyon Havuzu

- Yoğunlaştırıcı

◆ Çamur Susuzlaştırma Sistemi

- Çamur Şartlandırma Sistemi
- Çamur Pompası
- Filtre Pres

Proses açıklaması;

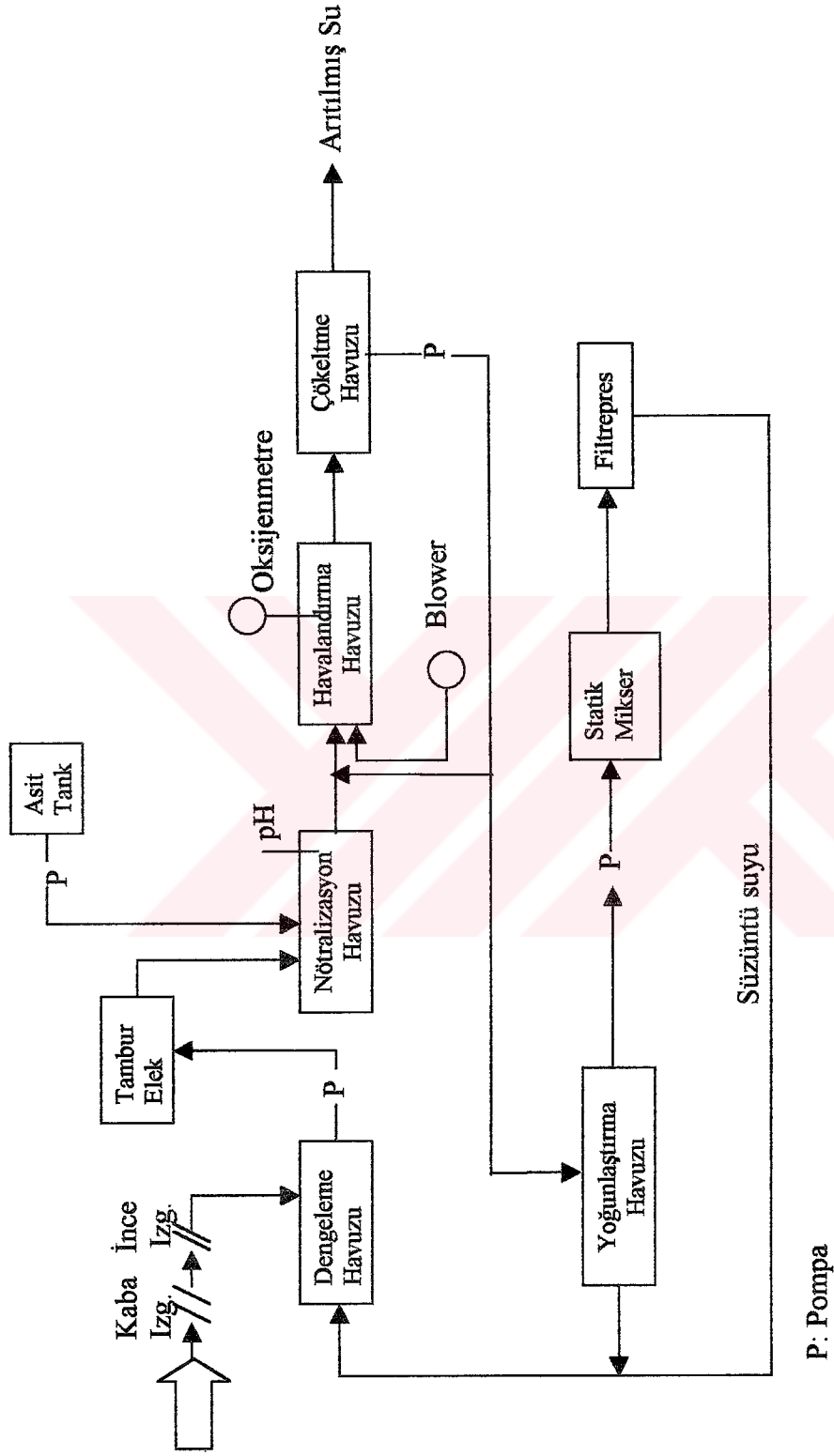
Fabrikadan kaynaklanan atıksular öncelikle birleşik yada ayrık bir kanalla toplanarak dengeleme havuzuna gelmektedir. Dengeleme havuzuna girmeden önce sistemdeki mekanik aksamı korumak atıksu içindeki katı parçacıkların tutulması maksadı ile ince ve kaba ızgaran geçirilir. Izgaradan geçirilmiş atıksu dengeleme havuzuna gelir.

Burada çökelmeleri önlemek, atıksuyun homojenizasyonunu sağlamak ve atıksuya bir miktar oksijen vererek bir ön havalandırma yapmak maksadı ile dubalı aeratör kullanılmıştır. Dengeleme havuzunda ortalama olarak 6 saatlik bir bekleme süresi sonunda atıksu terfi pompası yardımı ile tambur eleğe basılır. Burada 1 mm elek aralıklı dıştan akışlı tambur elek kullanılmıştır. Tambur elekten geçerken atıksu içindeki AKM konsantrasyonunda büyük bir azalma olur. Böylece atıksu içindeki hav ve lif gibi katı maddeler sistemden uzaklaştırılmış olur. Tambur elekten geçen atıksu kimyasal arıtma ünitesine gelir.

Biyolojik tasfiyenin en önemli kademesi olan havalandırma havuzuna su alınmadan önce bakterilerin yaşaması için en uygun ortam olan nötr şartların sağlanması gerekir. Bir biyolojik arıtmanın verimli olarak çalışabilmesi için başta gelen en önemli şartlardan biri budur. Bunun yanında havalandırma havuzundaki bekletme süresi, havalandırma sistemi verimi, sudaki besi maddesi miktarı, suyun sıcaklığı vb. birçok etmen bulunmaktadır. Havalandırıcı olarak blower ve difüzör sistemi seçilmiştir. Bunun yanında birçok yüzeysel havalandırma sistemi de mevcuttur. Havalandırma havuzunda uygun bekletme süresi alınmış ve sudaki oksijen konsantrasyonu bir oksijenmetre ile kontrol edilmiştir. Ayrıca ince kabarcıklı hava veren difüzörler kullanılmıştır. Ayrıca havalandırma havuzuna DAP ve üre olmak üzere dozlamak maksadı ile bir dozajlama sistemi de kullanılmıştır. Havalandırma işleminin tamamlanmasını takiben atıksu cazibe ile biyolojik çöktürme havuzuna geçer. Burada 3.5 saat bekletme süresi sonunda tabanda çamur aynı kimyasal çöktürme havuzunda olduğu gibi sıyrıcı yardımı ile çamur konisine sıyrılır ve buradan çamur pompası yardımıyla büyük bir kısmı havalandırma havuzuna devrettirilirken zaman zaman (işletme koşullarında belirlenecek zamanlarda) çamur stabilizasyon havuzuna alınır. Yüzeyden savaklanan arıtılmış su ise deşarj edilir.

Çamur stabilizasyon havuzunda düşük devirde dönen bir yoğunlaştırıcı ile çamurun yoğunluğu arttırılır. Daha sonra uygun polielektrolit ile şartlandırılarak filtre prese verilir. Filtre presten çıkan süzüntü suyu dengeleme havuzuna verilirken, çamur kekleri ise katı atık olarak uzaklaştırılır.

Biyolojik arıtma tesisi için akım şeması Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Biyolojik atıksu arıtma tesisi akım şeması

BÖLÜM 5

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITIMINDA MALİYET ANALİZİ

5.1 Giriş

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kalkınmanın sonucu olarak kullanılan su ve oluşan atıksu miktarlarında hızlı bir artış olmaktadır. Suyun kullanıldığı yere bağlı olarak oluşan atıksular değişik miktar ve özelliklerde kirletici içermektedir. Herhangibir tasfiye işlemine uğramadan alıcı ortama verilen atıksular, buradaki çözünmüş oksijeni harcayarak alıcı ortamın kullanım amacını azaltmakta veya kullanılmaz hale gelmesine sebep olmaktadır. Bu sorunu önlemek amacıyla atıksuları alıcı ortama deşarj etmeden önce, kullanım amacına bağlı olarak, çeşitli arıtma kademelerinden geçirmek gerekmektedir.

Atıksu toplama ve arıtma tesisleri büyük miktarlarda yatırımı gerektiren altyapı elemanlarıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu tesisler için yapılacak olan harcamalar milli gelirin önemli bir kısmını tutmaktadır. Bu durum ekonomik dengeyi alt üst edebilmektedir. Bu sebeple bu tip altyapı yatırımlarının daha planlama safhasında maliyet analizinin yapılması, değişik alternatifler arasında teknolojik, bölgesel ve ekonomik olarak en uygununun seçilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kanalizasyon ve arıtma tesisi yatırımlarının çok pahalı olması, Türkiye’de inşa edilen ve çalıştırılmayan arıtma tesislerinin olması gibi durumlar nedeniyle henüz planlama safhasında yatırım önceliğine ve istenilen arıtma değerlerini verebilecek en ekonomik alternatifin seçimine dikkat edilmelidir. Aksi halde başlangıçta yapılacak

yanlış bir seçim telafisi zor uygulamalara yol açabilecektir. Bu sebeple yapılacak yatırımın daha planlama safhasında maliyet boyutunun belirlenmesi ve değişik alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılabilmesi gerekmektedir. Bu husus yatırım finansmanı açısından çok önemlidir.

Altyapı yatırımlarında gözardı edilmemesi gereken hususlardan birisi de maliyetin sadece ilk yatırımdan ibaret olmadığıdır. Tesis işletmeye başladıktan sonra bakım ve onarım masraflarının da dikkate alınması gerekmektedir. Planlama safhasında tüm bu maliyetlerin dikkate alınması ve ayrıca finansman açısından çözümler üretilmesi büyük önem arz etmektedir. Örneğin bir atıksu arıtma tesisinin finansmanı açısından faydalı ömür süresince kullanıcılardan aylık (veya yıllık) tahsil edilmesi gereken para da bilinmelidir.

Atıksu arıtma sektöründe çalışan proje mühendisleri belirli bir çıkış suyu kalitesini sağlayacak çeşitli arıtma prosesi kombinasyonlarıyla karşı karşıyadır. Mühendisler her zaman kısa sürede ve en düşük maliyetle istenen su kalitesini sağlayacak arıtma sistemini seçme durumundadırlar. Bu nedenlerden dolayı istenilen verimde ve ekonomik koşullarda arıtma tesisi inşaa etmek için maliyet analizi yapmak gerekli olmaktadır.

5.2 Tekstil Endüstrisinde Maliyet Analizi

Tekstil sektörü, üretim prosesi sonucu büyük miktarda kirlenmiş suyu alıcı ortama deşarj etmekte ve böylelikle gerek harcadığı su kaynağı ve gerekse kirlettiği alıcı ortam etkileri sebebiyle, evre kirliliği kontrolünde büyük önem taşımaktadır. Tekstil atıksuyunun, uygun ve yeterli arıtılması için kurulacak arıtma tesisinin, hangi proses ve ünitelerden oluşacağı kararı vermek için, aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

- Tesisin hangi yönetmelik/yönetmelikler çerçevesinde arıtma yapacağı tespit edilmelidir.
- Arıtılacak atıksu debi ve karakteri uygun parametrelerle belirlenmelidir.

- Belirlenen parametreler ile uyulacak limitler karşılaştırılmalı, ön arıtma veya tam arıtmanın hangisinin yapılacağına karar verilmelidir.
- Uygun proses, prosesler ile arıtma tesisi üniteleri dizayn edilmelidir.

Ülkemiz son yıllarda tüm dünyaya tekstil sektöründe hizmet vermektedir. Gelişmiş ülkelerde, işçilik ücretlerinin fazla olması ve bu sektörde çok miktarda atıksu oluşmasından dolayı bu ülkeler genelde yarı mamüllu (işlenmiş, boyanmış, baskı yapılmış) ithal ederek bunları kullanmakta ve tekrar bu ürünleri ihraç etmektedir. Dolayısı ile kendi ülkelerinde bu işlemi yapmaları yerine üçüncü dünya ülkelerinden çok daha ucuza mal etmekte ve çok miktarda atıksu sorunlarını da ortadan kaldırmaktadırlar.

Ülkemizde birçok irili ufaklı boyahaneler bulunmaktadır. Bunlar gerek kendi ihtiyaçları için gerekse fason boyamalar yapmakta, isteğe bağlı olarak bazıları da baskı yapmaktadır. Bu fabrikaların atıksu miktarları yaklaşık olarak 100-6000 m³/gün arasında değişmektedir. Tekstil endüstrisinde birçok alt kategori bulunmaktadır ve bu kategorilere göre oluşan atıksu miktarın değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada tekstil endüstrisinin herbir alt kategorisine hitap edecek arıtma alternatiflerinin maliyeti ortaya konulmaya çalışılacaktır. Bu çalışmada incelenecek debi aralığı 1000-5000 m³/gün olacaktır.

5.3 Maliyet Analizinin Standart Elementleri

Bir atıksu arıtma tesisinin maliyet analizi yapılırken tesis üç aşamada incelenmelidir. Bunlar;

- 1) İnşaat işleri maliyeti
- 2) Mekanik işler maliyeti
- 3) İşletme giderleridir.

Bu aşamaların hepsi tek tek incelenerek tüm fiyatlar kendi içerisinde karşılaştırıldıktan sonra toplamı değerlendirilmelidir.

5.4 Maliyet Detaylarının Belirlenmesi

Arıtma tesisinde maliyet analizinin yapılacağı üniteler tespit edilmelidir. Maliyet analizini yapacak kişi mutlak olarak tesisle ilgili ön bilgileri edinmeli, akım şemasını, atıksuyun giriş ve çıkış karakteristiklerini bilmelidir.

5.5 Maliyet Hesap Metodu

Her maliyet hesap analizi belirli bir prosedür içermelidir. Maliyet hesapları incelenirken dizayn esasları, yatırım maliyeti, değişken ve sabit işletme maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

5.5.1 Dizayn Esasları

Arıtma tesisi ünitelerinin hangi değerler esas alınarak dizayn edildiği, bu hesapların hangi koşullarda geliştirildiği incelenir. Arıtma tesisi için tespit edilen giriş ve çıkış suyu değerleri esas alınır.

5.5.2 Yatırım Maliyetleri

Maliyet faktörlerini göstermektedir. Bunlar yatırım maliyetine dahil olan ekipmanları ve yatırım tarihindeki standart mühendislik maliyet endekslerini tanımlamaktadır.

5.5.3 İşletme ve Bakım Maliyetleri

İşletme ve bakım maliyetleri başlıca iki grupta toplanır.

5.5.3.1 Değişken Maliyetler

Bu maliyetler arıtma tesisinin büyüklüğüne, arıtmanın kalitesine göre değişmektedir. Enerji, kimyasal madde, proses suyu yakıt maliyetleri buna dahildir. Bu bölüm teknik olarak en kompleks olan kısımdır ve maliyetin önemli bir miktarı tesisin performansından ve büyüklüğünden etkilenmektedir.

5.5.3.2 Sabit Maliyetler

Bunlar; işçi, yönetim, tamir, vergi ve sigorta gibi kalemlerdir. Bu maliyetler tesisin performansından etkilenmemektedir.

5.5.4 Diğer Maliyetler

Bu maliyetler doğrudan tesis ile ilgili olmayıp hizmet binaları, mühendislik hizmetleri v.b. olan kalemlerdir.

Bir maliyet analizi çalışmasına başlarken şu sıralamaya dikkat edilmesi gerekmektedir. Atıksuyun kaynağı, giriş suyu, analiz değerleri, debi miktarları, arıtma prosesleri, çıkış suyu standartları seçilerek daha sonra fiyat karşılaştırılmasına gidilmelidir.

BÖLÜM 6

ARITMA TESİSİ MALİYETLERİ ve ARITMA MALİYETİNİN BİRİM ÜRETİM MALİYETİNE ETKİSİ

6.1 Arıtma Tesisli Maliyetleri

Türkiye şartlarında tekstil endüstrisi tesislerinin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri hakkında yapılmış bazı çalışmalar ve literatür çalışmaları mevcut bulunmaktadır. Bu çalışmada çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmış maliyet analizleri değerlendirilmiş, aynı zamanda gerek arıtma tesisi yapan kuruluşlardan, gerekse arıtma tesisi kurduran ve işleten fabrikalardan elde edilen maliyet verileri birarada değerlendirilerek, arıtma maliyetlerinin üretim maliyetlerine etkisi araştırılmıştır.

Cengiz (4) yaptığı çalışmada tekstil endüstrisi atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan atıksu arıtma sistemlerinin maliyet analizini yapmıştır. Bu çalışmada çeşitli debiler için kimyasal+biyolojik ve biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin inşaat, mekanik ekipman, işletme ve bakım maliyetlerini ayrı ayrı hesaplanmış, ayrıca inşaat, mekanik ekipman, işletme ve bakım bileşenlerini vermiştir. Başka bir çalışmada Yılmaz (49) çeşitli debiler için OSB’de en uygun ve uygulanabilir arıtma tesislerinin maliyet analizini yapmış; ayrıca OSB’leri için herbir endüstrinin katılım payı yaklaşımını ortaya koymuştur. Bir diğer çalışmada Tuna (50) çeşitli debiler için değişik atıksu arıtma tesislerinin debi-maliyet ilişkilerini incelemiştir.

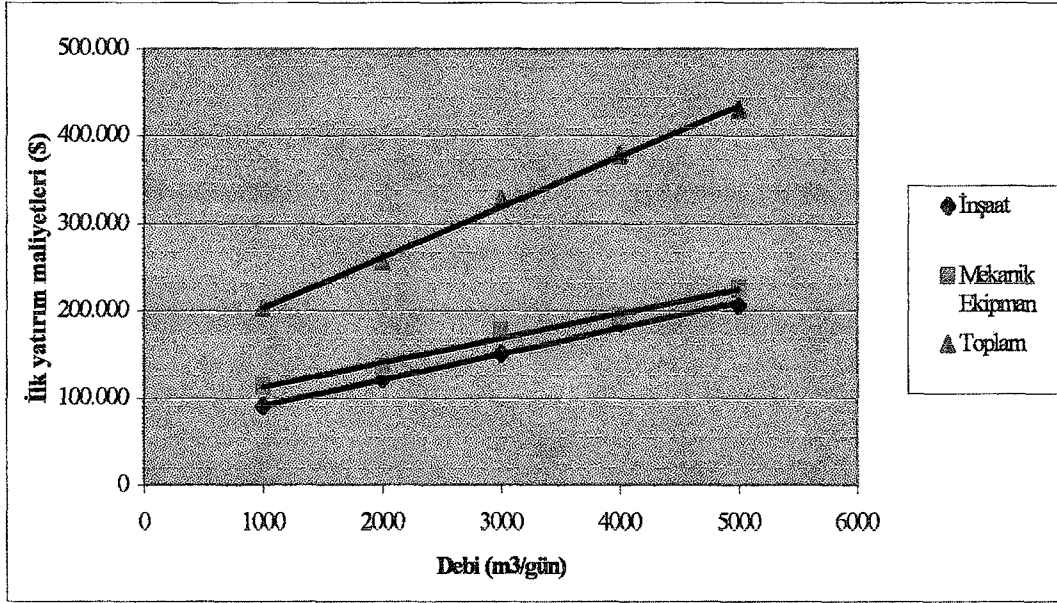
Ülkemizdeki yüksek enflasyon hususu dikkate alınarak maliyet verileri uluslararası geçerliliği olan ABD Doları cinsinden verilmeye çalışılmıştır. Maliyetlerin dolar cinsinden verilmesi ileriye dönük çalışmalar için, bu çalışmanın anlamını muhafaza etmesine de yardımcı olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada tesislerinin maliyeti verilirken 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 m³/gün debilerine göre verilmiştir. Maliyet hesaplamaları Bölüm V' de verilen esaslara göre olacaktır.

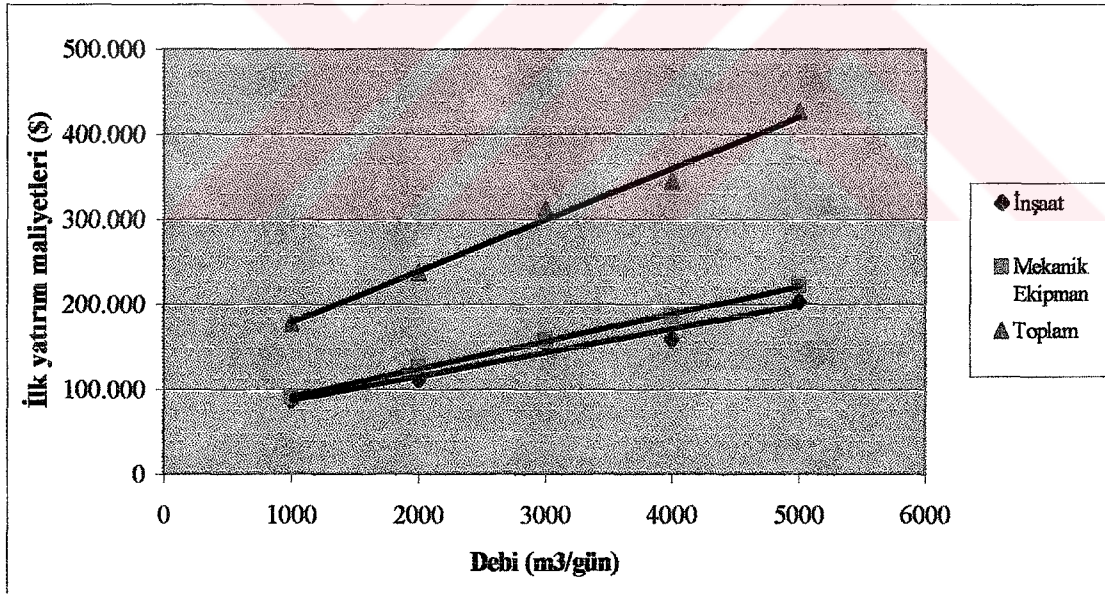
6.1.1 İlk Yatırım Maliyetleri

Tekstil atıksularının arıtılmasında kullanılan arıtma sistemleri için arıtma maliyetleri arıtma tipine göre ve kullanılan ekipmanın cinsine göre çeşitlilik göstermektedir. İthal ekipmanlar kullanıldığı zaman maliyetlerde gözle görülür bir artış olmaktadır.

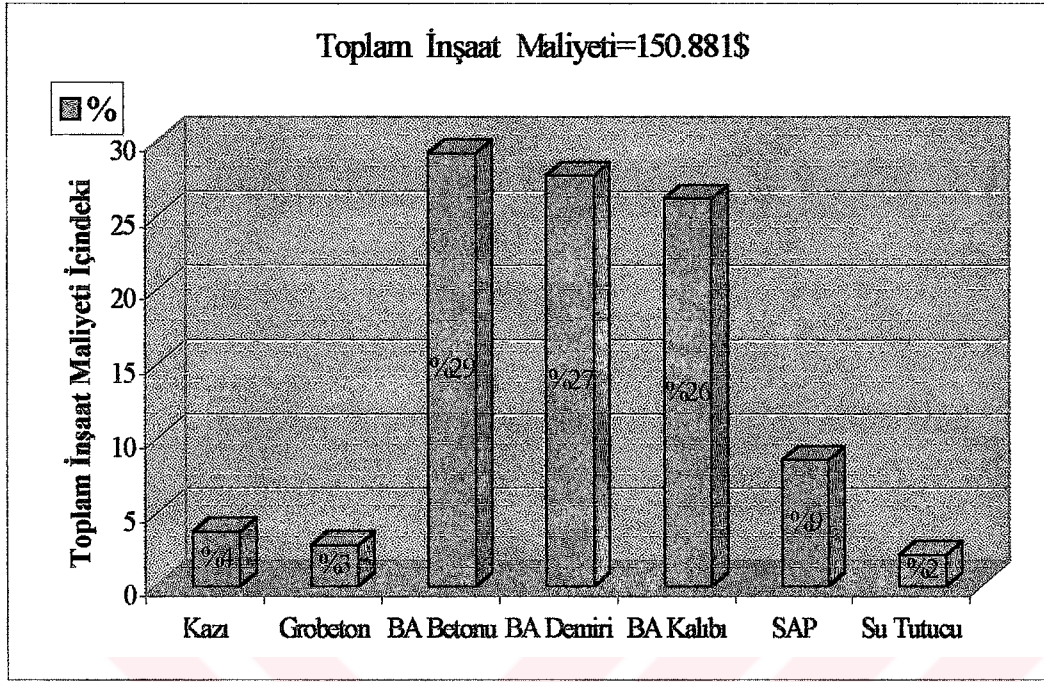
Cengiz (4)'in yapmış olduğu çalışmasından alınan ilk yatırım maliyetlerine ilişkin yapılan hesaplamalar tarafımızdan grafik çizimleriyle yorumlanmaya çalışılmış bulunan sonuçlar Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de verilmiştir. Grafik çizimlerinde kullanılan veriler ise Ek Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca bilgi edinilmesi açısından 3000 m³/gün atıksu debisi için bu ilk yatırım maliyetleri bileşenlerinin toplam inşaat maliyeti içindeki %'si Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'de; grafik çizimlerinde kullanılan veriler ise Ek Tablo 2 ve Ek Tablo 3'de verilmiştir. Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan ekipmanların maliyeti ise 3000 m³/gün için Ek Tablo 4 ve Ek Tablo 5'de verilmiştir



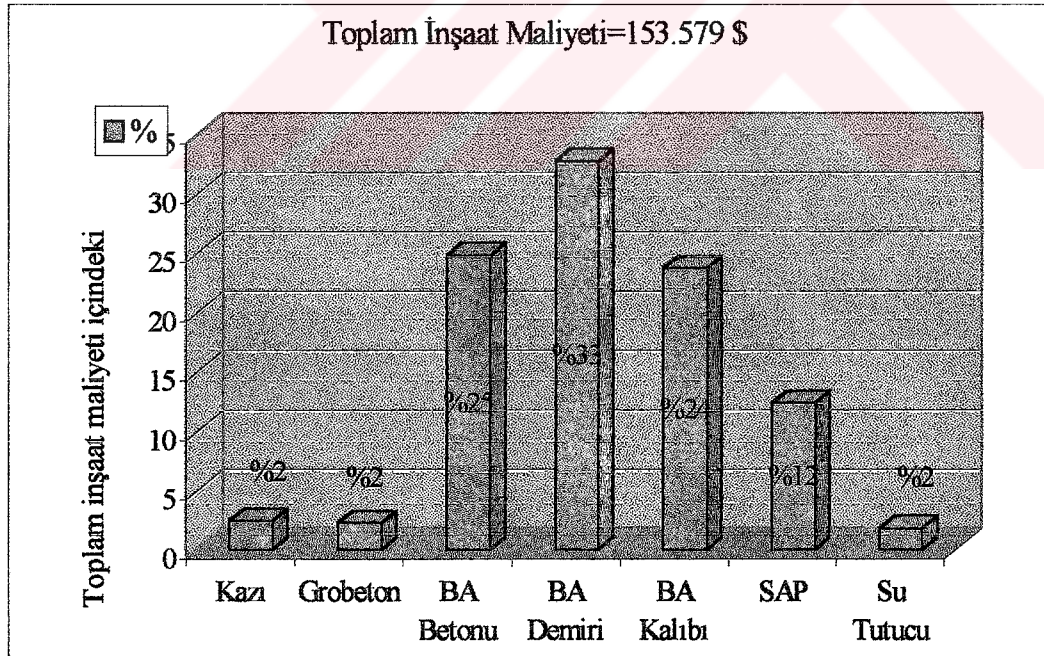
Şekil 6.1 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre ilk yatırım maliyet bileşenlerinin değişimi



Şekil 6.2 Biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre ilk yatırım maliyet bileşenlerinin değişimi



Şekil 6.3 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m³/gün atıksu debisi için inşaat maliyet bileşenlerinin % değişimi



Şekil 6.4 Biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m³/gün atıksu debisi için inşaat maliyet bileşenlerinin % değişimi

Halihazırda çalışır vaziyette olan tekstil fabrikası atıksu arıtma tesisleri ilk yatırım maliyetleri hakkında yetkililerinden bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Bu veriler Tablo 6.1’de; 3000 m³/gün atıksu debisinde kimyasal+biyolojik arıtma tesisi için kullanılan ekipmanların ayrıntılı listesi ise Tablo 6.2’de verilmiştir. Ayrıca endüstriyel atıksuların arıtılması yönünde faaliyet gösteren çeşitli firmalardan, tekstil endüstrisi atıksuları için yapılmış atıksu arıtma tesisleri ile ilgili ilk yatırım maliyet değerleri elde edilmiştir. Tekstil endüstrisinde kullanılan biyolojik atıksu arıtma tesislerine ait boyutlandırma ve ilk yatırım maliyetleri Tablo 6.3’de verilmiştir.

Kimyasal+biyolojik ve biyolojik arıtma tesisleri için Cengiz (4), tekstil fabrikalarına arıtma tesisi yapan firmalardan alınan değerler ve doğrudan tekstil fabrikalarından alınan ilk yatırım maliyetleri birarada görülebilmesi açısından Tablo 6.4’de verilmiş ve Şekil 6.5’de biyolojik arıtma için Şekil 6.6’da kimyasal+biyolojik arıtma için grafik olarak ifade edilmiştir.

Tablo 6.1 Tekstil endüstrisinde kullanılan atıksu arıtma tesislerine ait ilk yatırım maliyetleri

Q (m ³ /gün)	İlk Yatırım Maliyet (\$)	
	Biyolojik Arıtma Sistemi	Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi
1000	140.000	195. 000
1500	170.000	215.000
2000	180. 000	250. 000
3000	215. 000	300. 000
4000	260. 000	360. 000
5000	360. 000	410. 000
6000	390. 000	445. 000

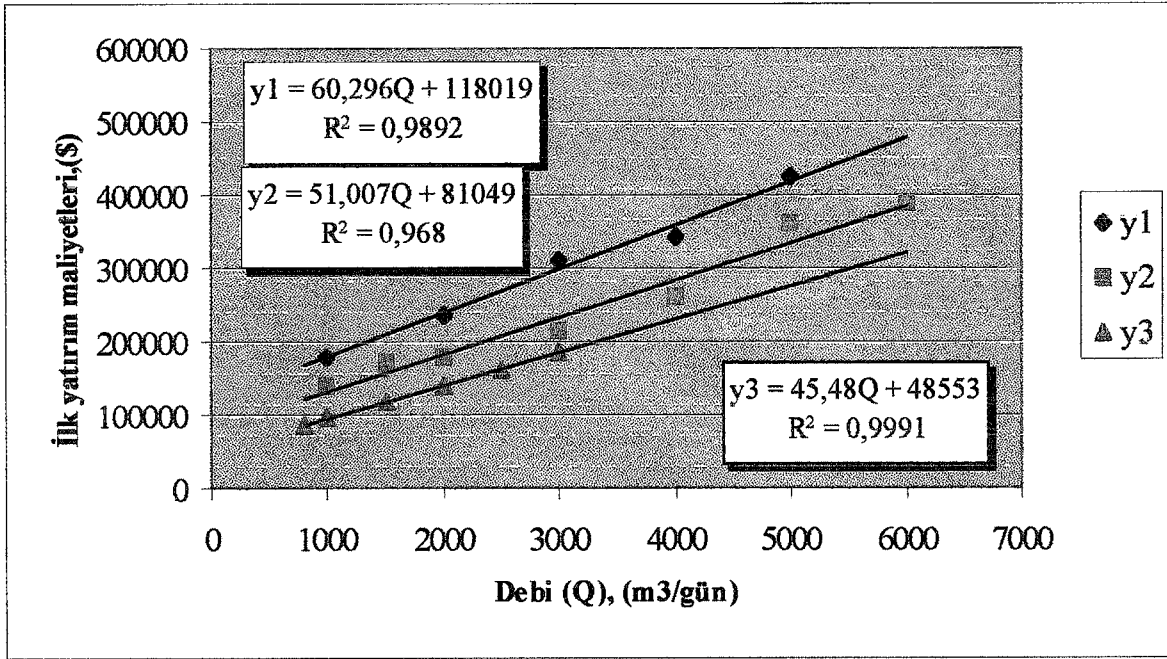
Tablo 6.2 Kimyasal+biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için ekipman maliyetleri

Malzeme	Miktar	Birim	Birim Fiyatı,DM	Toplam Fiyat,DM
Proje	1	Ad.	10.307	10.307
Montaj	1	Ad.	22.076	22.076
Nakliye	1	Ad.	2.209	2.209
İşletmeye Alma	1	Ad.	2.209	2.209
Kumanda Panosu	1	Ad.	18.257	18.257
Saha Şalt Malzemesi	1	Ad.	2.815	2.815
Boru+Vana	1	Ad.	50.534	50.534
Blower Borulaması	1	Ad.	151.368	151.368
Çelik İşleri	1	Ad.	2.508	2.508
Elektrik Tesisat İşleri	1	Ad.	17.246	17.246
Kaba Izgara	1	Ad.	405	405
Çöktürme Sıyırıcısı	1	Ad.	18.156	18.156
Yoğunlaştırıcı	1	Ad.	11.368	11.368
Filtre Pres	1	Ad.	70.800	70.800
Şart.Tankı Flokülatörü	1	Ad.	1.260	1.260
Statik Mikser	1	Ad.	315	315
Asit Tankı	1	Ad.	1.960	1.960
Dap Tankı	1	Ad.	1.025	1.025
Üre Tankı	1	Ad.	1.025	1.025
FeCL ₃ Tankı	1	Ad.	1.025	1.025
Kireç Tankı	1	Ad.	1.750	1.750
Labaratuvar Malz.	1	Ad.	11.933	11.933
İnce Izgara	1	Ad.	24.000	24.000
Dengeleme Terfi Pomp.	3	Ad.	3.240	9.720
Dengeleme Dalgıç Miks.	1	Ad.	3.929	3.929
Dengeleme Flojeti	1	Ad.	4.420	4.420
Geri Devir Pompaları	2	Ad.	4.417	8.834
Süzüntü Suyu Pompası	2	Ad.	1.065	2.130
Nötralizasyon Tankı Miks.	1	Ad.	6.300	6.300
Selektör Tankı Mikseri	1	Ad.	6.300	6.300
Dap Tankı Karıştırıcısı	1	Ad.	1.500	1.500
Ürea Tankı Karıştırıcısı	1	Ad.	1.500	1.500
FeCL ₃ Tankı Karıştırıcısı	1	Ad.	2.380	2.380
Kireç Tankı Karıştırıcısı	1	Ad.	4.400	4.400
Havalandırma Bloweri	3	Ad.	28.057	84.171
Asit Dozlama Pompası	1	Ad.	1.095	1.095
Dap Dozlama Pompası	1	Ad.	878	878
Ürea Dozlama Pompası	1	Ad.	878	878
FeCL ₃ Dozlama Pompası	1	Ad.	2.670	2.670
Kireç Dozlama Pompası	1	Ad.	3.512	3.512
Hav. Difüzörleri	442	Ad.	66	29.127
Filtre Pres Besleme Pomp.	1	Ad.	6.750	6.750
Yoğun Çamur Pompası	2	Ad.	700	1.400
pH Metre	1	Ad.	1.190	1.190
O ₂ Metre	2	Ad.	1.875	3.750
Debimetre	1	Ad.	1.412	1.412
Flatör	12	Ad.	60	720
Toplam				585.562 DM
Toplam				300.000 \$

Tablo 6.3 Tekstil endüstrisinde kullanılan biyolojik arıtma tesislerine ait boyutlandırma ve ilk yatırım maliyetleri.

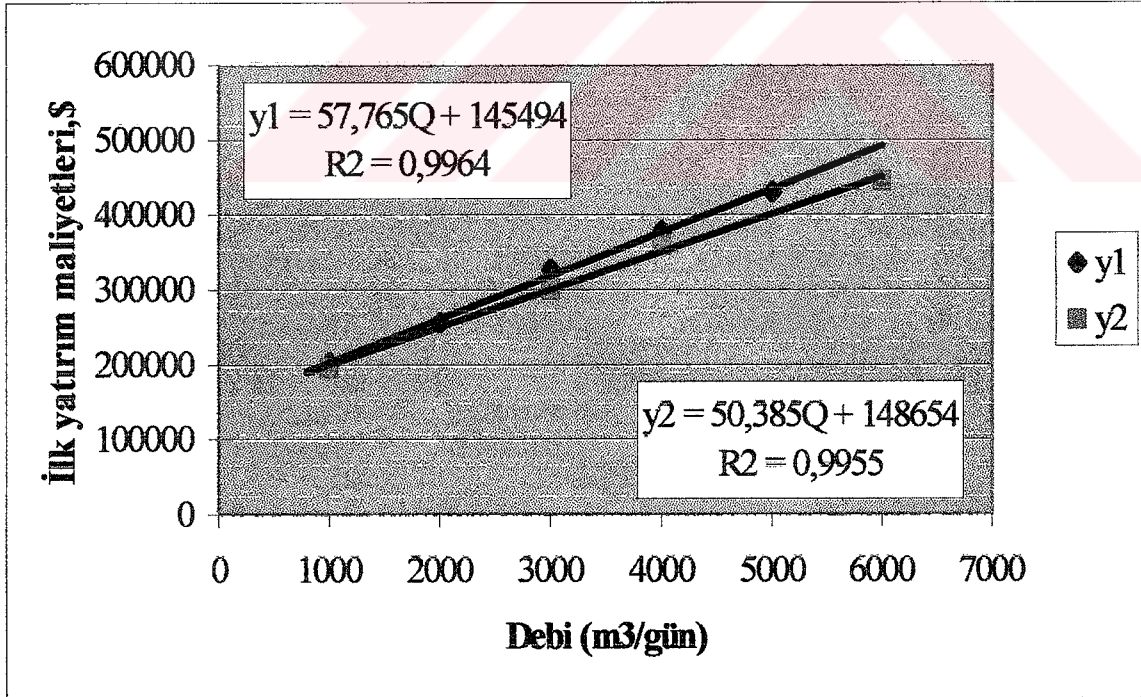
Aritma Üniteleri	Birim	Boyutlandırma, (Debi, m ³ /gün)						Maliyet (DM), (Debi, m ³ /gün)					
		800	1000	1500	2000	2500	3000	800	1000	1500	2000	2500	3000
Dengeleme havuzu hacmi	m ³	200	250	375	500	625	750						
Havalandırma havuzu hacmi	m ³	800	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000						
Havalandırma havuzu çapı	m	22	24	30	34	38	42						
Çöktürme havuzu çapı	m	9,2	10,3	12,6	14,6	16,3	17,8						
Yoğunlaştırıcı çapı	m	3	4	4	4	5	5						
BOL-giriş	mg/lt	700	700	700	700	700	700						
BOL yükü	kg/gün	560	700	1.050	1.400	1.750	2.100						
O/C yükü		2	2	2	2	2	2						
Gerekli oksijen	kg/gün	1.120	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200						
Gerekli aeratör gücü	Kw	31	39	58	78	97	117						
Seçilen aeratör	Kw	18,5	15	15	18,5	18,5	15	14.420	19.750	26.320	36.050	43.260	52.640
	Adet	2	3	4	5	6	8						
Çamur miktarı	kg KM	196	245	368	490	613	735						
	m ³ /saat	0,33	0,41	0,61	0,82	1,02	1,23						
	m ³ /gün	1,05	1,31	1,96	2,61	3,27	3,92						
Dengeleme hav. karıştırıcısı	Kw	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8.375	8.375	8.375	8.375	8.375	8.375
	Adet	1	1	1	1	1	1						
Hydrasieve (Elek)	mm	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5						
	m	0,9	0,9	1,20	1,80	1,80	1,80	8.500	8.500	8.500	8.500	8.500	17.000
	Adet	1	1	1	1	1	2						
Terfi pompası	m ³ /saat	37	46	69	92	115	138	1.650	1.905	2.700	3.750	6.600	7.635
	ms	8	8	8	8	8	8						
Geri devir pompası	m ³ /saat	33	42	63	83	104	125	1.590	1.590	2.400	3.300	3.900	4.485
	ms	1	1	1	1	1	1						
PH kontroler		2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
Asit doz.	lt/saat	10	20	25	30	40	50	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150	1.150
Sıyırıcı	m	6,0	6,5	8	9	9,5	10,5	7.480	7.480	8.140	8.140	8.800	8.800
Çamur pomp.	m ³ /saat	1	1	1,5	2	2	2	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
Yoğunlaştırıcı	m	3	4	4	4	5	5	7.480	7.480	7.480	7.480	8.140	8.140
Polielektrolit tüketimi	kg/gün	0,78	0,99	1,47	1,96	2,45	2,94						

Polielektrolit tankı	m ³	1	1	2	2	3	3	600	600	1.000	1.000	1.000	1.400	1.400
PE mixer	Kw	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	900	900	900	900	900	900	900
PE dozlama	lt/sat	33	41	61	82	102	123	1.125	1.200	1.275	1.350	1.425	1.500	1.500
Savak (çöktürme)	m	28	31	38	444	49	54							
	Kg	955	1.068	1.308	1.511	1.689	1.850	2.775	3.102	3.799	4.387	4.905	5.373	5.373
Savak (yoğunlaştırma)	m	9	12	12	12	15	15							
	kg	207	276	276	276	346	346	602	803	803	803	1.004	1.004	1.004
Kazı	m ³	1.000	1.200	1.700	2.300	2.900	3.500	2.700	3.240	4.590	6.210	7.830	9.450	9.450
Grobeton	68.42 m ³	45	57	84	112	140	167	3.707	4.657	6.914	9.169	11.481	13.734	13.734
Beton	71.93 m ³	230	277	375	469	563	647	19.840	23.883	32.410	40.481	48.627	55.836	55.836
Kalıp	m2	936	1.079	1.320	1.518	1.710	1.830	13.917	16.390	21.613	25.995	31.083	34.658	34.658
Demir	495.80 ton	18	22	32	40	51	58	10.029	12.072	17.406	21.741	27.652	31.752	31.752
Projelendirme								5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Elk. Pano malz.								3.500	4.000	5.500	7.000	8.500	10.000	10.000
Elk. Kablo								1.750	2.000	2.750	3.500	4.250	5.000	5.000
Elk. Montaj								2.800	2.800	2.800	3.500	4.250	5.000	5.000
Şantiye								5.000	7.500	8.750	10.000	11.250	12.500	12.500
Borulama								3.000	3.500	4.000	4.800	5.600	6.400	6.400
Montaj								3.000	3.000	3.500	3.500	4.000	4.000	4.000
İşletmeye alma								6.000	6.000	6.000	6.500	7.000	7.000	7.000
Diğer								9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
İnşaatlar toplamı								50.194	60.242	82.933	103.597	126.673	145.429	145.429
Ekipmanlar toplamı								69.546	76.975	89.742	105.135	121.358	144.451	144.451
Hizmetler toplamı								30.800	33.300	35.050	37.500	40.500	42.500	42.500
GENEL TOPLAM, (DM)								151.340	171.516	209.225	248.232	291.031	335.381	335.381
GENEL TOPLAM, (\$)								85.000	95.300	116.250	137.900	161.700	186.350	186.350



* Cengiz(4) yaptığı yüksek lisans çalışmasından alınmıştır. ■ Tekstil fabrikası yetkililerinden doğrudan alınmıştır. ▲ Endüstriyel atıksular için atıksu arıtma tesisi yapan firmalardan alınmıştır.

Şekil 6.5 Biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri



Şekil 6.6 Kimyasal+biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri

Tablo 6.4 Biyolojik arıtma sistemleri için ilk yatırım maliyetleri

Q (m ³ /gün)	Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi		Biyolojik Arıtma Sistemi		
	Maliyet (\$)		Maliyet (\$)		
	1 [*]	2 [□]	1 [*]	2 [□]	3 ^Δ
800					85.000
1000	202.649	195. 000	177.179	140.000	95.300
1500				170.000	116.250
2000	255.665		237.465	180. 000	137.900
2500					161.700
3000	327.470	300.000	310.443	215. 000	186.350
4000	377.696	360.000	344.109	260. 000	
5000	430.456		425.337	360. 000	
6000		445. 000		390. 000	

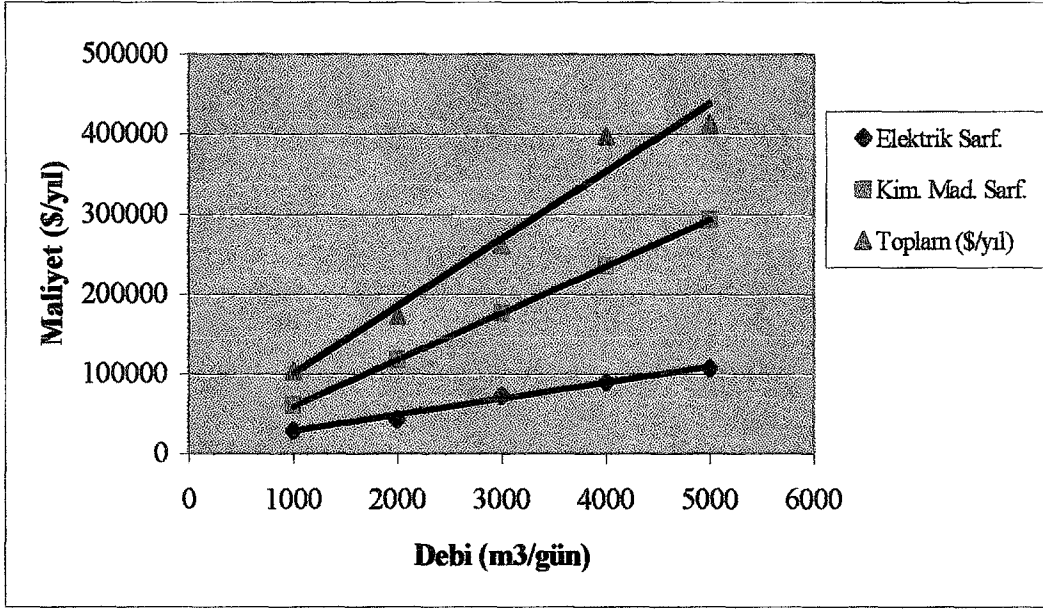
* Cengiz(4) yaptığı yüksek lisans çalışmasından alınmıştır. □ Tekstil fabrikası yetkililerinden doğrudan alınmıştır. Δ Endüstriyel atıksular için atıksu arıtma tesisi yapan firmalardan alınmıştır.

6.1.2 İşletme ve Bakım Maliyetleri

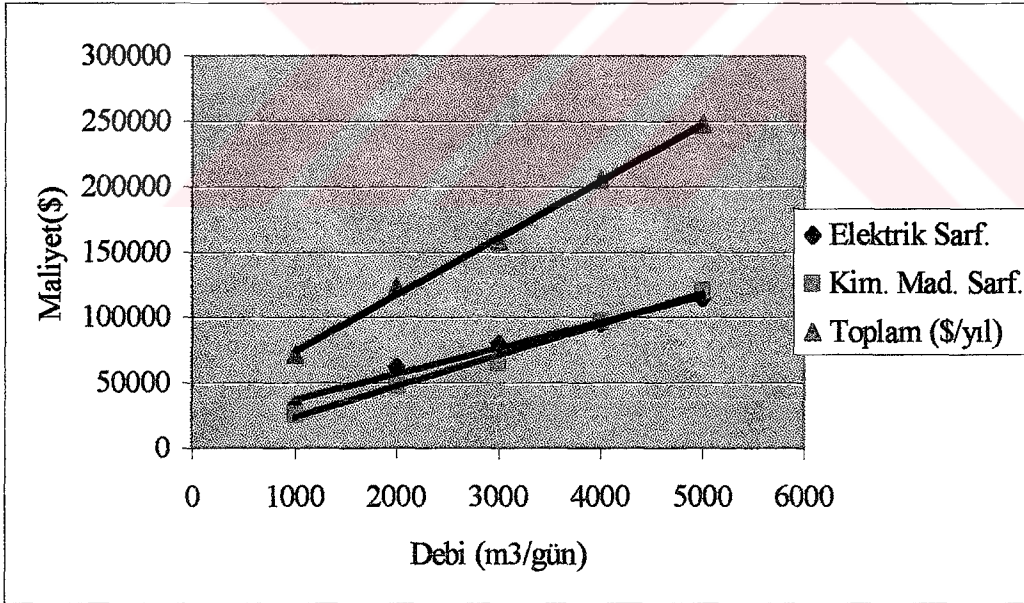
Tekstil endüstrisinde kullanılan arıtma yöntemlerinin işletme ve bakım maliyetleri doğrudan tekstil fabrikaları yetkililerinden öğrenilmeye çalışılmıştır.

Cengiz (4)'in kimyasal+biyolojik arıtma yöntemi ve tek kademe biyolojik arıtma yöntemlerinde işletmede kullanılacak olan kimyasal madde miktarlarının günlük, aylık ve yıllık tüketim miktarları ve fiyatları; kullanılan ekipmanların gün içerisindeki çalışma süresi dikkate alınarak günlük, aylık ve yıllık elektrik tüketim miktarları, ayrıca aşağıda verilen işçilik değerleri dikkate alınarak hesapladığı işletme maliyetleri tarafımızdan yorumlanarak grafik haline getirilmiş Şekil 6.7, Şekil 6.8, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da verilmiştir. Grafik çizimlerinde kullanılan veriler ise Ek Tablo 6, Ek Tablo 7, Ek Tablo 8, Ek Tablo 9 ve Ek Tablo 10'da verilmiştir. Burada elektriğin kw/saat bedeli belirlenirken Çevre Bakanlığının uygulamaya koyduğu “arıtma tesislerinde kullanılan elektriğe uygulanan 0.062\$ kw/saat’lik Yeşil Fatura bedeli esas alınmıştır. İşletme maliyetlerinde her arıtma tesisinde bulunması gereken 1 mühendis ve 2 adet işçi ücretleri de ilave edilmiştir. Buna göre işçilik ücreti olarak;

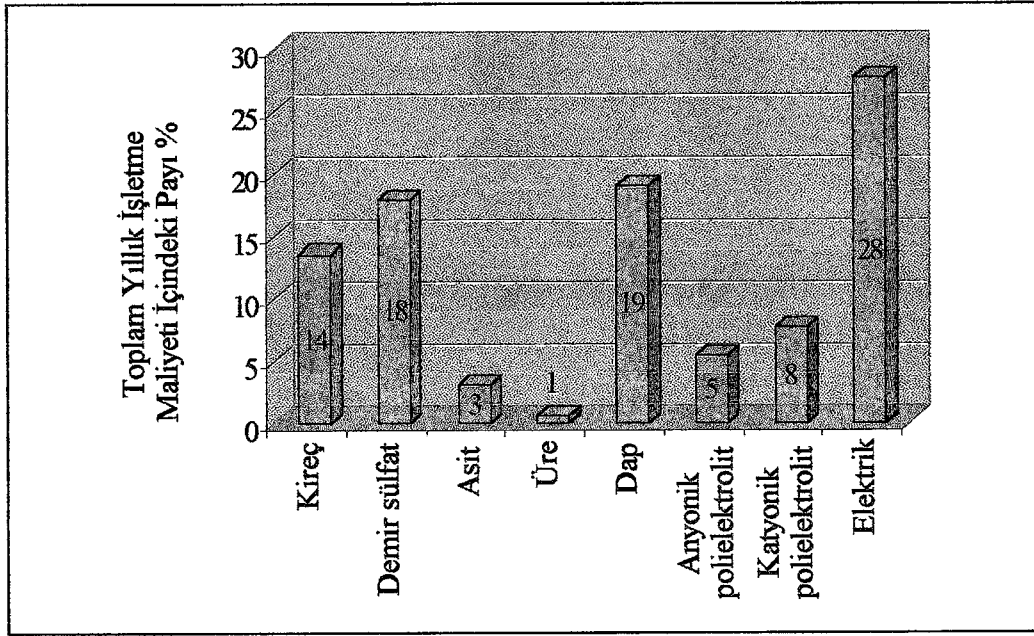
1 Mühendis ücreti :700\$/ay
 2 işçi ücreti : 200\$/ay adet olmak üzere
 Toplam :1100\$/ay ilave edilecektir.



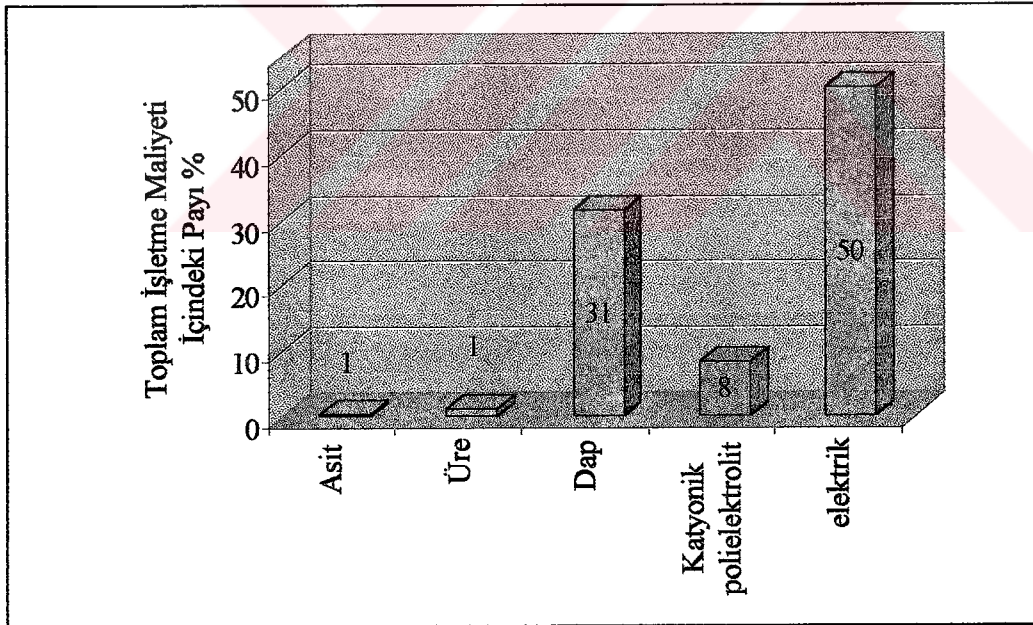
Şekil 6.7 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre işletme maliyet bileşenlerinin değişimi



Şekil 6.8 Biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre işletme maliyet bileşenlerinin değişimi



Şekil 6.9 Kimyasal+biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m³/gün atıksu debisi için kimyasal madde ve elektrik sarfiyatı maliyet bileşenlerinin % değişimi



Şekil 6.10 Biyolojik arıtma tesislerinin 3000 m³/gün atıksu debisi için kimyasal madde ve elektrik sarfiyatı maliyet bileşenlerinin % değişimi

Hali hazırda çalışır durumda atıksu arıtma tesisi olan tekstil fabrikaları yetkililerinden atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılmış ve edinilen bilgiler tablo haline getirilerek Tablo 6.5’de verilmiştir. Bu atıksu arıtma tesislerinden 1500 m³/gün atıksu debisi için ayrıntılı ilk yatırım verileri Tablo 6. 6’da verilmiştir.

Tablo 6.5 Tekstil fabrikası yetkililerinden alınan işletme maliyetleri

Q (m ³ /gün)	Biyolojik Arıtma Sistemi		Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi	
	Altkategori	Maliyet (\$/ay)	Maliyet (\$/ay)	Altkategori
1000	4	4.950		
1500	3	8.150		
2000	3	9.250		
3000	4	12.580	3.100 ^{*a}	2
4000	2	14.150		
5000	2	19.750		
6000	3	22.230	26.000 (15.590) ^{*b}	2

^{*a}Sadece biyolojik arıtması çalıştırılıyor ve elektriğini kendisi ürettiyor. Ayrıca kimyasal madde sarfıyatı az olduğu belirtiliyor. ^{*b}Sadece biyolojik arıtması çalıştırılıyor. Parantez içindeki değer biyolojik arıtma için, diğer değer biyolojik+kimyasal arıtma içindir.

² Yün yıkama, terbiye ve benzerleri SKKY Tablo10.4’e tabii, ³ dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri SKKY Tablo10.2’ye tabii, ⁴örgü kumaş terbiyesi ve benzerleri SKKY Tablo10.5’e tabii,

Tablo 6.6 1500 m³/gün atıksu debisi için ayrıntılı ilk yatırım verileri

A-ANALİZ MALİYETLERİ

1-ATIKSU ANALİZ MALİYETİ			
Parametre	Ölçüm adet/ay	Birim Maliyet,DM	Toplam Maliyet,DM
S.Klor	8	2,24	17,92
Sülfür	12	2,4	28,8
Sülfid	8	1,06	8,48
NH ₄ -N	8	5,2	41,6
T.Krom	8	5,4	43,2
KOİ	8	5,4	43,2
Fenol	8	4,6	36,8
TN	4	6,4	25,6
TP	4	5,83	23,32
		TOPLAM	268,92
Toplam Atıksu Analiz Maliyeti, \$/Ay (1\$=1.8DM)			150

2-PROSES SUYU ANALİZ MALİYETİ			
Parametre	Ölçüm adet/ay	Birim Maliyet,DM	Toplam Maliyet,DM
S.Klor	4	2,24	8,96
Sülfat	4	4,75	19
Nitrit	4	4,25	17
Çinko	4	5,5	22
Mangan	0	3,4	0
Demir	4	6,1	24,4
Bakır	4	6,6	26,4
Fenol	4	4,6	18,4
Klorür	4	4,1	16,4
		TOPLAM	152,56
Toplam Proses Suyu Analiz Maliyeti, S/Ay			85

3-KAZAN SUYU ANALİZ MALİYETİ			
Parametre	Ölçüm adet/ay	Birim Maliyet,DM	Toplam Maliyet,DM
Demir	6	6,1	36,6
Fosfat	77	5,8	446,6
Deha	80	3,8	304
Sülfat	1	4,75	4,75
Klorür	5	4,1	20,5
		TOPLAM	812,45
Toplam Kazan Suyu Analiz Maliyeti, S/Ay			450

4-İÇME SUYU ANALİZ MALİYETİ			
Parametre	Ölçüm adet/ay	Birim Maliyet,DM	Toplam Maliyet,DM
S.Klor	25	2,24	56
Sülfat	1	4,75	4,75
Nitrit	1	4,25	4,25
Çinko	1	5,5	5,5
Mangan	0	3,4	0
Demir	1	6,1	6,1
Bakır	1	6,6	6,6
Fenol	1	4,6	4,6
Klorür	1	4,1	4,1
		TOPLAM	91,9
Toplam İçme Suyu Analiz Maliyeti, S/Ay			51

B-BAKIM ve YEDEK PARÇA MALİYETLERİ

Kullanılan	Miktar, kg	Birim Maliyet, TL	Toplam Maliyet, TL
Shell Tellus 37	0	515.625	0
Mobil Gear 629	0	750.000	0
Shell Tellus 68	0,28	350.000	98.000
Shell Avania R3 Gress	0,21	1.093.750	229.687
6310-ZZ Rulman	0	13.891.000	0
6309-ZZ Rulman	0	10.658000	0
Yağ Keçesi	0	8.430.000	0
Salmastra 6'lık	0,6	8.500.000	5.100.000
Toplam Bakım ve Yedek Parça Maliyeti, TL/Ay			5.427.687
Toplam Bakım ve Yedek Parça Maliyeti, \$/Ay			13,75

C-KİMYASAL MADDE MALİYETLERİ

Kimyasal Adı	Kullanılan Miktarı	Birim Maliyet	Maliyet, TL	KDV, TL	Toplam Maliyet, TL
Sülfürik Asit	6.205	21.000	130.305.000	19.545.750	149.850.750
Polielektrolit	121x7	357.605	302.891.435	45.433.715	348.325.150
Amonyak	0,12	60.000	7.200	1.080	8.280
HCL	0,01	3.300.000	33.000	4.950	37.950
PH=4*	0,2	8.250.000	1.650.000	247.500	1.897.500
PH=7*	0,2	8.250.000	1.650.000	247.500	1.897.500
PH=10*	0,2	8.300.000	1.660.000	249.000	1.909.000
İndikatör T.	12	9.800	117.600	17.640	135.240
0,1 NH ₂ SO ₄	16,6	1.125	18.675	2.801	21.476
EDTA	42,45	8.250	350.212	52.531	402.744
Filtre Kağıdı	80	190.000	15.200.000	2.280.000	17.480.000
FeCl ₃	36	1.950.000	70.200.000	10.530.000	80.730.000
Toplam Kimyasal Maliyeti, TL/Ay					602.695.590
Toplam Kimyasal Maliyeti, \$/Ay					1.525

* Tampon çözelti. Nötralizasyon havuzundaki otomatik elektrotun kalibrasyonu için kullanılıyor.

D-AMORTİSMAN MALİYETİ

Toplam Amortisman Maliyeti, \$/Ay	955
--	------------

E-ENERJİ MALİYETİ

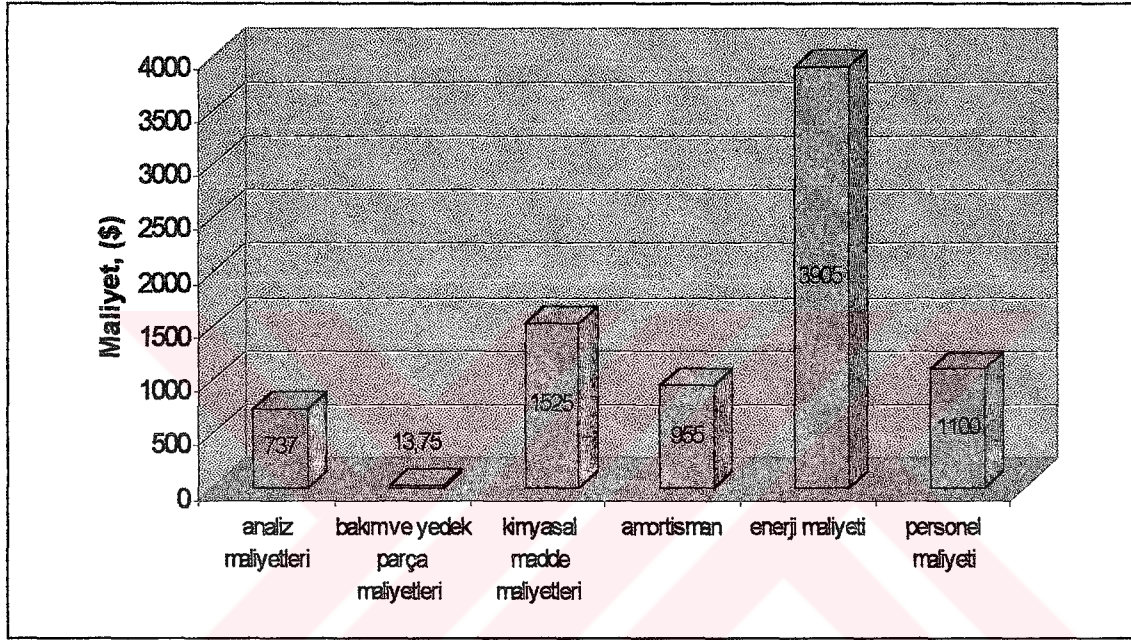
Toplam Enerji	Elektrik Birim Fiyatı	Toplam Maliyet
55.243,765	27.931	1.543.013.600
Toplam Enerji Maliyeti, \$/Ay		3.905

F-PERSONEL MALİYETİ

Toplam Personel Maliyeti, TL/Ay	434.500.000
Toplam Personel Maliyeti, \$/Ay	1100

Arıtma Tesisi Toplam İşletme Maliyeti, TL/Ay	3.225.615.288
Arıtma Tesisi Toplam İşletme Maliyeti, \$/Ay	8.150

Bu verilere dayanarak bir tekstil endüstrisinde işletme maliyet bileşenleri arasındaki ilişki Şekil 6.11'deki gibi elde edilebilir.



Şekil 6.11 Tekstil endüstrisinde 1500 m³/gün atıksu debisi için işletme maliyet bileşenleri

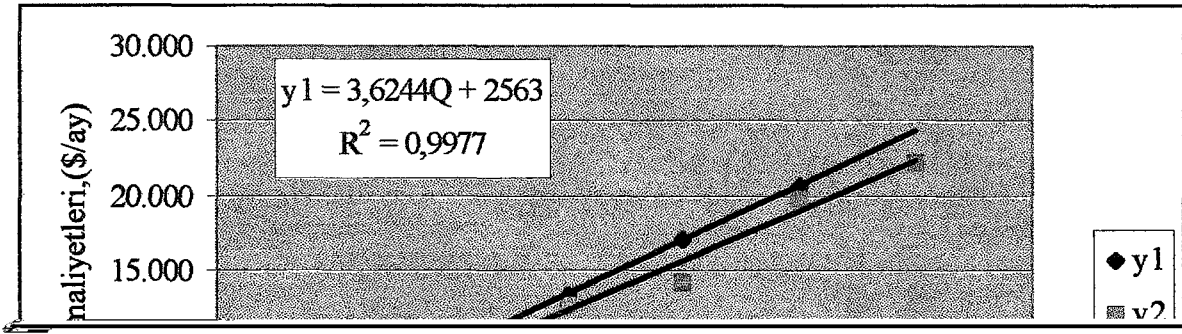
Tekstil fabrikalarının atıksu arıtımında elde edilen işletme maliyetleri Tablo 6.7' de birarada verilmiş ve bu veriler Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'de grafik olarak değerlendirilerek çizilmiştir.

Tablo 6.7 Tekstil fabrikalarının atıksu arıtımında işletme maliyetleri

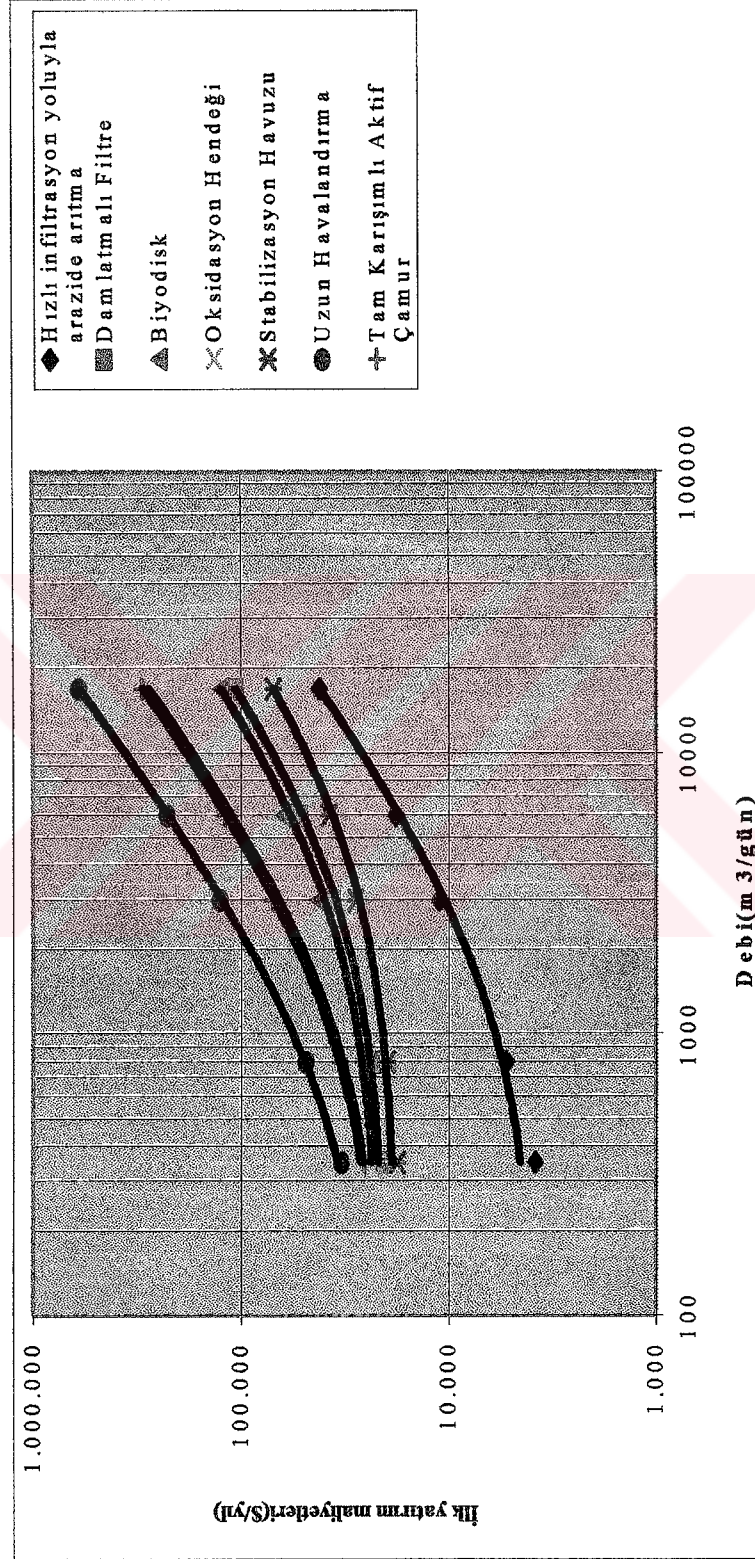
Q (m ³ /gün)	Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi		Biyolojik Arıtma Sistemi	
	Maliyet (\$/ay)		Maliyet (\$/ay)	
	Okan cengiz	Fabrikalar	Okan cengiz	Fabrikalar
1000	8.575		5.943	4.950
1500				8.150
2000	14.416		10.259	9.250
3000	21.780	3.100 ^{*a}	13.233	12.580
4000	33.090		17.103	14.150
5000	34.396		20.643	19.750
6000		26.000 (15.590) ^{*b}		22.230

^{*a}Sadece biyolojik arıtması çalıştırılıyor ve elektriğini kendisi üretiyor. Ayrıca kimyasal madde sarfiyatı az olduğu belirtiliyor. ^{*b}Sadece biyolojik arıtması çalıştırılıyor. Parantez içindeki değer biyolojik arıtma için, diğer değer biyolojik+kimyasal arıtma içindir.

Tuna (50) geniş bir debi aralığında değişik atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerine ilişkin yaptığı çalışmada atıksu arıtma maliyetlerini hesaplamıştır. Tekstil endüstrisinde atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetleri ile bu arıtma tesislerinin işletme maliyetlerinin karşılaştırılabilmesi açısından Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’de bu değerlere ait grafikler verilmiştir. Bu grafiklerde kullanılan arıtma şemaları Ek Şekil 1, Ek Şekil 2, Ek Şekil 3 ve Ek Şekil 4’de verilmiştir.

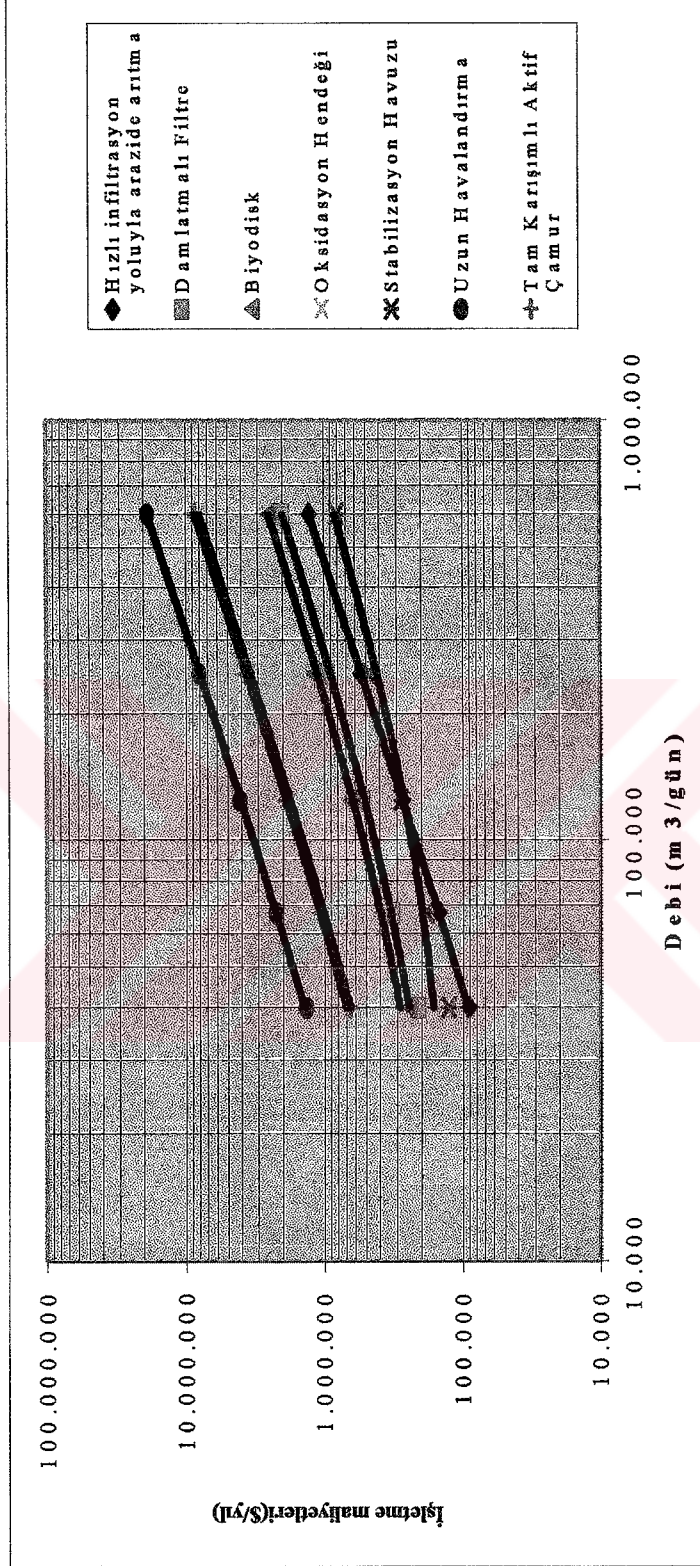


Yöntem	Debi(m ³ /gün)	Maliyet,(S/yıl)				
		350	800	3.000	6.000	17.000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	3.832	5.291	11.072	17.949	41.717	
Damlatmalı Filtre	20.414	23.422	36.072	52.143	105.823	
Biyodisk	21.352	23.355	42.194	62.342	123.527	
Oksidasyon Hendeği	24.463	31.988	66.728	112.574	277.550	
Stabilizasyon Havuzu	17.635	19.654	28.063	37.627	69.617	
Uzun Havalandırma	32.735	48.526	125.396	227.430	596.695	
Tam Karışım Aktif Çamur	25.344	33.321	70.696	119.587	297.011	



Şekil 6.14 Atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m³/gün arası debiler için işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği

Yöntem	Debi(m ³ /gün)	Maliyet,(\$/yıl)				
		40.000	67.500	125.000	250.000	600.000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma	91.013	148.838	270.864	543.622	1.277.510	
Damlalı Filtre	207.725	318.017	524.865	958.775	1.966.946	
Biyodisk	244.068	379.796	638.261	1.180.395	2.492.063	
Oksidasyon Hendeği	608.849	997.645	1.784.117	3.473.623	8.001.377	
Stabilizasyon Havuzu	127.066	183.879	279.461	473.221	809.567	
Uzun Havalandırma	1.349.848	2.235.351	4.057.918	7.995.601	18.786.409	
Tam Karışım Aktif Çamur	653.215	1.065.605	1.903.609	3.707.084	8.543.051	



Şekil 6.15 Atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için işletme-bakım maliyetleri mukayese grafiği

Bulunan bu değerler ışığında 1 m³ atıksuyun arıtılma bedelini hesaplayabiliriz. Yıllık toplam maliyetler, bir yılda arıtılan atıksu miktarlarına bölünerek, 1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli hesaplanabilir. Bunun için toplam proje maliyetinin bir yıla tekabül eden miktarı bulunmalıdır.

Toplam proje maliyetinin bir yıla tekabül eden miktarı;

$$A_y = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots 6.1$$

formülünden bulunmuştur (Karpuzcu, (51)). Bu formülde;

A_y; Bir yıla tekabül eden toplam proje maliyetini, (\$/yıl)

P ;Toplam proje maliyetini,(\$)

i ;Faiz oranını,(%)(yıllık \$ faiz oranı %8'den hesaplanmıştır.)

n ;Proje süresini,(yıl)(n=15 yıl olarak alınmıştır.)

göstermektedir. Buna göre 1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli;

$$BM = \frac{(A_y + A_i)}{Q.365} \dots\dots\dots 6.2$$

formülünden hesaplanmaktadır. Formülde;

BM; 1 m³ atıksuyun arıtılma bedeli, (\$/m³),

A_i ; Toplam işletme ve bakım maliyetini,(\$/yıl),

Q ;Debi'yi (m³/gün)

göstermektedir.

İlk yatırım ve işletme maliyetlerine ait toplam değerler ile ilk yatırım maliyetinin yıl bazında bulunan değerleri Tablo 6.8'de verilmiştir

Doğrudan tekstil fabrikalarından alınan değerlere göre biyolojik arıtma için yukarıdaki metotla hesaplanan 1m³ atıksuyun arıtma maliyetlerinin debiye göre değişimi Şekil 6.16'da verilmiştir. Yılmaz (49) yaptığı çalışmada, bir OSB'de tüm tesislerin katılım paylarının hesaplanması sonucu, tekstil endüstrisi altkategorileri

bazında 1 m³ atıksuyun arıtma maliyetinin Tablo 6.9'da verildiği gibi değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca çeşitli arıtma tesisleri için hesaplanan 1 m³ atıksuyun arıtma maliyet değerleri Şekil 6.17'de grafik olarak ifade edilmiştir. Tuna (50)'nın yaptığı çalışmada 350-40.000 m³/gün atıksu debili arıtma tesisleri için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri Şekil 6.18 ve Şekil 6.19'daki gibi grafik haline getirilerek değerlendirilmiştir.

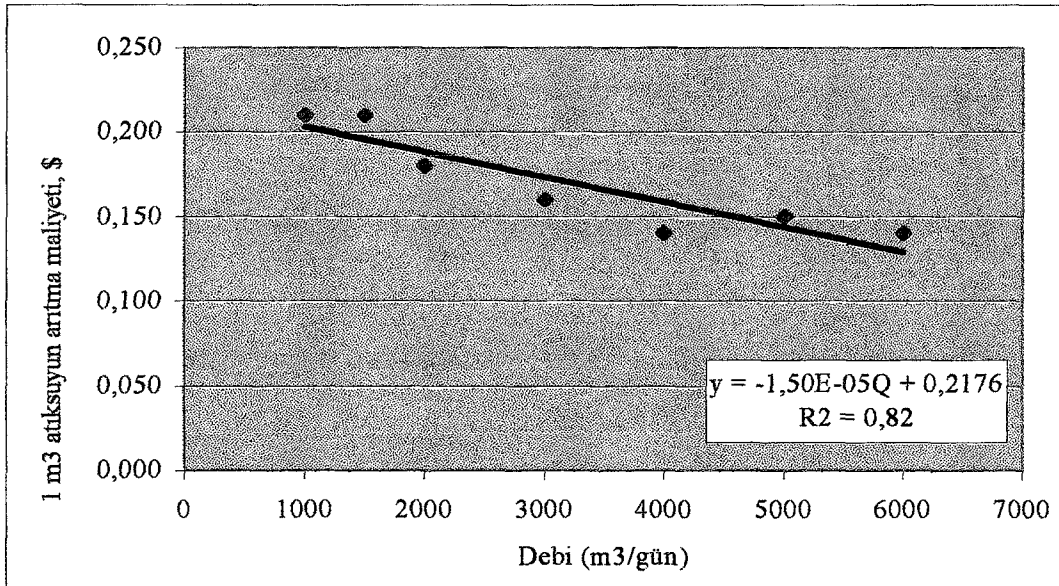
Tablo 6.8 Tekstil fabrikalarında atıksu arıtma maliyetlerinin yıl bazında bulunan değerleri

Q (m ³ /gün)	Biyolojik Arıtma Sistemi				Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi			
	Maliyet				Maliyet (\$/ay)			
	İlk Yatırım, \$	İlk Yatırım (\$/yıl)	İşletme, (\$/ay)	İşletme, (\$/yıl)	İlk Yatırım, \$	İlk Yatırım (\$/yıl)	İşletme, (\$/ay)	İşletme, (\$/yıl)
1000	140.000	16.356	4.950	59.400	195.000			
1500	170.000	19.860	8.150	97800				
2000	180.000	21.029	9.250	111.000				
3000	215.000	25.118	12.580	150.960	300.000	35.048	3.100	37.200
4000	260.000	30.375	14.150	169.800	360.000			
5000	360.000	42.060	19.750	237.000				
6000	390.000	45.565	22.230	266.760	445.000	51.989	26.000 (15.590)*	312.000 (191.520)*

Atıksu arıtma maliyetleri doğrudan tekstil fabrikası yetkililerinden alınmıştır.

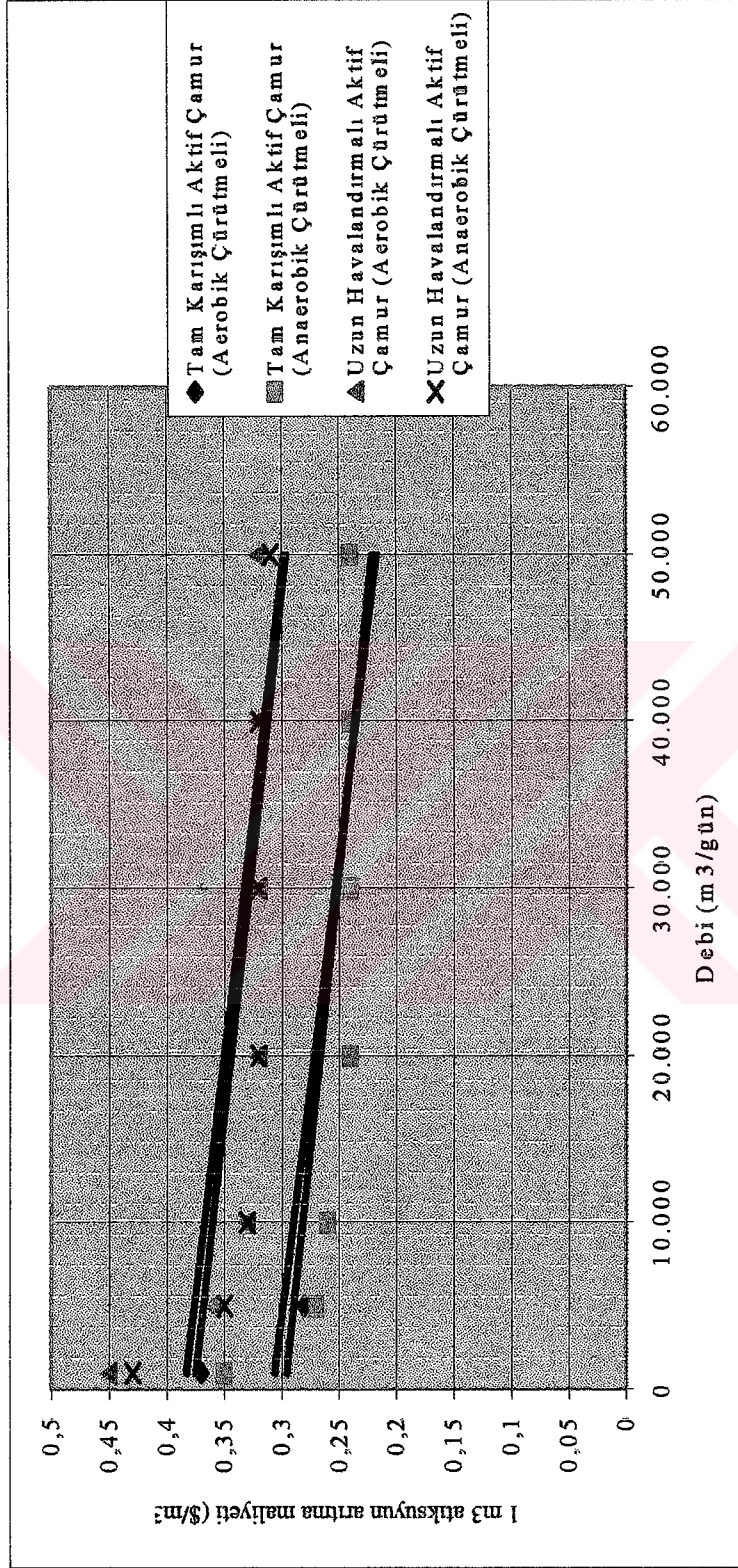
*Sadece biyolojik arıtma tesisi verilmiştir. Parantez içindeki değer biyolojik arıtma için, diğer değer biyolojik+kimyasal arıtma içindir.

m ³ /gün	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000
\$/m ³	0,208	0,215	0,181	0,161	0,137	0,153	0,143



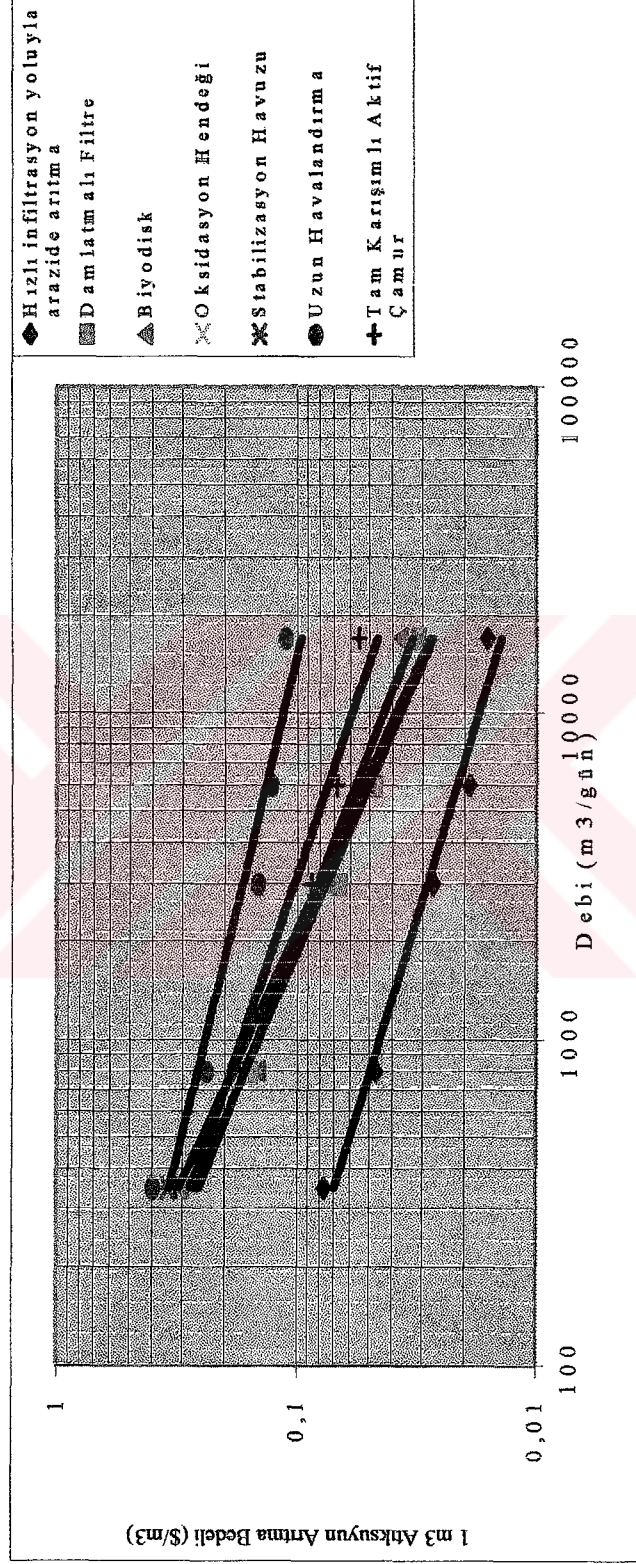
Şekil 6.16 biyolojik arıtma için 1m³ atıksuyun arıtma maliyetlerinin debiye göre değişimi

Yöntem	Debi (m ³ /gün)	1 m ³ Atıksuyun Arıtma Maliyet, (\$/m ³)							
		1.000	5.000	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	
Tam Karışım lı Aktif Çamur (Aerobik Çürütmeli)		0,37	0,28	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	
Tam Karışım lı Aktif Çamur (Anaerobik Çürütmeli)		0,35	0,27	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	
Uzun Havalandırma lı Aktif Çamur (Aerobik Çürütmeli)		0,45	0,36	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	
Uzun Havalandırma lı Aktif Çamur (Anaerobik Çürütmeli)		0,43	0,35	0,33	0,32	0,32	0,32	0,31	



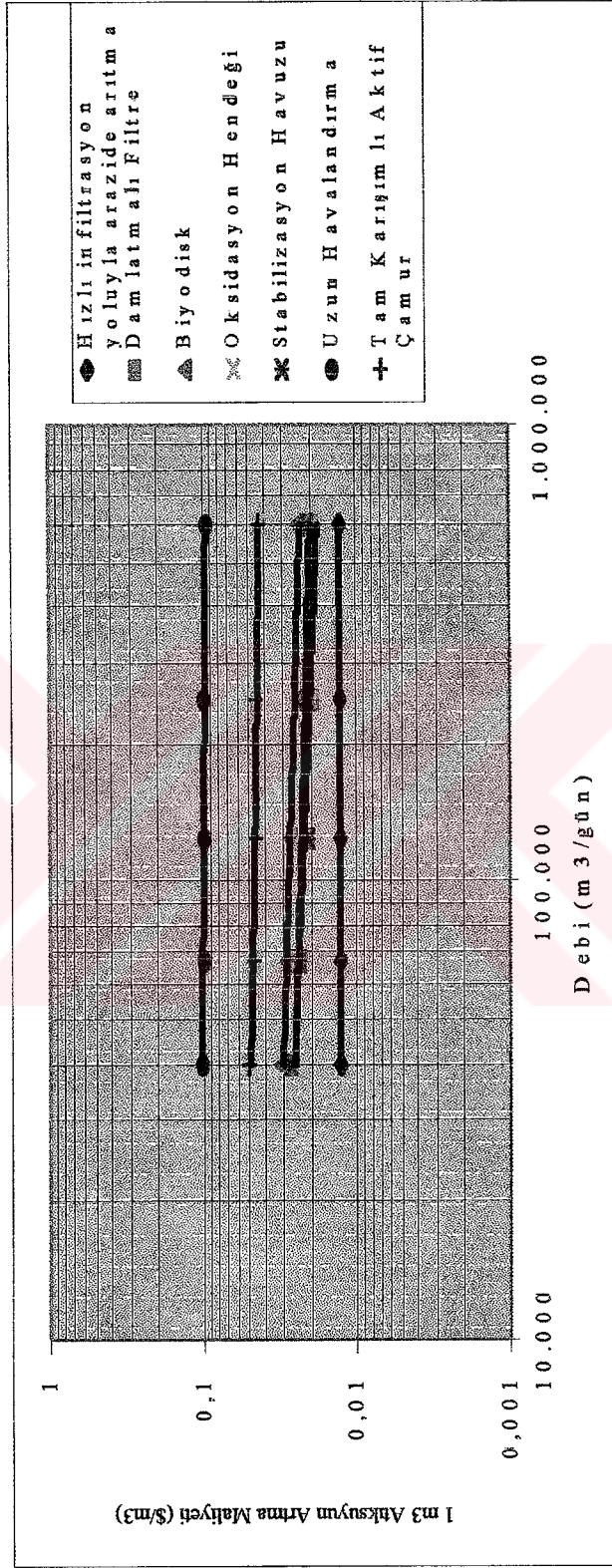
Şekil 6.17 Bir OSB atıksu arıtma tesisinde 1.000-50.000 m³/gün atıksu debisi için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği

Yöntem	1 m ³ Atıksuyun Arıtma Maliyet, (\$/m ³)				
	Debi(m ³ /gün)	350	800	3.000	17.000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma		0,077	0,047	0,027	0,019
Damlatmalı Filtre		0,301	0,156	0,066	0,047
Biyodisk		0,301	0,145	0,074	0,055
Oksidasyon Hendeği		0,325	0,177	0,087	0,068
Stabilizasyon Havuzu		0,343	0,177	0,074	0,050
Uzun Havalandırma		0,396	0,238	0,145	0,127
Tam Karışım Aktif Çamur		0,320	0,174	0,087	0,068
					0,055



Şekil 6.18 Atıksu arıtma sistemlerinin 350-40.000 m³/gün arası debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği

Yöntem	1 m ³ Atıksuyun Arıtma Maliyet,(\$/m ³)					
	Debi(m ³ /gün)	40.000	67.500	125.000	250.000	600.000
Hızlı İnfiltrasyon Yoluyla Arazide Arıtma		0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Damlatmalı Filtre		0,027	0,024	0,021	0,019	0,019
Biyodisk		0,031	0,029	0,027	0,024	0,024
Oksidasyon Hendeği		0,050	0,047	0,045	0,045	0,043
Stabilizasyon Havuzu		0,027	0,024	0,021	0,021	0,021
Uzun Havalandırma		0,103	0,100	0,098	0,098	0,095
Tam Karışım Aktif Çamur		0,050	0,047	0,045	0,045	0,043



Şekil 6.19 Atıksu arıtma sistemlerinin 40.000 m³/gün ve daha büyük debiler için birim hacim atıksu arıtma maliyetleri mukayese grafiği

Tablo 6.9 Tekstil endüstrisi altkategorileri için 1 m³ atıksuyun arıtma maliyeti (Yılmaz, 49)

Kategori	Atıksu Debisi (m ³ /gün)	1 m ³ Atıksuyun Arıtma Maliyeti (\$/m ³)
Dokunmuş Kumaş Son İşlemler	10.800	0.228
Örgü Kumaş Son İşlemler	3.000	0.227
Açık Elyaf ve İplik Üretimi	8.200	0.212
Halı Son İşlemler	350	0.222
Az Su Kullanan İşlemler	550	0.136
Doğal İpek ve Koza Üretimi	100	0.279
Tekstil Endüstrisi	23.000	0.217

6.1.3 Arıtmanın Birim üretim Maliyetine Etkisi

Biyolojik arıtma için doğrudan tekstil firmalarından alınan maliyet bilgileri Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.10 Biyolojik arıtma için üretim maliyetine arıtmadan gelen maliyet

Alt kategori	Debi (m ³ /gün)	Arıtma Tesisi Maliyeti			Üretim Maliyetine Etkisi	
		İlk Yatırım, \$	İlk Yatırım (\$/yıl)	İşletme, (\$/ay)	Arıtmadan Gelen Maliyet, (İşletme), (\$/kg)	Arıtmadan Gelen Maliyet, (İşletme+İlk Yatırım), (\$/kg)
4	1000	140.000	16.356	4.950	0,0198	0,0252
3	1500	170.000	19.060	8.150	0,02	0,0243
3	2000	180.000	21.029	9.250	0,013	0,01764
4	3000	215.000	25.118	12.580	0,01	0,012
2	4000	260.000	30.375	14.150	0,0078	0,0093
2	5000	360.000	42.060	19.750	0,008	0,0094
3	6000	390.000	45.565	22.230	0,0124	0,014

Örnek olarak, 6000 m³/gün atıksuyun arıtıldığı biyolojik arıtma tesisinin işletme giderlerinin, birim üretim maliyetine etkisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Arıtma tesisi yıllık işletme giderleri 22.230 \$/ay*12 ay/yıl=266.760\$/yıl

Fabrikada örgü boya, dokuma boya, baskı olmak üzere üç ana bölüm vardır. Herbir bölümde yıllık ortalama üretim miktarları;

Örgü Boya ; 8.179.894 kg/yıl
Dokuma Boya ; 12.710.590 mt/yıl
Baskı ; 13.911.021 mt/yıl,

olarak verilmiştir. Üretim birimlerinin aynı boya getirilmesi için 1 kilogram mamulün 2 metre kabulüyle üretim miktarları yeniden yazılacak olursa;

Örgü Boya ; 8.179.894 kg/yıl
Dokuma Boya ; 12.710.590 mt/yıl*1kg/2mt=6.355.295 kg/yıl
Baskı ; 13.911.021 mt/yıl*1kg/2mt=6.955.510 kg/yıl

bulunur. Buna göre ;

Toplam Üretilen Ürün = 8.179.894 kg/yıl +6.355.295 kg/yıl +6.955.510 kg/yıl
Toplam Üretilen Ürün = 21.490.699 kg/yıl

şeklinde bulunur.

Bu verilere göre arıtma tesisinin işletilmesinden dolayı, birim üretim başına düşen maliyet;

Arıtmadan Gelen Maliyet (AGM);

$$AGM = \frac{266.760 \$ / yıl}{21.490.699 kg / yıl} = 0.0124 \$ / kg$$

Yıllık işletme maliyetinin birim üretim maliyetine etkisi 0,0124 \$/kg olarak hesaplanır.

İlk yatırım ve işletme maliyetinin, yani toplam maliyetin birim üretim maliyetine etkisi de aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

İlk yatırım maliyetinin proje süresi boyunca eşit ödemelere bölünerek işletme maliyetine eklenmesi ile maliyetin birim üretim maliyetine etkisi şu şekilde hesaplanabilir.

Arıtma tesisi yıllık işletme giderleri $22.230 \text{ \$/ay} \times 12 \text{ ay/yıl} = 266.760 \text{ \$/yıl}$

İlk yatırım maliyetinden gelen değer $= 45.565 \text{ \$/yıl}$

Toplam maliyet $= 266.760 \text{ \$/yıl} + 45.565 \text{ \$/yıl} = 312.325 \text{ \$/yıl}$

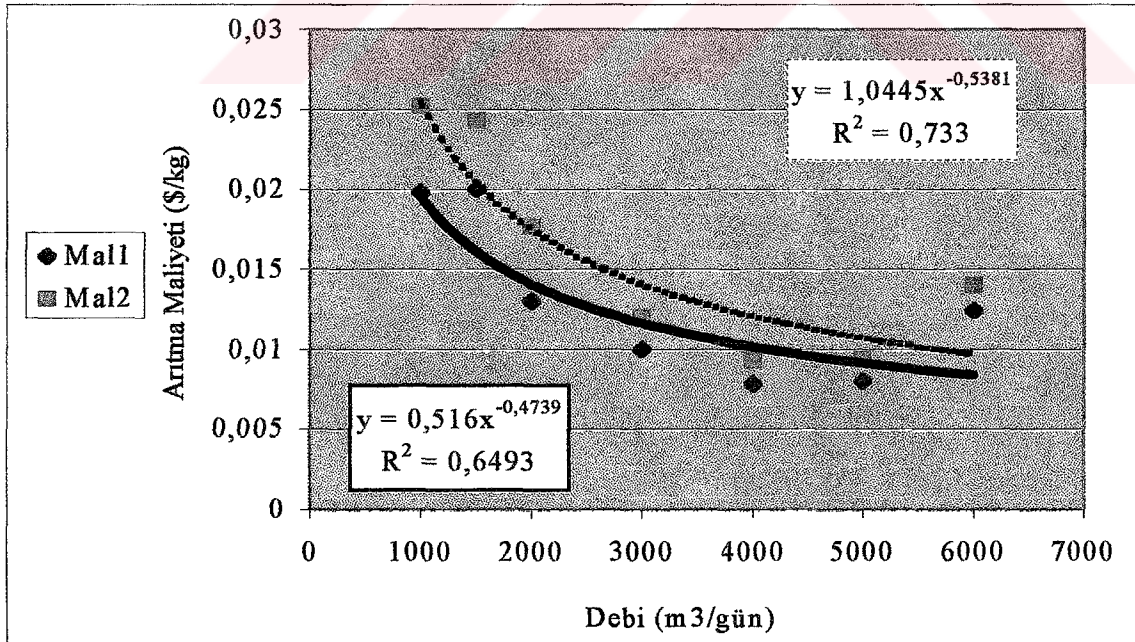
Buna göre arıtma tesisinin toplam maliyetinin, birim üretim maliyetine etkisi (TM);

$$TM = \frac{312.325 \text{ \$/yıl}}{21.490.699 \text{ kg/yıl}} = 0.014 \text{ \$/kg}$$

Yıllık işletme maliyetinin birim üretim maliyetine inşaat maliyeti dahil etkisi 0,014 \\$/kg olarak hesaplanır.

Bu değerlerden elde edilen veriler Şekil 6.20’de verilmiştir.

Debi (m ³ /gün)	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000
Mal1 (\\$/kg)	0,0198	0,02	0,013	0,01	0,0078	0,008	0,0124
Mal2 (\\$/kg)	0,0252	0,0243	0,01764	0,012	0,0093	0,0094	0,014



◆Mal1; İşletme maliyetlerine göre bulunmuştur. □Mal2; İşletme ve ilk yatırım maliyetlerine göre bulunmuştur.

Şekil 6.20 Atıksu arıtılmasının \\$ /kg olarak getirdiği maliyet

BÖLÜM 7

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında tekstil endüstrisi atıksularının arıtılması için kimyasal+biyolojik arıtma sistemi ile tek kademeli biyolojik arıtma sistemlerine ait ilk yatırım ve işletme maliyetleri, tesislerde işlenilen kumaşın birim maliyetleri elde edilmeye çalışılmış ve buna bağlı olarak tekstil endüstrisinde işlenilen ürünlerin oluşturduğu atıksuyun arıtma maliyetinin birim üretim maliyetine etkisi bulunmaya çalışılmıştır.

İncelenen arıtma tesisleri arasında farklı ilk yatırım değerleri göze çarpmıştır. Bu farklılıklar; proje safhasında yapılan kabullerin farklılığından, ekipmanların boyut ve kalite seçimindeki farklılıklardan, atıksuyun özelliğine göre spesifik ekipman kullanımı olup olmamasından kaynaklanmaktadır. İşletme maliyetlerinde ise, tekstil endüstrisinin hangi altkategorisinin atıksuyunun arıtıldığı yani arıtılacak atıksuyun özelliği maliyetin değişkenliğinde önemli rol oynamaktadır. Aynı atıksu debisine sahip tekstil altkategorilerinden çok farklı kirletici konsantrasyonlarının geliyor olması bu kirletici konsantrasyonlarının arıtılmasında farklı işletme maliyetlerine yol açmaktadır. Özellikle pH'ı yüksek olan atıksuların pH değerini azaltmak için çok miktarda asit kullanılmakta bu da işletme maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca tekstil endüstrisi altkategorilerinin kirletici yüklerinin değişkenliği ile diğer endüstri kollarından ayrılmaktadır. Herbir altkategorinin ayrı ayrı değerlendirilip ona göre araştırma yapılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Genelde, endüstriyel tesislerden özellikle üretime yönelik bilgilerin doğru bir şekilde alınmasında, ülkemiz şartlarında, zorluk çekilmektedir. Çalışmamızda mümkün olduğunca çok yerle görüşülerek en doğru veriler elde edilmeye çalışılmıştır.

İncelenen fabrikalarda doğrudan alıcı ortama deşarj yapanların genelde biyolojik arıtma yaptıkları görülmüştür. Kimyasal+biyolojik atıksu arıtma tesisi bulunan işletmelerin bazılarında çeşitli sebeplerle kimyasal arıtmanın çalıştırılmadığı görülmüştür. Kimyasal arıtma sonucu oluşan çamurun bertarafının güçlüğü, özellikle kimyasal madde sarfiyatının getirdiği işletme maliyetleri ve buna bağlı olarak ortaya çıkan işletme problemleri bu sebeplerden bazılarıdır. Bunun yanısıra, bazı fabrika yetkilileri her ne kadar proje aşamasında kimyasal+biyolojik atıksu arıtma tesisi düşünülüp uygulanmış olmasına rağmen, renk giderimi ile ilgili bir standart bulunmamasından ve işletmede biyolojik arıtmanın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki deşarj limitlerini sağladığını gördüklerinden dolayı sadece biyolojik arıtmalarını çalıştırdıklarını söylemektedirler. Ayrıca kanala deşarj yapan veya OSB'ne bir ön arıtma yapan fabrikalarda sadece kimyasal arıtmanın istenilen deşarj limitlerini sağladığı belirtilmiştir.

Atıksu arıtma tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yapılan regresyon analizlerinden debiye bağlı olarak lineer bir artış gösterdiği görülmüştür. Birim hacim atıksu arıtma maliyetlerinin debi yükseldikçe azaldığı görülmüştür. İşlenilen üründen oluşan atıksuyun arıtılmasının ürünün kiloğramına maliyet olarak etkisinin debinin artmasıyla azaldığı görülmüştür. Biyolojik arıtma için bu değerler sadece işletme maliyetleri değerlendirildiğinde 0,01 ile 0,02 \$/kg olarak bulunmuştur. İlk yatırım maliyetleri proje süresince yıllık ödemeler şekline bölünüp işletme maliyetine eklendiğinde ise sonuç çok büyük bir farklılık göstermemekte ve 0,012 ile 0,0252 \$/kg arasında değişmektedir. Bu değerler ise tekstil fabrikalarında yaklaşık ürün maliyet değerleri olarak doğrudan fabrika yetkililerinden alınan 1-3 \$/kg değerlerinin yaklaşık % 1-2'sini oluşturmaktadır.

Tekstil endüstrisi atıksuları için 1 m³ atıksuyun arıtma maliyetinin debi değeri arttıkça azaldığı; bu değer biyolojik arıtma için 0,15-0,2 \$/m³ arasında değiştiği görülmüştür.

Kimyasal+biyolojik arıtma tesisleri için yukarıda bahsettiğimiz problemlerden dolayı net olarak işletme maliyetinin öğrenilememesi ve hesap yoluyla bulunacak işletme maliyetleri değerlerinin özellikle kimyasal arıtma için çok fazla değişiklik göstereceği düşünüldüğünden birim üretim maliyetine etkisi net olarak

bulunamamıştır. Ama literatür değerleri göz önüne alınarak hesap yapıldığında yukarıda belirtilen değerlerden çok fazla olmayan değerlere ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Atıksu arıtma tesisleri için elektrik sarfiyatı önemli bir harcama kalemi olarak göze çarpmaktadır. Arıtma tesislerinin kurulmasının teşvik edilmesi ve kurulan arıtma tesislerinin daha düzenli çalışmasının sağlanması açısından Devlet tarafından, bu arıtma tesislerini çalıştıran kuruluşlara elektrik enerjisinde indirim yapılması suretiyle destek verilmesi olumlu olacaktır.

Tekstil endüstrisinde altkategoriler arasında çok değişik kirletici konsantrasyonları görüldüğü gibi aynı altkategoride de değişik kirletici konsantrasyonları; hatta aynı gün aynı işletmede değişik değerler (gün içerisinde değişik boya maddelerinin kullanılmasından dolayı) görülebilmektedir. Bu derece geniş kirletici konsantrasyonlarına sahip olan tekstil endüstrisinde, işlenilen ürünlerin özellikleri çok farklı olabildiğinden; atıksuyun arıtma maliyetinin birim üretim maliyetine etkisi hakkında çok kesin değerler söylemenin imkansız olduğu söylenilebilir. Bu çalışmada bulunan değerlerin bir fikir edinilmesi açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) **Tünay, O., (1996),** “Endüstriyel Kirlenme Kontrolü”, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- (2) **Büyükmurat, S., (1991),** “Tekstil Endüstrisi Atıksularının Biyolojik Arıtılabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- (3) **Kestioğlu, K., (1992),** “Tekstil çıkış sularından adsorplama tekniğiyle renk giderimi”, İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu, 87-97.
- (4) **Cengiz,O.O., (1997),** “Pamuklu Boyama Endüstrisinde Yaygın Olarak Kullanılan Atıksu Arıtma Sistemlerinin Maliyet Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- (5) **Tarakçıoğlu, I., (1983),** “Tekstil Terbiyesi ve Makinaları Cilt II”,Uludağ Üniv. Müh. Fak. , Tekstil Müh. Böl., Uludağ Üni. Yayın no 4-013-0094.
- (6) **Toröz, İ., (1988),** “Yün Yıkama Atıksularının Asitle Emülsiyon Kırma Metoduyla Aratılması Üzerine bir Araştırma”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- (7) **EPA., (1978),** “Environmental Pollution control”, Textile Processing Industry EPA-625/7-78-002.
- (8) **DİSC80., (1980),** “Developments In Scouring And Carbonising-1980”, Papers Presented at the Seminar, Parkville,Melbourne.
- (9) **Harker, R.P.and Rock, (1971),** “Water Conservation and Disposal in the Wool Textile Industry”, J.Soc.Dyers Colour., 87(12), 481-84.
- (10) **Venceslau, M. C., Stephenson, T., Judd, S. J., (1994),** “Characterisation of Textile Wastewater”, Environmental Technology v.
- (11) **Göknıl, M.H., Toröz İ., Çimşit, Y., (1984),** “Tekstil Endüstrisi”, T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları projesi, İTÜ.
- (12) **Lund, H.F., (1971),** “Industrial Pollution Control Handbook”, McGraw Hill.

- (13) **Patterson, J.W., (1985), "Industrial Wastewater Treatment Technology",** Second Edition.
- (14) **Doğan, Ö., (1998), "Yünlü Tekstil Endüstrisi Atıksularının Arıtılması",** Bitirme Ödevi , Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi
- (15) **Jameson, R.G. and Stewart, R.G., (1977), "The effect of Added Detergent on the Analysis of Woolscour Liquors", Jour. Text. Inst., 7, 247-48.**
- (16) **McLaren, R.G. and McDermott, J.A., (1984), "Some Effect of the Sorption of Cationic Surfactants by Wool", Jour. Text. Inst., 416-20.**
- (17) **Hamza A. and Hamoda M.F., (1980), "Multiprocess Treatment of Textile Wastewater",** In proc. 35th Purdue Indust. Waste conf., Lafayette, Ind.
- (18) **Groves G.R. and Buckley C.A., (1980), "Treatment of Textile Effluents by Membrane Separation Processes",** In Proc. 7th. Int. Symp. On Fresh Wat. From the Sea.
- (19) **McKay G., (1980), "Clour Removal by Adsorption", Dyestuff Rep. 69, 38.**
- (20) **McKay G., (1984), "The adsorption of dyestuff from aqueous solutions using the activated carbon adsorption model to determine breakthrough curves",** Chem. Engng J. 28, 95.
- (21) **Brauner, G. R., Reed, G. D., (1987), "Ekonomic Pretreatment for color removal from textile dye wastes",** In Proc. 41st Purdue Indust. Waste Conf., Lafayette, Ind.
- (22) **Paprowicz, J., Słodczyk S., (1988), "Application of biologically activated sorptive columns for textile wastewater treatment",** Envir. Technol. Lett. 9, 271.
- (23) **Snider, E. H., Porter, J. J., (1974), "Ozone treatment of textile wastes",** J. Wat. Pollut. Control Fed. 46, 886.
- (24) **Beszedits S., (1980), "Ozonation to decolor textile effluents",** Am. Dyestuff Rep. 69, 38.
- (25) **Green, J. M., Sokol, C., (1985), "Using ozon to decolor dyeing plant wastewater",** Am. Dyestuff Rep. 74, 67
- (26) **Gould, J. P., Grof. K. A., (1987), "Kinetics of ozonolysis of synthetic dyes",** Ozone Sci. Engng. 9, 153
- (27) **Lin, S. H., Lin, C. M., (1992), "Decolorization of textile waste effluents by ozonation",** J. Envir. Syst. 21, 143.

- (28) **Sheng, H. L., Chi, F. P., (1994),** "Treatment of textile wastewater by electrochemical method", *Wat. Res.* Vol 28, no: 2 p:277-282
- (29) **Gurnham, C. F., (1965),**"Industrial Waste control", Academic Press, New York
- (30) **Sheng, H. L., Ming, L. C., (1997),** "Treatment of textile wastewater by chemical methods for reuse", *Wat. Res.* Vol 31, no: 4 p:868-876
- (31) **Chao, A.C. and Yang, Wan Fa., (1981),** "Biological Treatment of Woolscuring Wastewater", *Jour. WPCF*, 53(3),311-17.
- (32) **Gibson, J.M.D., Morgan, W.V. and Robinson, B., (1979),** "Aspects of Woolscouring and Effluent Treatment", *Text.Inst. and Ind.*, 31-7.
- (33) **Başdemir, K, Yavan Ş., (1994),** "Tekstil atıksularının arıtımında saf oksijen kullanımı", İTÜ 4. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu İstanbul.
- (34) **Pala, A., (1998),** "Tekstil atıksularının istatistiksel karakterizasyonu ve kaynaktan renk giderim çalışmaları ", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, İstanbul
- (35) **Tünay, O., Kabdaşlı, I., Eremektar, G., Orhon, D., (1996),** "Color removal from textile wastewaters", *Wat. Sci. And Tecn.*, Vol. 34, no:11 ISSN 0273-1223
- (36) **Demircanlı, Ü., (1995),** "Renkli tekstil atıksularının arıtılması üzerine bir araştırma", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- (37) **Sarioğlu, M, Dean C., (1998),** "Tekstil atıksularından renk giderimi için UASB (Yukarı akışlı çamur yatağı) reaktörünün kullanılması örneği", İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu İstanbul.
- (38) **Kestioğlu K., (1992),** "Tekstil çıkış sularından adsorplama yöntemiyle renk giderimi", İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu İstanbul.
- (39) **Öztürk, M., (1986),** "Tekstil atıksuları kirlenme kriterleri", YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yaz Okulu.
- (40) **Şengül, F., (1991),** "Endüstriyel atıksuların özellikleri ve arıtılması", Dokuz Eylül Üniversitesi.
- (41) **Kor, N., (1975),** "Tekstil sanayi sıvı atıklarının zararlı etkileri ve tasfiye metotları", İTÜ Dergisi, C.33, S.41

- (42) **ADMİ, (1976)**, “Contribution of Dyes to the Metal Content of Textile Mill”, Effluents Textile Chem Colorist.
- (43) **Shubik, P. and J.L., Hartmel (1969)**, “Survey of Compounds which Have Tested for Carcinogenic Activity”, Suppl. 2, Public Health Service Publ. No.149 U.S. Govt. printing Office.
- (44) **Thompson, B., (1974)**, “The Effect of Effluent From the Canadian Textile Industry on Aquatic Organizm”, Fisheries and Marine Service Technical Report No:489.
- (45) **Toröz, İ., Altay, A., Turan, M., Kınacı, C., Demir, A., (1998)**, “İstanbul’da tekstil endüstrisinin atıksu miktar ve özellik yönünden değerlendirilmesi”, İTÜ 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu İstanbul.
- (46) Tekstil fabrikaları ile yapılan ikili görüşmelerden alınmıştır.
- (47) **Chao, A.C., Yang Wan-Fa and Tseng Sze-Kung, (1979)**, “Application of Chemical Coagulation and Land System for Improving Biological Wool Scouring Wastewater Treatment”, 34 th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 435-49.
- (48) **Hatch, L.T., Sargent, T.N., Sharpin, R.E and Wirtanen, W.T., (1973)**, “Chemical/Physical and Biological Treatment of Wool Processing Wastes”, Proceedings of the 28 th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 588-603.
- (49) **Yılmaz, E., (1996)**, “Organize sanayi bölgelerinde arıtma tesisi maliyet tahmini ve katılım paylarının belirlenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- (50) **Tuna, M., (1995)**, “Atıksu arıtma tesisleri maliyet indeksi ve debi maliyet ilişkileri”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- (51) **Karpuzcu, M., (1987)**, “Çevre Ekonomisi”, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

EKLER

Tablo 1 Kimyasal+biyolojik ve biyolojik arıtma tesislerinin çeşitli debilere göre ilk yatırım maliyet bileşenlerinin değişimi

Q (m ³ /gün)	Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi			Biyolojik Arıtma Sistemi		
	Maliyet (\$)			Maliyet (\$)		
	İnşaat	Mekanik Ekipman*	Toplam	İnşaat	Mekanik Ekipman*	Toplam
1000	89.552	113.097	202.649	86.372	90.807	177.179
2000	120.642	135.023	255.665	111.549	125.916	237.465
3000	150.881	176.589	327.470	153.579	156.864	310.443
4000	185.552	192.144	377.696	159.085	185.024	344.109
5000	205.757	224.699	430.456	202.758	222.579	425.337

*Mekanik ekipmanların seçiminde mümkün olduğunca yerli ekipmanlar kullanılmıştır. Ancak dozaj pompaları, kontrol sistemleri ve havalandırma ekipmanlarında ithal malı ekipmanlar kullanılmıştır. Tüm debilerde aynı kalitede ekipmanlar kullanılmasına rağmen debiler büyüdükçe daha ekonomik olması bakımından bazı ekipmanlar farklı seçilmiştir.

Tablo 2 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için inşaat maliyeti

Tanımlama	Birim	Miktar	Birim Fiyat,(\$)	Tutar,(\$)
Kazı	m ³	3933	1,40	5.506
Grobeton	m ³	100,1	41,80	4.184
BA Betonu	m ³	1005	43,80	44.019
BA Demiri	kg	80358	0,52	41.786
BA Kalıbı	m ²	3256,7	12,10	39.406
SAP	m ²	5833	2,20	12.833
Su Tutucu	m	760,2	4,14	3.147
Toplam, (\$)				150.881

Tablo 3 Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için inşaat maliyeti

Tanımlama	Birim	Miktar	Birim Fiyat,(\$)	Tutar,(\$)
Kazı	m ³	2663	1,40	3.728
Grobeton	m ³	81,1	41,80	3.390
BA Betonu	m ³	869,9	43,80	38.102
BA Demiri	kg	96595	0,52	50.229
BA Kalıbı	m ²	3007,8	12,10	36.394
SAP	m ²	8625	2,20	18.975
Su Tutucu	m	666,8	4,14	2.761
Toplam, (\$)				153.579

Tablo 4 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için ekipman maliyeti

Sıra No	Poz No	Malzeme	Miktar	Birim	Birim Fiyatı	Toplam Fiyat	Toplam Fiyat,\$
1		IZGARA KANALI (BETONARME)					266
	1.1	Kaba Izgara 50 mm St 37	1	Ad	133 \$	133\$	
	1.2	İnce Izgara 10 mm St 37	1	Ad	133 \$	133\$	
2		DENGELEME HAVUZU (BETONARME)					24.650
	2.1	Yüzeysel Karıştırıcı	1	Ad	11.565 \$	11.565 \$	
		22.5 kw Dubalı Aeratör		\$	11.565	-	
	2.2	Terfi Pompası	2	Ad	760 \$	1520 \$	
		125 m ³ /h 10 mss				-	
		Dalgıç				-	
		C100/240D 10Hp				-	
	2.3	Tambur Elek				-	
		180 m ³ /h DAT 240	1	Ad	11.565 \$	11.565 \$	
		1 mm aralıklı		\$	7110	-	
3		HIZLI KARIŞTIRMA HAVUZU (BETONARME)					2.021
	3.1	Redüktör	1	Ad	380 \$	380 \$	
		1.5 kw 110 d/d					
	3.2	Mil+Pervane	1	Ad	233 \$	233 \$	
		St 37 türbin tip					
	3.3	Ph metre	1	Ad	1.408 \$	1.408 \$	
		Çift set noktalı		DM	2400		
4		YAVAŞ KARIŞTIRMA HAVUZU (BETONARME)					1.908
	4.1	Redüktör	1	Ad	1.408 \$	1.408 \$	
		7.5 kw 20d/d					
	4.2	Mil+Pervane	1	Ad	500 \$	500 \$	
		Paletli St 37					
5		KİMYASAL ÇÖKTÜRME HAVUZU (BETONARME)					4.169
	5.1	Sıyırıcı	1	Ad	1.867 \$	1.867 \$	
		Çevreden Tahrikli ϕ 14					
	5.2	Redüktör	1	Ad	600 \$	600 \$	
		0.55 kw 3d/d					
	5.3	Savak AISI 304	44	m	92 \$	368 \$	
	5.4	Çamur Pompası	2	Ad	667 \$	1.334 \$	
		60 m ³ /h 5.5 hp					
6		KİREÇ TANKI (BETONARME)					2.307
	6.1	Redüktör	1	Ad	600 \$	600 \$	
		2.2 kw 100 d/d					
	6.2	Mil+Pervane	1	Ad	467 \$	467 \$	
		AISI 304 Türbin					
	6.3	Dozaj Pompası	2	Ad	650 \$	1.300 \$	
		1000 lt/h Havalı Pompa		\$	650		
7		DEMİRSÜLFAT TANKI					3.095
		5600 lt PE					
	7.1	Redüktör	1	Ad	380 \$	380 \$	

		1.1 kw 100 d/d					
	7,2	Mil+Pervane	1	Ad	467 \$	467 \$	
		AISI 304 Türbin					
	7,3	Dozaj Pompası	2	Ad	704 \$	1.408 \$	
		200 lt/h Pistonlu		LIT	1200000		
8		ANYONİK POLİ TANKI	1	Ad	1.067 \$	1.067 \$	3.482
		7500lt PE					
	8.1	Redüktör	1	Ad	540 \$	540 \$	
		2,2 kw 105 d/d					
	8,2	Mil+Pervane	1	Ad	467 \$	467 \$	
		AISI 304 Türbin Tip					
	8,3	Dozaj Pompası	2	Ad	704 \$	1.408 \$	
		250 lt/h Pistonlu		LIT	1200000		
9		NÖTRALİZASYON HAVUZU (BETONARME)					4.106
	9.1	Redüktör	1	Ad	793 \$	793 \$	
		3 kw 90 d/d					
	9,2	Mil+Pervane	1	Ad	300 \$	300 \$	
		ST 37 Türbin Tip					
	9,3	Asit Tankı	1	Ad	960 \$	960 \$	
		5000 lt					
	9,4	Asit Dozaj Pompası	1	Ad	645 \$	645 \$	
		100 lt/h		LIT	1100000		
	9,5	Ph Metre	1	Ad	1,408 \$	1,408 \$	
		Tek Set Noktalı		DM	2400		
10		HAVALANDIRMA HAVUZU (BETONARME)					32.890
	10,1	Blower	2	Ad	11.600 \$	23.200 \$	
		2145 m ³ /h 625 mbar 75 kw		GBP	7250		
	10,2	Difüzör	536	Ad	13,6 \$	7.290 \$	
		HDPE	GRP	8,5			
	10,3	Oksijenmetre	1	Ad	2.400 \$	2.400 \$	
				\$	2400		
11		BİYOLOJİK ÇÖKTÜRME (BETONARME)					4.834
	11,1	Sıyırıcı	1	Ad	1.867 \$	1.867 \$	
		Çevreden Tahrikli ϕ 14					
	11,2	Redüktör	1	Ad	600 \$	600 \$	
		0,55 kw 3 d/d					
	11,3	Savak AISI 304	44	m	367 \$	367 \$	
	11,4	Geri Devir Pompası	2	Ad	1.000 \$	2.000 \$	
		125 m ³ /h 10 mss 10 hp					
12		YOĞUNLAŞTIRMA HAVUZU (BETONARME)					2.330
	12,1	Yoğunlaştırıcı	1	Ad	1.467 \$	1.467 \$	
		Çevreden Tahrikli ϕ 10					
	12,2	Redüktör	1	Ad	600 \$	600 \$	
		0,55 kw 3 d/d					
	12,3	Savak	31	m	8,5 \$	263 \$	
		AISI 304					
13		ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİSTEMİ					26.694
	13.1	Polielektrolit Tankı	1	Ad	1.420 \$	1.420 \$	

		9500 lt PE					
13.2		Redüktör	1	Ad	540 \$	540 \$	
		2,2 kw 90 d/d					
13.2		Mil+Pervane	1	Ad	467 \$	467 \$	
		AISI 304 Türbin Tip					
13.4		Poli Dozaj Pompası	2	Ad	450 \$	900 \$	
		400 lt/h		\$	450		
13.5		Statik Mikser	1	Ad	300 \$	300 \$	
				\$	300		
13.6		Çamur Pompası	2	Ad	3.200 \$	6.400 \$	
		Monopomp					
		7,5 m ³ /h 16 bar 5,5 kw					
13.7		Filtre Pres	1	Ad	16.667 \$	16.667 \$	
		930 lt/sarj	1				
		800x800 50 plaka	1				
***		Siyah Boru+Fittings	1		11.333 \$	11.333 \$	63.998
***		PVC Boru+Fittings	1		13.333 \$	13.333 \$	
***		Montaj	1		7.333 \$	7.333 \$	
***		Elektrik Panosu	1		9.333 \$	9.333 \$	
***		Tesisat Malzemesi	1		9.333 \$	9.333 \$	
***		Tesisat İşçiliği	1		9.333 \$	9.333 \$	
***		Sac İşleri	1		1.000 \$	1.000 \$	
***		Projelendirme	1		2.000 \$	2.000 \$	
***		Boya	1		1.000 \$	1.000 \$	
		GENEL TOPLAM, \$				176.589	176.589

Tablo 5 Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün debisi için ekipman maliyeti

Sıra No	Poz No	Malzeme	Miktar	Birim	Birim Fiyatı	Toplam Fiyat	
1		IZGARA KANALI (BETONARME)					266
	1.1	Kaba Izgara 50 mm St 37	1	Ad	133 \$	133\$	
	1.2	İnce Izgara 10 mm St 37	1	Ad	133 \$	133\$	
2		DENGELEME HAVUZU (BETONARME)					24.650
	2.1	Yüzeysel Karıştırıcı	1	Ad	11.565 \$	11.565 \$	
		22.5 kw Dubalı Aeratör		\$	11.565	-	
	2.2	Terfi Pompası	2	Ad	760 \$	1520 \$	
		125 m ³ /h 10 mss				-	
		Dalgıç				-	
		C100/240D 10Hp				-	
	2.3	Tambur Elek				-	
		180 m ³ /h DAT 240	1	Ad	11.565 \$	11.565 \$	
		1 mm aralıklı		\$	7110	-	
3		NÖTRALİZASYON HAVUZU (BETONARME)					4.113
	3.1	Redüktör	1	Ad	793 \$	793 \$	
		3 kw 90 d/d					
	3.2	Mil+Pervane	1	Ad	300 \$	300 \$	
		ST 37 Türbin Tip					

	3,3	Asit Tankı	1	Ad	967 \$	967 \$	
		5000 lt					
	3,4	Asit Dozaj Pompası	1	Ad	645 \$	645 \$	
		100 lt/h		LIT	1100000		
	3,5	Ph Metre	1	Ad	1.408 \$	1.408 \$	
		Tek Set Noktalı		DM	2400		
4	HAVALANDIRMA HAVUZU (BETONARME)						46.576
	4.1	Blower	2	Ad	16.240 \$	32.480 \$	
		3500 m ³ /h 675 mbar 90 kw		GBP	10150		
	4.2	Difüzör	860	Ad	13,6 \$	11.696 \$	
		HDPE	GRP	8,5			
	4.3	Oksijenmetre	1	Ad	2.400 \$	2.400 \$	
				\$	2400		
5	BİYOLOJİK ÇÖKTÜRME (BETONARME)						3.034
	5.1	Sıyırıcı	1	Ad	1.867 \$	1.867 \$	
		Çevreden Tahrikli ϕ 14					
	5.2	Redüktör	1	Ad	600 \$	600 \$	
		0,55 kw 3 d/d					
	5.3	Savak AISI 304	44	m	367 \$	367 \$	
	5.4	Geri Devir Pompası	2	Ad	100 \$	200 \$	
		125 m ³ /h 10 mss 10 hp					
6	YOĞUNLAŞTIRMA HAVUZU (BETONARME)						2.334
	6.1	Yoğunlaştırıcı	1	Ad	1.167 \$	1.167 \$	
		Merkezden Tahrikli ϕ 8,1					
	6.2	Redüktör	1	Ad	1.000 \$	1.000 \$	
		0,55 kw 0,1 d/d					
	6.3	Savak	20	m	8,4 \$	167 \$	
		AISI 304					
7	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA SİSTEMİ						23.347
	7.1	Polielektrolit Tankı	1	Ad	1.000 \$	1.000 \$	
		6250 lt PE					
	7.2	Redüktör	1	Ad	380 \$	380 \$	
		2,2 kw 90 d/d					
	7.2	Mil+Pervane	1	Ad	467 \$	467 \$	
		AISI 304 Türbin Tip					
	7.4	Poli Dozaj Pompası	2	Ad	733,5 \$	1.467 \$	
		275 lt/h		LIT	1250000		
	7.5	Statik Mikser	1	Ad	300 \$	300 \$	
				\$	300		
	7.6	Çamur Pompası	2	Ad	3.200 \$	6.400 \$	
		Monopomp					
		10 m ³ /h 16 bar 5,5 kw					
	7.7	Filtre Pres	1	Ad	13.333 \$	13.333 \$	
		900 lt/sarj	1				
		1000x1000 24 Plaka	1				57.000
	***	Siyah Boru+Fittings	1		7.333 \$	7.333 \$	
	***	PVC Boru+Fittings	1		23.333 \$	23.333 \$	
	***	Montaj	1		7.667 \$	7.667 \$	

***	Elektrik Panosu	1	5.000 \$	5.000 \$	
***	Tesisat Malzemesi	1	5.000 \$	5.000 \$	
***	Tesisat İşçiliği	1	5.000 \$	5.000 \$	
***	Sac İşleri	1	667 \$	667 \$	
***	Projelendirme	1	2.000 \$	2.000 \$	
***	Boya	1	1.000 \$	1.000 \$	
	GENEL TOPLAM, \$			156.864	156.864

Tablo 6 İşletme ve bakım maliyetleri

Q (m ³ /gün)	Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sistemi				Biyolojik Arıtma Sistemi			
	Maliyet (\$/yıl)				Maliyet (\$/yıl)			
	Elektrik Sarf.	Kim. Mad. Sarf.	Toplam* (\$/yıl)	Toplam* (\$/ay)	Elektrik Sarf.	Kim. Mad. Sarf.	Toplam* (\$/yıl)	Toplam* (\$/ay)
1000	29.509	60.184	102.893	8.575	32.123	25.998	71.321	5.943
2000	42.619	117.174	172.993	14.416	62.139	47.778	123.117	10.259
3000	72.598	175.564	261.362	21.780	79.436	65.161	157.797	13.233
4000	89.161	234.730	397.091	33.090	95.537	96.494	205.231	17.103
5000	107.146	292.408	412.754	34.396	114.082	120.425	247.707	20.643

*1100\$/ay,işçilik dahil edilmiştir.

Tablo 7 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için elektrik sarfiyat tutarı

EKİPMAN	GÜÇ (Kw/h)	ÇALIŞMA SÜRESİ (saat/gün)	TOPLAM GÜÇ (Kw)
Dubalı aeratör	15	24	360
Terfi pompası	10	24	240
Tambur elek	0,37	24	8,88
Hızlı karıştırıcı	1,5	24	36
Ph metre	220 volt	24	0
Yavaş karıştırıcı	7,5	24	180
Kimyasal Çöktürme sıyırıcısı	0,55	24	13,2
Kimyasal Çamur pompası	7,5	8	60
Kireç karıştırıcısı	2,2	24	52,8
Kireç dozaj pompası	0	24	0
Demir sülfat karıştırıcısı	1,1	1	1,1
Demir sülfat dozaj pompası	0,25	24	6
Anyonik poli karıştırıcısı	2,2	2	4,4
Anyonik poli dozaj pompası	0,37	24	8,88
Nötralizasyon karıştırıcısı	3	24	72
pHmetre	220	24	0
Asit dozaj pompası	0,25	24	6
Blower	75	24	1800
Oksijenmetre	220 volt	24	0
Biyolojik çöktürme sıyırıcısı	0,55	24	13,2
Geri devir pompası	15	16	240
Yoğunlaştırıcı	0,55	24	13,2

Katyonik poli karıştırıcısı	2,2	2	4,4
Katyonik poli dozaj pompası	0	16	0
Çamur pompası	5,5	16	88
		Toplam (Kw/gün)	3.208
		Toplam (Kw/yıl)	1.170.942
1 kw	0,062 \$/kw, için	Toplam (\$/yıl)	72.598

Tablo 8 Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu atıksu debisi için elektrik sarfiyat tutarı

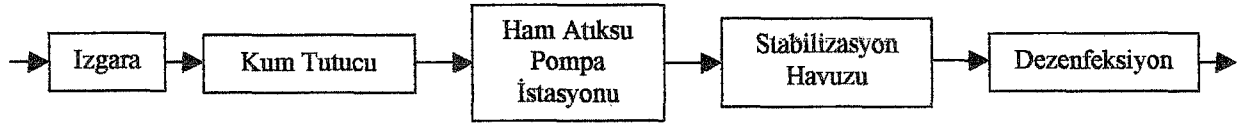
EKİPMAN	GÜÇ (Kw/h)	ÇALIŞMA SÜRESİ (saat/gün)	TOPLAM GÜÇ (Kw)
Dubalı aeratör	22,5	24	540
Terfi pompası	15	24	360
Tambur elek	0,37	24	8,88
Nötralizasyon karıştırıcısı	3	24	72
pH metre	220 volt	24	
Asit dozaj pompası	0,25	24	6
Blower	90	24	2160
Oksijenmetre	220 volt	24	
Biyolojik çöktürme stıyıcısı	0,55	24	13,2
Geri devir pompası	15	24	240
Yoğunlaştırıcı	0,55	24	13,2
Katyonik poli karıştırıcısı	1,5	2	3
Katyonik poli dozaj pompası	0,37	16	5,92
Çamur pompası	5,5	16	88
		Toplam (Kw/gün)	3.510
		Toplam (Kw/yıl)	1.281.223
1 kw	0,062 \$/kw, için	Toplam (\$/yıl)	79.436

Tablo 9 Kimyasal+Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu debisi için kimyasal madde sarfiyatı

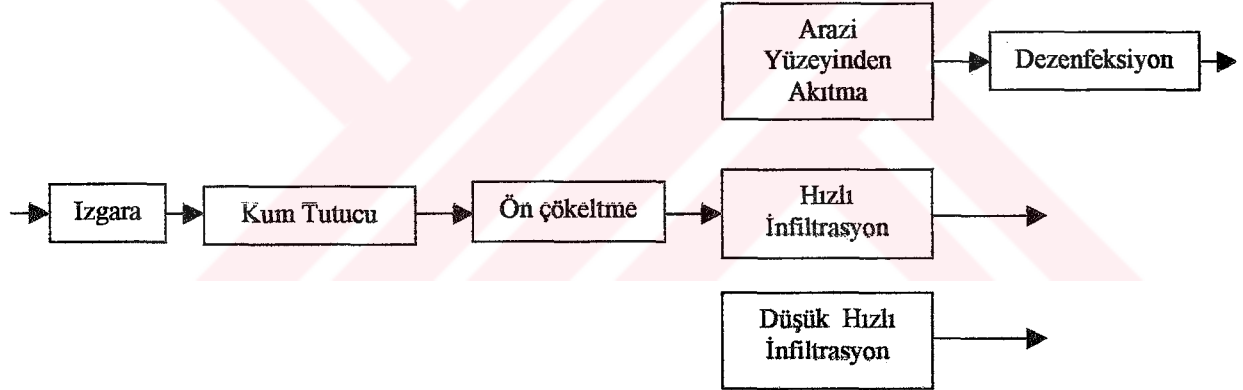
Kimyasal Madde Türü	Günlük Tüketim Miktarı, (kg/gün)	Aylık Tüketim Miktarı, (kg/ay)	Yıllık Tüketim Miktarı, (kg/yıl)	Birim fiyat (\$/kg)	Günlük Tutar	Aylık Tutar	Yıllık Tutar
Kireç	1.200	36.000	432.000	0,082	98	2.952	35.424
Demir sülfat	900	27.000	324.000	0,144	130	3.888	46.656
Asit	300	9.000	108.000	0,075	23	675	8.100
Üre	21	615	7.380	0,206	4	127	1.520
Dap	154	4.620	55.440	0,896	138	4.410	49.674
Anyonik polielektrolit	6	180	2.160	6,550	39	1.179	14.148
Katyonik polielektrolit	10	285	3.420	5,860	56	1.670	20.041
			Toplam, \$		488	14.630	175.564

Tablo 10 Biyolojik Arıtma Sisteminde 3000 m³/gün atıksu atıksu debisi için kimyasal madde sarfıyatı

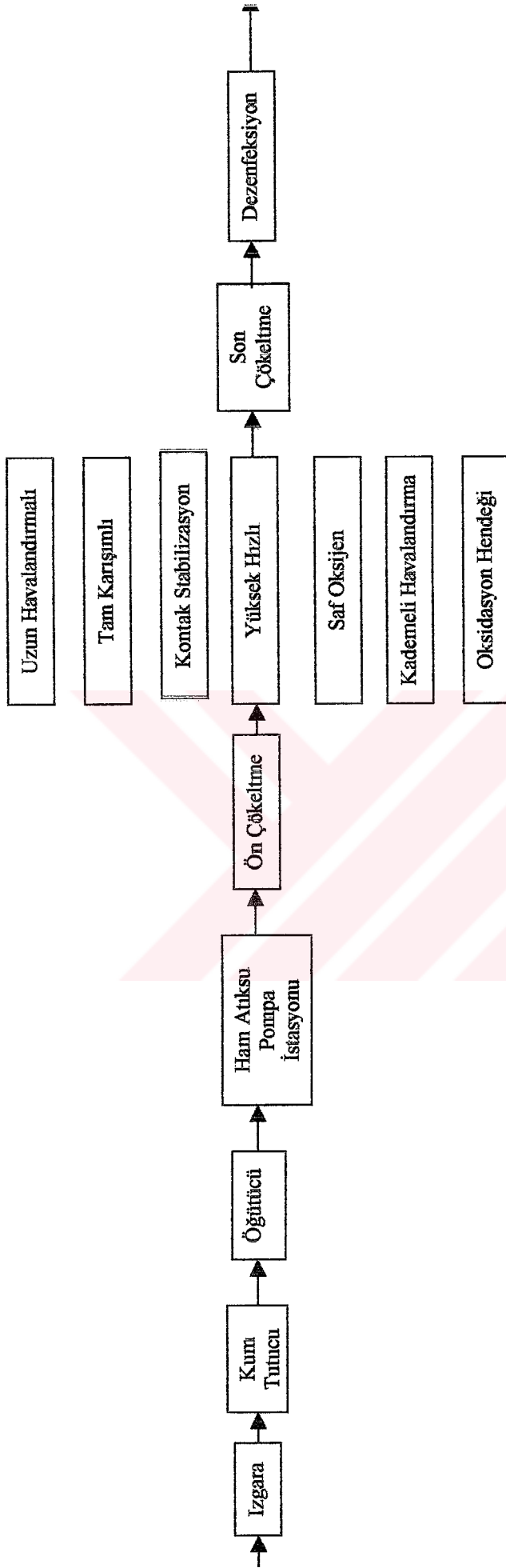
Kimyasal Madde Türü	Günlük Tüketim Miktarı, (kg/gün)	Aylık Tüketim Miktarı, (kg/ay)	Yıllık Tüketim Miktarı, (kg/yıl)	Birim fiyat (\$/kg)	Günlük Tutar	Aylık Tutar	Yıllık Tutar
Asit	30	900	10.800	0,075	2	68	810
Üre	20	612	7.344	0,206	4	126	1.513
Dap	154	4.620	55.440	0,896	138	4.410	49.674
Katyonik polielektrolit	6	187	2.246	5,860	37	1.097	13.164
			Toplam, \$		181	5.430	65.161



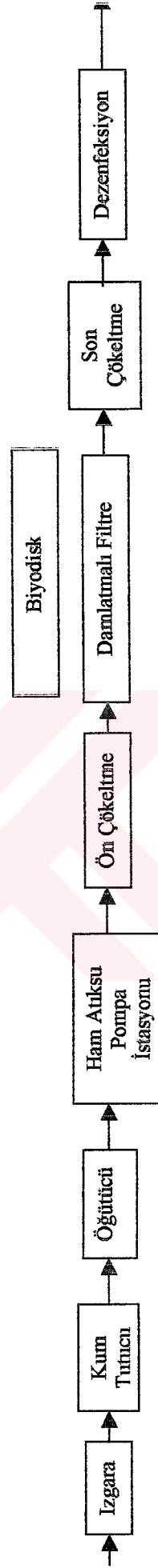
Şekil 1 Stabilizasyon havuzlu atıksu arıtma tesisi akım şeması



Şekil 2 Arazide arıtma sistemleri akım şemaları



Şekil 3 Aktif çamur modifikasyonları için atıksu arıtma şemaları



Şekil 4 Biyofilm sistemleri için atıksu arıtma şemaları

ÖZGEÇMİŞ

Özgür ÖZDEMİR, 1973 yılında Hacıbektaş'ta doğdu. İlköğrenimini Hacıbektaş'ta tamamladıktan sonra orta ve lise öğrenimini Kayseri Fevzi Çakmak Lisesi'nde tamamladı. 1991 yılında başladığı İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümündeki lisans öğrenimini 1996 yılında tamamlayarak Çevre Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 1997 yılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aralık 1996-Haziran1998 tarihleri arasında BELBİM A.Ş.'de Çevre Mühendisi olarak görev almış olup Temmuz 1998 tarihinden beri de Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.